

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**

№ 3, 2016 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 по основным направлениям работы журнала:

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Баженов Ю.М.;

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Бондаренко В.М.;

д-р техн. наук, проф. Богданов В.С.; д-р техн. наук, проф. Борисов И.Н.;

д-р экон. наук, проф. Глаголев С.Н.; д-р техн. наук, проф. Гридчин А.М.;

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф. Лесовик В.С.;

д-р техн. наук, проф. Мещерин В.С.; д-р техн. наук, проф. Павленко В.И.;

д-р техн. наук, проф. Патрик Э. И.; д-р техн. наук, проф. Пивинский Ю.Е.;

д-р техн. наук, проф. Рубанов В.Г.; Ph. D., доц. Соболев К.Г.;

д-р техн. наук, проф. Строкова В.В., н. с. Фишер Ханс-Бертрам;

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

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 и доктора наук.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ходаков И.В.

ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРЫВА ПОТОКА
НА ВХОДЕ ВО ВСАСЫВАЮЩИЕ КАНАЛЫ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ЭКРАНАМИ 6

Солодов Н.В., Пириев Юнис Селим-оглы

РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА ПОДКРАНОВЫХ ВЕТВЕЙ СКВОЗНЫХ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН
ИЗ ПЛОСКОСТИ РАМЫ 13

Радайкин О.В., Юзмухаметов А.М., Галимуллин И.А.

К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ Г. КАЗАНИ. ЧАСТЬ I.
ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ. 17

Шошин Е.А., Поляков А.В., Буров А.М.

ИЗМЕНЕНИЯ НАНОСТРУКТУРЫ МОДЕЛЬНОЙ СИЛИКАТНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРОЗЫ 23

Косухин М.М., Косухин А.М., Шарапова Ю.А., Шарапов О.Н.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ, ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ,
КОМФОРТНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ
ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ
ПОКРЫТИЙ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ВЯЖУЩЕМ 31

Выскребенцев В.С.

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЁССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ
ПРИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ 38

Лозовой Н.М., Баранова Я.Ю., Корнейчук М.А., Лозовая С.Ю.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ
СЪЕМКИ БЕРЕГОВЫХ ЗОН 43

Белых А.Г., Скляр А.Н., Кукарских Л.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ И УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТОБЕТОНА
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА
АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ 47

Огурцова Ю.Н., Латыпов В.М., Строкова В.В.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ
ПОЛИСИЛИКАТОВ НАТРИЯ 54

Калачук Т.Г., Шин Е.Р.

О ВИДАХ ДЕФОРМАЦИИ ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ 59

Лозовой Н.М., Лозовая С.Ю., Мартынова Н.С., Козлова Е.Р., Празина Е.А.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ВЕДЕНИИ РАБОТ
ПО ВОЗВЕДЕНИЮ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 62

Шацкова Ю.В.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА СМЕРЧЕЙ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕРМИНАЛОВ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ 66

Вайсера С.С.

КОЭФФИЦИЕНТ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ КАК ПАРАМЕТР ОЦЕНКИ
СТРУКТУРЫ ПЕНОСТЕКЛА 70

Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов К.А.

ОБОБЩЕННЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ГАЗОБЕТОНОВ
НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ 75

Черныш А. С.

ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ НЕВОДОНАСЫЩЕННЫХ (ЛЕССОВЫХ)
ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ ОДНОМЕРНОМ УПЛОТНЕНИИ 80

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Семикопенко И.А., Воронов В.П., Горбань Т.Л., Лунев А.С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА
В ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ПРОТИВОТОЧНОЙ МЕЛЬНИЦЕ С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ
ВСТРЕЧНЫХ ПОТОКОВ 84

Агарков А.М., Шарапов Р.Р., Прокопенко В.С. АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОРА	87
Емельянов Д.А., Плотников К.В. О ВЛИЯНИИ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ ЧАСТИЦ В МАТЕРИАЛЬНО-ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ	91
Вендин С.В., Щербинин И.А. К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В СЛОИСТЫХ СРЕДАХ	96
Атрошенко А.А., Ткачук Н.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МОНТАЖНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗЕРНОХРАНИЛИЩ	100
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Жуков А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА В АГРЕГАТЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ВСТРЕЧНЫХ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ	109
Шарапов Р.Р., Мамедов А. А., Харламов Е.В., Брагин И.Г., Клочков В.В. ХОДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СТРЕЛОВОГО САМОХОДНОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ СВЫШЕ 100 Т ПОВЫШЕННОЙ МОБИЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ	112
Герасимов М.Д. СЛОЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯХ	116
Романович А.А., Воронов В.П., Мещеряков С.А., Апухтина И.В. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, РАСХОДУЕМОЙ НА ДЕЗОГЛАМЕРАЦИЮ СПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРЕСС-ВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ	122
Уральский В.И., Севостьянов В.С., Сеница Е.В., Уральский А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ В ПОМОЛЬНЫХ КАМЕРАХ ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО АГРЕГАТА	126

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Дубенко Ю.В., Дышкант Е.Е. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	131
Сахаровский С.К., Фролова И.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДБОРА КОРТЕЖЕЙ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ В БАЗЕ ДАННЫХ САПР ТП	136

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Новоселов А.Г., Классен В.К., Новоселова И.Н. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОБЖИГА КЛИНКЕРА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЛОСНИКОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА	142
Мосталыгина Л.В., Костин А.В., Кокшарова Ю.В., Викулин Д.И. СОРБЦИЯ ИОНОВ КАДМИЯ ТАЛЛОМАМИ КУСТИСТЫХ ЛИШАЙНИКОВ ФЛОРЫ ЗАУРАЛЬЯ (<i>CLADONIA SYLVATICA</i> , <i>C.CORNUTA</i>)	148
Шошин Е.А., Поляков А.В., Буров А.М. О ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА НАНОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ МЕТОДОМ ТЕРМОЛИЗА МОДИФИЦИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ ОПОКА-СаО, ПОДВЕРГНУТЫХ СОВМЕСТНОМУ ИЗМЕЛЬЧЕНИЮ В ПРИСУТСТВИЕ ВОДЫ	152

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Щетинина Е.Д., Овчарова Н.В. ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТА КАК ЭЛЕМЕНТ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИЙ	159
--	-----

Абакумов Р.Г. ГИПОТЕЗА О МЕХАНИЗМЕ ВЛИЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ	164
Прокушев Е.Ф., Антонов А.Ю. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ РЕГИОНА	173
Цветаев С.С., Шаповалов С.М. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ В РОССИЙСКУЮ ЭКОНОМИКУ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВОЙ, КОНЦЕПЦИЕЙ) «ИНДУСТРИЯ 4.0»	179
Беспалова В.В., Полянская О.А. ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА НА ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ	183
Безуглый Э.А., Алексеев Н.А., Кутергин Н.Б., Ковалева Е.Г., Радоуцкий В.Ю. ФАНДРАЙЗИНГ: ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЕ	187
Антонова М.В., Полянская М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЛИКВИДНОСТЬ БАНКОВ	191
Глаголев С.Н., Моисеев В.В. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ	195
Колпина Л.В., Реутов Н.Н., Шаповалов С.М. СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ ОРГАНИЗАЦИИ КАК ОБЪЕКТ ИННОВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ	201
Ткаченко Ю.А., Тупикин П.Н. ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ АДЕКВАТНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ	207
Бабичев А.А. Мешечкина Р.П. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛИТИКИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ	211
Винник А.Е. КЛЮЧЕВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ КАК ОСНОВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА	215
Никишина О.В. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНВЕСТИЦИОННУЮ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	220
Авилова И.П., Жариков И.С. К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ	224
Ширина Н. В., Затолокина Н.М., Зенина Д.С. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ	228

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ходаков И.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРЫВА ПОТОКА НА ВХОДЕ ВО ВСАСЫВАЮЩИЕ КАНАЛЫ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ЭКРАНАМИ*

ivh89@bk.ru

На основе стационарных дискретных вихрей осуществлено моделирование отрывного течения на входе в круглый всасывающий канал, в спектре действия которого находится тонкий кольцевой экран, снабженный выступом. Расчетные показатели сравниваются с полученными экспериментальными данными. Предлагается формула связи между к.м.с. всасывающего круглого патрубка и коэффициентом сжатия струи. Приводятся результаты экспериментального исследования отрывных течений на входе в щелевидные всасывающие каналы, снабженные различными механическими экранами. Определены параметры экранов, способствующие наибольшему снижению расхода воздуха.

Ключевые слова: отрывные течения, дискретные вихри, механический экран, щелевая неплотность.

Введение. С отрывными течениями приходится сталкиваться во всех технических отраслях, имеющих дело с течением жидкости или газа [1–3]. В промышленной вентиляции отрыв потока изучают на входе во всасывающие отверстия местных вентиляционных установок [4–14]. Профилирование по границам отрывных областей на входе во всасывающие каналы открытых местных вентиляционных отсосов позволяет снизить их аэродинамическое сопротивление, что приводит к снижению энергоемкости систем вентиляции [4, 5]. Для снижения расхода воздуха, поступающего через неплотности аспирационных укрытий, имеет смысл напротив повысить аэродинамическое сопротивление входа во всасывающие каналы. Данный подход продемонстрирован в работах [9–13]. Целью данной

статьи является выявление путем вычислительного и натурного экспериментов закономерностей отрыва потока на входе во всасывающие каналы круглой и щелевидной формы, а также определение параметров механических экранов, способствующих наибольшему снижению расхода воздуха, поступающего через неплотности аспирационных укрытий.

Численное и экспериментальное исследование отрыва потока на входе во всасывающие каналы с механическими экранами

Рассматривается область течения на входе в круглый всасывающий канал, в спектре действия которого находится тонкий кольцевой экран, снабженный выступом (рис. 1). Моделирование отрыва потока осуществляется на основе стационарных дискретных вихрей.

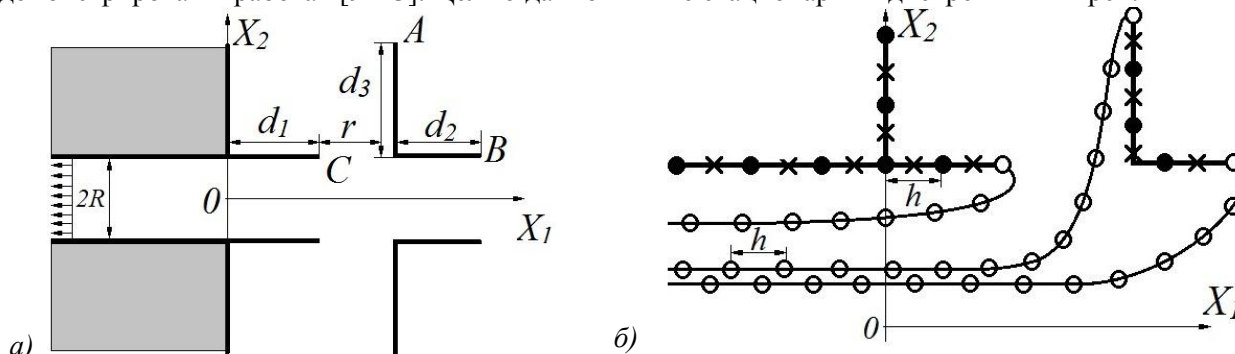


Рис. 1. Область отрывного течения: а) граница области; б) дискретизация границы области

С острых кромок A , B , C происходит срыв потока и образуются свободные поверхности тока. Необходимо определить их положение, скорость потока в любой заданной точке и коэффициент местного сопротивления при входе во всасывающее отверстие. Математическая постановка задачи состоит в решении двумерного уравнения Лапласа для потенциальной функции

φ : $\Delta\varphi = 0$, при заданных значениях граничной нормальной составляющей скорости $\frac{\partial\varphi}{\partial n}\Big|_S = v_n(x) - U_n$, где x – точка границы S . Функция U_n выражает влияние свободных вихрей, находящихся на свободных поверхностях тока, положение которых заранее неизвестно.

Данное уравнение сводится к граничному сингулярному интегральному уравнению:

$$\int_S G(x, \xi) \omega(\xi) ds(\xi) = v_n(x) - \mu \int_\sigma G(x, \xi) ds(\xi),$$

где $\omega(\xi)$ – плотность циркуляции присоединенного вихревого слоя; $\mu = const$ – плотность циркуляции свободного вихревого слоя, непрерывно размещенного на поверхности σ , образующейся при срыве потока с острой кромки; ξ

$$\begin{cases} G(x, \xi) = \frac{(A_1 b + A_2 a)}{b} \cdot \frac{4}{(a-b)\sqrt{a+b}} E(t) - \frac{A_2}{b} \cdot \frac{4}{\sqrt{a+b}} F(t) & \text{при } b \neq 0, \\ G(x, \xi) = \frac{\xi_2^2 \cdot n_1}{2a\sqrt{a}} & \text{при } b = 0, \end{cases}$$

$$2x_2 \xi_2 = b > 0, \quad a = (x_1 - \xi_1)^2 + \xi_2^2 + x_2^2 > 0, \quad A_1 = \frac{\xi_2^2 n_1}{4\pi}, \quad A_2 = \frac{\xi_2}{4\pi} [(x_1 - \xi_1)n_2 - x_2 n_1],$$

$$F(t) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{1-t^2 \sin^2 \theta}}, \quad E(t) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1-t^2 \sin^2 \theta} d\theta, \quad t = \frac{2b}{a+b}.$$

Вихревой слой, моделирующий поверхность трубы и экрана, заменяется бесконечно тонкими вихревыми кольцами постоянной интенсивности $\Gamma(\xi^k)$, $k = \overline{1, N}$ (рис. 1, б). Вихри лежащие на острых кромках A, B, C считаются свободными [15]. Между присоединенными вихрями располагались контрольные точки. Введем обозначения: $\xi^k(\xi_1, \xi_2)$ – точка расположения k -го присоединенного вихря; $x^p(x_1, x_2)$ – p -я контрольная точка. Тогда скорость в точке x^p вдоль единичного направления $\mathbf{n}$, индуцированная вихрем $\Gamma(\xi^k)$, расположенным в точке ξ^k , определится из выражения $v_n(x^p) = G(x^p, \xi^k) \Gamma(\xi^k)$.

Полагалось, что на свободной поверхности тока, стекающей с кромки C , интенсивность вихрей постоянна и равна γ . Расстояние между свободными вихрями есть величина постоянная и равная h . Первое приближение для свободной линии тока выбиралось следующим образом: первые 3 вихря располагались параллельно OX_2 и ниже точки срыва, начиная с острой кромки, остальные – параллельно – OX_1 и левее этой точки.

$$\begin{aligned} & \sum_{\substack{q=1, \\ q \neq N_1}}^{N-1} G(x^p, \xi^q) \Gamma(\xi^q) + (G(x^p, \xi^{N_1}) - G(x^p, \xi^N)) \gamma_1 = \\ & = -\gamma \sum_{k=1}^{N_{S1}} G(x^p, \xi^k) - \gamma'_1 \sum_{k=N_{S1}+1}^{N_{S2}} G(x^p, \xi^k) + \gamma'_1 \sum_{k=N_{S2}+1}^{N_S} G(x^p, \xi^k), \end{aligned} \quad (1)$$

где $p = 1, 2, \dots, N-1$, на первой итерации $\gamma'_1 = 0$.

– произвольная точка границы S . Функция $G(x, \xi)$ численно равна величине скорости в точке $x(x_1, x_2)$ вдоль направления единичного вектора $\mathbf{n} = \{n_1, n_2\}$, вызываемой вихрем единичной циркуляции, расположенной в точке $\xi(\xi_1, \xi_2)$.

Для осесимметричной задачи в цилиндрической системе координат:

Для свободных поверхностей тока, сходящихся с кромок A и B , начального приближения не задавалось. Циркуляции на этих линиях тока заранее неизвестны, но они равны по абсолютной величине и противоположны по знаку, поскольку вращение частиц жидкости, сорвавшихся с этих кромок, осуществляется в противоположных направлениях.

Обозначим N – количество присоединенных вихрей, включая два свободных на кромках A и B ; номер вихря в точке A обозначим N_1 ; номер вихря в точке B – N ; ξ^k – точка расположения свободного вихря; γ_1 – интенсивность вихрей на свободных поверхностях тока, срывающихся с острых кромок A и B ; γ'_1 – эти же интенсивности найденные на предыдущей итерации; N_{S1} – количество свободных вихрей, расположенных на свободной поверхности тока, срывающейся с острой кромки C ; N_{S2} – тоже, но с кромки A ; N_S – количество свободных вихрей на всех линиях тока, на первой итерации $N_{S1} = N_S$.

Система линейных алгебраических уравнений для определения неизвестных интенсивностей $\Gamma(\xi^q)$ присоединенных вихрей имеет вид:

После определяются неизвестные циркуляции $\Gamma(\xi^q)$, где $q = 1, \dots, N_1 - 1, N_1 + 1, \dots, N - 1$

присоединенных вихрей и величина интенсивности свободных вихрей γ_1 . Скорость в любой

$$v_n(x) = \sum_{\substack{q=1, \\ q \neq N_1}}^{N-1} G(x, \xi^q) \Gamma(\xi^q) + (G(x, \xi^{N_1}) - G(x, \xi^N)) \gamma_1 + \\ + \gamma \sum_{k=1}^{N_{S1}} G(x, \zeta^k) + \gamma_1 \sum_{k=N_{S1}+1}^{N_{S2}} G(x, \zeta^k) - \gamma_1 \sum_{k=N_{S2}+1}^{N_S} G(x, \zeta^k).$$

На первой итерации, после определения неизвестных циркуляций вихрей, строятся все три поверхности тока, стекающие с острых кромок. После того как они удалятся от всасывающего проема трубы на расстояние больше 10 калибров, их построение прекращается. При построении поверхностей тока шаг во времени Δt выбирается достаточно малым. Построение поверхности тока начинается с острой кромки.

После определения второго приближения для свободных поверхностей тока необходимо снова решить систему уравнений (1) и определить циркуляции присоединенных вихрей. Затем строится третье приближение свободных поверхностей тока и т.д.

Если расстояние от точки до вихря меньше радиуса дискретности $h/2$, то скорость, вызываемая этим вихрем, определяется из следующего выражения:

точке $x(x_1, x_2)$ области вдоль любого заданного направления вычисляется по формуле:

$$v_n(x) = 8\pi \frac{(x_1 - \xi_1)n_2 - (x_2 - \xi_2)n_1}{h^2}.$$

С использованием разработанной компьютерной программы решена задача о моделировании отрыва потока на входе в круглый всасывающий канал с кольцевым механическим экраном, снабженным выступом с целью определения оптимальных геометрических размеров и удаления этого экрана, способствующих наибольшему аэродинамическому сопротивлению входа среды в этот канал.

Из расчетов линий тока (рис. 2) видно, что снабжение кольцевого экрана выступом значительно изменяет структуру течения. Отрывная зона на входе в трубу расширяется, образуется дополнительная область отрыва потока под выступом.

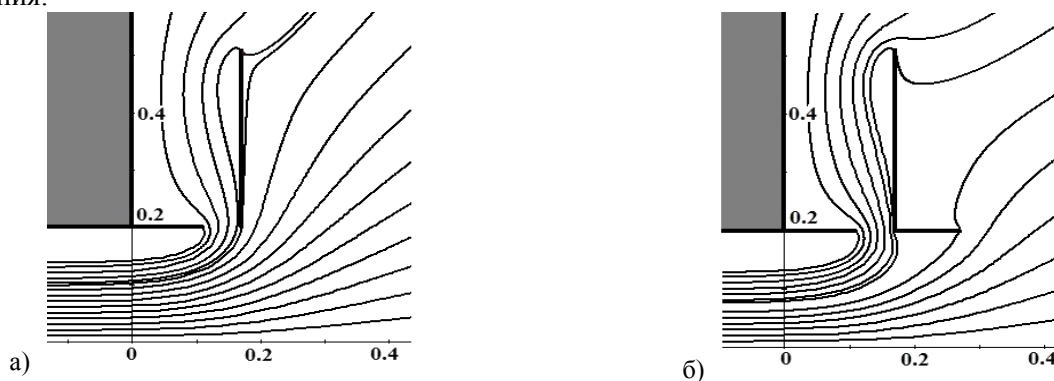


Рис. 2. Линии тока при обтекании тонкого экрана с центральным круглым отверстием при $d_1 = 0.5R$; $d_3 = 1.55R$; $R = 0.2\text{ м}$; $r = 0.3R$; а) без выступа; б) с выступом $d_2 = 0.59R$

Предложена следующая формула связи между к.м.с. ζ всасывающего круглого патрубка и коэффициентом сжатия струи δ :

$$\zeta = \left(1 - \frac{1}{(3.115\delta^2 - 3.788\delta + 1.834)^2} \right)^2, \quad (2)$$

расчеты по которой дают приемлемые для практики результаты (рис. 3).

Как видно из данных, представленных на рис. 3, снабжение кольцевого экрана выступом заметно повышает аэродинамическое сопротивление всасывающего канала. Максимальное значение к.м.с. $\zeta_m \approx 1.317$ достигается при коэффициенте сжатия струи $\delta/B = \delta_m \approx 0,608$,

что следует из анализа функции (2) с помощью дифференциального исчисления.

Вычислительный эксперимент позволил найти оптимальные геометрические размеры экрана d_2, d_3 и его удаление r , способствующие наибольшему росту к.м.с. Для круглых всасывающих отверстий, выступающих из плоской стенки на расстояние полурадуса, предлагается устанавливать на расстоянии $0.1 - 0.2$ радиуса диск с центральным отверстием такого же диаметра, что и всасывающий канал, и шириной кольца равной $0.7 - 1$ радиуса, что позволяет увеличить к.м.с. на 20% относительно случая отсутствия этого экрана.

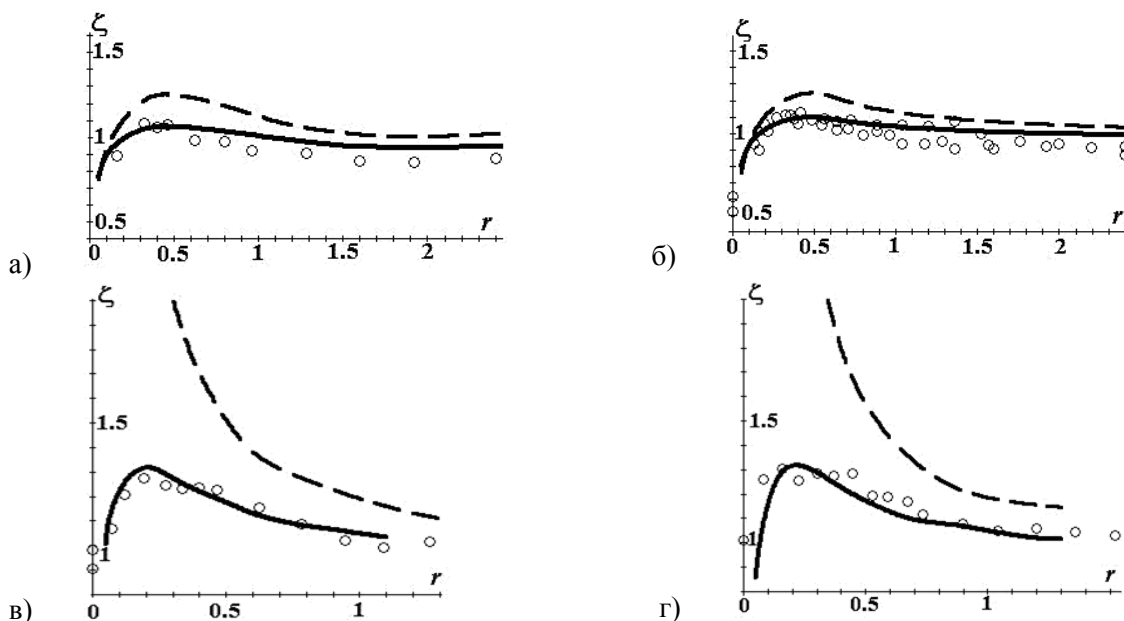


Рис. 3. Сравнение расчетных и экспериментальных величин к.м.с. ζ при удалении экрана от всасывающего проема (пунктирная линия – расчет по формуле, предложенной И.Е. Идельчик; сплошная линия – расчет по формуле (2); кружочки – данные эксперимента, полученные нами на экспериментальной установке):

а) $d_1 = 0.5R$; $d_3 = 1.55R$; б) $d_1 = 0.55R$; $d_3 = 1.55R$; в) $d_1 = 0.5R$; $d_2 = 0.59R$ $d_3 = 1.55R$; г) $d_1 = 0.5R$; $d_2 = 0.96R$ $d_3 = 1.55R$

Сравнение результатов расчетных значений к.м.с. (рис. 3) и натурного эксперимента, выполненного на лабораторной установке (рис. 4) по-

казывают достоверность расчетов по формуле (2).

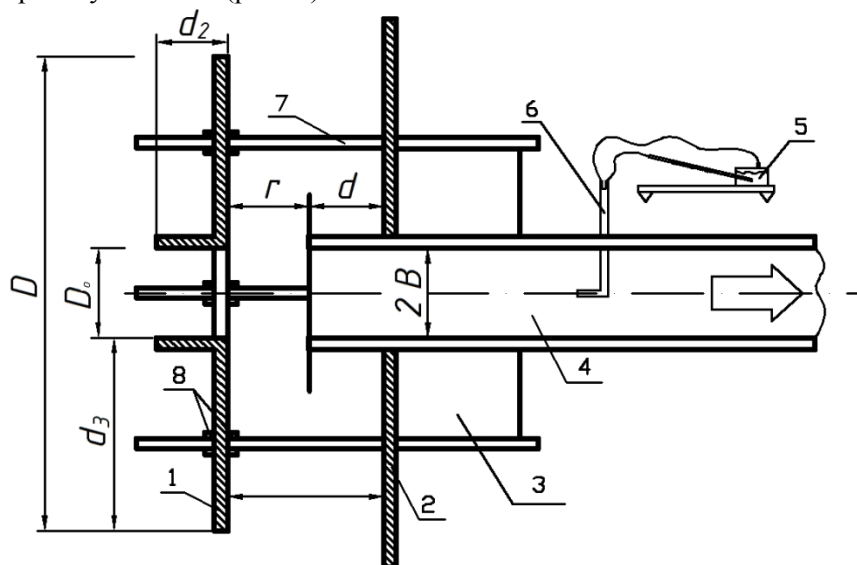


Рис. 4. Схема экспериментальной установки для определения сопротивления при входе воздуха в экранированное круглое отверстие: 1 – экран с центральным отверстием и выступом; 2 – щит;

3 – направляющая трехгранная призма; 4 – труба; 5 – микроманометр с наклонной трубкой; 6 – пневмометрическая трубка Пито-Прандтля; 7 – стальные стержни-шпильки; 8 – гайки для фиксации экрана

Экспериментальное значение к.м.с. при входе воздуха в экранированный воздуховод определяется в соответствии с общепринятым соотношением $\zeta = 2\Delta P / (\rho u^2)$, представляющим собой отношение разности полных давлений к динамическому (скоростному) давлению. Средняя скорость u воздуха в трубе определялась с помощью измерения скоростного давления по

оси трубы и внесения поправочного коэффициента на неравномерность поля скоростей, величина которого была определена измерениями скорости в четырех точках равновеликих колец. Средняя скорость воздуха в трубе составляла 7 – 9 м/с.

Проведено также экспериментальное исследование отрывных течений на входе в щелевид-

ные всасывающие каналы. Экспериментальная установка (рис. 5) – модель аспирационного укрытия представляет собой короб с подведенной к нему вытяжкой. С торцевой стороны короба находится неплотность, высота которой фиксирована. Для измерения давлений внутри укрытия выведены два штуцера: один для замера статического давления, второй, находящийся

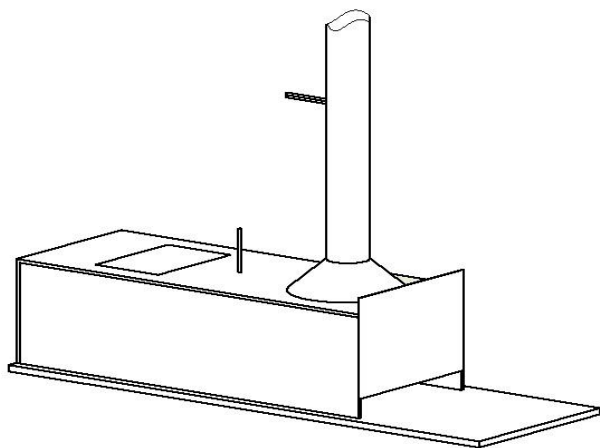


Рис. 5. Модель аспирационного укрытия

Были определены параметры механического экрана в виде прямого двугранного уголка (рис. 6), позволяющие добиться наибольшего повышения кмс на входе в неплотность.

в трубе вытяжного устройства, – для замера статического и динамического давлений. Стенки укрытия выполнены из прозрачного материала.

Исследовалось влияние механических экранов в виде козырька, пластины и прямого двугранного уголка (рис. 6) на коэффициент местного сопротивления неплотности аспирационного укрытия.

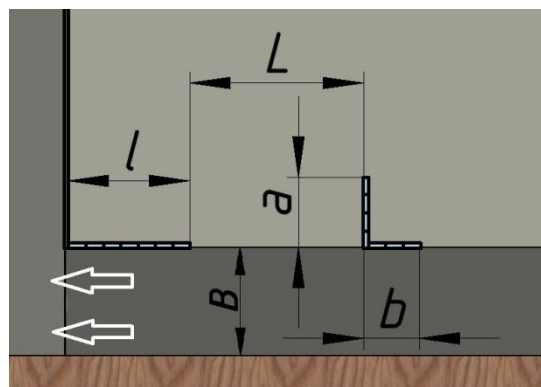


Рис. 6. Схема расположения козырька и экрана в виде уголка

При помощи шлирен-метода были получены снимки эффекта срыва потока воздуха с края козырька (рис. 7).

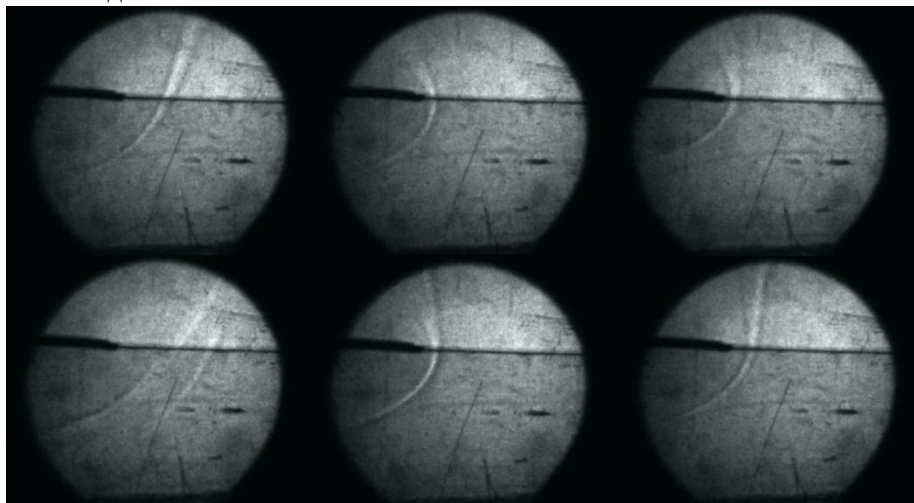


Рис. 7. Срыв потока воздуха с края козырька, установленного над щелевой неплотностью укрытия, вид сбоку

Для оценки эффективности того или иного приспособления, влияющего на аэродинамику потока на входе в укрытие использовался коэффициент местного сопротивления. Коэффициент сопротивления ζ , приведенный к скорости потока w_1 в сечении неплотности аспирационного укрытия (F_1) рассчитывался при помощи формулы: $\zeta_1 = F_1^2 (P_{атм} - P_{укр}) / (F_0^2 P_{\partial_0})$, скорость в том же сечении $w_1 = F_0 \sqrt{2P_{\partial_0} / \rho} / F_1$, где $P_{атм}$ –

атмосферное давление, Па; $P_{укр}$ – среднее значение полного статического давления в укрытии, Па; P_{∂_0} – динамический напор потока воздуха в сечении трубы, Па, F_0 – площадь потока воздуха в сечении трубы, m^2 ; F_1 – площадь потока воздуха в сечении неплотности, m^2 , w_0 – скорость воздушного потока в сечении трубы, м/с, ρ – плотность окружающего воздуха, kg/m^3 , при температуре $t_{изм}$, $^{\circ}C$ [16, 17].

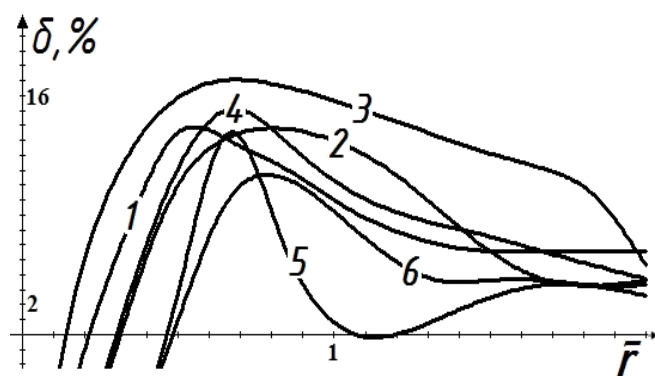
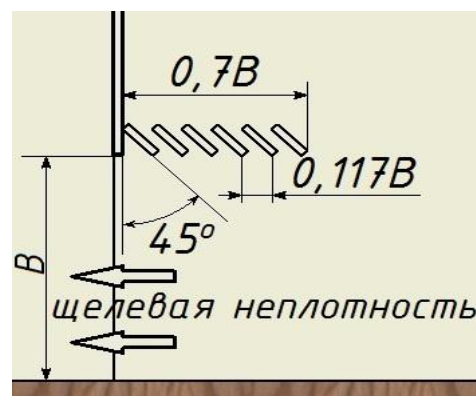
Рис. 8. Изменение величины δ от $\bar{r} = L/B$ при $a/B = 1$ 

Рис. 9. Решетка козырьков

В результате экспериментов было выяснено, что при снабжении щелевой неплотности с горизонтальным козырьком длиной 0,5 – 0,7 калибра [11, 13] экраном в виде уголка высотой в 1 калибр и шириной 0,5 калибра на расстоянии до козырька в диапазоне 0,5 – 1 калибра к.м.с. увеличивается на величину более 16,6 %. Максимальная величина отклонения к.м.с. $\delta \approx 45\%$ при оборудовании неплотности горизонтальным козырьком и экраном в виде уголка, при этом расход воздуха через неплотность снижается на $\approx 17\%$ (рис. 8). Кривые 1 – 6 соответствуют величинам длины горизонтальной части уголка $b/B = 1/6; 1/3; 1/2; 2/3; 5/6; 1$.

Обнаружено также, что использование решетки козырьков из металлических пластин размером $1 \times 10 \times 435$ мм общей длиной 0,7 калибра, наклоненных под углом 45° , расстояние между которыми 0,117 калибра (рис. 9) приводит к увеличению к.м.с. на $\delta \approx 47\%$ и снижению расхода воздуха на $\delta_G \approx 18\%$ (к.м.с. входа в неплотность $\zeta_1 = 1,82$, $\zeta_0 = 1,24$).

Выводы. На основании стационарных дискретных вихревых колец разработана математическая модель, вычислительный алгоритм и компьютерная программа расчета отрыва потока на входе во всасывающий круглый канал, снабженный механическим кольцевым экраном с выступом. Вычислительный и натурный эксперимент позволили установить размеры и расположение экранов, способствующих наибольшему сопротивлению входа во всасывающий канал за счет эффекта отрыва струи. Предложена эмпирическая формула связи коэффициента местного сопротивления и коэффициента сжатия струи.

На разработанном лабораторном стенде аспирационного укрытия с неплотностью прямоугольной формы проведены экспериментальные исследования влияния горизонтальных, вертикальных, наклонных и двухгранных непроницаемых механических экранов на коэффициент местного сопротивления входа в неплотность.

Показано, что оборудование щелевой неплотности горизонтальным козырьком и экраном в виде уголка при определенных параметрах расположения позволяет снизить расход воздуха, поступающего в аспирационное укрытие, на 17 %.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-41-08005р_офи_м) и Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 гг. (проект №Б-14/14 и проект №Б-7/15)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чжен П. Отрывные течения. М.: Мир. Т.1. 1972. 300с.
2. Чжен П. Отрывные течения. М.: Мир. Т.2. 1973. 280с.
3. Чжен П. Отрывные течения. М.: Мир. Т.3. 1973. 334с.
4. Посохин В.Н. Аэродинамика вентиляции. М: АВОК-ПРЕСС. 2008. 209с.
5. Логачев К.И., Посохин В.Н. Расчет течения вблизи круглого всасывающего патрубка // Изв. вузов. Авиационная техника. 2004. №1. С. 29–32.
6. Посохин В.Н., Катков М.В. Экспериментальное изучение вихревых зон в потоках вблизи всасывающих щелевых отверстий // Известия вузов. Авиационная техника. 2001. №1. С. 61–63.
7. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И.. Отрывные течения в спектрах вытяжных каналов. Москва-Ижевск: ИКИ. 2012. 288с.
8. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Моделирование потенциальных течений с неизвестными границами на основе стационарных дискретных вихрей // Вычислительные методы и программирование. 2011. Т.12. №2. С. 213–219.
9. Аверкова О.А., Логачев А.К., Логачев И.Н., Логачев К.И. Закономерности отрывного течения при входе в выступающий канал с экранами // Ученые записки ЦАГИ. 2013. Т.44 №2. С. 33–49.

10. Аверкова О.А. Экспериментальное исследование отрывных течений на входе во всасывающие отверстия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 158–160.

11. Логачев И.Н., Логачев К.И., Зоря В.Ю., Аверкова О.А. Моделирование отрывных течений вблизи всасывающей щели // Вычислительные методы и программирование. 2010. Т.11. №1. 43–52.

12. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Математическое моделирование отрывных течений при входе в экранированный плоский канал // Вычислительные методы и программирование. 2010. Т.11. №1. 68–77.

13. Аверкова О.А., Зоря В.Ю., Логачев К.И., Логачев И.Н. Численное моделирование воздушных течений на входе в щелевые неплотности

аспирационных укрытий// Новые огнеупоры. 2010. №5. С. 31–36.

14. Аверкова О.А. Моделирование отрывных течений на входе во всасывающие каналы с использованием метода дискретных вихрей в нестационарной постановке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 133–135

15. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. М.: Янус. 1995. 520с.

16. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. III издание. М.: «Машиностроение». 1992. 672с.

17. Велецкий Р.К., Григина Н.Н. Измерение параметров пылегазовых потоков в черной металлургии. М.: «Металлургия». 1979 г. 77с.

Khodakov I.V.

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF DETACHED FLOW AT THE INLET IN THE SUCTION DUCT WITH THE MECHANICAL SCREENS

Based on fixed discrete vortex modeling of detached flow at the entry in the round suction duct in the range of action is realized. Fine circular screen, drop supplied is found in the action range of suction duct. Calculated coefficients are compared with received experimental dates. Bond formula between localized resistance's coefficient of round inlet duct and coefficient of flow's compression is proposed. Results of experimental research of detached flows at the entry of slit-like suction duct, different mechanical screen s supplied are applied. Screens axes which are promoting maximal air cost reduction are determinate.

Key words: detached flow, discrete vortex, mechanical screen, slit thinness

Ходаков Илья Владимирович, аспирант, ассистент кафедры высшей математики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: ivh89@bk.ru

Солодов Н.В., канд. техн. наук, проф.,
Пириев Юнис Селим-оглы, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА ПОДКРАНОВЫХ ВЕТВЕЙ СКВОЗНЫХ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН ИЗ ПЛОСКОСТИ РАМЫ

solodov_niko_v@mail.ru

В статье предложена уточненная расчетная схема подкрановой ветви стальной колонны и получены формулы для вычисления коэффициента ее расчетной длины из плоскости рамы. При этом учитывается два фактора действительной работы: переменность продольного усилия и поддерживающее влияние смежной ветви.

Ключевые слова: колонна, устойчивость, коэффициент расчетной длины, подкрановая ветвь.

В расчетах устойчивости сжатых стержней при определении их гибкости необходимо знать коэффициент расчетной длины μ . Для простых случаев расчетных схем значения μ имеются в справочниках проектировщика. Однако, для некоторых элементов конструкций справочные данные отсутствуют, т.к. их расчетные схемы, составленные с учетом нескольких факторов действительной работы, оказываются достаточно сложными, чтобы получить аналитические выражения $P_{кр}$ и μ в замкнутом виде.

Примерами таких элементов конструкций могут служить сжатые пояса ферм. Их расчетная схема для оценки устойчивости может предусматривать изменение усилия пояса по длине и упругую поддержку со стороны примыкающих раскосов. Задача устойчивости для этого случая решена Ясинским Ф.С. [1].

Отметим, что по традиционной методике [2] принято оценивать устойчивость из плоскости фермы не всего пояса, а его отдельных участков между точками закрепления от смещения из плоскости.

К подобному виду можно привести расчетные схемы сжатых поясов арок сквозного сечения [3], железнодорожного рельса при расчете на температурное удлинение, ветвей подкрановых частей сквозных стальных колонн и т.п.

В работе [4] для оценки устойчивости подкрановой ветви из плоскости решетки колонны принята расчетная схема, показанная на рис. 1.

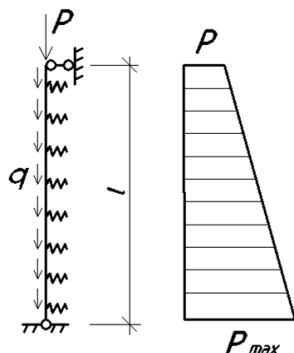


Рис. 1. Расчетная схема ветви из плоскости решетки

Из решения задачи устойчивости получено выражение для критической силы:

$$P_{кр} = \frac{2\pi^2 EI}{l^2} \cdot \frac{(1 + \frac{\beta l^4}{\pi^4 EI})}{(2 + \alpha)}, \quad (1)$$

а, исходя из него – выражение для коэффициента

$$\mu = \sqrt{c(2 + \alpha) / 2(c + k)}, \quad (2)$$

где: α – коэффициент переменности эпюры продольного усилия ветви; c – коэффициент, учитывающий влияние продольного усилия менее нагруженной ветви N на ее поддерживающие свойства; k – коэффициент, учитывающий влияние деформативности элементов решетки на поддерживающие свойства менее нагруженной ветви в зависимости от соотношения погонных жесткостей на изгиб раскоса решетки и ветви r ; β – параметр жесткости непрерывной упругой среды.

Изложенная выше методика позволяет учесть при оценке устойчивости одной ветви, более нагруженной изгибающим моментом в сечении колонны в целом, поддерживающее влияние другой, менее нагруженной ветви, а также учесть переменность величины продольного усилия более нагруженной ветви по ее длине.

Расчет ветви с учетом коэффициента μ по этой методике приводит к более экономичному проектному решению, чем расчет по действующей нормативной методике, которая, при оценке устойчивости ветви из плоскости решетки, основывается на расчетной схеме рис.2. Коэффициент расчетной длины для такой расчетной схемы имеет единственное значение $\mu=1$. Тогда как по формуле (2) мы имеем множество значений при различных параметрах c , α , k .

Однако, область применения формулы (2) для вычисления коэффициентов μ на практике имеет ограничения. Эти ограничения заключаются в том, что если количество узлов примыкания элементов решетки к ветви мало (1...4), то

моделирование поддерживающего влияния непрерывной упругой средой может приводить к погрешностям. Более корректно в расчетной схеме ветви в местах узлов решетки предусмотреть дискретные упругие опоры, тем самым, уточнив расчетную схему рис.1. Такая схема показана на рис. 3.

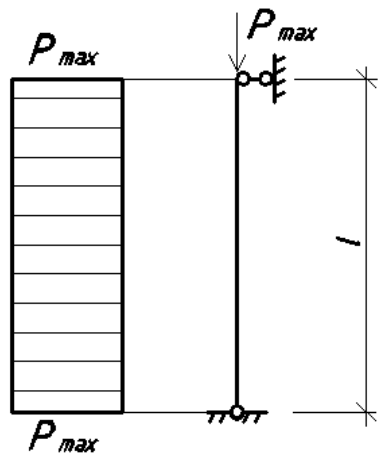


Рис. 2. Расчетная схема ветви в соответствии с нормативной методикой

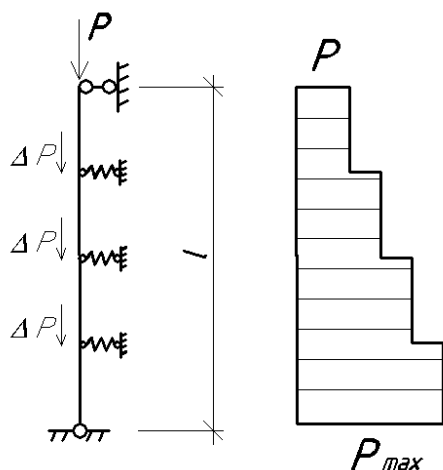


Рис. 3. Расчетная схема ветви с дискретными упругими опорами

Решение задачи устойчивости для уточненной расчетной схемы энергетическим методом [5] приводит к следующему выражению для критической силы:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} + \frac{2l\omega n}{\pi^2} - \frac{\Delta P \cdot (m+1)(2m+1)}{12m},$$

где: n – количество упругих опор; $m=n+1$ – количество пролетов; $\Delta P = \frac{P_{max}-P}{n}$ или $\Delta P = \frac{ql}{n}$ – величина возрастания продольного усилия ветви на каждой упругой опоре; ω – жесткость одной упругой опоры, от $\frac{48EI k}{cl^3}$ при $n=1$ до $\frac{12,65EI k}{cl^3}$ при $n=6$.

По физическому смыслу жесткость упругой опоры есть ее реакция при единичном перемещении (осадке). Аналитическое выражение для вычисления ω найдем из расчетной схемы менее нагруженной ветви при ее деформации из плоскости рамы, показанной на рис.4.

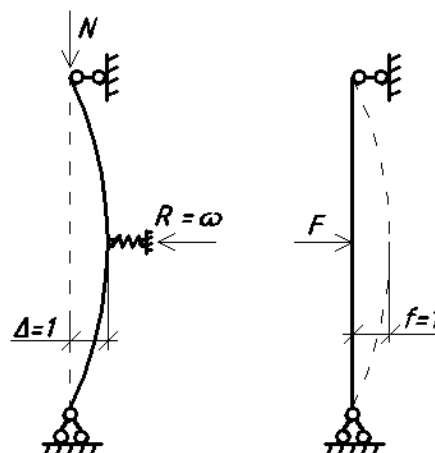


Рис. 4. К определению жесткости дискретных упругих опор

$$f = \frac{Fl^3}{48EI} \text{ и при } f=1 \quad F = \frac{48EI}{l^3}.$$

$$\text{Отсюда } \omega = F \cdot \frac{k}{c} = \frac{48EI k}{cl^3}.$$

Отсюда $\omega = F \cdot \frac{k}{c} = \frac{48EI k}{cl^3}$. Реакцию одной упругой опоры (т.е. ее жесткость) в середине пролета будем считать равной величине сосредоточенной силы, приложенной в середине пролета и вызывающей по направлению своего действия единичное перемещение. Влияние продольного усилия N на отпорность менее нагруженной ветви учитываем умножением жесткости опоры на $c = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{эйл}}}$, а деформативность элементов решетки – посредством коэффициента $k < 1$.

Аналогично получаем выражения для ω при $n=2-6$.

При подстановке ω и числа опор $n=1-6$ получаем формулы для коэффициентов расчетной длины μ , в которых учитывается как переменность эпюры продольного усилия, так и поддержка менее нагруженной ветви, но уже с дискретными упругими опорами по длине. Формулы приведены в таблице 1. Влияние деформативности решетки и продольного усилия в менее нагруженной ветви может быть учтено аналогично тому, как это сделано в [4].

Количественную оценку влияния уточнения расчетной схемы с дискретными опорами вместо упругой среды на величину коэффициента μ выполним на численном примере. При этом учтем соотношение между ΔP и q , указанное ранее.

Пример. Ветви колонны выполнены из двутавра 30Ш1, сталь С345, геометрическая длина

ветвей равна 11,8м, расстояние между ветвями 1,5м, длина панели ветви – 2,4м, $r=0,437$. Усилия N в менее нагруженной ветви равно 600кН. Переменность усилия по длине более нагружен-

ной ветви характеризуется коэффициентом $\alpha=0,418$, что соответствует $P=1460$ кН и $P_{max}=2070$ кН. Число узлов решетки по длине ветви равно четырем.

Таблица 1

Формулы для вычисления коэффициента μ при разном количестве опор

Количество опор, n	Формула для вычисления μ
1	$\mu_1 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{0,985 \cdot k}{c} - \frac{5 \Delta P n l^2}{16 \pi^2 E I}}}$
2	$\mu_2 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1,157 \cdot k}{c} - \frac{7 \Delta P n l^2}{27 \pi^2 E I}}}$
3	$\mu_3 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1,506 \cdot k}{c} - \frac{15 \Delta P n l^2}{64 \pi^2 E I}}}$
4	$\mu_4 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1,564 \cdot k}{c} - \frac{11 \Delta P n l^2}{50 \pi^2 E I}}}$
5	$\mu_5 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1,55 \cdot k}{c} - \frac{91 \Delta P n l^2}{432 \pi^2 E I}}}$
6	$\mu_6 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1,558 \cdot k}{c} - \frac{10 \Delta P n l^2}{49 \pi^2 E I}}}$

Тогда, по методике, изложенной в [4],

$$\mu = \sqrt{1,652(2 + 0,418) / 2(1,652 + 0,511)} = 0,961$$

По формулам таблицы 1 получаем значения μ , которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента μ в зависимости от числа опор

Коэффициент расчетной длины	Количество упругих опор, n					
	1	2	3	4	5	6
μ	0,921	0,893	0,854	0,846	0,847	0,845

Таким образом, во-первых, уточнение расчетной схемы ветви путем замены непрерывной среды на дискретные упругие опоры в узлах примыкания элементов решетки колонны дает значения коэффициента μ несколько иные, чем по методике [4]. Отличие, в зависимости от числа опор, составляет от 4 до 14 %. Во-вторых, данные табл. 2 показывают, что при числе опор четыре и более величина μ практически не зависит от их количества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. Изд-во технико-теоретической литературы. М., 1955. 567с.
2. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* М.: Минрегион России, 2011.

3. Салимов А.Ф. Боковая устойчивость поясов решетчатых арок. Дисс. канд. техн. наук. Казань, 1993, 152 с.

4. Солодов Н.В., Левитанский И.В. Исследование совместной работы элементов решетчатых частей колонн и устойчивости подкрановой ветви из плоскости рамы. М., 1989. 29 с. Рукопись представлена ЦНИИПСК им. Мельникова. Деп. во ВНИИТПИ 20 сентября 1989, N10403.

5. Солодов Н.В., Пешкова Е.В. Исследование устойчивости стержней // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 25–27.

6. Серых И.Р. Прочность сталебетонного элемента с составной облойкой при внецентренном сжатии и изгибе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 10. С. 442–445.

Solodov N.V., Piriyeve Yunis Selim-ogly

**THE ESTIMATED LENGTH OF CRANE BRANCHES THROUGH THE STEEL COLUMNS
OF PLANE FRAMES**

In the article the updated design scheme of the crane branch of the steel columns and the formulas derived to calculate its estimated length from the plane of the frame. This takes into account two factors of the actual work: the variability of the longitudinal force and the supporting effect of adjacent branch.

Key words: column, stability, effective length coefficient, crane branch.

Солодов Николай Владимирович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: solodov_niko_v@mail.ru

Пириев Юнис Селим-оглы, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Радайкин О.В., канд. техн. наук, доц.,
Юзмухаметов А.М., ассистент,
Галимуллин И.А., студент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ Г. КАЗАНИ. ЧАСТЬ I. ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ

olegxxii@mail.ru

Работа посвящена концепции устойчивого развития г. Казани. Обозначен круг основных проблем мегаполисной урбанизации на примере нашего города, которые описаны в пространстве метрорологически состоятельных параметров. Приведены фактические и нормативные значения для параметров. Для этого использовались данные исследований из области глобалистики, экологии, демографии, медицины, физики и градостроительства. Анализ демографических и экологических показателей городской среды Казани и других городов показал, что дальнейший прогресс по существующему пути расселения людей в мегаполисах усугубит проблемы загрязнения окружающей среды и ухудшит демографические показатели городского населения, что приведёт к заблаговременному его вырождению на генетическом уровне, при этом нетронутые биоценозы сохранятся. Во избежание негативных прогнозов предложена новая методика по разработке концепции устойчивого развития г. Казани, которая включает в себя 9 этапов. В данной публикации подробно освещены первые 3 из них.

Ключевые слова: кризис мегаполисной урбанизации, концепция устойчивого развития, градостроительство, методика, экология.

«Нам нужны качественно иные подходы. Речь должна идти о внедрении принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. Это действительно вызов планетарного масштаба. Убеждён, чтобы ответить на него, у человечества есть интеллектуальный потенциал».

В.В. Путин, из доклада на ассамблее ООН 28.09.2015 г.

Особенностью существования современной цивилизации является урбанизация территорий Земли в ходе расселения людей. Так, если городское население планеты в 1800 г. составляло всего лишь 3 %, в 1900 г. – 13,6 %, то на данный момент в городах проживает уже половина землян. Для России эта цифра по состоянию на 1 января 2015 г. составляет 74,0 %, в том числе для Татарстана – 76,3 %. Поэтому затронутые в статье вопросы являются актуальными не только для жителей г. Казани, но и для большинства граждан нашей страны. Отметим, что под городом понимают крупный (по сложившимся стереотипам) населённый пункт, жители которого заняты, как правило, не сельским хозяйством. Городская среда включает в себя природную компоненту, техносферу и население. Помимо неоспоримых преимуществ, она несёт в себе ряд негативных черт, которые практически полностью обесценивают все достижения научно-технического прогресса в этой области:

1. Урбанизация в современном её виде является основным источником антропогенной нагрузки на биосферу, которая в целом превышает возможности природной среды к самовосстановлению. Это ставит цивилизацию перед лицом глобального биосферно-экологического кризиса, способного спровоцировать катастрофу, в результате которой биологическому виду «Homo Sapiens» может не оказаться места в посткризисной биосфере (экологической ниши). Так, по оценкам учёных-глобалистов такие показатели, как индекс устойчивости развития мира I_1 и индекс социально-экономической дисгармонии мирового сообщества I_2 превысили свои допустимые значения ещё в 60-е гг. XX века, и всё это время ситуация только ухудшалась [1]. Для того, чтобы оценить долю, приходящуюся на городские поселения в структуре экологического ущерба от всей техносферы, достаточно определить, какой объём потребляемой электроэнергии затрачивается на строительство городов и поддержание в них жизни из общего объёма, вырабатываемого в конкретной стране или в мире. Так, в аналитическом докладе о функционировании и развитии электроэнергетики РФ на 2011 год [2] приводятся данные, что второй по потреблению после промышленности среди всех секторов экономики являются сфера жилищно-коммунального хозяйства и бытовой сектор – 29,6 %. Непосредственно строительство потребляет лишь 1,1 % всей электроэнергии. Однако продукция, производимая самой промышленностью, так или иначе, расходуется на функционирование и развитие тех же ЖКХ,

бытового сектора и строительной отрасли, в связи с чем их доля потребления с учётом собственных нужд электростанций и потерь в электросетях достигает 48,6 %.

2. Нарушение устойчивой связи горожан с естественной природной средой, из которой человек черпает жизненные силы и творческое вдохновение. Последствия этого – снижение работоспособности, депрессии и рост числа заболеваний и самоубийств. Из доступной научной литературы (на примере Белгородской области) [3] выясняется, что хронические заболевания у детей-подростков, живущих в городе, встречается в 2,2 раза чаще, чем у сельских детей, заболевания костно-мышечной системы – в 1,5 раза чаще (к сожалению, и сельские дети подвержены некоторым недугам эндокринной и пищеварительной систем несколько больше, чем дети в городе). Кроме того, если по экспертным оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) критическим считается значение уровня самоубийств в пределах 20 случаев на 100 тыс. населения, то в Татарстане еще в 2010 г. эта планка была преодолена – 29 случаев на 100 тыс., что почти в 1,5 раза выше среднего уровня по РФ. При этом более 34 % самоубийств приходится на жителей г. Казани [4]. В сельской местности РТ значение данного показателя для детей (0–17 лет) в 3,4 раза ниже, чем в городской [5]. Таким образом, городская среда отнимает у общества самое ценное, что у него есть – детей – его будущее.

К сожалению, те, кто в ответе за реализацию градостроительной политики в рамках существующей парадигмы с упорством, достойным лучшего применения, ведут общество в тупик. Так, ещё в 1944–46 гг. выдающимся советским генетиком академиком Дубининым Н.П. при исследовании популяции плодовой мушки дрозофилы в Воронеже было показано, что городская среда обитания является мощнейшим мутагенным фактором. При этом хромосомный аппарат биологического вида «Человек разумный» в 40–50 раз более чувствителен к воздействию мутагенных факторов, нежели хромосомный аппарат мушки дрозофилы [6].

3. Загрязнение городской среды обитания:

а) отходами производства и быта, вследствие чего в круговорот веществ и пищевые цепочки биосферы включаются химические соединения, нарушающие физиологию и генетику живых организмов, включая организмы людей. Так, многие горожане вынуждены устанавливать в своих квартирах дорогостоящие фильтры для очистки воды, а грибы или яблоки, которые каким-то чудом ещё можно собрать во дворах или вдоль автодорог, опасно принимать в пищу.

Более подробно о загрязнении окружающей среды можно узнать из докладов [7, 8]. Обращают на себя внимание следующие факты: 1 – удельный вес проб атмосферного воздуха с превышением предельно допустимой концентрации отравляющих веществ и ядов в городской среде в среднем в 1,5–2 раза выше, чем в сельской местности; 2 – больше половины всех выбросов загрязняющих веществ даёт автотранспорт (оставшуюся часть – промышленные предприятия); 3 – Казань – лидер среди всех городов РТ по выбросам загрязняющих веществ (ближайшим «конкурентом» в этом печальном рейтинге является г. Нижнекамск, где экологическая обстановка по данному показателю на 40 % лучше); 4 – несмотря на наметившуюся положительную тенденцию естественного прироста населения в РТ, для крупных городов, включая Казань, характерна естественная убыль населения (на 4,5 % в год); 5 – ежегодный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями в г. Казани в среднем составляет 2,6 %; 6 – Казань – лидер по среднему уровню инфекционной и паразитарной заболеваемости, при этом в структуре заболеваемости аскаридозом на долю сельского населения РТ приходится 36,5 %, городского населения – 63,5 % от общего числа.

б) техногенной тепловой энергией, вследствие этого меняется динамика атмосферных и гидросферных процессов, что влечёт за собой изменение климата: так, в РТ средняя скорость прироста температуры приземного воздуха составляет 0,3 °C / 10 лет, а для количества осадков – 12 мм / 10 лет (за период с 1951 по 2012 гг.) [9];

в) электромагнитным излучением электро транспорта, ЛЭП, бытовых приборов, вышек сотовой связи и т.п., что влечёт изменение естественно-природных фонов проникающей радиации космоса и электромагнитных полей Земли, включая биосферу. Так, доля обследованных коммунальных объектов, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по уровню электромагнитного излучения в РТ за 2014 году составила 8,5 %. Это стало причиной определённой доли из числа заболеваний, связанных с расстройством центральной нервной системы, со снижением иммунитета, развитием злокачественных опухолей, повышением утомляемости, нарушением функций сердечно-сосудистой и эндокринной систем, с бесплодием у мужчин и женщин [10].

г) шумом, что негативно сказывается на психическом здоровье людей, в том числе на интеллектуальном развитии. Сила звука, по гигиеническим нормам, не должна превышать (по разным источникам) 30–40 дБ в ночное время у

стен жилых зданий, 50 дБ – в дневное время, 70–80 дБ – норматив для рабочего места. Согласно проведенному любительскому исследованию, в Казани превышения нормы наблюдаются, но в основном незначительные. Велика разница только между нормой шума от автомобилей – 60 дБ и замерами – 87 дБ [11]. При этом согласно научным данным [12] у детей в сельской местности лучше развито правополушарное мышление, чем у городских детей. – Оно отвечает за творческие способности и целостное гармоничное восприятие мира.

4. Захламление мусором городских территорий, расположенных вдали от главных фасадов зданий и оживлённых дорог; В Казани несанкционированные свалки систематически образуются на территории 83 земельных участков. При этом несанкционированные свалки на 90 % состоят из строительного мусора, наносящего вред почве и воздуху. Неликвидированными с весны этого года остаются 19 свалок твердых бытовых отходов, крупногабаритного и строительного мусора, из них 14 – на землях муниципалитета, 5 – на землях иных собственников [13].

5. Преобладание многоэтажной многоквартирной застройки, что является причиной социальной напряжённости и обострения криминальной обстановки. Примеров тому масса; самый яркий из них – город Прюит-Игоу, США [14]. По мнению экспертов, комфорт проживания гораздо выше в малоэтажном доме, что связано с более низкой плотностью застройки и меньшим числом жителей. Для малоэтажных домов зачастую характерна и более интересная архитектура, поскольку имеется больше возможностей реализовать архитектурные «изыски» [15]. Отметим, что плотность населения в г. Казани на данный момент составляет 1915 чел./км². Для сравнения в наиболее комфортных для проживания городах мира это значение в 3–6 раз ниже: Оттава – 316,6 чел./км², Мельбурн – 432 чел./км², Аделаида – 659 чел./км² и др. и приближается к оптимальному значению, что обеспечивает относительное экологическое равновесие данных территорий.

6. Обилие личного автотранспорта, что создаёт «пробки», ухудшает экологию и приводит к тому, что существенная часть дворовых территорий занята под хранение автомобилей. По данным ГИБДД МВД по РТ с 2004 года число автомобилей в Казани увеличилось более чем вдвое (сейчас на 1 тыс. жителей Казани приходится примерно 285 автомобилей). Так называемая борьба с «пробками» – расширение автодорог, строительство развязок и т.п. – приносит лишь временное облегчение, так как с каждым

годом плотность застройки и число жителей в Казани растут (благодаря строительству тех же новых дорог и развязок, притоку рабочей силы на их возведение, которая потом обосновывается в городе и т.д.), количество автомобилей на душу населения также увеличивается. Это всё требует новых вложений в инфраструктуру – получается замкнутый круг. Но всему есть предел. Такое явление носит название «проклятие инфраструктур».

7. Несовершенная хаотичная планировка города, из-за чего горожанам приходится преодолевать большие расстояния (на общественном или личном автотранспорте), чтобы добраться из дома на работу, а потом обратно; это лишает людей драгоценного времени, которое могло быть потрачено ими на саморазвитие и самообразование, на семью, воспитание детей; кроме того, удлинение пути на автотранспорте только увеличивает объёмы загрязняющих выбросов. В Казани, согласно социальным опросам, жители в среднем тратят на дорогу до работы 41 минуту в общественном транспорте, тогда как идеальным россияне, не живущие в Москве и Санкт-Петербурге, считают время до 20 минут [16].

8. Безучастие горожан к проблемам города, их низкая гражданская активность. В необходимом объёме отсутствуют телевизионные программы, социальная реклама, интернет-площадки, где обсуждались бы вопросы по преобразению нашего города с привлечением не только специалистов, но и широких масс населения.

9. Угроза продовольственной безопасности. Очевидно, что в плане обеспечения продовольствием в необходимом объёме и должного качества Казань не является самодостаточным населённым пунктом, а зависит от поставок в основном импортных товаров.

Итак, мы перечислили только основные проблемы мегаполисной урбанизации на примере нашего города, но их решение уже позволит преобразить Казань в экологически устойчивый процветающий город. Игнорирование этих проблем может привести к трагическим последствиям, как это случилось в г. Детройт, США [17].

Решение должно быть комплексным с коренным изменением сложившейся градостроительной парадигмы в сторону применения биосферно допустимых технологий. Этому отвечает концепция устойчивого развития, при которой организация социально-экономической деятельности людей позволяет в преемственности поколений обеспечивать демографически обусловленные потребности населения биосферно-

безопасным способом, который предполагает, что антропогенное воздействие на окружающую среду не превосходит хозяйственной ёмкости биосферы [18]. Основы теории устойчивого развития заложили в своих трудах русские учёные К.Э. Циолковский и В.И. Вернадский, хотя в то время такой терминологии ещё не существовало. Начиная с 80-х гг. XX века концепция находит широкое применение в политической практике «мирового сообщества». основополагающие документы концепции приняты на конференции по устойчивому развитию, прошедшей в 1992 году в г. Рио-де-Жанейро (Бразилия). Развитиём этих положений в нашей стране стала Градостроительная программа возрождения России 1995 года. Положения концепции устойчивого развития гармонично включены в стратегию социально экономического развития г. Казани [19] и Татарстана в целом [20]. Тем не менее, концептуально-методическое обеспечение этих стратегий, на наш взгляд, требует ряда уточнений. Поэтому далее предлагается методика к разработке концепции устойчивого развития города, которая должна включать в себя следующие этапы:

1. Выявление проблем жизни города с ранжированием их по степени значимости.

2. Обеспечение метрологической состоятельности при описании каждой из проблем путём задания параметров, значения для которых можно достаточно точно определить на практике.

3. Определение фактических значений принятых параметров. Тем самым оценивается текущее состояние жизни города.

4. Принимаются нормативные значения параметров на основе научно обоснованных расчётов. То есть задаётся идеальный (нормативный) режим функционирования городской среды и выставляются цели.

5. Формируется план (сценарий) перехода города из текущего состояния в идеальный (нормативный) режим функционирования.

6. Разрабатываются положения об организационных структурах, которые будут реализовывать концепцию на практике.

7. Разрабатываются положения о контроле (наблюдении) за процессом преобразования города.

8. Задаются возможности по совершенствованию концепции в ходе её выполнения.

9. Разрабатываются положения о ликвидации организационных структур, трудоустройства рабочих кадров и высвобождении ресурсов по завершению проекта перехода города в устойчивое экологическое равновесие с окружающими биоценозами.

По пунктам 1-3 методики уже были даны некоторые наши предложения выше. Далее опишем нормативные значения (как количественные, так и качественные) для некоторых показателей:

- для обеспечения условно экологического равновесия в городе (расположенном в средней полосе России), когда природные ресурсы естественно воспроизводятся, но не в полной мере, плотность населения не должна превышать 100 чел./км², лесистость составлять не менее 20–30 % [20] (на данный момент плотность населения Казани составляет 1915 чел./км², что примерно в 19 раз превышает эту норму);

- оптимальная структура землепользования в поселении, устойчиво вписанном в природную среду, согласно исследованиям архитектора Доксиадиса должна быть следующая: не менее 40 % заповедной территории, 42 % зеленой зоны, 10,5 % территорий для ведения сельского хозяйства, 7,3 % жилой зоны и 0,2 % производственной зоны (в черте нашего города, к примеру, нет ни одного природного заповедника);

- максимальный размер поселения не должен превышать 5–6 км, что обеспечит шаговую доступность всех объектов поселения и будет способствовать здоровью населения и экологии (так, размер территории Казани более 23 км);

- архитектура города должна быть гармонично вписана в природный ландшафт местности – в природе нет прямых линий и ровных поверхностей (к сожалению, в Казани подобная архитектура является редким исключением, в качестве примера можно привести ЦПКиО им. М. Горького);

- должны найти широкое применение (близкое к 100 %) автономные энергоэффективные технологии при строительстве, эксплуатации и реконструкции жилых, административных и производственных зданий и сооружений (это снизит значения индекса устойчивости развития региона I_1 , то есть антропогенную нагрузку в целом);

- производственно-хозяйственная структура города должна быть организована с учетом создания необходимого количества рабочих мест и территориальной доступности (застройка города должна быть спланирована так, чтобы до работы люди добирались в течение 10–20 минут без использования автотранспорта, т.е. пешком, на велосипеде или на лыжах);

- жизненный уклад города должен способствовать здоровой нравственной атмосфере, обеспечивающей качественное воспроизводство трудового потенциала (индикатором этого должны служить улучшение демографических показателей, повышение уровня физического,

нравственного и интеллектуального здоровья населения).

Конкретные предложения по разработке концепции устойчивого развития Казани, а также заключение по работе будут изложены во второй части.

Выводы:

1. Обозначен круг основных проблем мегаполисной урбанизации на примере города Казани, которые описаны в пространстве метрологически состоятельных параметров. Приведены фактические и нормативные значения для параметров.

2. Анализ демографических и экологических показателей современного мегаполиса показал, что дальнейший прогресс по существующему пути расселения людей в городах-мегаполисах усугубит проблемы загрязнения окружающей среды и ухудшит демографические показатели населения.

3. Во избежание негативных прогнозов предложена новая методика по разработке концепции устойчивого развития города, которая включает в себя 9 этапов. В данной публикации подробно освещены первые 3 из них на примере г. Казани.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оленьев В.В., Федотов А.П. Глобалистика на пороге XXI века // Сайт открытых систем. [Электронный ресурс] URL: http://www.sir35.ru/pages/L_704.htm (дата обращения: 08.11.2015).
2. Функционирование и развитие электроэнергетики РФ в 2011 году / Доклад Агентства по прогнозированию балансов в электроэнергетике. М., 2011. 391 с.
3. Романова Т.А., Акиншин В. И. Сравнительная оценка состояния здоровья детей, проживающих в городской и сельской местности (на примере Белгородской области) // Вопросы современной педиатрии. М.: Общественная организация «Союз педиатров России», 2008, Выпуск № 3, том 7. С. 17–19.
4. Калашникова Г. В. Детерминация причин смертности практиками алкоголизации и наркотизации населения Республики Татарстан. СПб.: Реноме, 2012. С. 209–212.
5. Чернова Е.Г., Ягудин Р.Х., Шайхутдинов И.И. Смертность от неестественных причин в Республике Татарстан: уровень и динамика в первом десятилетии XXI века // Практическая медицина. – Казань: Издательство ООО «Практика», 2012, №08, Том 2. С. 37–39.
6. Дубинин Н.П. Вечное движение (О жизни и о себе). М.: Политиздат, 1973. 477 с.
7. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2014 году» / под общей ред. Сидорова А.Г. Казань: Министерство экологии и природных ресурсов РТ, 2015. 531 с.
8. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Татарстан в 2014 году» / под общей ред. Сидорова А.Г. Казань: Министерство экологии и природных ресурсов РТ, 2015. 531 с.
9. Климатические изменения на территории Республики Татарстан // Сайт ФБГУ Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан. [Электронный ресурс] URL: <http://www.tatarmeteo.ru/ru/meteorologiya-i-klimat/izmenenija-klimata-RT.html> (дата обращения: 08.11.2015).
10. Экспертиза излучения. [Электронный ресурс] URL: <http://kazan-ekspertiza.ru/ekologicheskaya-ekspertiza/jekspertiza-izluchenija-12.html> (дата обращения: 08.11.2015).
11. Как звучит Казань // Инказан.ru. 2013. 19 февр. [Электронный ресурс] URL: <http://inkazan.ru/kak-zvuchit-kazan/> (дата обращения 09.11.2015).
12. Отекова Т.А. Особенность лево- и правополушарных функций у сельских и городских детей // Международный научно-исследовательский журнал (online) [Электронный ресурс] URL: <http://research-journal.org/psychology/osobennost-levo-i-pravopolushprnyh-funkcij-u-selskix-i-gorodskix-detej/> (дата обращения 09.11.2015).
13. Интервью с начальником Управления АТИ Рамилем Муллиным // Официальный портал органов местного самоуправления города. [Электронный ресурс] URL: <http://www.kzn.ru/node/32927> (дата обращения 09.11.2015).
14. Трагедия типового строительства в США – Прюит-Игоу (Pruitt-Igoe) // Живой журнал vadnews.blogspot.ru. [Электронный ресурс] URL: <http://vadnews.blogspot.ru/2013/05/pruitt-igoe.html> (дата обращения 09.11.2015).
15. Малоэтажное строительство: Что принято считать малоэтажкой // Портал moskva.ru. [Электронный ресурс] URL: http://www.moskva.ru/article/maloetagnoe_stroitelstvo.php (дата обращения 09.11.2015).
16. Опрос: Россияне мечтают добираться до работы за 20 минут // Российская газета, от 19 января 2015. [Электронный ресурс] URL:

<http://www.rg.ru/2015/01/19/doroga-site.html> (дата обращения 09.11.2015).

17. Зброшэны Дэтройт // Сайт optimismmir.narod.ru. [Электронны рэсурс] URL: <http://optimismmir.narod.ru/index/0-53> (дата обращения 09.11.2015).

18. Агафонов А.Ю., Агафонова Е.О., Гаевская З.А., Горюнов В.С., Ефимов В.А., Рыбнов Е.И., Фролов В.И. Методы обоснования программ устойчивого развития сельских

территорий под ред. В.И. Фролова. СПб: Изд-во СПбГАСУ, 2011. 464 с.

19. Программа социально-экономического развития муниципального образования г. Казани на 2011-2015 годы. Казань, 2011. 107 с.

20. Стратегия социально-экономического развития Республика Татарстан до 2030 года. Казань, 2012. – 232 с.

21. Маслов Н.В. Градостроительная экология. М.: Высшая школа, 2003. 285 с.

Radaikin O.V., Yuzmuchametov A.V., Galimullin I.A.

TO DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF KAZAN.

PART I. DETECTION OF PROBLEMS AND DESIGNING OF TECHNIQUE.

The work is about the concept of sustainable development of Kazan. Using the example of our city, the circle of main problems of megalopolis urbanization is marked, these problems described in the space of parameters, substantial from metrological point of view. Actual and prescriptive values of parameters are given, with the use of data of researches on fields of globalization, ecology, demography, medicine, physics and city-building. The analysis of the demographic and environmental indicators of the urban environment of Kazan and other cities showed that further progress on the existing path to the resettlement of people in metropolitan areas will exacerbate the problems of environmental pollution and the deterioration of demographic indicators of urban population, which will lead to its early degeneration at the genetic level, intact biotic communities will be saved. In order to prevent negative predictions new technique is suggested on the development of the concept of sustainable development of Kazan, including 9 stages. In this publication first 3 of them are elucidated in details.

Key words: crisis of megalopolis urbanization, concept of sustainable development, city-building, technique, ecology.

Радайкин Олег Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет.

Адрес: Республика Татарстан, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1.

E-mail: olegxxii@mail.ru.

Юзмухаметов Айнура Мансурович, ассистент кафедры начертательной геометрии и графики.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет.

Адрес: Республика Татарстан, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1.

E-mail: aynur.yuzmuchametov@mail.ru.

Галимуллин Ильшат Альбертович, студент-бакалавр.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет.

Адрес: Республика Татарстан, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1.

E-mail: alchimik96@mail.ru

*Шошин Е.А., канд. техн. наук, доц.,**Поляков А.В., канд. техн. наук, доц.**Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина**Буров А.М., канд. хим. наук**Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов*

ИЗМЕНЕНИЯ НАНОСТРУКТУРЫ МОДЕЛЬНОЙ СИЛИКАТНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРОЗЫ

Shoshin234@mail.ru

В настоящей статье представлена попытка оценить характер воздействия сахарозы на процессы фазообразования силикатов кальция, образующихся в результате помола смеси опоки/ CaO в водном растворе сахарозы. Визуальные изменения в наноструктуре твердой фазы, наблюдавшиеся при последовательном изменении концентрации сахарозы оценивали методом просвечивающей электронной микроскопии. Обнаружено, что морфология новообразований зависит от мольного отношения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и сахарозы в растворе. В присутствии сахарозы интенсифицируются процессы изотермической перегонки.

Ключевые слова: *опока, известь, сахароза, вода, помол, просвечивающая электронная микроскопия, морфология нанопазы.*

Механизм действия сахарозы на процессы гидратации цемента остается дискуссионным, в том числе и по причине противоречивости данных, получаемых различными авторами. Еще в работах Янга и др. [1, 2] отмечена эффективность сахарозы как замедляющего процессы схватывания цементных систем агента. Уже тогда была высказана весьма популярная до сих пор адсорбционная модель [1–3], согласно которой сахара стабилизируют зародышевую фазу цементного камня, образуют хелатные соединения и меняют растворимость силикатов. Однако периодически появляются данные, плохо укладывающиеся в эту модель. И если способность сахарозы влиять на микроструктуру цементного камня [4] относительно легко объяснима, то немонотонная зависимость замедляющего эффекта сахарозы от ее концентрации [5] в рамках данной модели объяснения не находит. Авторы [6] видят причину остановки процессов твердения цементных систем в присутствии сахарозы в почти полной остановке процессов гидратации алито-белитовой фазы цементного клинкера за счет образования высокоразвитых прочных адсорбционных слоев сахарозы на силикатной поверхности. Однако даже после 2-х часового помола цемента в водном растворе сахарозы ингибирующее действие сахарозы не было преодолено и схватывания теста не наблюдалось даже через несколько месяцев гидратации, хотя контрольная немодифицированная цементная суспензия, несмотря на высокое $\text{В/Ц}=4,0$, схватилась уже через сутки. К тому же, добавление полученной после помола модифицированной сахарозой цементной суспензии в свежеприготовленную цементную пасту приводит к харак-

терному для сахарозы эффекту – смешанная цементная паста демонстрирует увеличение пластичности и замедление схватывания. Таким образом, не смотря на то, что каждая молекула сахарозы участвует в адсорбционной связи с силикатной поверхностью тремя ОН-группами [6], адсорбция сахарозы на силикатах обратима и окклюзии сахарозы гидросиликатами/гидроалюминатами не наблюдается. В то же время, согласно сведениям [5], при длительной гидратации наблюдалось преодоление замедляющего эффекта сахарозы и лавинообразное схватывание системы.

Согласно данным [7], сахароза в малых дозах (менее 0,1 %) проявляет себя как ускоряющая гидратацию цемента добавка. При концентрациях сахарозы менее 0,3 % наблюдается эффект замедления схватывания цементных паст, а при дозировке более 0,3 % – эффект ускорения схватывания [8] (необходимо отметить, что данные [5] и [8] приведены для разных типов цемента и разных В/Ц). Учитывая противоречивость существующих данных был предпринят эксперимент по электронно-микроскопическому исследованию процессов фазообразования гидросиликатов кальция в условиях последовательно возрастающих концентраций сахарозы. Для наблюдений была выбрана аналогичная [9] модельная система – смесь силиката (опоки) и негашеной извести. При помоле данной смеси в водной среде имитируются процессы фазообразования силикатов. При этом химическая активность опоки существенно ниже цемента, что определяет низкую скорость растворения SiO_2 . Как показали исследования [9], помол этой смеси в воде в присутствии различных concentra-

ций сахарозы приводит к формированию наноструктур, характер которых зависит от исходного отношения $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{сахароза}$. Так как сахароза не поглощается образующимися гидросиликатами, ее концентрация в растворе относительно постоянна, а следовательно, имеет смысл рассматривать отношение $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{сахароза}$, находящихся в растворе (аналогичного подхода в отношении любых химических добавок в цементные растворы придерживался В.Б. Ратинов [10]). Поэтому в настоящем исследовании диапазон концентраций сахарозы был расширен с учетом мольного отношения $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{сахароза}$ в растворе так, чтобы получить последовательную картину изменений, происходящих в наноструктуре модельной системы. Учитывая, что растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составляет 0,185 г/100 мл H_2O ,

дозировки сахарозы составили 1,1 %, 2 %, 3,4 % и 10 % от массы минеральной составляющей смеси, что соответствует мольным отношениям $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}$ (в растворе) 3/1, 2/1, 1/1 и 1/3 соответственно.

Таким образом, целью настоящего исследования является изучение структурных изменений на наноуровне модельной системы $\text{SiO}_2\text{-Ca}(\text{OH})_2\text{-H}_2\text{O}$ в условиях последовательного изменения концентрации сахарозы и силикат/ CaO -отношения в исходной помольной смеси.

В качестве силиката была выбрана опока карьера села Поливановка Саратовской области, характеризующаяся высоким содержанием SiO_2 (табл. 1). В качестве источника CaO - известь строительная (ГОСТ 9179-77).

Таблица 1

Химический состав опоки

Химический состав, мас. %					
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	п.п.п.
81,6	6,2	не более 1,5	1,4	1,15	8,15

Исходное массовое отношение опока/ CaO было выбрано аналогично цементному клинкеру и составило 2/3. Помол смеси производился в шаровой мельнице МП/0,5×4 при частоте вращения стакана 280–300 об/мин в присутствии водного раствора сахарозы при $\text{V/T}=4,0$ в течение 2 ч. Полученные суспензии направлялись на электронно-микроскопическое исследование с помощью просвечивающего электронного микроскопа CarlZeiss Libra 120 с предварительной обработкой образцов в ультразвуковой бане [9]. Электронно-микроскопическое исследование проводилось в центре коллективного пользования научным оборудованием в области физико-химической биологии и нанобиотехнологии «Симбиоз» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

В структуре немодифицированной системы преобладают слоистые призматические элементы, склонные к взаимосрастанию в плотные развитые агрегаты (рис. 1 а, б). Поперечное сечение призматических элементов более 100 нм. В меньших количествах присутствуют сферические частицы и продукты их агрегирования (рис. 1 в). В системе так же присутствуют фрагменты с войлочной структурой (рис. 1 г), характерной для продуктов гидратации цемента, гидратированного в аналогичных условиях помола (рис. 2 а, б). Согласно [11], характер наноструктуры частиц C-S-H -геля определяется Ca/Si -отношением: при $\text{Ca/Si}=0,66$, формируются агрегированные частицы с волокнистой структу-

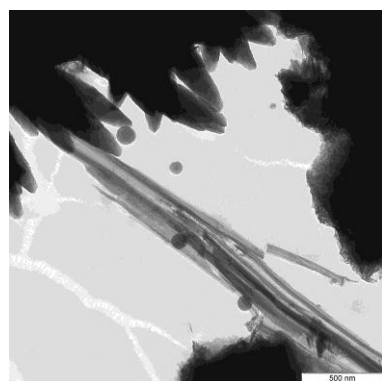
рой, аналогичной продуктам гидратации цемента при $\text{V/C}=4,0$ (рис. 2 а), где ввиду высокого V/C -отношения и, следовательно, сниженной концентрации Ca^{2+} в растворе C-S-H -гель формируется в условиях недостатка кальция. При $\text{Ca/Si}=1,5$, напротив, формируются микронного размера плотные агрегированные частицы, аналогичные по структуре рис. 1 а.

Согласно современным представлениям о механизме формирования C-S-H -фазы, портландит, выпадая в осадок, формирует в растворе пластинчатые частицы, на поверхности которых оседают силикаты различной степени полимеризации [12, 13]. Однако в используемой модельной системе растворимость кремнезема низка, а гидроокись кальция взята в значительном избытке, вследствие чего слоистые частицы портландита достигают значительных размеров и срастаются в агломераты. Структура образующихся наночастиц C-S-H -фазы разнообразна и отвечает широкому диапазону Ca/Si -отношений, что скорее всего, связано с тем, что C-S-H -частицы зафиксированы на разных стадиях эволюции.

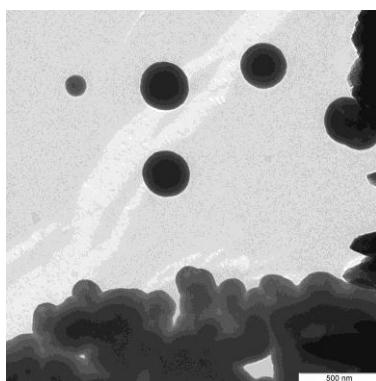
В присутствие 1,1 % сахарозы картина кардинально меняется: из перечисленных выше структурных элементов в наноструктуре модифицированной системы были обнаружены лишь призматические частицы (рис. 3 а–в). Обращает на себя внимание характер их срастания в звездчатые структуры (рис. 3 а, б), где каждый призматический элемент старается равноудалиться от соседей (рис. 3 в). Последнее, видимо, объясняется тем фактом, что сахароза способна обра-

зовывать адсорбционные слои не только на силикатной поверхности, как утверждают авторы [6], но и на поверхности частиц портландита, что вполне вероятно, если учесть определенную изоструктурность портландита и аморфного SiO_2 , способствующую формированию тоберморитоподобной структуры С–S–Н-геля [13, 14]. Образующиеся адсорбционные оболочки, види-

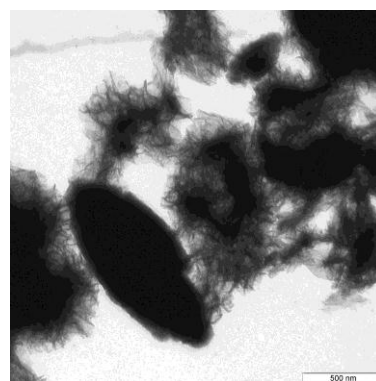
мо, препятствуют поперечному росту частиц портландита – в результате наблюдается преимущественно одномерный рост частиц портландита, а рост их z-потенциала [15] препятствует их срастанию, т.е. приводит к эффекту пептизации. Поперечное сечение игольчатых частиц составляет 60–100 нм.



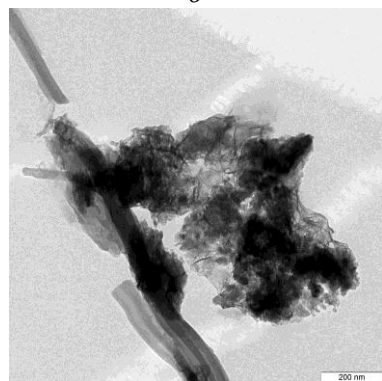
б



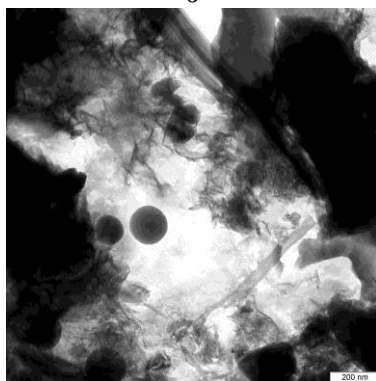
в



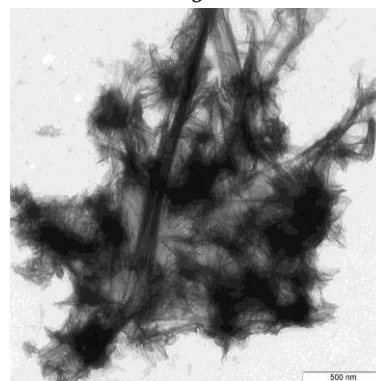
б



а



з



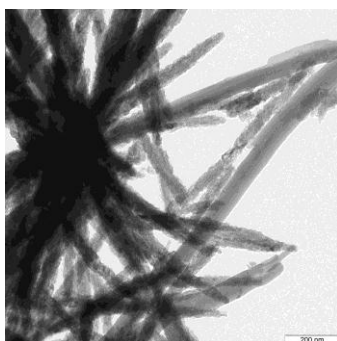
а

Рис. 1. Наноструктуры немодифицированной модельной системы опока/CaO (помол 2 ч)

Рис. 2. Наноструктуры цементной суспензии (В/Ц=4,0) (помол 2 ч)



а



б



в

Рис. 3. Наноструктуры модельной системы, модифицированной 1,1 % сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=3/1$ (моль)). Концентрация сахарозы в растворе – 0,27 %

Следует отметить, что агрегированных частиц С–S–Н-геля с войлочной структурой в системе не наблюдается – вместо них формируются мелкие плотные частицы неправильной формы (8–20 нм), активно оседающие на поверхности призматических частиц портландита (рис. 3

а, в). Причина резкого изменения структуры силикатных частиц не до конца ясна и, возможно, связана с коагулирующим действием сахарозы [9], с эффектом высаливания SiO_2 из раствора органическим веществом [10], изменением стабильности частиц нанокремнезема в условиях

роста z-потенциала и изменения состава раствора [16]. Согласно работе [16], устойчивость водных золь нанокремнезема во многом определяется структурой гидратных оболочек, которые сохраняя систему водородных связей, существенно увеличивают эффективный радиус частиц и их коагуляционную устойчивость. Адсорбция сахарозы, по-видимому, разрушает систему водородных связей, что особенно критично при увеличении радиуса частиц более 5 нм [16]. Как следствие – активная коагуляция наночастиц силикатов без образования гелевых структур.

Увеличение концентрации сахарозы до 2% приводит к дальнейшему развитию адсорбцион-

ных слоев сахарозы на поверхности портландита, в результате чего наблюдается, по-видимому, предельно возможное утончение частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который на фоне усиления эффектов пептизации приводит к образованию войлочной структуры из нитей с поперечным сечением 5-30 нм (рис. 4 а-в). Примечательно, что этой концентрации сахарозы соответствует появление в системе агрегированных частиц силикатов (100-300 нм), представляющих собой плотный коагулум из частиц неправильной формы (рис. 4 г). Следует отметить, что данные агрегированные частицы аналогичны описанным в работе [11], что позволяет предположить высокое Ca/Si -отношение силикатов в их составе.

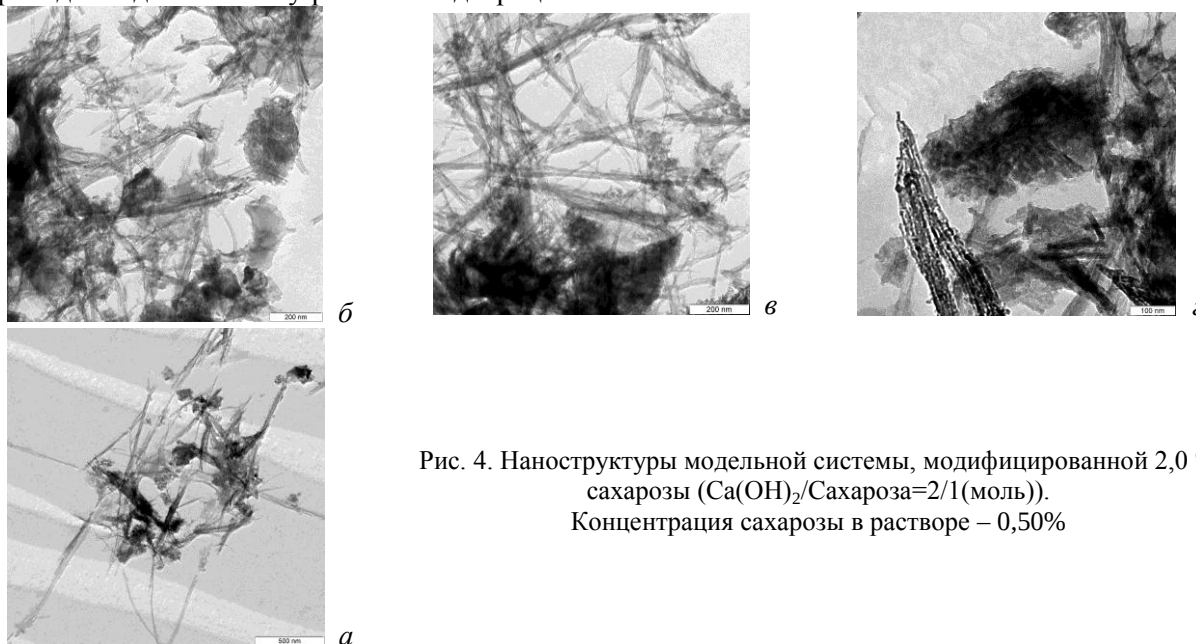


Рис. 4. Наноструктуры модельной системы, модифицированной 2,0 % сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=2/1$ (моль)). Концентрация сахарозы в растворе – 0,50%

При концентрации сахарозы 3,4 % в микроструктуре модельной системы выделяются крупные плотные сферические частицы, образующие цепочечные структуры (рис. 5 а, б). На наноуровне также преобладают сферические частицы различного размера (рис. 5 в-е), количество нитевидных структур значительно снижено, средний диаметр нитей до 20 нм, хотя встречаются нити толщиной 4-5 нм (рис. 5 д, е); нити образуют отдельные неплотные скопления, наблюдается частичное обрастание поверхности нитей наночастицами силикатов (диаметром от 4 нм) и их агрегатами (до 40-50 нм в диаметре) (рис. 5 в-д).

Крупные сферические наночастицы (более 80 нм) образуют собственные цепочечные и кольцеобразные агрегаты (рис. 5 д, е). Высокая однородность размеров частиц в составе цепочечных агрегатов, видимо, является следствием действия эффекта изотермической перегонки. Иными словами, при эквимольном отношении $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}$ в растворе активизируется

процесс роста изолированных частиц; частицы силикатов, осевшие на поверхности нитей портландита, в процессе роста срастаются, повторяя геометрию последних. В системе присутствуют, также агрегированные частицы, чья высокая плотность и однородность позволяют предположить еще более высокое Ca/Si -отношение силикатов, входящих в их состав.

При максимальной концентрации сахарозы (10 %) нитевидных элементов структуры, аналогичных предыдущему образцу не наблюдается, однако характер присутствующих структур предполагает «обрастание» войлочной структуры наночастицами силикатов (рис. 6 а) с последующим уплотнением в крупные (микронного размера) агрегаты (рис. 6 б, в).

Анализ представленного материала свидетельствует о том, что при прочих равных условиях существует некая пороговая концентрация сахарозы в растворе (1,1-2 %, что соответствует молярному отношению в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=3/1-2/1$), при которой кри-

сталлизирующийся портландит образует войлочную структуру с предельно малым поперечным сечением нити (5–30 нм). Дальнейший рост концентрации сахарозы не влияет на характеристики войлочной структуры портландита, но провоцирует активизацию процессов изотермиче-

ской перегонки и выпадения в осадок плотных мелких частиц силикатов, причем при максимальной концентрации сахарозы в системе присутствуют только продукты коагуляции последних.

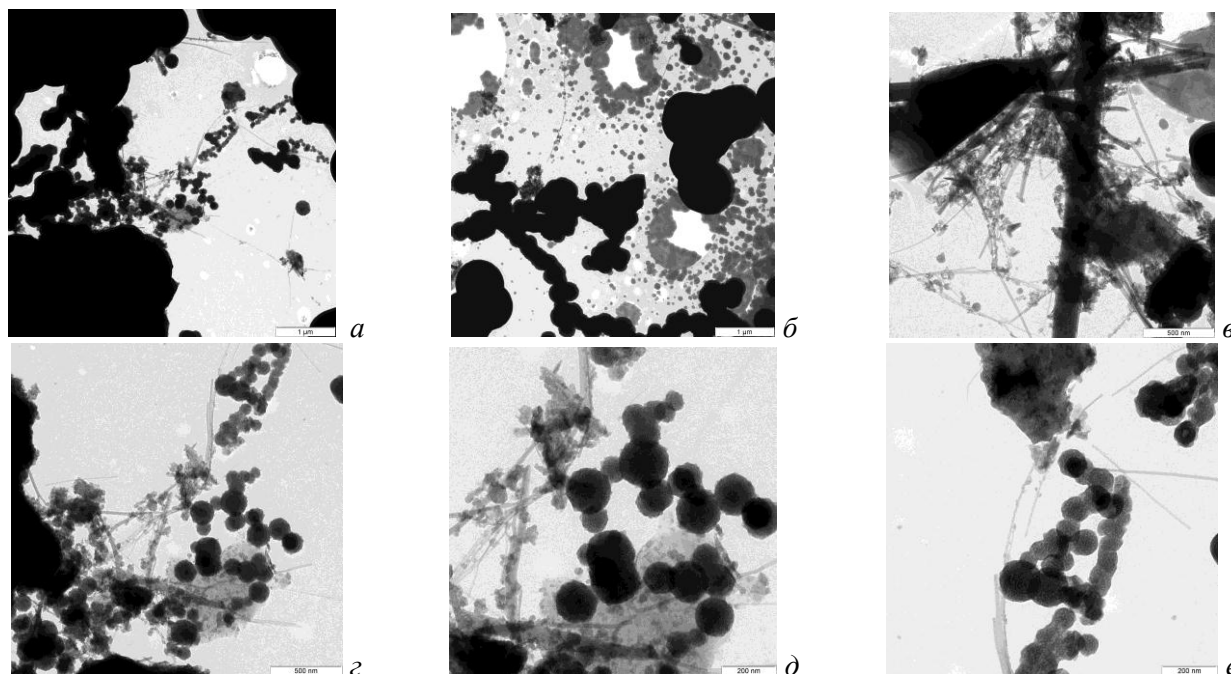


Рис. 5. Наноструктуры модельной системы, модифицированной 3,4 % сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=1/1$ (моль)). Концентрация сахарозы в растворе – 0,85 %

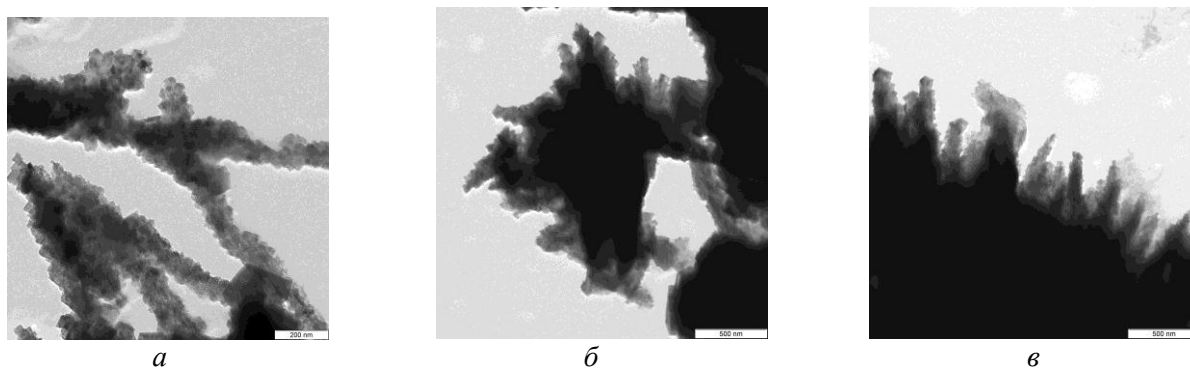


Рис. 6. Наноструктуры модельной системы, модифицированной 10,0 % сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=1/3$ (моль)). Концентрация сахарозы в растворе – 2,50 %

Если исходить из того, что формирование частиц портландита – начальная стадия образования тоберморитподобной структуры С–S–Н-фазы, то влияние сахарозы в малых концентрациях будет аналогично действию эттрингита – будет наблюдаться ускорение процессов схватывания. Данное предположение легко проверить, проанализировав данные [5]: при $\text{В/Ц}=0,42$ дозировки сахарозы 0,05 %, 0,1 %, 0,2 % и 0,4 % от массы цемента соответствуют водным растворам с концентрацией 0,1; 0,23; 0,47 и 0,95% соответственно и аналогичны рассмотренному в настоящей работе диапазону концентраций сахарозы в модельной системе.

Согласно [5] при дозировке сахарозы 0,4 % (0,95 % водный раствор сахарозы), образцы цементного бетона демонстрируют лавинообразный набор прочности только на 14 сутки (табл. 2). Данная концентрация сахарозы наиболее близка модельному образцу, содержащему 3,4 % сахарозы (0,85 % водный раствор) (рис. 5), где наблюдалась активизация роста индивидуальных частиц силикатов предположительно в результате активной изотермической перегонки. Иными словами, лавинообразный рост прочности бетонного образца соответствует моменту взаимопрорастания частиц силикатов (топохимический механизм твердения).

Таблица 2

Эффект влияния сахарозы на свойства образцов бетона (В/Ц=0,42) (по данным [5])

Содержание сахарозы, % от массы цемента.	Средняя прочность при сжатии, (Н/мм ²)			
	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут
0	16,05	26,62	36,44	40,88
0,05	17,95	26,07	36,60	41,99
0,1	16,39	26,21	31,32	35,43
0,2	12,82	20,05	25,03	32,64
0,4	0	0	20,17	32,08
0,6	0	0	3,00	31,47
0,8	0	0	2,20	30,66

При этом начало схватывания по мере роста содержания сахарозы, согласно данным [5], монотонно сокращается, что хорошо объяснимо исходя из полученных в настоящей работе данных. Таким образом, полученные данные о влиянии сахарозы на процессы фазообразования в модельной системе опока/СаО способны удовлетворительно объяснить наблюдаемые явления в цементных системах, модифицированных сахарозой.

Однако нельзя не отметить, что в изученной модельной системе СаО был взят в значительном избытке, а скорость растворения опоки существенно ниже таковой цемента. Для учета указанного обстоятельства был предпринят параллельный эксперимент с увеличением содержания опоки в составе помольной смеси при постоянстве концентрации сахарозы. На растворимость кремнезема рост доли опоки в помоль-

ной смеси не влияет, зато существенно увеличивает скорость поступления SiO₂ в раствор. Помолу (2 ч) в растворе сахарозы (В/Т=4,0, концентрация сахарозы 2 % от массы минеральной составляющей смеси) подвергли смеси опока-СаО с отношением Опока/СаО=3/2 и 4/1. Полученные суспензии были изучены электронно-микроскопическим методом и подвергнуты сравнению с модельной системой Опока/СаО=2/3 (рис. 4). На микроснимках видно, что при переходе от системы Опока/СаО =2/3 (рис. 4) к системе Опока/СаО =3/2 (рис. 7) войлочная структура портландита (рис. 4 а-в) частично разрушается – на месте волокон образуются частично фрагментированные цепочки вырожденных по диаметру частиц силикатов (поперечное сечение цепочек ~ 20нм) (рис. 7 а), повторяющих геометрию исходной волокнистой структуры.

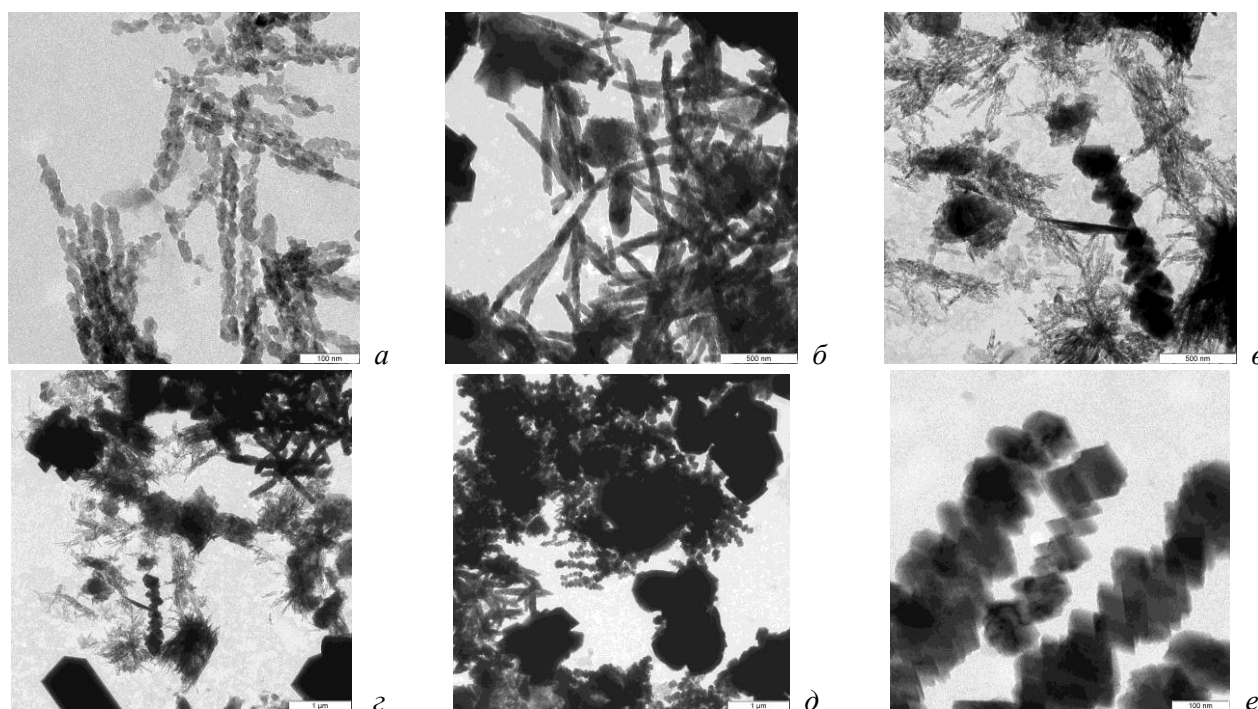


Рис. 7. Наноструктуры модельной системы (Опока/СаО=3/2), модифицированной 2,0 % сахарозы. Концентрация сахарозы в растворе – 0,50 %

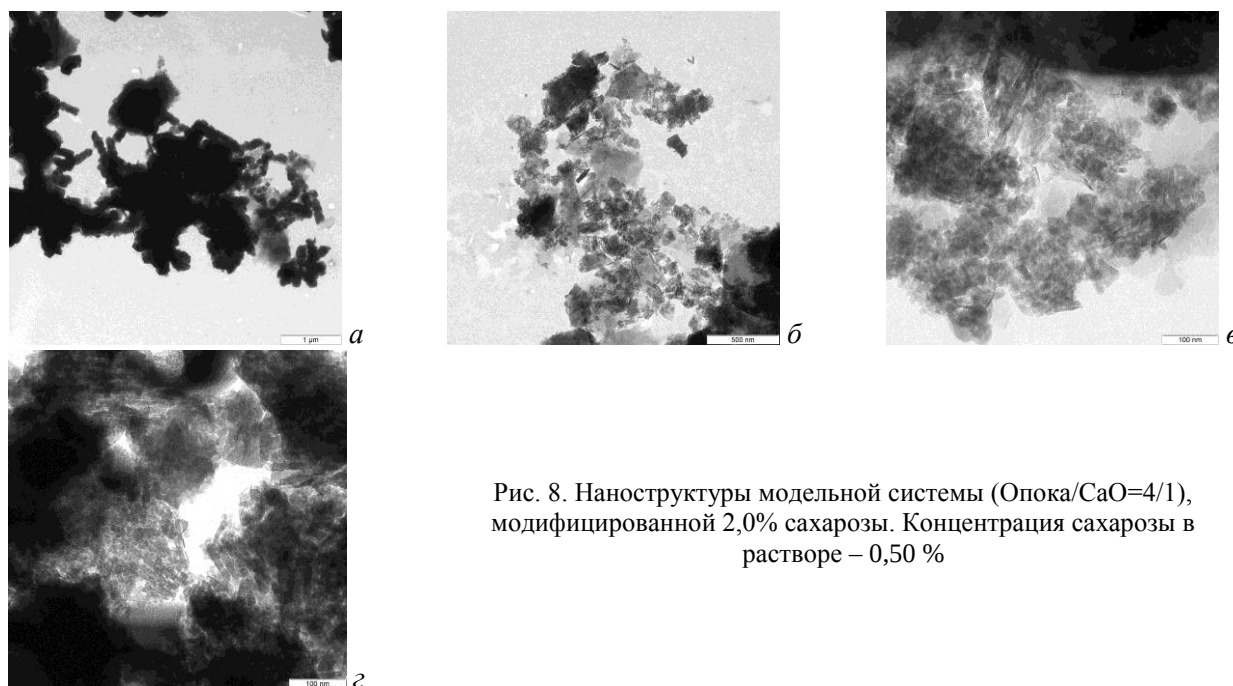


Рис. 8. Наноструктуры модельной системы (Опока/CaO=4/1), модифицированной 2,0% сахарозы. Концентрация сахарозы в растворе – 0,50 %

В то же время, присутствуют агрегированные частицы, (рис. 7 в) и звездчатые структуры (рис. 7 б–г), описанные ранее (рис. 3) – поперечное сечение призматических элементов в составе этих структур 60–120 нм (рис. 7 б). Т.е. рост доли кремнезема в помольной смеси создает эффект снижения дозировки сахарозы, обусловленный, видимо, отвлечением части сахарозы на зародышевую фазу кремнезема. Необходимо отметить, что кроме указанных структурных элементов в системе присутствуют уникальные, свойственные только этой системе наноструктуры: на рис. 7 д, е видны в большом количестве кубические частицы и цепочечные структуры, состоящие из них. По внешним признакам эти частицы соответствуют кальциту. По всей видимости, CaCO_3 , присутствующий в исходных материалах [9], в данных условиях вступает в фазу активного роста частиц (изотермическая перегонка).

Дальнейшее увеличение доли опоки в помольной смеси (Опока/CaO =4/1) приводит к образованию многочисленных плотных агрегированных частиц (рис. 8), слоистость которых только угадывается (рис. 8 а, в, г).

Таким образом, изучение поведения модельной системы в различных условиях приводит к выводу о сложном и многоплановом воздействии сахарозы на силикатную систему:

1. Сахароза активно адсорбируется на частицах портландита, меняя характер их роста и увеличивая z-потенциал; изменение сроков схватывания цементных систем, модифицированных сахарозой, по всей видимости, связан именно с ростом анизометрии частиц портландита.

2. Сахароза изменяет характер эволюции зародышевой фазы кремнезема, подавляя формирование гелевых структур. Этот эффект наблюдается даже при незначительных концентрациях сахарозы.

3. В присутствие сахарозы усиливается эффект изотермической перегонки частиц силикатов. Сопоставление полученных результатов с данными сторонних исследователей приводит к выводу о принципиальной значимости обнаруженного эффекта для преодоления негативного влияния сахарозы на цементные системы.

4. Представленное исследование показало, что сахароза перераспределяется между образующимися фазами портландита и силикатов и от характера этого распределения зависит характер образующихся наноструктур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Young J.F. A review of the mechanisms of set-retardation in Portland cement pastes containing organic admixtures // Cem. Concr. Res. 1972. 2(4) pp. 415–433.
2. Birchall J.D., Thomas N.L. The mechanism of retardation of setting of OPC by sugars // Br. Ceram. Proc. 1984. Vol. 35. pp. 305–315.
3. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим. Ташкент, Изд-во «БАН», 1974. 123 с.
4. Maria C. Garci Juenger., Hamlin M. Jennings. New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes // Cement and Concrete Research. V.32, 2002. pp. 393–399.
5. Akogu Elijah Abalaka. Effects of Sugar on Physical Properties of Ordinary Portland Cement

Paste and Concrete // AU J.T. 2011. №14(3). pp. 225–228.

6. Smitha B. J., Rawala A., Funkhouser G. P., Robertsc L. R., Guptad V., Israelachvilia J. N., Chmelka B. F. Origins of saccharide-dependent hydration at aluminate, silicate, and aluminosilicate surfaces // PNAS. 2011. V. 108. № 22. pp. 8949–8954.

7. Тараканов О.В. Цементные материалы с добавками углеводов. Пенза: изд-во ПГАСА, 2003. 166 с.

8. Bazid Khan, Bulent Baradan. The effect of sugar on setting-time of various types of cements // Quarterly science vision. 2002. Vol.8 (1) pp. 71-78.

9. Шошин Е.А. Поляков А.В., Горшков Н.В., Былинкина Н.Н., Буров. А.М. Соотношение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - сахара как фактор влияния на морфологию аморфных гидросиликатов кальция // Научное обозрение. 2015. №16. С.168-179.

10. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989. 188с.

11. Helene Viallis-Terrisse, Andr'e Nonat, Jean-Claude Petit. Zeta-potential study of calcium silicate hydrates interacting with alkaline cations //

Journal of Colloid and Interface Science. 2001. 244. pp. 58–65.

12. Hamlin M. Jennings A model for the micro-structure of calcium silicate hydrate in cement paste // Cement and Concrete Research. 2000. №30. pp. 101–116.

13. Brunet F., Bertani Ph., Charpentier Th., Nonat A., Virlet J. Application of ^{29}Si homonuclear and ^1H - ^{29}Si heteronuclear NMR correlation to structural studies of calcium silicate hydrates // J. Phys. Chem. B. 2004, v.108, pp.15494–15502.

14. Cong X, Kirkpatrick R. J. ^{29}Si MAS NMR study of the structure of calcium silicate hydrate // Advn. Cem. Bas. Mat. 1996. №3. pp. 144–156.

15. Шошин Е. А., Широков А.А. Исследование электрокинетического потенциала модифицированных углеводами цементных паст на начальной стадии гидратации // Вестник БГТУ им. Шухова. 2015. №5. С. 235–240.

16. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 208 с.

Shoshin E.A., Polyakov A.V., Burov A.M.

CHANGES IN THE NANOSTRUCTURE OF A MODEL SILICATE SYSTEM IN TERMS OF SEQUENTIAL CHANGES IN THE CONCENTRATION OF SUCROSE

Evolution of silicate phases formed during milling of the silicate model (flask), and Cao in the presence of aqueous sucrose solution was studied using transmission electron microscopy (TEM). It's studied the formation of mineral phases, the sequential increase in the concentration of sucrose. It is found that the morphology of the nanoparticles depends on the molar ratio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and sucrose in solution. it was also found that the process of isothermal distillation in the presence of sucrose intensifies.

Key words: flask, lime, sucrose, water, milling, transmission electron microscopy, the morphology of nanophase

Шошин Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологии.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77

E-mail: Shoshin234@mail.ru

Поляков Андрей Владимирович, кандидат технических наук кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

E-mail: polyakovsgtu@mail.ru

Буров Андрей Михайлович, ведущий инженер Центра Коллективного Пользования «Симбиоз».

Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Московская, 155, корп.1.

E-mail: Burov.anmi@gmail.com

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Косухин А.М., аспирант,
Шарапова Ю.А., магистрант,
Шарапов О.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ, ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ, КОМФОРТНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ВЯЖУЩЕМ*

mkosuhin@mail.ru

Проведена сравнительная характеристика покрытий автомобильных дорог из цемента- и асфальтобетона. Показаны преимущества устройства цементобетонных покрытий улично-дорожной сети жилой застройки по сравнению с традиционно применяемым асфальтобетоном.

Даны обоснования необходимости перехода к цементобетонным покрытиям в соответствии с современными требованиями транспортно-эксплуатационной надежности, комфортности, безопасности и экологичности, показаны факторы, влияющие на их прочность и морозостойкость. Предложено модифицированное вяжущее, производимое в заводских условиях, позволяющее значительно повышать прочность цементобетонных покрытий и, особенно, их морозостойкость. Приведены экспериментальные данные исследований коллоидно-химических свойств модификатора и эксплуатационно-технических свойств вяжущего и цементобетона на его основе.

Ключевые слова: покрытия автомобильных дорог, транспортно-эксплуатационная надежность, комфортность, асфальтобетон, цементобетон, жилая застройка, транспортная инфраструктура, транспортные потоки, модифицированное вяжущее, пластифицирующий компонент, воздухоовлечение, морозостойкость, полифункциональные модификаторы.

Введение. Неотъемлемой частью национального проекта «доступное и комфортное жилье – гражданам России» являются новые подходы в жилищном строительстве, более комфортные условия для проживания людей, увеличение ввода жилья и особенно индивидуального. Направлениями первостепенной важности социально-экономического развития являются выполнение социальных программ, инженерное обустройство микрорайонов индивидуальной массовой жилой застройки, комплексное благоустройство населенных пунктов и обеспечение застраиваемых территорий широко разветвленной дорожной сетью местного и регионального значения с их выходом на федеральные трассы. Особая роль при этом отводится улично-дорожной сети жилой застройки, так как она подвергается более быстрому износу в период эксплуатации [1].

Для выполнения вышеуказанных социальных программ, создание и развитие дорожной сети предусматривает переход на применение современных высокоэффективных материалов и конструкций дорожных одежд полифункционального назначения, которые обеспечивают высокие транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильных дорог, повышенные сроки эксплуатации и комфортность.

На протяжении многих десятилетий при устройстве дорожных покрытий предпочтение

отдавалось асфальтобетону. Это обуславливалось незначительной стоимостью, простотой технологии его производства и устройства дорожных покрытий, доступностью сырьевых материалов, незначительными транспортными потоками.

На сегодняшний день к автомобильным дорогам, особенно улично-дорожной городской сети предъявляются повышенные требования как по эксплуатационной надежности и комфортности, так и экологичности. Увеличение плотности транспортных потоков, температуры окружающей среды (до +40 °С в тени и выше в летнее время) приводит к интенсивному испарению компонентов асфальтобетона и созданию экологической напряженности городской среды. На открытых участках температура воздуха приравнивается к температуре плавления битумов. Наряду с неудовлетворительными экологическими показателями высокая пористость асфальтобетонных покрытий не обеспечивает их требуемой эксплуатационной надежности, комфортности и долговечности. Возрастающим требованиям движения и экологии городской среды, как показывает отечественный и зарубежный опыт, в наибольшей степени отвечают цементобетонные покрытия. В работе были проведены сравнительные характеристики асфальто- и цементобетонных покрытий автомобильных дорог в соответствии с [2, 3, 4], исследова-

ния коллоидно-химических свойств полифункционального модификатора, физико-механических свойств модифицированного вяжущего и цементобетонных на его основе.

Целью данной работы является освещение результатов проведения сравнительных характеристик асфальто- и цементобетонных дорожных покрытий, экспериментальных исследований коллоидно-химических свойств полифункционального модификатора, физико-механических свойств композиционного вяжущего и цементобетонных на его основе.

Методология. Для исследования влияния модификаторов на свойства цементобетонных смесей и бетонов применяли комплексные методы исследований, регламентируемые ГОСТовскими методиками.

Исследование подвижности модифицированных цементных суспензий производили с помощью мини-конуса, в соответствии с методикой НИИЖБ Госстроя [5], заключающийся в определении диаметра расплыва цементной суспензии под действием силы тяжести.

Исследования реологических свойств цементного теста, растворов, а также подбор состава цементобетона производили в соответствии с методологией, разработанной в НИИЖБ, по применению добавок различного типа в технологии сборного и монолитного бетона [6].

Исследования реологических параметров цементных суспензий проводили с помощью ротационного вискозиметра. В ходе исследований определяли зависимость между значениями сдвигающего напряжения и скоростью сдвига. По полученным значениям строили реологические кривые, по которым определяли предельное напряжение сдвига и пластическую вязкость.

Кинетику структурообразования цементного теста исследовали по известной методике [7] на коническом пластометре. Пластическую прочность в Па, определяемую глубиной погружения конуса прибора в цементное тесто рассчитывали по формуле

$$P_k = K_a \frac{m\alpha}{h^2}, \quad (1)$$

где m – масса конуса со штангой и добавочным грузом, кг; α – ускорение свободного падения, м/с²; h – глубина погружения конуса, м; K – константа, зависящая от угла конуса прибора ($\alpha = 45^\circ$, $K_a = 0,658$; $\alpha = 90^\circ$, $K_a = 0,159$; $K_a = \frac{100}{\pi} \cdot g \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$).

Подвижность цементобетонной смеси определяли с помощью стандартного конуса по ГОСТ 10181-2000. Прочность и морозостойкость бетонов определяли на бетонных образ-

цах-кубах с размерами ребер 10×10×10 см, 7,07×7,07×7,07 см по стандартным методикам.

Для выяснения механизма действия модификаторов были применены физико-химические методы исследования. Изучались водные растворы модификаторов, кинетика твердения цементного теста, изменение фазового состава образцов цементного камня с добавками, разовые превращения в модельных системах и клинкерных минералах при гидратации и твердении.

Основная часть. При строительстве автомобильных дорог наиболее прочным, морозостойким, износо- и термостойким, ровным и обеспечивающим сцепление автомобильных колес должно быть покрытие. Сцепление автомобильных шин с дорожным полотном сильно снижается в осенне-зимний период из-за снежно-ледовых образований, которые приводят к скольжению и заносам, а следовательно, к увеличению дорожно-транспортных происшествий. Кроме прочностных, деформативных и эксплуатационных свойств, экологических показателей дорожные покрытия должны удовлетворять требуемым срокам эксплуатации при заданных условиях, т.е. быть долговечными. При этом состояние улично-дорожной сети не должно оказывать социально-психологического влияния на среду обитания проживающих.

В настоящее время в связи с возрастающей автомобилизацией, увеличением пассажиро- и грузоперевозок, вопрос строительства и содержания надежных, комфортных, экологически чистых и безопасных автомобильных дорог имеет первостепенную важность при создании оптимальной для жизни людей городской инфраструктуры. В связи с тем, что традиционный цементобетон не всегда отвечает этим требованиям, авторами были проведены экспериментальные исследования модифицированного композиционного вяжущего для высокопрочных и морозостойких цементобетонных покрытий.

По статистическим данным Госавтоинспекции МВД России, в Российской Федерации только за 2014 год зафиксировано 199720 ДТП, в том числе 1302 случая в Белгородской области, из которых 51573 и 329 ДТП соответственно, произошло из-за неудовлетворительного состояния уличных дорог.

Согласно статистике, большинство аварий приходится на теплое время года. На зимний период из-за снежно-ледовых образований их количество составляет 15 % от всех дорожно-транспортных происшествий, или почти 30000 аварий на территории Российской Федерации.

Таким образом, число аварий происшедших по техническим причинам неудовлетворительного состояния улиц и дорог и образования

снежно-ледовых накатов на территории всей России только за 2014 год приблизилось к 81573 авариям, что составляет примерно 40 % от общего числа случаев [8]. Этот показатель требует от соответствующих структур принятия таких технических и технологических решений при строительстве, эксплуатации и реконструкции автомобильных дорог, которые могли бы свести эти показатели до минимума.

Причиной образования снежно-ледовых накатов является высокая пористость асфальтового покрытия, так как осадки в виде дождя и снега легко проникают в открытые поры асфальтобетона и припрессовываются движущимся автотранспортом к дорожному полотну, образуя сплошной слой снежно-ледового наката. При этом большая открытая пористость асфальтобетона обеспечивает хорошую адгезию образующегося слоя к дорожному покрытию, что в свою очередь способствует длительному сохранению снежно-ледового наката и затрудняет его ликвидацию.

Высокая пористость асфальтобетона способствует также более быстрому разрушению дорожной одежды в осенне-зимний период. Изменения климатических условий, происходящие в последнее время, приводят к более частым сменам положительных и отрицательных температур с переходом через ноль не только в течение зимнего периода, но и в течение суток. Это значительно ускоряет разрушение дорожных покрытий. Влага, скопившаяся в порах асфальтобетона, замерзая, разрушает его структуру и создает концентрацию напряжений внутри дорожного полотна. Катализаторами процессов разрушения при этом служат реагенты, используемые дорожными службами для таяния снега и льда (хлорид магния, био-норд, соль техническая, песчано-солевая смесь). Асфальтобетон насыщенный растворами солей, подвергается более быстрому и глубокому морозному разрушению.

Кроме того, большинство ранее построенных российских автомобильных дорог не соответствуют несущей способности дорожных одежд, что приводит к колееобразованию на дорогах, появлению и интенсивному развитию ям и выбоин, развитой сети трещин на покрытиях.

Вышеизложенные проблемы можно решить путем уменьшения пористости асфальтобетонного покрытия, но как показывает опыт, это только снижает темпы разрушения дорожного полотна и не избавляет от проблемы в полном объеме.

Практически полностью устранить указанные недостатки позволяет переход на применение цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Одним из наиболее важных преимуществ

цементобетона является стабильность транспортно-эксплуатационных показателей, высокая долговечность и экологичность по сравнению с асфальтобетоном. Практика использования цементобетона при строительстве автомобильных дорог, широко известна в экономически развитых странах США, Канаде, ряда европейских и азиатских государств. В каждой из этих стран предпочтение отдаются дорогам с различным значением и перспективой, но применению для их строительства и ремонта цементобетона безусловно отведена особая роль.

Практика строительства цементобетонных автомобильных дорог была широко развита до 70-х годов прошлого столетия и в нашей стране. Но выход на передовые рубежи интенсивной добычи и переработки нефти и образования больших объемов нефтяных отходов явился основной причиной популярности применения асфальтобетона в дорожном строительстве, как в нашей стране, так и за рубежом.

Однако, учитывая складывающуюся ситуацию на мировом рынке нефти в настоящее время, можно сделать прогноз об удорожании и дефицитности битумных продуктов, а следовательно, увеличению стоимости строительства и ремонта асфальтобетонных автомобильных дорог. Кроме того, к современным автомобильным дорогам предъявляются повышенные транспортно-эксплуатационные и экологические требования, комфортность, долговечность. Применение при этом асфальтобетона не позволяет достигнуть требуемых результатов.

В свою очередь, цементобетон не зависит от нефтепродуктов и не подвергается ежегодному ремонту. Кроме того, в качестве компонентов цементобетонных смесей могут широко использоваться местные строительные материалы, имеющие невысокую стоимость. В этой связи цементобетон широко используется как в жилищном, так и дорожном строительстве.

В настоящее время в России построено 9790 км дорог с цементобетонным покрытием, в то время как в США их насчитывается 120 тыс. км, примерно 60 % межштатных дорог с интенсивным движением автотранспорта имеют цементобетонные покрытия. Протяженность автодорожной сети Германии составляет порядка 626800 км, из них 156500 км (25 %) имеют цементобетонные покрытия.

Современный цементобетон – это композитный строительный материал, который можно получать с заданными свойствами для конкретных условий эксплуатации путем модифицирования его структуры и свойств различными добавками. Это придает ему долговечность, эксплуатационную надежность, экологическую

безопасность и доступность применения в любых условиях эксплуатации. Кроме того, упрощается ведение ремонтных работ с учетом сезона года на всем их протяжении.

Оптимально выбранная последовательность и оперативное устранение причин образования дефектов минимизирует затраты на содержание в надлежащем состоянии цементобетонных покрытий и уменьшает объем повреждений, требующих больших капитальных вложений. При этом возможна очередность ликвидации дефектов, которую устанавливают на основе обследования состояния покрытий, выявления причин их образования и в зависимости от значимости (весомости) различных видов повреждений покрытий.

Состав работ по содержанию цементобетонных покрытий включает очистку дорожных покрытий от мусора, пыли и грязи, уборку посторонних предметов; восстановление геометрии деформационных швов и их герметизацию; консервацию трещин на покрытии; ремонт сколов и обломов дорожных плит; выравнивание поверхности покрытий и замена отдельных участков плит; ремонт усадочных трещин; укрепление поверхности бетона специальными составами. Для этих целей в настоящее время разработано большое количество разнообразных ремонтных составов как на основе минеральных вяжущих веществ, так и на полимерных связующих [9–10]. Эти составы имеют быстрые сроки схватывания и набора прочности, хорошую совместимость и адгезию с ремонтируемыми поверхностями дорожных покрытий, высокую прочность, морозостойкость, износостойкость. Все это позволяет в короткие сроки придать дорожному полотну требуемые транспортно-эксплуатационные характеристики.

Цементобетонные покрытия автомобильных дорог отличаются от традиционных асфальтобетонных рядом существенных преимуществ, от которых зависит надежность, безопасность и долговечность: высокая прочность цементобетона и общая жесткость дорожных одежд с цементобетонным покрытием, способным выдерживать значительные нагрузки, многократно превышающие проектные для асфальтобетона при одинаковых вариантных условиях и требованиях; больший срок службы (в 1,5–2,0 раза и более, чем у асфальтобетонного); рост прочности цементобетона во времени, способствующий поддержанию дорожным полотном высоких транспортно-эксплуатационных требований без незначительных, по стоимости и времени, ремонтов на очень длительные сроки. Это, в свою очередь, снижает затраты на содержание и эксплуатацию дорог; способность цементобетонной

дорожной одежды существенно облегчать работу основания за счет равномерного распределения и восприятия нагрузки от проезда большегрузных транспортных средств; стабильно высокие деформативные свойства цементобетонного покрытия при постоянных знакопеременных температурных воздействиях, характерных для многих климатических регионов России; стабильность коэффициента сцепления покрытия с колесами автомобилей и его слабая зависимость от степени увлажнения покрытия, а также видимость покрытия в темное время суток; развитость современной индустрии производства цементобетона и доступность оборудования для скоростного строительства цементобетонных покрытий с высокими показателями ровности, что также доказано отечественной и зарубежной практикой; значительно большая всепогодность строительства цементобетонных покрытий по сравнению с асфальтобетонными.

Цементобетонным дорожным покрытиям в соответствии со СНиП 3.06.03-85 предъявляется комплекс требований, к числу которых относятся: марка портландцемента, прочность и морозостойкость бетона, В/Ц и подвижность цементобетонной смеси, требования к заполнителям, объем вовлеченного в цементобетонную смесь воздуха на момент ее укладки.

В связи с вышеизложенным, применение рядовых цементов в производстве цементобетона для дорожных покрытий не всегда приносит требуемый результат. Кроме того, как отмечалось ранее, достижение требуемых целей в последнее время усложняется природно-климатическими изменениями, вызывающими необходимость проведения дополнительных мероприятий при монолитном бетонировании как на стадии приготовления бетонных смесей и производства работ по их укладке, так и в период эксплуатации.

С этой целью авторами были проведены исследования по получению модифицированного композиционного вяжущего для цементобетонных дорожных покрытий. Исходя из эксплуатационных требований, применение разрабатываемого вяжущего должно позволять получать дорожные цементобетоны, имеющие высокую прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, износостойкость. Одним из наиболее важных свойств, влияющих на транспортно-эксплуатационные характеристики и сроки эксплуатации является морозостойкость дорожного цементобетонного покрытия.

Попеременное замораживание и оттаивание бетонных и железобетонных конструкций эксплуатируемых в естественных условиях приводит к развитию деструктивных процессов, сни-

жающих долговечность. Причинами разрушения влажного материала под действием отрицательных температур являются внутренние напряжения, вызываемые кристаллизационным давлением льда, гидравлическим давлением воды, осмотическими силами, расклинивающим давлением тонких водных пленок, адсорбционными явлениями, разностью коэффициентов расширения льда и кристаллического сростка. Наибольшее влияние при этом оказывают фазовые переходы влаги в теле бетона [11].

В связи с этим морозостойкость бетона определяется начальным водоцементным отношением, видом используемого вяжущего, видом крупного заполнителя, свойствами бетона, структурной плотностью свежесделанной бетонной смеси, условиями твердения и другими факторами, определяющими структуру бетона от которой зависит его морозостойкость. При этом важную роль играют все элементы структуры, представленные твердой фазой, поровым пространством, газом или жидкостью, заполняющими поры.

В свою очередь дисперсность твердой фазы формирует параметры порового пространства. Находящиеся в теле бетона поры делятся на три вида: поры цементного камня, поры заполнителя, контактные (седиментационные) поры на поверхности раздела цементного камня и заполнителя.

Отсюда следует, что повышение морозостойкости бетона можно осуществлять путем увеличения плотности бетона за счет снижения объема макропор и их проницаемости для воды, путем создания в бетоне системы резервных воздушных пор, не заполняемых водой при обычном водонасыщении.

До недавнего времени для повышения морозостойкости бетона использовали различные химические добавки: суперпластификаторы, воздухововлечатели и т.д. Применение их позволяло достигать определенный требуемый эффект по морозостойкости, но при этом ухудшались другие технологические свойства бетонных смесей и бетонов, что не удовлетворяло современным требованиям, предъявляемым к ним.

Избежать названных недостатков стало возможным с появлением полифункциональных модификаторов смесового типа, однако их применение наталкивается на ряд трудностей, связанных с дополнительным дозаторным оборудованием, емкостями для приготовления и хранения добавок и совместимостью компонентов.

Развитие теории синергизма ПАВ при создании полифункциональных модификаторов позволило решить проблему совместимости индивидуальных компонентов, в то время как во-

прос технологии производства модифицированных бетонов остается актуальным [12].

Исходя из теории механизма морозного разрушения бетона для достижения его высокой морозостойкости необходимо чтобы бетон имел мелкокристаллическую структуру, взаимодействие клинкерных фаз с водой происходило быстрее и одновременно для фиксации этой структуры, поровое пространство имело как можно больше условно-замкнутых мелких сферических пор, равномерно распределенных по всему объему и как можно меньше открытых капиллярных пор. Для этого вяжущее в своем составе должно содержать портландцементный клинкер, суперпластификатор, ускоритель твердения, воздухововлекающий компонент и производиться в условиях цементных заводов. Как показали исследования, совместное введение компонентов для достижения указанных свойств не позволяет получать бетон высокой морозостойкости из-за их несовместимости. При этом положительный эффект от введения одного компонента погашается отрицательным действием другого.

Кроме того, совместное введение указанных компонентов в состав вяжущего затруднено условиями производства. Если суперпластификатор и ускоритель твердения можно вводить при помеле в сухом виде, то воздухововлекающие компоненты, как правило, представлены жидкой фазой.

На основе теории синергизма ПАВ нами был разработан полифункциональный модификатор, обладающий пластифицирующей-воздухововлекающей способностью и позволяющий ускорять процессы твердения бетона. Вяжущее на его основе получается путем механохимической обработки портландцементного клинкера и сухого модификатора до удельной поверхности 450–550 м²/г. Предложенный модификатор содержит в своем составе индивидуальные компоненты с разными по природе гидрофильными группами.

Проведенные исследования показали, что наряду с пластифицирующими свойствами, адсорбция модификатора на поверхности портландцементных фаз и кристаллов новообразований приводит к снижению поверхностного натяжения на границе раздела твердой и жидкой фаз, способствуя дополнительному воздухововлечению.

Исследования коллоидно-химических свойств модификатора показали, что наличие в его составе пластифицирующего компонента позволяет повышать подвижность бетонной смеси до оптимальной, при которой достигается наилучшая фиксация пор. Пептизирующее дей-

ствие обеспечивает одновременность гидратации клинкерных фаз и получение микрокристаллической структуры. При этом снижается начальное водоцементное отношение, приводящее к уменьшению открытой капиллярной пористости и увеличению прочности бетона.

Воздухововлекающая способность компонентов добавки уменьшает размеры пузырьков воздуха и способствует их сохранению в бетоне. Эти компоненты стабилизируют воздушные пузырьки, образовавшиеся в смеси при ее перемешивании. Стабилизирующее действие воздухововлекающего компонента обеспечивается благодаря его адсорбции на поверхности воздушных пузырьков. Молекулы добавки ориентированы полярными функциональными группами в сторону воды, неполярными – в сторону пузырьков воздуха, которые, заряжаясь одноименно, отталкиваются друг от друга, что препятствует их коалесценции. Второй путь стабилизации системы пузырьков – адсорбция добавок на частицах гидратных фаз. Продукты гидратации цемента заряжены положительно и за счет сил электростатического притяжения пузырьки воздуха притягиваются к частицам, обеспечивая их гидрофобизацию. Поскольку размеры частиц значительно меньше пузырьков воздуха они экранизируют пузырьки, препятствуя их коалесценции. Учитывая строение порового пространства растворной части и его влияния на прочность и морозостойкость, введение ПФМ изменяет характер распределения пор. Объем условно замкнутых мелких сферических пор увеличивается, в то время как объем открытой капиллярной пористости уменьшается, что приводит к повышению морозостойкости бетона.

Выводы. Проведенные исследования показали, что наличие в составе модификатора индивидуальных компонентов с разными гидрофильными группами приводит к проявлению совместного пластифицирующего и воздухововлекающего эффектов. Полученное модифицированное вяжущее позволяет получать бетон на его основе морозостойкостью 800-1000 циклов, что значительно повысит долговечность цементобетонных дорожных покрытий.

Развитие строительства цементобетонных дорог в России является перспективным направлением, объединяющим в себе экономическую, социальную и экологическую эффективность, а также высокий уровень безопасности эксплуатации улично-дорожной сети в любое время года в любых климатических условиях.

**Статья подготовлена в рамках базовой части государственного задания №1478 Минобрнауки России в сфере научной деятельности «Пептизация и регулирование реологических*

свойств концентрированных минеральных суспензий с модификаторами дисперсных частиц».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин М.М., Шарапов О.Н., Шугаева М.А., Шарапова Ю.А. Комплексное использование нерудных пород КМА при реализации программы индивидуального жилищного строительства Белгородской области // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2. С. 212–218.
2. Контроль качества производства работ и приемо-сдаточные испытания // *Устройство асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог Часть 1* М.: «Мади-плюс», 2012. С. 12.
3. Устройство цементобетонных покрытий автомобильных дорог // *Национальное объединение строителей* М.: СТО МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ», 2011. С. 25–28.
4. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов (второе издание, переработанное и дополненное). М.: ЦНИИСК, 2010. 182 с.
5. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3. М.: НИИЖБ, 1984.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности добавок. М.: НИИЖБ, 1979. 24 с.
7. Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики. Киев: Вища школа, 1975. Ч.1. 268 с.
8. Митник М.В. Проблемы аварийности на дорогах и пути её снижения // *Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия «Право»* №1 (13) Самара: 2013. С. 14–21.
9. Косухин М.М., Косухин А.М., Бабин А.А., Шаповалов Н.А. Модифицированные минеральные композиции для укрепления оснований автомобильных дорог // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. Белгород, 2009. №4. С. 25–27.
10. Косухин М.М., Косухин А.М., Шаповалов Н.А. Композиционное вяжущее для высокоморозостойких дорожных бетонов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. Белгород, 2010. №1. С. 51–53.
11. Косухин М.М. Направленное регулирование межфазных явлений в процессах гидратации и твердения вяжущих низкой водопотребности полифункциональными модификаторами синергетического действия при проектировании строительных композитов высокой морозостойкости / *Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии*. Междунар. науч.- практ. конф. // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2005. № 9. Ч.1. С. 123–126.

12. Косухин М.М., Мухачева В.Д., Приходько Е.А. Синергетика процесса самоорганизации структуры высокоморозостойкого бетона на модифицированном вяжущем / Современное

состояние и перспективы развития строительного материаловедения: сб. матер. VIII Акад. чтений РААСН. Самара: СГАСУ, 2004. С. 286–287.

Kosukhin M.M., Kosukhin A.M., Sharapova J.A., Sharapov O.N.

PROVIDING DURABILITY, FUNCTIONAL RELIABILITY, COMFORT AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF STREET AND ROAD NETWORK BY USING CEMENT-CONCRETE ROAD PAVEMENTS BASED ON MODIFIED BINDER

The comparative analysis of highway pavements of cement concrete and asphalt concrete has been carried out. The advantages of making cement-concrete pavements of transport infrastructure in residential areas in comparison with traditionally used asphalt concrete have been demonstrated.

The substantiation of the necessity of bringing cement-concrete pavements in accordance with up-to-date requirements of transportation and functional reliability, comfort, safety and environmental compatibility has been proved, the factors, influencing their strength and frost-resistance, have been shown. A modified binder, produced in factory conditions, which allows increasing considerably the strength of cement-concrete pavements and, especially, their frost-resistance, has been suggested. The experimental findings of research of colloid-chemical properties of the modifier and maintenance-engineering properties of the binder and cement concrete on its base have been given.

Key words: road surface pavements, transportation and functional reliability, comfort, asphalt concrete, cement concrete, apartment block, transport infrastructure, transport flows, modified binder, plasticizing agent, air entrainment, frost-resistance, polyfunctional modifiers.

Косухин Михаил Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mkosuhin@mail.ru

Косухин Андрей Михайлович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: andrey.shik@mail.ru

Шарапова Юлия Анатольевна магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ermolau@yandex.ru

Шарапов Олег Николаевич, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: y31rus@ya.ru

Выскребенцев В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЁССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

vovagjan@mail.ru

На основании статической обработки полученных результатов составлены таблицы для определения C_w и φ_w при интенсивности сейсмодействия (динамического) при $J=7-8$ баллов и коэффициенте водонасыщения $S_r \cong 0,8$, при различных методах уплотнения грунтов.

Ключевые слова: просадочный грунт, угол внутреннего трения, плотность, прочность грунта, связность грунта, структурное сцепление, сейсмическое воздействие.

Прочностные свойства лёссовых просадочных грунтов характеризуются, как отмечалось рядом исследователей [1–5], двумя показателями: углом внутреннего трения « φ » и сцепления « C ». С повышением влажности просадочного грунта до полного водонасыщения с учётом динамических нагрузок сцепление снижается в 3–10 раз, а угол внутреннего трения в 1,1–1,4 раза. С повышением степени плотности сцепление и угол внутреннего трения возрастают.

Учитывая сложные гидрогеологические условия: сейсмичность района, постоянное динамическое воздействие на транспортные сооружения, а также возможность постоянной инфильтрации (по всей площади и локально), и практически ликвидации зоны аэрации под дорогами. При проектировании следует принимать в расчетах φ и C для грунтов при прогнозируемой фактической влажности, с учётом приложения динамических нагрузок [8, 9].

Установлено, что ослабление внутренних связей прогрессирует за счет гидродинамического противодействия, обусловленного динамическим напором (избыточным давлением), возникающим в толще грунта в процессе уплотнения нарушенных структур частиц. Все это позволяет оценивать величину сопротивляемости лёссовых грунтов при интенсивных динамических воздействиях следующим выражением:

$$S_{pw}^c = (P_H - \Delta_B \cdot h_t) \cdot \operatorname{tg} \varphi_w + \sum_{w,t} + C_c \quad (1)$$

где P_H – нормативные напряжения от веса грунта, лежащего выше рассматриваемого горизонта, и веса сооружения; Δ_B – объемный вес воды; h_t – динамический напор, отвечающий моменту времени t ; φ_w – угол внутреннего трения при влажности W ; $\sum_{w,t}$ – связность грунта, имеющая водно-коллоидную

природу и отвечающая моменту времени t ; C_c – структурное сцепление, обязанное проявлению в грунтах цементации, спеканию и кристаллизации.

Как известно, сопротивляемость грунтов охарактеризована проф. Н.Н. Масловым [6, 7]. При $t=0$ соответственно $h_t=0$ и $\sum_{w,t} = \sum_w$, тогда данное выражение приобретает общеизвестный вид:

$$S_{pw} = P_H \operatorname{tg} \varphi_w + \sum_w + C_c \quad (2)$$

Анализ многочисленных опытов с лёссовыми грунтами многих учёных, позволил установить характер изменения связанности грунта в начальные моменты приложения динамической нагрузки, близкой к зависимости

$$\sum_{w,t} = \sum_{w_k} + (\sum_{w_H} - \sum_{w_k})^{-\mu t} \quad (3)$$

где $\sum_{w_k}$, $\sum_{w_H}$ – соответственно начальное и конечное значения связанности грунта; μ – динамический параметр, характеризующий свойства грунта и силу динамического воздействия; t – длительность сотрясения. Формула (3) вполне сопоставляется с экспериментальными данными.

Исследования показывают, что в процессе нарушения структуры лёсса в любом горизонте водонасыщенной толщи динамический напор прогрессивно возрастает во времени, до своей максимально возможной величины, соответствующей заданному динамическому режиму при данной плотности и степени разрушения связанности, а затем относительно медленно падает.

Очевидно, возрастание динамического напора во времени на горизонте Z связываются с постепенным увеличением количества воды, освобождающейся во времени из объема грунта, охваченного сейсмическим воздействием. Для прогноза возрастающей величины динамического напора предложена формула

$$h_t = \frac{v_{\Pi}^2}{2k_{\phi}} L^2 t \quad (4)$$

где v_{Π} – коэффициент динамического уплотнения, свидетельствует о скорости уплотнения данного грунта при заданной динамической нагрузке; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта; L – активная, переходящая в наружное состояние зона, определяемая по выражению:

$$L = \frac{\gamma_w / g T V \alpha_c - (P_0 t g \phi_w + C_w)}{\gamma_w t g \phi_w} \quad (5)$$

где γ_w – объемный вес грунта; g – ускорение силы тяжести; T – период колебаний; V – скорость распространения сейсмических волн; α_c – максимальное сейсмическое ускорение; P_0 – нагрузка от веса сооружения; C_w – общее сцепление ($C_w = \sum_w + C_c$).

В связи с ослаблением во времени прочности грунта, при сотрясении величина активной зоны, определяемой по формуле (5), будет иметь другое значение, и определяться с учетом изменения прочностных характеристик грунта:

$$L_t = \frac{\gamma_w / g T V \alpha_c - [(P_0 - \Delta_c h_t) t g \phi_w + C_{w,t}]}{\gamma_w t g \phi_w} \quad (6)$$

При решении задач, связанной с оценкой динамической (сейсмической) устойчивости грунтов наиболее важно установление критерия перехода их в динамически нарушенное состояние. Для этой цели предложена формула:

$$\alpha_{kp} = \frac{g(P_n t g \phi_w + C_w)}{\gamma_w T V} \quad (7)$$

где α_{kp} – критическое ускорение, при котором начинается нарушение структуры грунта, согласно предложения Х.З. Расулова [9].

Учитывая вышесказанное, основная задача заключалась в определении характера изменения связности грунта при изменении степени влажности и динамическом воздействии, точнее интенсивности и длительности ожидаемого сотрясения.

Изучались лёссовые просадочные грунты с пористостью от 36 до 50 %. Образцы отбирались в шурфах глубиной до 20 м (эти же образцы использовались для изучения просадочности).

При проведении экспериментов использовалась теория проф. Н.Н. Маслова – теория «плотности-влажности».

На основании статической обработки полученных результатов составлены (таблицы 1–4) для определения C_w и ϕ_w при интенсивности сейсмодействия (динамического) при $J=7-8$ баллов и коэффициенте водонасыщения $S_r \cong 0,8$.

Учитывая, что на Юге Украины и Северного Кавказа и других регионов широкое распространение имеют среднеспасадочные грунты с пористостью $n=43-48$ %, обладающие низкими прочностными характеристиками и высокой деформационной способностью, возникает необходимость применения различных методов уплотнения грунтов.

Так же получены значения удельного сцепления C_w , МПа и угла внутреннего трения ϕ_w , град. лёссовых грунтов при $S_r \geq 0,8$ при стабилизированном сдвиге с предварительным обжатием образцов, быстром сдвиге образцов грунта без предварительного обжатия, быстром сдвиге образцов грунта без предварительного обжатия и $J=7-8$ баллов при W_p от 0,15 до 0,21 и коэффициенте пористости $e=0,5-0,7$.

Таблица 1

Рекомендуемые значения удельного сцепления C_w , МПа и угла внутреннего трения ϕ_w , град. лёссов при $S_r \cong 0,8$ (при стабилизированном сдвиге с предварительным обжатием образцов)

W_p	показатели	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e						
		0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
0,13	C_w	0,014	0,011	0,008	0,007	0,06	0,05	0,04
	ϕ_w	24°50'	24°25'	24°	23°10'	22°35'	22°	21°20'
0,15	C_w	0,027	0,021	0,016	0,013	0,012	0,01	0,008
	ϕ_w	23°40'	23°25'	22°50'	22°25'	21°50'	21°20'	21°
0,17	C_w	0,036	0,033	0,029	0,024	0,02	0,017	0,015
	ϕ_w	22°45'	22°15'	21°45'	21°20'	20°45'	20°20'	19°40'
0,19	C_w		0,037	0,034	0,031	0,028	0,024	0,02
	ϕ_w		22°10'	21°35'	20°15'	19°45'	19°20'	18°50'
0,21	C_w				0,036	0,032	0,03	0,027
	ϕ_w				19°15'	18°40'	18°30'	18°
0,23	C_w						0,034	0,031
	ϕ_w						17°40'	17°25'

Продолжение таблицы 1

W_p	показатели	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e				
		0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
0,15	C_w φ_w	0,007 20°25'	0,006 19°55'	0,005 19°30'	0,004 19°	0,003 18°40'
0,17	C_w φ_w	0,014 19°20'	0,013 18°55'	0,011 18°33'	0,01 18°05'	0,009 17°40'
0,19	C_w φ_w	0,018 18°25'	0,016 18°	0,015 17°40'	0,014 17°20'	0,013 17°
0,21	C_w φ_w	0,024 17°40'	0,020 17°20'	0,019 17°	0,017 16°20'	0,016 15°45'
0,23	C_w φ_w	0,029 17°	0,026 16°10'	0,024 15°40'	0,02 15°	0,019 14°20'

Таблица 2

Рекомендуемые значения удельного сцепления C_w , МПа и угла внутреннего трения φ_w , град. лессовых грунтов при $S_r \geq 0,8$ (при быстром сдвиге без предварительного обжатия образцов)

W_p	показатели	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e						
		0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
0,13	C_w φ_w	0,016 23°40'	0,013 23°20'	0,01 23°	0,009 22°40'	0,007 22°10'	0,006 21°50'	0,005 21°30'
0,15	C_w φ_w	0,03 22°40'	0,024 22°15'	0,019 21°40'	0,016 21°15'	0,014 20°50'	0,012 20°20'	0,01 20°00'
0,17	C_w φ_w	0,041 21°15'	0,037 20°45'	0,033 20°15'	0,028 20°00'	0,024 19°25'	0,021 19°00'	0,018 18°30'
0,19	C_w φ_w		0,043 20°30'	0,039 20°00'	0,036 18°45'	0,033 18°15'	0,028 18°00'	0,024 17°30'
0,21	C_w φ_w				0,042 17°40'	0,037 17°25'	0,035 17°15'	0,032 17°00'
0,23	C_w φ_w						0,042 16°40'	0,038 16°30'
W_p	показатели	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e						
		0,8	0,85	0,9	0,95	1,0		
0,15	C_w φ_w	0,009 19°25'	0,008 18°55'	0,006 18°35'	0,005 18°00'	0,004 17°45'		
0,17	C_w φ_w	0,017 18°00'	0,016 17°45'	0,013 17°20'	0,012 17°00'	0,011 16°40'		
0,19	C_w φ_w	0,021 17°10'	0,019 16°50'	0,018 16°40'	0,016 16°30'	0,014 16°00'		
0,21	C_w φ_w	0,028 16°40'	0,024 16°35'	0,022 16°10'	0,019 15°40'	0,017 15°00'		
0,23	C_w φ_w	0,035 16°10'	0,031 15°20'	0,028 15°00'	0,023 14°20'	0,021 13°50'		

Для лёссовых грунтов, обладающих при замачивании просадочными свойствами, определенный интерес представляет величина обжимающего вертикального давления, увязанная с начальным давлением или порогом просадочности.

Для определения C и φ в начале давались уплотняющие нагрузки меньше, чем начальное давление просадочности, для серии образцов отобранных с глубины 2,0 м. Характеристики грунта были следующие: $\rho_d=1,60$ г/см³; $\varepsilon=0,939$; $W_p=0,17$; $W_L=0,30$ относительная просадочность при $p=0,12$ и 0,3 МПа составила

соответственно 0,014; 0,037 и 0,052. Часть водонасыщенных образцов грунта (серия 1) предварительно уплотнилась при давлениях: $p=0,02$; 0,04; 0,06 МПа и испытания на срез проводились при этих же давлениях.

Для части водонасыщенных образцов грунта (серия 2) образцы предварительно уплотнялись при давлении $p=0,06$ МПа, и затем производился их сдвиг при давлениях $p=0,02$; 0,04; 0,06 МПа. А третья группа образцов (серии 3) грунта естественной влажности и в водонасыщенном состоянии, уплотнялись и срезались при давлениях $p=0,1$; 0,2; 0,3 МПа. А

также ряд образцов (серии 4) при тех же значениях влажности предварительно уплотнялись при давлении $p = 0,3$ МПа, и

срезались при давлении $p = 0,1; 0,2; 0,3$ МПа (табл. 5).

Таблица 3

Рекомендуемые значения удельного сцепления C_w , МПа и угла внутреннего трения φ_w , град. лессовых грунтов при $S_r = 0,8$ и интенсивности сейсмического воздействия $J=7-8$ баллов

W_p	показатели	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e				
		0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
0,15	C_w	0,016	0,013	0,011	0,009	0,007
	φ_w	24°30'	22°20'	21°30'	20°30'	20°10'
0,17	C_w	0,030	0,024	0,02	0,016	0,014
	φ_w	21°40'	21°30'	20°30'	20°10'	19°10'
0,19	C_w	0,034	0,031	0,027	0,023	0,018
	φ_w	20°40'	20°10'	19°40'	18°50'	18°15'
0,21	C_w		0,036	0,032	0,030	0,026
	φ_w		19°20'	18°40'	18°30'	17°40'
0,23	C_w				0,035	0,031
	φ_w				17°40'	17°15'

Таблица 4

Рекомендуемые значения удельного сцепления C_w , МПа и угла внутреннего трения φ_w , град. лессовых грунтов при $S_r \approx 0,8$ $J=7-8$ баллов (при стабилизированном сдвиге с предварительным обжатием образцов)

W_p	показатели	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e				
		0,50	0,55	0,6	0,65	0,70
0,15	C_w	0,02	0,015	0,012	0,01	0,008
	φ_w	22°50'	22°00'	21°25'	20°50'	20°10'
0,17	C_w	0,031	0,027	0,02	0,016	0,012
	φ_w	21°20'	20°35'	20°10'	19°10'	18°30'
0,19	C_w	0,035	0,03	0,027	0,023	0,018
	φ_w	21°30'	21°00'	19°20'	18°20'	17°45'
0,21	C_w			0,031	0,027	0,023
	φ_w			18°20'	17°20'	17°00'

Таблица 5

Обобщенные результаты сдвиговых испытаний лёссовидного суглинка

серия	Начальное давление при		При влажности грунта			
	Уплотнения, МПа	Сдвиге, МПа	естественного		водонасыщенного	
			C , МПа	φ , град	C , МПа	φ , град
1	0,02;0,04;0,06	0,02;0,04;0,06	-	-	0,005	16
2	0,06	0,06;0,04;0,02	-	-	0,007	16
3	0,1;0,2;0,3	0,1;0,2;0,3	0,03	21	0,011	20
4	0,3	0,3;0,2;0,1	0,05	20	0,013	19

Из таблицы видно: образцы грунтов серии 1 и 3 имеют более низкие значения удельного сцепления C и несколько более высокие φ по сравнению с результатами, полученными при испытании по методике с предварительным уплотнением грунта (серий 2 и 4). В известной мере это объясняется тем, что плотность переуплотненных образцов при конечных вертикальных давлениях $p = 0,06$ и $0,3$ МПа будет больше, чем при давлениях уплотнения $p = 0,02; 0,04; 0,1$ и $0,2$ МПа, при которых осуществляется срез в опытах серии 1 и 3. При

оценке прочности лессовых грунтов в зависимости от продолжительности замачивания наблюдается различное сопротивление их сдвигу.

В процессе проявления просадочной деформации прочность грунта резко падает, так как вначале замачивания наиболее интенсивно происходит размягчение цементационных связей. После проявления просадочной деформации, сопровождающейся уплотнением грунта, проявлением дополнительных контактов

между частицами и формированием новой структуры прочность её несколько возрастает.

Вывод: лёссовые грунты, в отличие от обычных глинистых непросадочных грунтов требуют особого подхода при оценке их прочности. На значение параметров прочности лёссовых грунтов сказываются методы подготовки образцов грунта к испытаниям, продолжительность из замачивания, скорость сдвига и другие факторы. Поэтому предлагается оценку прочности грунтов необходимо производить по той методике, которая в наибольшей мере соответствует реальным условиям работы грунтового основания сооружения. Это общая задача и инженера-геолога и инженера-проектировщика.

Использование предложенных рекомендаций по предлагаемым значениям C_w и φ_w , позволяет более точно оценивать несущую способность основания в условиях высокой сейсмичности и динамического воздействия, более надежно проектировать основания и повысить экономическую эффективность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гильман Я.Д., Смирнов И.И. О показателях прочности лёссовых грунтов в Ростовской области. «Информационный бюллетень» ЦТИСИЗа, вып. (19). М., 1972.
2. Денисов Н. Я. Строительные свойства лёсса и лёссовидных суглинков. М.: Госстройиздат, 1953. 154 с.
3. Крутов В.И. Расчет фундаментов на просадочных грунтах. М.: Стройиздат, 1972. 176 с.
4. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. Киев, «Будівельник», 1982. 220 с.
5. Куликов Г.В. Прочностные свойства просадочных грунтов Прикопетдагской равнины. Сб. «Строительство и строительные материалы Туркмении». Изд-во ТГУ, Ашхабад, 1976 г.
5. Черныш А.С. К вопросу оценки устойчивости откосов сложенных просадочными грунтами при динамических воздействиях и увлажнении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 27–29.
6. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высш. школа, 1982. 511 с.
7. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. М.: Стройиздат, 1977.
8. Расулов Х.З. Сейсмичность лёссовых оснований зданий и сооружений. Ташкент, изд-во «Узбекистан», 1977. 163 с.
9. Расулов Х.З. Оценка возможности нарушения устойчивости связных грунтов при землетрясениях. Материалы IV Всесоюзной конференции. Ташкент, изд-во «Фан», 1977.

Vyskrebentsev V.S.

STRUCTURAL BEHAVIOUR OF LOESS SUBSIDING SOILS UNDER PERMANENT AND DYNAMIC LOAD

On the basis of static handling of attained results we composed table for determining C_w и φ_w under intensity of earthquake action (dynamic) under $J=7-8$ points and degree of saturation $S_r \cong 0,8$, under different means of soil stabilization.

Key words: collapsible soil, drained angle of internal friction, density, soil strength, cohesive properties of soil, structural strength, earthquake action.

Выскребенцев Владимир Сергеевич, аспирант кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vovagjan@mail.ru.

*Лозовой Н.М., канд. техн. наук, доц.,
Лозовая С.Ю., д-р техн. наук, проф.,
Баранова Я.Ю., студент,
Корнейчук М.А., студент*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ БЕРЕГОВЫХ ЗОН

baranova0895@mail.ru

В данной статье рассмотрено влияние метеорологических условий на точность тахеометрической съемки береговых зон. Проанализированы основные атмосферные факторы, влияющие на морфометрические характеристики береговой линии. Отмечено, что необходимо проведение дополнительных геодезических работ для введения уточняющих поправок для обеспечения паспортной точности в связи с частыми трансформациями метеорологических полей. Описана комплексная методика для уменьшения погрешностей определения превышений между пунктами съёмочного обоснования. Выявлена необходимость проведения предварительных исследований рациональных параметров съемки и введение соответствующих поправочных коэффициентов для обеспечения требуемой точности конечного результата.

Ключевые слова: Береговая зона, атмосферные факторы, метеорологические поля, точность, современное геодезическое оборудование, комплексная методика.

Введение. В настоящее время существует необходимость наличия достаточно точных сведений о гидрологических характеристиках и режимах различных водных объектов, т.к. они необходимы для решения прикладных задач в области проектирования и строительства различных гидротехнических сооружений, для рационального использования водных ресурсов и мониторинга состояния береговых зон. Береговая зона представляет собой часть поверхности планеты, которая включает в себя площади, контактирующие со стороны суши и моря с береговой полосой, характеризующаяся своеобразием геологических, географических, метеорологических, энергетических, физико-химических, биологических, явлений и порождающая своеобразный стиль прибрежной хозяйственной деятельности человека [1].

Физические процессы в береговой зоне океанов, морей, озер, искусственных водоемов имеют свои особенности, которые затрагивают все составляющие геосферы – атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. Береговая черта представляет собой место, где все перечисленные составляющие геосферы соприкасаются между собой, тем самым оказывая влияние друг на друга, которое, впоследствии, приводит к изменению как отдельных параметров, характеризующих их состояние, так и всей природной системы береговой зоны в целом. Размеры, географическое положение и конфигурация береговой черты водного объекта также оказывают влияние на масштабы происходящих изменений [2].

Методики учета атмосферных факторов в электронной тахеометрии. Атмосфера является одним из определяющих факторов во многих природных процессах водных объектов, таких как, величина речного стока, температура воды и т. д., что влияет на морфометрические характеристики береговой линии (происходит размыв берегов, транспорт наносов и т. д.). Атмосфера также находится под влиянием других сред. Основной причиной трансформации метеорологических полей над водным объектом является изменение подстилающей поверхности. Например, при переходе воздушного потока с суши на водную поверхность изменяется скорость ветра, чем она больше становится, тем большие трансформации вызывает [2].

На процесс и результаты измерений оказывают влияние такие атмосферные факторы, как затухание сигнала или поглощение энергии волны в атмосфере, ограничивающие дальность действия прибора, случайные флуктуации параметров волны (уменьшают отношение сигнал/шум, снижая точность измерений), рефракция (изменяет геометрический путь волны), изменение скорости распространения электромагнитной волны (увеличивает оптическую или электрическую длину пройденного пути в сравнении с его геометрической длиной). Последние два фактора влияют на результат измерения, а точность учета этих факторов влияет на точность конечного результата [3].

Необходимо отметить, что в связи с частыми трансформациями метеорологических полей возникает необходимость проведения дополни-

тельных геодезических работ, выполняемых различными методами, основные из них:

1. Комбинированный метод, предусматриваемый получение контуров местности по аэроснимкам, а рельефа – наземными методами на фотоплане береговой линии значительной протяженности с небольшими относительными превышениями местности. Данный метод съемки обусловлен тем, что снимаемая узкая полоса, окаймляющая водоем, покрыта растительным покровом, затрудняющим возможность применения стереоскопической съемки рельефа.

2. Метод фототопографической съемки, используемый для определения величин размыва берегов, а также определения скоростей и направлений поверхностных струй речных потоков. По материалам фототопографической съемки составляются специальные (регистрационные) планы динамики размыва берегов и характеристик поверхностных струй речного потока для каждого определенного техническим заданием момента наблюдения.

3. Метод топографической съемки с применением спутниковых систем. Здесь при выполнении топографической съемки следует руководствоваться инструкцией по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS (ГКИНП (ОНТА)-02-262-02).

Среди описанных методов контроля границ водных объектов следует выделить то, что все они имеют такие общие недостатки: достаточно высокая сложность выполняемых работ; значительные затраты рабочего времени; относительная высокая стоимость выполняемых работ. Однако кроме общих недостатков у каждого метода существуют свои, например: технические характеристики применяемого оборудования; разное качество исходных материалов, в том числе и от состояния геосферы; в зависимости от использованного метода можно получить разную точность полученных результатов; человеческий фактор, например уровень подготовки и другие.

Стоит отметить, что, несмотря на наличие недостатков каждого метода, актуально совершенствование существующих методов мониторинга границ водных объектов или создание новых, а так же при использовании различных вышеуказанных методов получения данных в совокупности их использования можно прогнозировать изменение границ. Кроме того, контроль за их изменениями может осуществляться путем дистанционного зондирования или изысканиями на местности, например: геодезически [4].

Современные геодезические приборы имеют высокую точность, поэтому ошибка в определении расстояния (дальности) зависит от точности учета влияния атмосферы. В настоящее время при проведении различного рода инженерно-геодезических изысканий широко применяются электронные тахеометры, для большинства которых, паспортная точность угловых измерений составляет 1,5–3" (0,5–1,0 mgon), линейных – несколько миллиметров, что позволяет использовать данные приборы в точных инженерно-геодезических работах. Также следует учитывать, что однократного измерения высокоточным прибором может быть недостаточно, т.к. тахеометр может обеспечить паспортную точность только при учете многих факторов и введении различных поправок [5].

Непосредственно измеряемыми величинами являются: отсчет по горизонтальному кругу, отсчет по вертикальному кругу и наклонное расстояние, остальные величины (горизонтальное проложение, превышение, координаты) вычисляются. Недостаточный учет того или иного фактора влияния может привести к значительной потере точности. При линейных измерениях в наклонное расстояние тахеометром последовательно вводятся поправки за метеоданные, постоянная прибора и отражателя, после чего, расстояние приводится к горизонту. Температуру и давление записывают в прибор, но следует учитывать, что на противоположном конце линии эти параметры могут существенно отличаться [5].

Длина волны оптического излучения современных приборов находится в начале инфракрасного диапазона (800–900 нм). Необходимо учесть, что численные значения частных производных определения показателя преломления воздуха по температуре и давлению изменяются соответственно, т. е. с увеличением температуры воздуха на 1 °С на каждый километр вводят дополнительную поправку +1 мм, а с увеличением давления на 1 мм рт. ст. величина дополнительной поправки будет в 2,5 раз меньше и с противоположным знаком. Для каждого пункта наблюдения определяются температура и давление, данные параметры оказывают прямое влияние на величину уточняющих поправок при определении угла наклона. Поэтому при уточнении расстояния между двумя противоположными берегами водного объекта, измерения рекомендуется проводить многократно и при двух расположениях круга, т.к. погрешность в определении угла наклона может оказаться существенной [5].

При малых расстояниях основное влияние на точность измерений оказывает постоянная

прибора и отражателя. Современные тахеометры согласованы с отражателями таким образом, что постоянная поправка равна нулю. Если используются отражатели других изготовителей, то необходимо тщательно определить постоянную и ввести ее в прибор [5].

Таким образом, возникает задача повышения приборной точности электронных тахеометров. Известны результаты экспериментальных исследований [6], согласно которым стандартная программа учета влияния атмосферы, предусмотренная программным обеспечением тахеометра, дает удовлетворительные результаты в случае линейных измерений на однородных трассах и практически бесполезна при учете вертикальной рефракции. Геодезические измерения для исследования выполнялись на специально подготовленном полигоне на берегу р. Волга на двух наблюдательных пунктах по трем направлениям, по каждому направлению измерения выполнялись на четырех уровнях. Была разработана комплексная методика, позволяющая на порядок повысить точность учета влияния вертикальной рефракции. Для этого основную программу геодезических измерений следует дополнить измерениями вертикальных углов на дополнительных уровнях, что позволит в значительной мере ослабить влияние случайных ошибок измерения вертикальных углов; метеорологические измерения помимо обязательного измерения температуры и давления на высоте инструмента в начале дистанции следует дополнить измерениями температуры на двух дополнительных уровнях [6], [7].

Выводы. Выполненные исследования свидетельствуют об эффективности использования комплексной методики в электронной тахеометрии. При небольшом объеме дополнительных измерений погрешность определения превышений удалось снизить до нескольких миллиметров на линии длиной 728 м и до 2 см при расстоянии 1,6 км. Средняя квадратическая ошибка определения превышений составила 8 мм на 1 км дистанции. Также появилась возможность исправления превышения за влияние вертикальной рефракции в процессе измерений, при условии реализации геодезического градиентометра в едином комплексе с электронным тахеометром [6].

Однако для получения результатов с заданной точностью в соответствии со СНиПом или техническим заданием не обязательно проводить все измерения, предусмотренные комплексной методикой. Таким образом, актуальной задачей является проведение предварительных исследований рациональных параметров съемки и введение соответствующих поправоч-

ных коэффициентов для обеспечения требуемой точности конечного результата.

Несмотря на прогрессивное развитие новых областей геодезии, таких как спутниковые методы измерений и наземное лазерное сканирование, традиционные геодезические приборы – электронные тахеометры продолжают занимать не менее важное место среди геодезических приборов, поэтому методика точных угловых и линейных измерений требует дополнительных исследований для повышения точности геодезических измерений границ водных объектов с учетом метеорологических условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов Дальневосточных морей России. Макет прибрежно-морского кадастра. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://pacificinfo.ru/data/cdrom/kis/html/2_6_10.html (дата обращения: 8.11.2015)
2. Коробов В.Б., Завернина Н.Н., Изменчивость метеорологических характеристик в береговой зоне белого моря // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. 2009. № 1.
3. Шануров Г.А., Атмосфера и ее влияние на результаты измерения расстояний [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://vg.miigaik.ru/publication/20131025225148-8086.pdf> (дата обращения: 9.11.2015)
4. Корнейчук М.А., Лозовая С.Ю. Обоснование использования векторных топологических моделей в представлении геопространственных данных // Сборник докладов VIII международной научно - практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 1. / Сост. Л.В. Брыкова, В.М. Уваров [и др.]. Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2015. С. 304
5. Зубов А.В., Зубова Т.В. Особенности точных линейно-угловых измерений электронными тахеометрами // Геопрофи. -2005. № 4.
6. Вшивкова О.В. Учет влияния атмосферы в электронной тахеометрии с использованием геодезического градиентометра // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2010. № 3.
7. Былин И.П. Исследование рациональных условий и областей применения воздушной стереофотограмметрии на горнорудных предприятиях / Шибанов В. И., Стрельников А.В. / Промежуточный отчет по НИР 21-74, инв. № В476203, - Белгород: ВЮГЕМ, 1975.

Lozovoi N.M., Baranova Ya.Yu., Korniychuk M.A., Lozovaya S.Y.**INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE ACCURACY TACHEOMETRY COASTAL ZONES**

This article considers the influence of meteorological conditions on the accuracy tacheometry coastal zones. We analyzed the main atmospheric factors affecting the morphometric characteristics of the coastline. It was noted that the need for additional surveying for the introduction of clarifying amendments to ensure the accuracy of the passport in connection with the part of the transformation of meteorological fields. We describe complex technique to reduce errors in determining the elevation between points shooting justification. The necessity of carrying out preliminary studies of rational parameters of shooting and the provision of appropriate correction factors to ensure the required accuracy of the final result.

Key words: Coastal area, weather conditions, the meteorological field, accuracy, modern surveying equipment, a comprehensive methodology.

Лозовая Светлана Юрьевна, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии естествознания, научный сотрудник кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lozwa@mail.ru

Лозовой Николай Михайлович, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lozwa88@mail.ru

Баранова Яна Юрьевна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: baranova0895@mail.ru

Корнейчук Мария Александровна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: korneichuk5@rambler.ru

Белых А.Г., с. н. с.,
Скляров А.Н., канд. техн. наук, доц.,
Кукарских Л.А., канд. физ.-мат. наук, с. н. с.
Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ И УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТОБЕТОНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

sunstroke-777@mail.ru

В статье описывается методика определения статической и усталостной прочности цементобетона при сложном нагружении. При проведении испытаний используется разработанная авторами экспериментальная установка. В исследованиях применяется метод акустической эмиссии. Авторами определены критерии наступления предельного состояния цементобетона. Установлена взаимосвязь между стадийным разрушением структуры цементобетонного материала и изменениями спектра сигналов акустической эмиссии, сопровождающих процесс.

Ключевые слова: цементобетон, аэродромные покрытия, акустическая эмиссия, статическая прочность, усталостная прочность, режимы нагружения.

Введение. Анализ результатов обследования технико-эксплуатационного состояния покрытий ряда аэропортов и аэродромов России, показал, что их техническое состояние значительно ухудшилось. Причинами этого ухудшения является нарушение технологии строительства, неправильная эксплуатация, несвоевременное выявление дефектов и их ремонт [1].

Для оценки надежности работы аэродромных покрытий очень важным является получение объективных данных об их состоянии, что позволяет своевременно выявлять дефекты, оценивать объемы ремонтных работ и, следовательно, рационально и экономно использовать силы и средства на поддержание состояния аэродромов в постоянной эксплуатационной готовности [2]. Эти обстоятельства указывают на необходимость совершенствования существующих методов оценки эксплуатационного состояния бетонных аэродромных покрытий, которые бы более точно учитывали многоцикловые знакопеременные нагрузки многоколесных опор воздушного судна на жесткие покрытия [1].

При определении значения качественных показателей прочности и надежности используют визуальный и инструментальный контроль состояния покрытия. В отличие от визуального контроля, инструментальный метод позволяет обнаружить скрытые дефекты и повреждения. Наряду с получением параметров, характеризующих состояние покрытия в текущий момент времени большое значение имеет измерение параметров покрытия в момент воздействия на искусственное покрытие и прогнозирование его состояния.

Инструментальные методы контроля позволяют контролировать заданную прочность,

жесткость, трещиностойкость конструкций покрытий; размеры плит, прочность железобетона в конструкции; вид, класс и механические свойства арматурной стали; качество выполнения сварных соединений арматуры и закладных элементов; диаметр, количество и расположение арматуры в железобетоне; толщину защитного слоя бетона и т.п.

В последние годы для контроля качества бетона и железобетонных конструкций получил распространение метод акустической эмиссии. Явление акустической эмиссии известно давно, особенно в тех материалах, у которых частота сигналов акустической эмиссии располагается в звуковом спектре и имеет достаточную интенсивность. Основа метода акустической эмиссии заключается в возбуждении, регистрации и последующем анализе сигналов акустической эмиссии, принятых в виде волн, напряжений соответствующим преобразователем [3].

Учитывая сложность структуры бетона, нужно, прежде всего, измерять и регистрировать так называемую импульсную («избыточную») акустическую эмиссию, т.е. низкочастотные составляющие сигналов, источниками которых являются разрывающиеся микро- и макротрещины. Высокочастотные составляющие сигналов (непрерывная эмиссия), образующиеся в результате перестройки структуры материала на микроуровне (движение дислокаций, их накопление и др.), определяют поведение тех строительных материалов, которые содержат микротрещины и поры, возникающие под влиянием температурных и влажностных факторов, зависящих от особенностей технологии их производства [4].

Многолетние исследования бетонов, под-

вергающихся эксплуатационным нагрузкам, позволили сделать ряд выводов. Отмечено, что упругая энергия, освобождаемая при разрушении, возрастает с увеличением прочности бетона [5]. Регистрируя число акустических импульсов, в зависимости от приложенных напряжений, установлено, что в менее прочных бетонах при нагружении число образующихся микротрещин больше, но они меньшего размера. В низкопрочных бетонах число зарегистрированных акустических импульсов больше, чем в высокопрочных. При растяжении бетона число выделяющихся импульсов примерно вдвое меньше, чем при сжатии. Следует отметить, что бетоны низкой прочности имеют более однородную структуру, содержащую большое число концентраторов напряжений, которые при нагружении являются очагами образования микротрещин. Если прочность бетона различается в 1,65 раза, то число импульсов – почти вдвое.

В соответствии с современными представлениями о механике разрушений акустическая эмиссия позволяет выявить 4-е стадии деформирования бетона (R – предел прочности бетона):

- стадия уплотнения в границах от 0 до

0,2R, когда происходят сдвиги начальных пор материала;

- стадия появления микротрещин в границах от 0,2R до 0,75R, когда микродефекты возникают в локальных зонах микроразрушений и образуется развивающаяся сеть микротрещин;

- стадия появления макротрещин при уровне 0,75R-0,96R, когда происходит образование магистральных трещин, выходящих на поверхность;

- активное разрушение при значениях 0,96R и выше [6].

На практике акустическая эмиссия позволяет контролировать поведение конструкций под различными нагрузками, а также прогнозировать образование трещин и оценивать состояние структуры бетона.

Методика. Для производства статических и ресурсных испытаний цементобетонных образцов была разработана экспериментальная лабораторная установка (рис. 1).

Установка состоит из следующих агрегатов: источника силовой энергии (1), пульта управления (2), измерительного комплекса (3), нагружающего устройства (4).



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки

Данный комплекс позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние бетонных элементов по соответствующей методике. В ходе исследований измерялись и фиксировались следующие параметры: величины нагрузки; напряжений в бетоне; момента образования трещин; положения трещины в теле образца.

Для определения параметров НДС цементобетонных образцов использовалась следующая измерительная аппаратура и приборы:

- силоизмеритель пресса МС-1000;
- датчик вертикальных перемещений образца;
- тензометрическая станция для определения величины напряжений в бетоне;
- прибор акустической эмиссии для опреде-

ления момента образования трещин в напряженном бетоне;

- ультразвуковой прибор для определения основных параметров бетона (скорость ультразвука, коэффициент поглощения) и положения трещины в напряженном бетоне.

Определение местоположения дислокационных изменений, вызванных большими величинами напряжений в материале цементобетона, а также их спектрального состава, необходимого для идентификации акустических сигналов от различных источников помех осуществляется с помощью прибора акустической эмиссии. Общий вид блока сбора и обработки информации представлен на рис. 2.

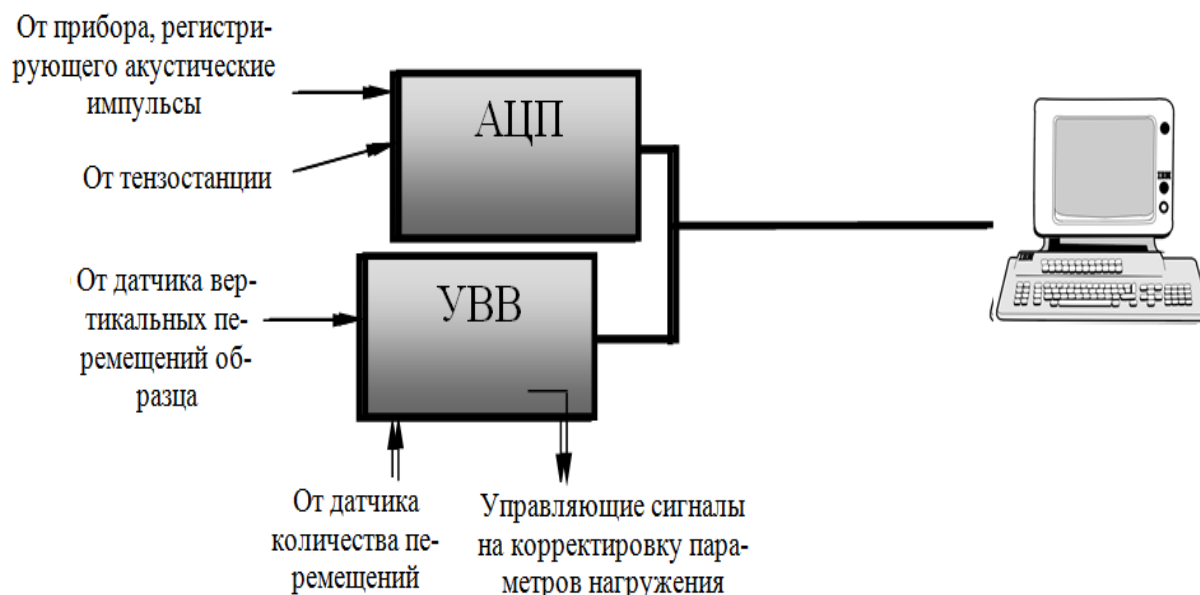


Рис. 2. Схема блока сбора и обработки информации

Погрешность измерительного комплекса определялась:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_m^2 + 2\delta_{yc}^2 + 2\delta_{АЦП}^2 + \delta_l^2}, \quad (1)$$

где δ_{Σ} – возможная погрешность, возникающая в следствии влияния погрешностей в измерительной схеме и ошибок, допускаемых при обработке величин; δ_m – погрешность показания тензодатчиков; δ_{yc} – погрешность, возникающая при работе усилителя; $\delta_{АЦП}$ – погрешность, возникающая при обработке выборок АЦП; δ_l – погрешность, возникающая в следствии изменения проводимости проводников при воздействии внешних факторов. Ошибка измерений составляла 8–10 %.

Основная часть. Блок сбора информации состоит из четырех пьезодатчиков, преобразующих импульсы механических колебаний в электрические сигналы, поступающие на предварительный усилитель, который поднимает уровень сигнала до необходимого для последующего преобразования и поступают далее на входы АЦП, для обеспечения обработки высокочастотных спектральных составляющих сигнала, дискретизация производится на частоте:

$$F_{ацп} = N_k \times n_g \times f_{max}, \quad (2)$$

где N_k – количество каналов; n_g – число выборок, f_{max} – максимальная частота спектра.

Частота выборок АЦП $F_{ацп} \approx 1,6$ МГц.

Сигналы от измерительных приборов подаются на измерительный комплекс на базе персональной вычислительной машины. Отсчеты производятся совместно с измерениями параметров акустической эмиссии и характери-

ками нагружения.

Преобразование аналоговых сигналов производится при помощи блока аналого-цифрового преобразования. В связи с большим количеством поступающей информации в единицу времени и сложностью задания параметров нагружения, вся информация обрабатывается сигнальным процессором. Для управления элементами автоматики установки, в комплект устройство дискретного ввода-вывода.

На входы аналого-цифрового преобразователя поступают сигналы от тензометрической станции, измеряющей деформации бетонных элементов и сигнал с прибора, регистрирующего акустические импульсы.

На цифровой ввод ПЭВМ поступают логические сигналы от датчика вертикальных перемещений образца и от датчика числа нагружений.

Полученные данные обрабатываются с помощью прикладной программы. Результаты сохраняются в памяти ПЭВМ и выдаются управляющие сигналы на корректировку параметров нагружения, также на мониторе отображается информация, указывающая места концентрации напряжений – наиболее вероятные места образования микрповреждений.

Блок-схема прибора представлена на рис. 3.

Проведенный с помощью вычислительного комплекса на основе метода конечных элементов расчет, также подтвердил возникновение циклических знакопостоянных и знакопеременных нагружений, возникающих при воздействии на аэродромные покрытия воздушных судов и, как следствие, необходимость совершенствования существующих методик оценки и прогнозирования эксплуатационного состояния покры-

тия.

Таким образом, данный измерительный комплекс позволяет отслеживать одновременно несколько параметров напряженно-деформированного состояния на всех этапах

проведения испытаний, вести их статистическую обработку и накопление, а также, при заданных условиях выдавать управляющие сигналы на корректировку параметров нагружения.

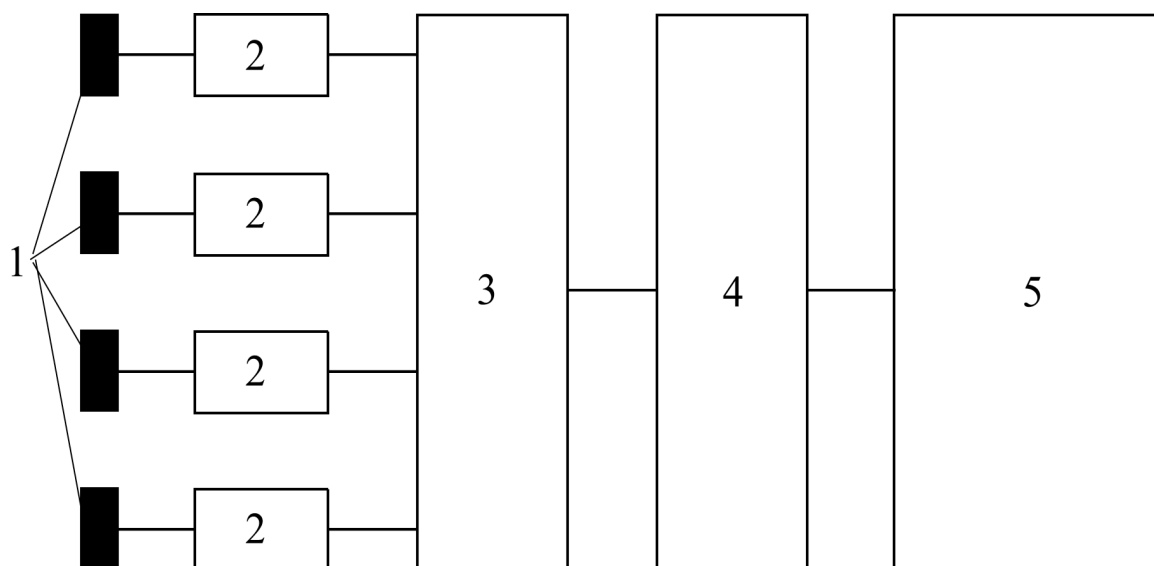


Рис. 3. Блок – схема измерительного прибора акустической эмиссии

1 – датчики акустической эмиссии; 2 – предусилители сигнала акустической эмиссии; 3 – аналого-цифровой преобразователь сигналов акустической эмиссии; 4 – цифровой сигнальный процессор обработки сигналов акустической эмиссии; 5 – персональная вычислительная машина

Экспериментальная установка по производству статических и динамических испытаний после изготовления и опробования была подввергнута метрологическому контролю.

При статических испытаниях бетонных балок определялись напряжения в бетоне растянутой зоны до образования трещин [7], момент появления трещин, развитие трещин по длине и ширине, расстояние между трещинами. При этом анализу подвергались три наиболее характерные (крупные) трещины. Целью статических испытаний являлось установление величины статической разрушающей нагрузки для сопоставления ее с величиной разрушающей нагруз-

ки при усталостных испытаниях.

Критерием потери прочности бетонных образцов являлось появление магистральных трещин разрушения.

Прочность бетона на растяжение при изгибе согласно требованиям определяли путем испытания образцов в возрасте трех месяцев [8, 9]. Образцы в процессе испытаний нагружали с постоянной скоростью нарастания напряжений ($0,05 \pm 0,02$) МПа/с. На каждой ступени производились замеры ширины раскрытия трещин и фиксировалась нагрузка. Графические результаты обработки экспериментальных данных представлены на рисунках 4, 5, 6.

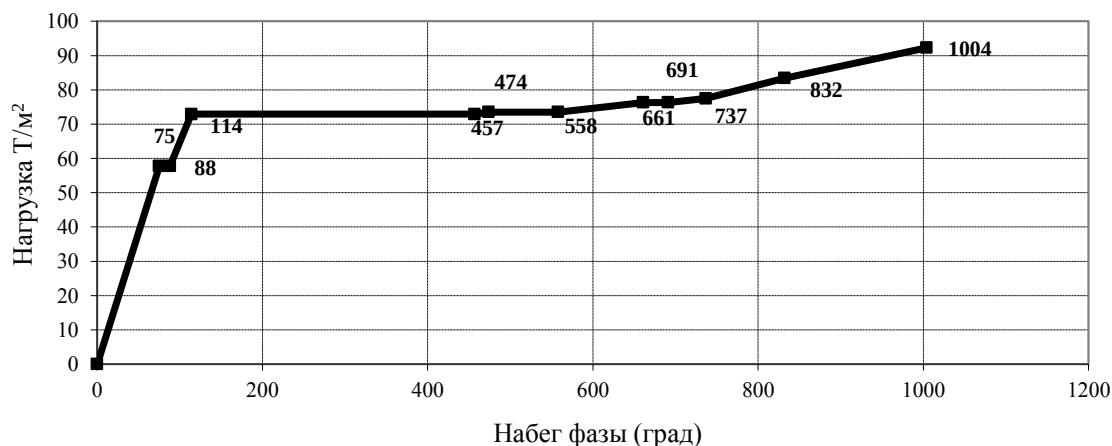


Рис. 4. Зависимость суммарного набега фазы сигнала от нагрузки

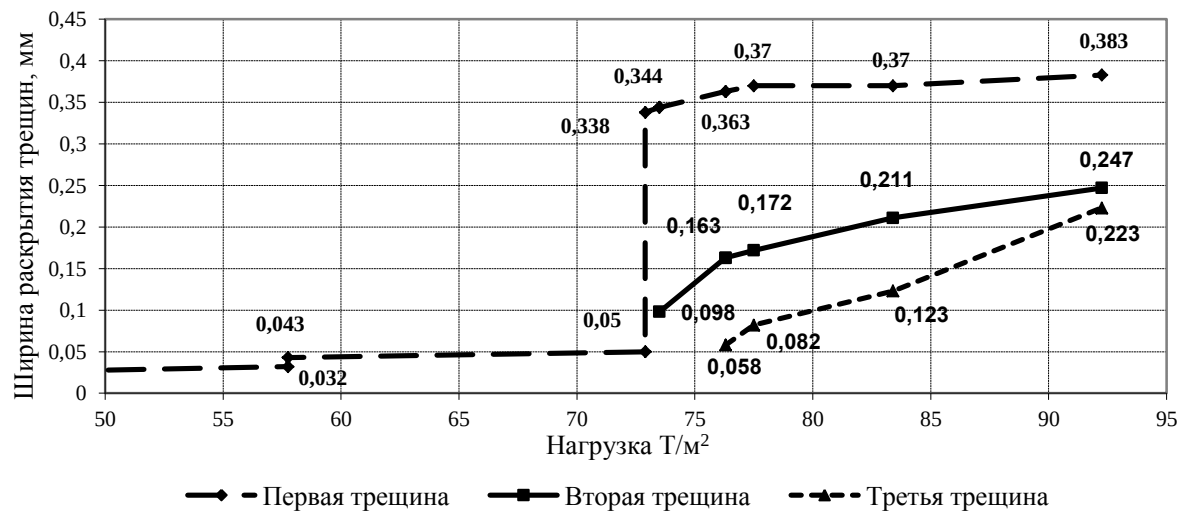


Рис. 5. Ширина раскрытия трещин в зависимости от нагрузки

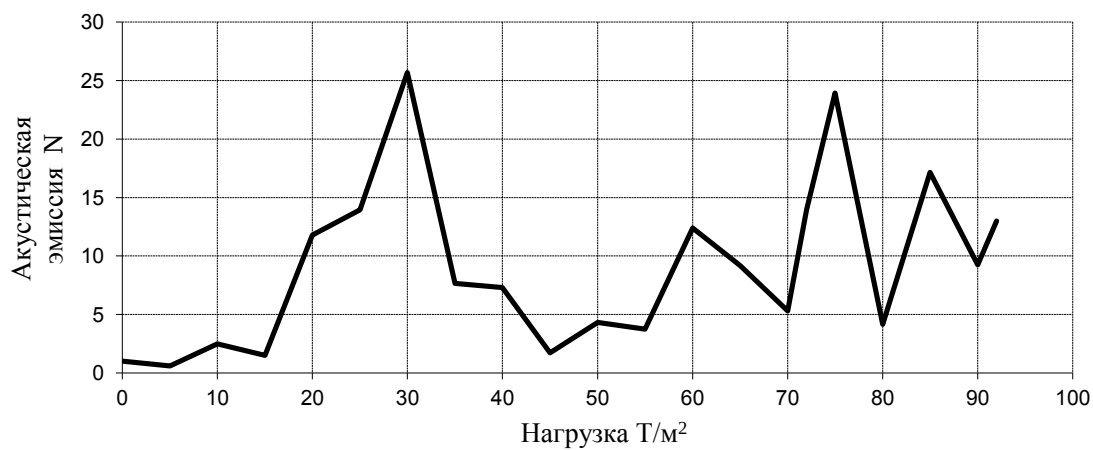
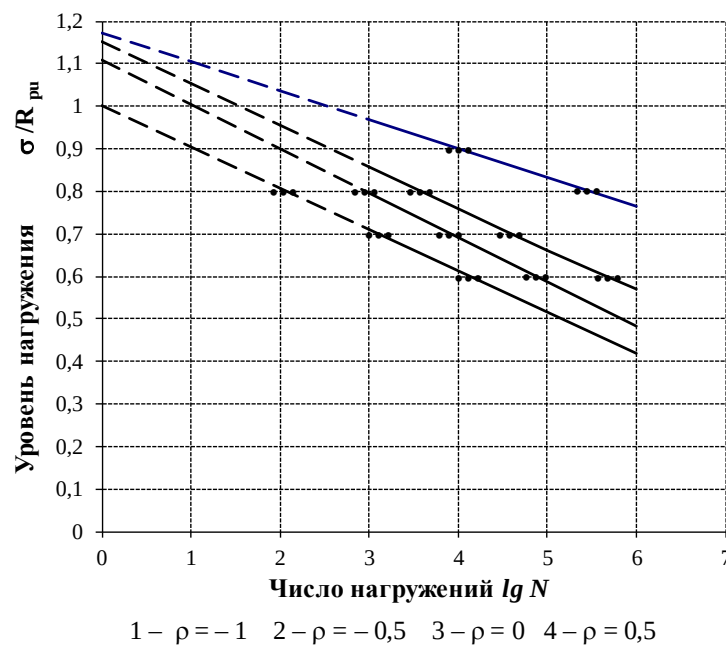


Рис. 6. Зависимость акустического спектра от нагрузки

Рис. 7. Линии регрессии по результатам усталостных испытаний. $\lg N$ – логарифм числа циклов, соответствующий пределу выносливости; R_{pu} – предел прочности материала на растяжение при изгибе

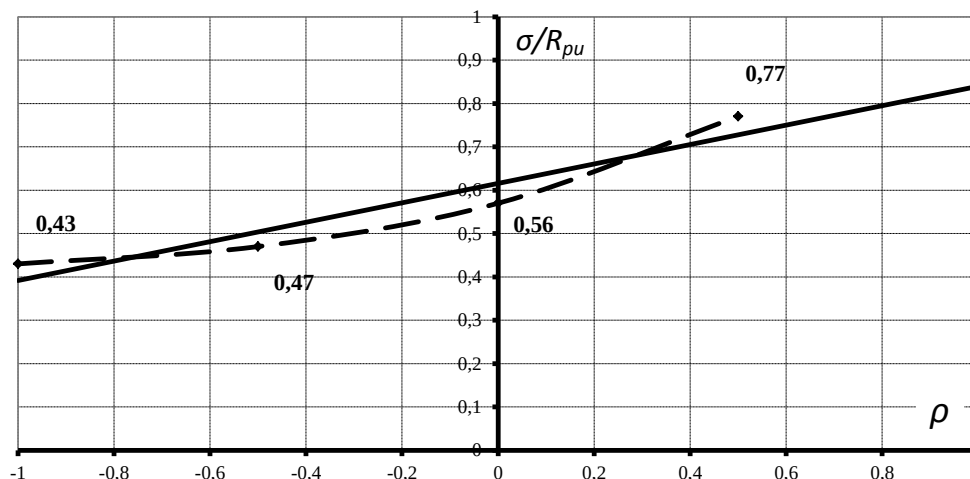


Рис. 8. Зависимость предела выносливости от коэффициента асимметрии цикла нагружения

Зависимость усталостной прочности железобетона от характеристики цикла нагружения наиболее удобно представлять в полулогарифмической системе координат (рис. 7).

Значения коэффициентов А при $\rho = 0,5$ и $\rho = 0$ превышает единицу. Это явление возможно объяснить наличием у бетона эффекта динамического упрочнения, возникающего при малых числах нагружений и высокой скорости при проведении испытаний. В данной работе значение этих коэффициентов принято по интерполяции прямых в область малоциклового усталости.

Анализ корреляционных уравнений позволяет сделать следующие выводы:

- при возрастании коэффициента асимметрии цикла ρ от -1 до 0,5 коэффициент выносливости испытываемых образцов увеличивается от 0,43 до 0,77;

- при возрастании амплитуды напряжений коэффициент выносливости железобетона уменьшается;

- нагружение циклической нагрузкой, когда изменяется не только величина, но и знак нагрузки ($\rho < 0$ – знакопеременные циклы), значительно опаснее знакопостоянных циклов;

- при определении выносливости железобетонных образцов необходим учет напряжений, величина которых больше 40 %-ой величины разрушающей нагрузки.

Графически результаты исследований выносливости цементобетона при различных ρ можно представить зависимостью $\sigma_{\max}/R_{pu} - \rho$ (рисунок 8).

На основании экспериментальных данных по линейной зависимости определена выносливость монолитного цементобетона при $\rho = 1$ (т.е. при длительном нагружении), которая составляет 0,84 R_{np} (рис. 8). Величина полученной дли-

тельной прочности цементобетона сопоставима с результатами исследований других авторов.

Корреляционное уравнение имеет вид:

$$\sigma/R_{pu} = 0,616 + 0,224 \cdot \rho \quad (3)$$

Выводы. Разработана установка для экспериментальных исследований по определению статической и усталостной прочности цементобетона при различных режимах нагружения. Усовершенствована методика проведения измерений и определения НДС бетонных образцов. Проведены статические испытания и определена статическая прочность бетонных образцов. Исследована зависимость усталостной прочности от режима нагружения (уровня нагружения и коэффициента асимметрии цикла).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев Н.Е., Кульчицкий В.А., Мокогонов В.А. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. М.: Физико-математическая литература, 2002. 528 с.
2. Белых А.Г., Кукарских Л.А. Распространение ударных волн в бетонных покрытиях аэродрома при силовом воздействии колесных опор воздушных судов // Международный научный институт «Educatio». 2014. № 4. С. 128–131.
3. Семашко Н.А., Шпорт В.И. Акустическая эмиссия в экспериментальном материаловедении. М.: Машиностроение, 2002. 264 с.
4. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы и средства контроля многослойных конструкций. М.: Машиностроение, 1991. 276 с.
5. Грушко И.М., Алтухов В.Д. Вопросы теории структуры, прочности и разрушения бетонов // Технологическая механика бетона. 1986. С. 15–29.
6. Зайцев Ю.В. Моделирование деформации

и прочности бетона методами механики разрушения. М.: Стройиздат, 1982. 196 с.

7. Krajcinovich D., Rinaldi A. Statistical-DamageMechanics. PartI: Theory // AppliedMechanics. 2005. V.72, № 1.P. 76–85

8. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций. М.: Изд. стандартов, 1990. 22 с.

9. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. М.: Изд. стандартов, 1987. 23 с.

Belikh A.G., Sklyarov A.H., Kukarskikh L.A.

**RESEARCH STATIC AND FATIGUE STRENGTH OF CONCRETE UNDER LOADING
CONDITION WITH USAGE ACOUSTIC EMISSION METHOD**

The article describes the method of determining the static and fatigue strength of concrete under complex loading. When tests developed by the authors used experimental setup. Research method of acoustic emission. The authors defined criteria for the occurrence of the limit state of concrete. The relationship between phasic destruction of structure of concrete material and the changes of the spectrum of acoustic emission signals accompanying the process.

Key words: concrete, airdrome cover, acoustic emission, static capacity, fatigue, loading conditions.

Белых Антон Геннадьевич, старший научный сотрудник 4 научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (боевого применения и обеспечения Военно-воздушных сил).

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

Адрес: Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

E-mail: sunstroke-777@mail.ru

Скляров Алесандр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерно-аэродромного обеспечения.

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

Адрес: Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

E-mail: alex_skl@rambler.ru

Кукарских Любовь Алексеевна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник 4 научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (боевого применения и обеспечения Военно-воздушных сил).

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

Адрес: Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

E-mail: kukarskih.liubov@yandex.ru

¹Огурцова Ю.Н., канд. техн. наук,²Латыпов В.М., д-р техн. наук, проф.,¹Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Уфимский государственный нефтяной технический университет

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИСИЛИКАТОВ НАТРИЯ*

ogurtsova.y@yandex.ru

В работе установлены особенности фазообразования и распределения нанопор в зоне пропитки цементной матрицы раствором полисиликатов натрия – продуктом функционирования гранулированного заполнителя. Установлено влияние времени предварительной выдержки образцов перед тепловлажностной обработкой, а следовательно, началом пропитки раствором полисиликатов натрия, на эксплуатационные характеристики композита. Установлено, что большая пористость на начальных этапах гидратации цемента позволяет достичь повышения степени пропитки и ускорить гидратацию клинкерных минералов, а меньшая пористость при увеличении времени предварительной выдержки затрудняет проникновение раствора полисиликатов натрия в цементную систему.

Ключевые слова: фазовый состав, цементный камень, полисиликаты натрия, контактная зона, пористость.

Введение. Для снижения ресурсо- и энергозатрат при производстве строительных материалов на основе цемента, улучшения эксплуатационных свойств изделий широко применяются модифицирующие компоненты природного и техногенного происхождения [1–3]. При этом вопрос влияния вводимых компонентов на структурообразование модифицируемых систем является главным при прогнозировании долговечности материалов в различных условиях эксплуатации [4–6]. Использование заполнителей, способных к активному химическому взаимодействию с цементной матрицей для повышения ее эксплуатационных характеристик, вызывает необходимость исследования контактной зоны «цементная матрица – активный заполнитель». Характеристики изделий с гранулированным заполнителем пролонгированного действия, который получают на основе кремнеземного сырья, определяются степенью пропитки матрицы продуктом функционирования данного заполнителя – раствором полисиликатов натрия, образующимся в ядре гранулированного заполнителя. [7]. Важными параметрами, определяющими эксплуатационные характеристики бетона в данном случае, являются фазовый состав и пористость зоны пропитки.

Методология. Гранулированный заполнитель, состоящий из ядра и защитной оболочки, получают с использованием тарельчатого гранулятора. Затем заполнитель, представляющий собой смесь гранул различного размера, вводят в бетонную смесь. Во время тепловлажностной обработки бетона происходит активация содержимого ядра гранулированного заполнителя. В результате взаимодействия кремнеземного ком-

понента со щелочным образуется раствор полисиликатов натрия, который проникает в бетонную матрицу через защитную оболочку гранулы.

В качестве кремнеземного сырья для изготовления ядра гранулированного заполнителя применялась опока Алексеевского месторождения (респ. Мордовия). Щелочной компонент ядра заполнителя – гидроксид натрия по ГОСТ Р 55064-2012.

Для создания оболочки гранулированного заполнителя, а также в качестве вяжущего материала для изготовления образцов цементного камня и бетона использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н производства ЗАО «Катавский цемент».

Определение фазового состава цементного камня после пропитки раствором полисиликатов натрия производилось после тепловлажностной обработки образцов в модельных системах. Использование модельных систем вместо гранулированного заполнителя было обусловлено необходимостью исключения при пробоподготовке следующих факторов: неоднородности толщины слоя пропитки и попадания в пробу цементного камня элементов гранулированного заполнителя.

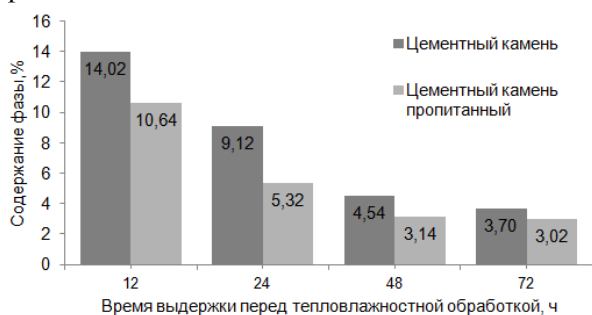
Для получения модельных систем навеска опоки смешивалась с 30 %-м раствором NaOH. Смесь подвергалась тепловлажностной обработке в пропарочной камере в течение 2 ч при 80 °С. Термообработанная суспензия фильтровалась.

В отфильтрованной жидкости производилась тепловлажностная обработка цементных образцов, изготовленных из цементного теста

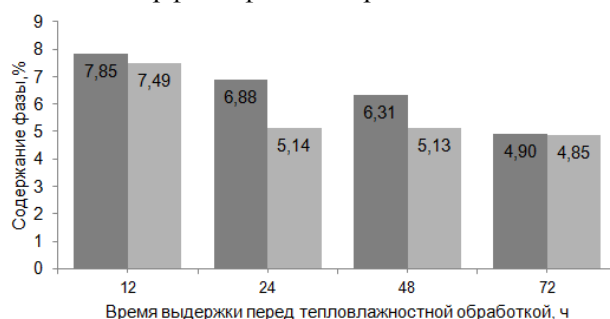
нормальной густоты на основе портландцемента после 12, 24, 48 и 72 часов твердения.

Основная часть. Идентификация и расчет дифракционных профилей с использованием метода Ритвельда (рис. 1, 2) позволил установить влияние раствора полисиликатов натрия, а также времени предварительной выдержки на фазовый состав цементного камня.

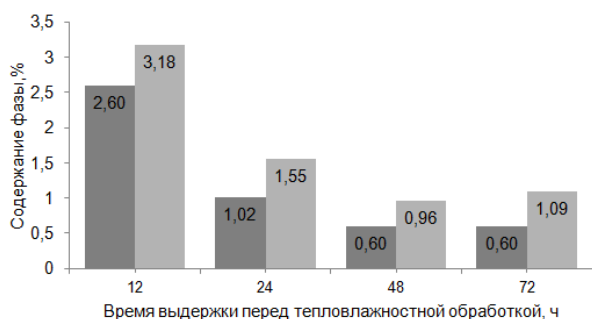
Значительная часть продуктов гидратации портландцемента представлена рентгеноаморфной фазой. Тепловлажностная обработка в среде раствора полисиликатов натрия приводит к значительному снижению содержания минерала алита. Об интенсификации гидратации свидетельствует также увеличение содержания рентгеноаморфной фазы и портландита.



а



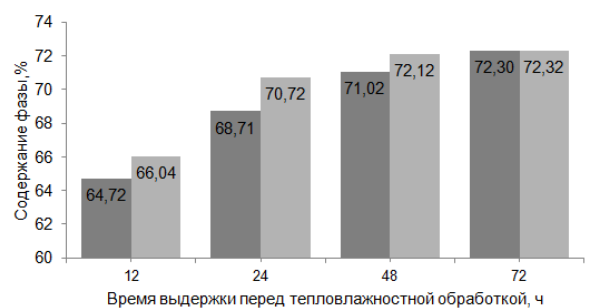
б



в



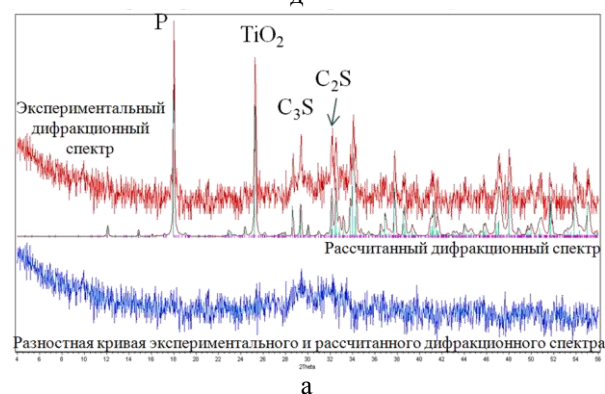
г



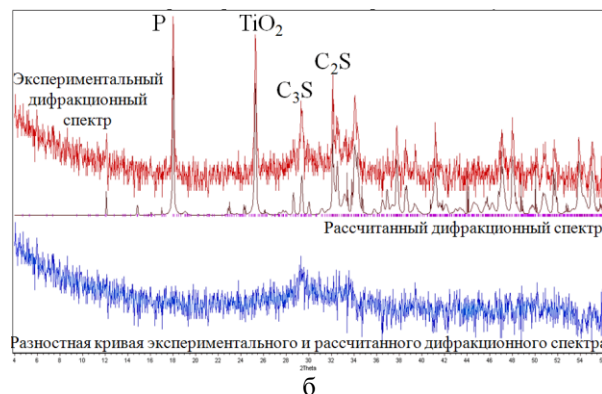
д

Рис. 1. Изменение содержания фаз цементного камня после тепловлажностной обработки в зависимости от времени предварительной выдержки:

а – C_3S ; б – C_2S ; в – C_4AF ;
г – портландит;
д – рентгеноаморфная фаза



а



б

Рис. 2. Дифракционные спектры цементного камня после тепловлажностной обработки (время предварительной выдержки – 24 ч):

а) в модельной системе; б) контрольный
P – портландит; TiO_2 – анатаз (эталон); C_3S – алит; C_2S – белит

С увеличением времени предварительной выдержки данный эффект снижается, т.к. к мо-

менту начала пропитки содержание клинкерных минералов снижается. Во всех образцах цемент-

ного камня, пропаренных в растворе полисиликатов натрия, наблюдается снижение гидратации фазы C_4AF , данное явление связано с тем, что содержание силикатов натрия в концентрациях больших 0,1 % от массы приводит к блокированию маргинальных фаз портландцемента [8]. Установление особенностей фазообразования в зоне пропитки цементной матрицы раствором полисиликатов натрия позволяет предположить оптимальное время предварительной выдержки материала с гранулированным заполнителем до тепловлажностной обработки – 24

или 48 часов. Это является важным с точки зрения оптимизации производственного процесса, а также достижения наилучших характеристик конечного материала.

Определение распределения нанопор при варьировании времени предварительной выдержки изделий с гранулированным заполнителем пролонгированного функционирования проводилось с целью определения степени заполнения пор матрицы продуктами взаимодействия компонентов ядра заполнителя (рис. 3).

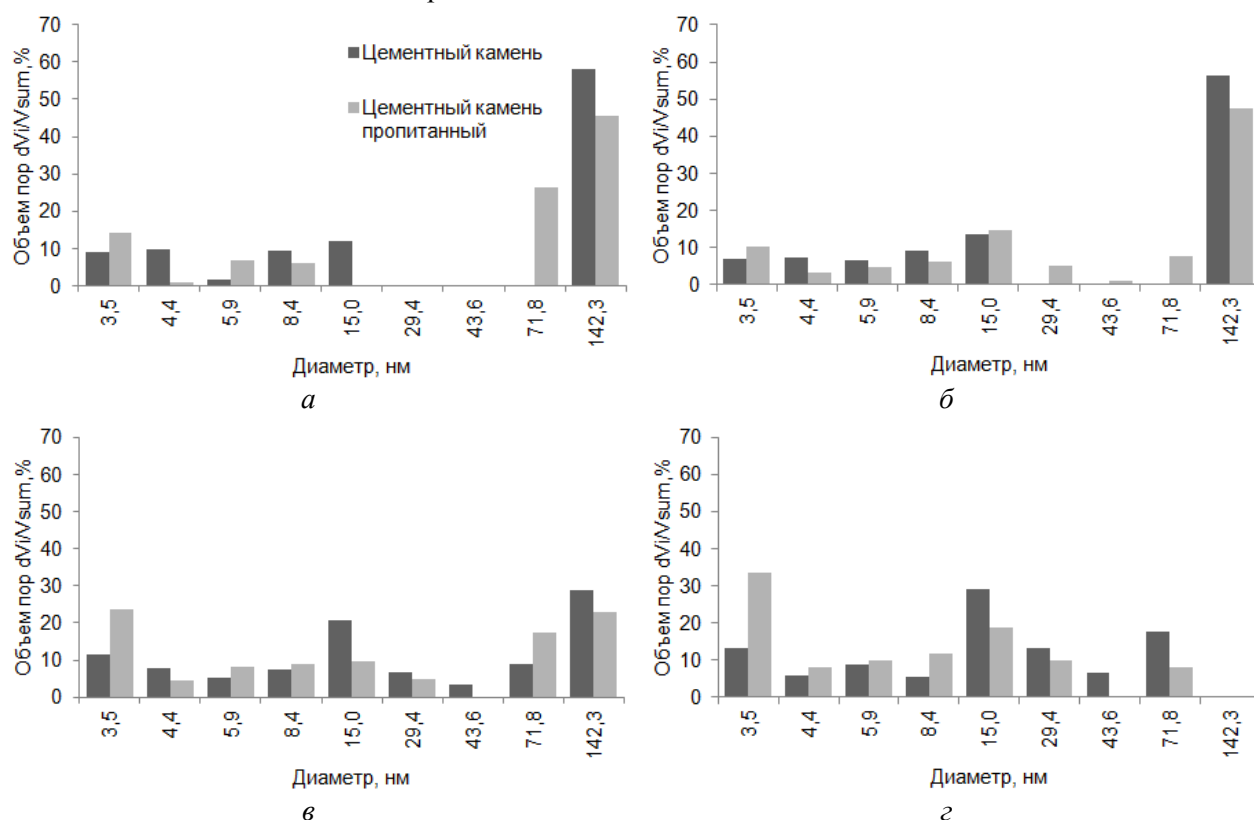


Рис. 3. Распределение пор относительно их общего объема в цементном камне после тепловлажностной обработки в зависимости от времени предварительной выдержки, ч:
а – 12; б – 24; в – 48; г – 72

Непропитанный цементный камень с увеличением времени предварительной выдержки характеризуется после тепловлажностной обработки постепенным смещением распределения нанопор в сторону более мелких при увеличении времени предварительной выдержки с 12 до 72 часов. Это обусловлено более полным протеканием процесса гидратации и подтверждает результаты РФА (см. рис. 1).

Распределение пор в пропитанном цементном камне имеет аналогичный характер, но при этом, в результате пропитки и заполнения пор продуктами реакции ядра заполнителя, смещение распределения пор в сторону мелких наблюдается еще в большей степени.

Установление особенностей пористости системы после пропитки раствором полисиликатов

натрия позволяет оценить степень воздействия раствора на цементную матрицу при варьировании времени предварительной выдержки изделий с гранулированным заполнителем до тепловлажностной обработки.

Таким образом, взаимосвязь фазового состава, распределения нанопор и пропитки цементной матрицы раствором полисиликатов натрия после тепловлажностной обработки может быть описана следующими закономерностями: цементный камень после 12 часов предварительной выдержки характеризуется высокой пористостью, но не высокой степенью гидратации клинкерных минералов и малым содержанием портландита, что облегчает пропитку бетонной матрицы, но не обеспечивает связывание полисиликатов натрия в водонерастворимые со-

единения; к 72 часам степень гидратации клинкерных минералов увеличивается, достигается высокое содержание портландита, при этом снижается нанопористость, а следовательно, уменьшается возможность пропитки и взаимодействия продуктов реакции гранулированного заполнителя с клинкерными минералами.

Распределение пор в зоне пропитки цементной системы раствором полисиликатов натрия, а также степень гидратации цемента определяют ключевые свойства бетона: прочность, водопоглощение и др.

Установление влияния времени предварительной выдержки на эксплуатационные характеристики строительного композита были приготовлены образцы мелкозернистого бетона. Соотношение «цемент : песок» – 1:3. Водоцементное отношение 0,5.

Тепловлажностная обработка образцов мелкозернистого бетона проводилась в описанных

ранее модельных системах. Перед тепловлажностной обработкой образцы выдерживались в ванне с гидравлическим затвором в течение 12, 24, 48 и 72 часов. Анализ полученных результатов позволил выявить влияние раствора полисиликатов натрия на предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона и водопоглощение в зависимости от времени предварительной выдержки (рис. 4).

Положительное влияние пропитки растворов полисиликатов натрия на предел прочности при сжатии бетонной матрицы наблюдается в образцах предварительно выдержанных 24 и 48 часов; на водопоглощение – 12 и 24 часов. Однако оптимальное и достаточное время предварительной выдержки бетона составляет 24 часа, так как в данном случае достигается высокая прочность на сжатие при низком водопоглощении, т.е. наибольший положительный эффект от пропитки.

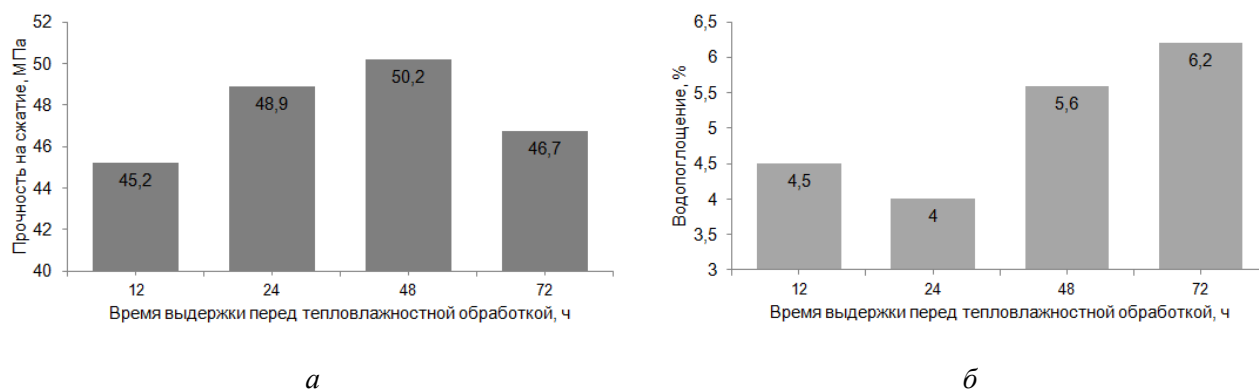


Рис. 4. Зависимость прочности цементной матрицы от времени предварительной выдержки

Пропитка бетонной матрицы раствором полисиликатов натрия обеспечивает монолитизацию цементной матрицы, а следовательно, увеличение прочности и снижение водопоглощения. При увеличении времени предварительной выдержки пористость цементного камня снижается к моменту начала пропитки в результате более полной гидратации клинкерных минералов, что приводит к снижению степени пропитки. При этом давление образующегося раствора может приводить к деструктивным процессам и снижению прочности образца. Раннее же попадание раствора в цементную матрицу негативно сказывается на ее прочности в результате нарушения процессов гидратации цементного камня. Реакция раствора полисиликатов с продуктами гидратации клинкерных минералов приводит к снижению уровня pH среды и нарушению процессов кристаллизации в материале.

Таким образом, соотношение полученных результатов определения фазового состава и нанопористости цементного камня после про-

питки раствором полисиликатов натрия с результатами определения эксплуатационных характеристик мелкозернистого бетона позволяет установить закономерности формирования зоны пропитки при использовании гранулированного заполнителя, а именно, высокая эффективность пропитки цементной (бетонной) матрицы может быть достигнута при обеспечении требуемой пористости и фазового состава матрицы, которые регулируются временем предварительной выдержки перед началом пропитки: большая пористость на начальных этапах гидратации цемента позволяет достичь повышения степени пропитки и ускорить гидратацию клинкерных минералов, а меньшая пористость при увеличении времени предварительной выдержки затрудняет проникновение раствора полисиликатов натрия в цементную систему. Таким образом, время предварительной выдержки изделий с гранулированным заполнителем перед тепловлажностной обработкой не должно составлять более 24 часов для сокращения продолжи-

тельности процесса производства изделий и исключения затруднения пропитки, а также менее 12 часов с целью снижения негативного влияния раствора полисиликатов натрия на процессы кристаллизации в материале.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-33-50885, в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евтушенко Е.И., Лесовик В.С. К вопросу стабилизации свойств строительных материалов // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2005. № 9. С. 267–271.
2. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Гайфуллин А.Р. Влияние добавок в портландцемент глинистого полиминеральной каолинитсодержащей глины на свойства цементного камня // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 7–11.
3. Lothenbach B., Le Saout G., Gallucci E., Scrivener K. Influence of limestone on the hydration of Portland cements // Cement and Concrete Research. 2008. Vol. 38 (6). P. 848–860.
4. Логанина В.И., Жегера К.В. Влияние синтезируемых алюмосиликатов на структурообразование цементных сухих строительных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 36–40.
5. Анваров А.Р., Латыпова Т.В., Латыпов В.М. Обеспечение долговечности железобетона в обычных условиях эксплуатации // Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2008. № 2. С. 52–57.
6. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Способ определения реакций между щелочами и заполнителем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 21–23.
7. Строкова В.В., Жерновский И.В., Максиков А.В., Огурцова Ю.Н., Соловьева Л.Н. Последовательность процессов формирования цемента-песчаной матрицы бетона при использовании гранулированного наноструктурирующего заполнителя // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. Режим доступа <http://www.science-education.ru/106-7874>. (Дата обращения: 24.12.2012), свободный.
8. You K.S., Fujimori H., Ioku K., Goto S. Influence of $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ on the Hydration of Tetracalcium Aluminoferrite // Mater Sci Res Int. 2002. Vol. 8 (2). P. 60–63.

Ogurtsova Y.N., Latypov V. M., Strokov V.V.

FEATURES OF STRUCTURE FORMATION OF CEMENT SYSTEMS IN THE PRESENCE OF SODIUM POLYSILICATES

In the presented research features of phase formation and nanopores distribution in the area of impregnation of cement matrix with solution of sodium polysilicates – which is the product of the functioning of the granular aggregate were studied. The effect of preliminary curing time of samples prior to steam treatment, and consequently, the beginning of impregnation with a solution of sodium polysilicates, on the performance characteristics of the composite was specified. It was found that the greater porosity at the initial stages of cement hydration allows achieving increase of impregnation degree and accelerates the hydration of the clinker minerals, and the lower porosity with increasing of preliminary curing time hinders the penetration of a solution of sodium polysilicates into the cement system.

Key words: phase composition, cement stone, sodium polysilicates, contact area, porosity.

Огурцова Юлия Николаевна, канд. техн. наук, младший научный сотрудник НИИ Наносистемы в строительном материаловедении Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра Наноструктурированных композиционных материалов

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ogurtsova.y@yandex.ru

Латыпов Валерий Марказович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Строительные конструкции» Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Адрес: Россия, Республика Башкортостан, 450080, Уфа, ул. Менделеева, д. 195.

E-mail: stexpert@mail.ru

Строкова Валерия Валерьевна, д-р техн. наук, проф., директор Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра Наноструктурированных композиционных материалов

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: s-nsm@mail.ru

Калачук Т.Г., канд. техн. наук, доц.,
Шин Е.Р., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

О ВИДАХ ДЕФОРМАЦИИ ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ

gkadastr@mail.ru

В статье рассмотрены виды деформаций лессовых грунтов. влияние различных факторов на просадку грунтов, а также влияние солей на физико-механические свойства лессовых грунтов. На основании экспериментальных и теоретических исследований установлен, что сопоставление величин начального просадочного давления, определенных по существующим методикам 10–40 % большие значения по сравнению с лабораторными.

Ключевые слова: просадка, деформация, лессовый грунт, давление, штамп.

В связи с расширением городов зачастую возникает потребность в строительстве сооружений на ранее не благоприятных грунтах. Такими грунтами являются лессовые грунты. В связи с этим возникает потребность в более тщательном их изучении.

Деформации лессов в общем случае подразделяются на осадку, просадку и послепросадочные деформации. В России, Украине и Туркменистане наиболее распространены слабо и среднепросадочные толщи грунтов. Для них просадки растягиваются на продолжительное время. У сильнопросадочных толщ (захватывающие незначительные территории) процесс просадки протекает сравнительно быстро. Если для всей (территории) просадочной толщи просадки от собственного веса грунта – $S_{\rho\delta\omega} \leq 15$ см – то их характеризуют как слабопросадочные; если $15 < S_{\rho\delta\omega} < 50$ см – среднепросадочные; и если $S_{\rho\delta\omega} > 50$ см – сильнопросадочные.

При определении осадки использовался метод послойного суммирования [10].

Просадкой называется уплотнение лессового грунта при совместном воздействии нагрузки и увлажнения. Просадки проявляются, как отмечалось рядом авторов [1, 2, 3, 6, 7, 8, 9], при нагрузке, превышающей начальное просадочное давление – $P_{ст} \geq P_{пр}$ (учитываются только те послойные деформации, где $\delta\rho\omega \geq 0,01$).

За начальное просадочное давление $P_{пр}$ принималось давление соответствующее:

- при лабораторных испытаниях грунтов в компрессионных приборах;
- давлению, при котором относительная просадочность $\delta_{пр} = 0,01$;
- при полевых испытаниях штампами предварительно замоченных грунтов – давлению, равному пределу пропорциональной зависимости по графику «нагрузка осадка»;
- при замачивании грунтов в опытных котлованах – природному давлению на глубине,

начиная с которой наблюдается просадка грунта от собственного веса грунта.

Испытание грунтов в лабораторных условиях для определения начального просадочного давления выполнялись методом двух кривых или комбинированным, при испытаниях штампами устанавливались два штампа на расстоянии 3–4 метра друг от друга. При этом один штамп устанавливался на грунт естественной влажности и нагружался до заданного удельного давления ($0,2 \div 0,3$ МПа), после чего грунт в основании штампа замачивался до стабилизации просадки. Второй штамп устанавливали на предварительно замоченный грунт, водонасыщенный на глубину $0,8 \div 1$ м. Нагружение производилось ступенями $0,025 \div 0,05$ МПа до заданного давления при непрерывном замачивании грунта под штампом и при нечетко выраженном пределе пропорциональности, за начальное просадочное давление рекомендуется принимать давление, при котором разность осадок штампов ΔS в водонасыщенном состоянии и при естественной влажности равняется:

$$\Delta S = \sum \delta_{\rho wi} \cdot h_{деф} \cdot m_{\phi} \quad (1)$$

где $\delta_{\rho wi}$ – средняя величина относительной просадочности; $h_{деф}$ – деформируемая зона под штампом; m_{ϕ} – коэффициент условий работы, принимаемый равным $m_{\phi} = 0,5$.

Сопоставление величин начального просадочного давления, определенных по рекомендуемым выше методикам, показали, что полевые испытания обычно дают на 10–40 % большие значения по сравнению с лабораторными.

Выполненные исследования рядом авторов [2, 3, 5, 6, 9] показали, что для различных районов СНГ величина начального просадочного давления лессовых просадочных грунтов изменяется от 0,03 до 0,3 МПа. Для лессовых грунтов России и Украины оно равняется чаще $0,08 \div 0,12$ МПа, а просадка от собственного веса начинается с глубины 8–15 м.

Для отдельных предгорных районов Средней Азии и Кавказа начальное просадочное давление $0,02 \div 0,06$ МПа, т.е. просадка от собственного веса происходит с глубины $1,2 \div 3,5$ м.

Начальное просадочное давление, на основании выполненных исследований, зависит в основном от степени плотности и влажности грунтов. С увеличением плотности сухого скелета грунта и степени влажности грунта начальное просадочное давление возрастает. Это давление широко используется при проектировании: при назначении давления на просадочный грунт; определении величины деформируемой зоны, т.е. зоны, в пределах которой происходит просадка грунта от нагрузки фундаментов; назначении необходимой глубины уплотнения просадочных грунтов или толщину грунтовой подушки, полностью устраняющих просадку от нагрузки фундаментов; определение глубины, начиная с которой происходит просадка грунта от собственного веса на площадках со II типом грунтовых условий, и расчета возможных величин просадок от фундаментов и грунтов от их собственного веса.

Относительная просадочность определялась по формуле:

$$\delta_{p\omega} = \frac{h' - h_{np}}{h_0}, \quad (2)$$

где h' – высота образца грунта природной влажности, обжатого без возможности бокового расширения давлением P , равным давлению, действующему на глубине от собственного веса грунта и нагрузки от фундамента или только от веса грунта, в зависимости от вида рассматриваемых деформаций $(S_{se})\delta_{p\omega}$ или $(S_{se}, q)\delta_{p\delta\omega}$, h_{np} – высота того же образца после замачивания его до полного водонасыщения при сохранении давления P ; h_0 – высота того же образца природной влажности, обжатого без возможности бокового расширения давлением, равным давлению от собственного веса грунта на рассматриваемой глубине.

Зависимость относительной просадочности от давления на грунт выражается кривой (рис.1), в соответствии с которой при увеличении давления относительная просадочность вначале возрастает до максимального значения, а затем по мере повышения давления снижается практически до нуля [1, 7].

Давление на грунт, при котором относительная просадочность достигает максимальной величины М.Н. Гольдштейн [4] называет первым порогом просадочности. Обычно для лесов, лессовидных супесей и суглинков оно рав-

няется $0,2 \div 0,5$ МПа, лессовидных глин $0,4 \div 0,6$ МПа.

По аналогии вторым порогом просадочности является давление, соответствующее снижению относительной просадочности до нуля. Это давление чаще всего изменяется в пределах $1,0 \div 1,2$ МПа. Установлено, что относительная просадочность по мере повышения плотности сухого скелета грунта уменьшается, а при увеличении природной и исходной влажности грунта относительная просадочность снижается и при степени влажности $S_r = 0,75 \div 0,82$ чаще оказывается меньше 0,01.

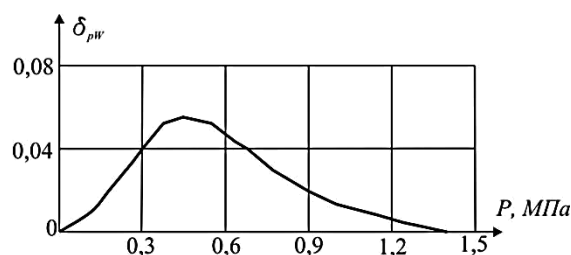


Рис. 1. График зависимости относительной просадочности от давления P

Ранее считалось, что по мере повышения степени влажности грунта при его замачивании относительная просадочность возрастает и достигает максимального значения при полном водонасыщении [1, 7]. Однако выполненными [8] и нашими [9] исследованиями установлено, что относительная просадочность с повышением конечной влажности возрастает до определенного предела, а затем, несмотря на увеличение влажности, снижается. Влажность, при которой достигается наибольшая относительная просадочность, по аналогии со стандартным уплотнением, называется оптимальной, оказывается близкой к границе раскатывания W_p и изменяется в пределах $(1,0-1,3)W_p$.

Зависимость относительной просадочности от состава грунта, выражается тем, что с увеличением числа пластичности $\delta_{p\omega}$ уменьшается, т.е. наибольшей просадочностью, при прочих равных условиях, обладают тяжелые супеси и легкие суглинки, а меньшей глины.

Послепросадочное оседание проявляется при длительном воздействии фильтрующей через грунт воды за счет разрушения цементационных связей и пластических деформаций.

Величина их главным образом зависит от плотности сложения, после окончания просадки, а также выноса растворимых солей.

Коэффициент относительного сжатия при длительной фильтрации, определяется по формуле:

$$\delta_{wt} = \frac{h_{np} - h'_{np}}{h_0}, \quad (3)$$

где h'_{np} – высота образца грунта после длительного пропуска через них воды при сохранении давления $P_{сум}$.

Послепросадочные деформации обычно проявляются у лессовых грунтов с пористостью – $n > 45\%$.

У среднепросадочных толщ грунтов необходимо выделять осадку, просадку от нагрузки сооружения, просадку от собственного веса грунта и послепросадочные деформации. А для слабопросадочных – осадку, просадку от нагрузки сооружения и просадку от собственного веса грунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абелев Ю.М. Явление просадки и её закономерность для макропористых (лессовых) грунтов // В К. Вопросы строительства на макропористых просадочных грунтах. Сб.НИИ Оснований.М.: Госстройиздат, №37, 1959. С. 5–8.
2. Гильман Я.Д., Ананьев В.И. Строительные свойства лессовых грунтов и проектирование оснований зданий и сооружений. Ростов на Дону, 1976. 111 С.
3. Голубков В.Н. Исследование просадочности лессовых грунтов Юга Украины «Труды совещания по инженерно – геологическим свойствам горных пород и методы их изучения», Т. 1. М., 1956. 57 С.
4. Гольдштейн М.И., Шугаев В.В. О характере деформации лессовых грунтов под фундаментами в процессе замачивания. Вопросы строительства на лессовых грунтах // Доклады межвузовской научной конференции. Воронеж. 1961. С 204–219.
5. Денисов Н.Я. О природе просадочных явлений в лессовидных суглинках. М., 1946. 176 С.
6. Джитенов А.К., Куликов Г.В. Исследования просадочных лессовых грунтов в лабораторных и полевых условиях. Труды ТПИ, вып IX, Ашхабад, 1971. 142 С.
7. Кириллов А.А., Фролов Н.Н. Гидротехнические сооружения на оросительных системах в лессовых грунтах. М.: Сельхозиздат, 1963. 271 С.
8. Крутов В.И., Булгаков В.И., Коротков О.Х. Влияние степени влажности на строительную просадочность и уплотнение лессовых грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1980, №1. С 19–22.
9. Куликов Г.В. Расчет и проектирование фундаментов сооружений на лессовых просадочных грунтах в СССР. Изд-во МВССО, Ашхабад, 1984. 120 С.
10. Калачук Т.Г., Юрьев А.Г., Карякин В.Ф., Выхребенцев В.С. О начальном давлении просадочных грунтов // Вестник Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. №6 С. 24–28.
11. Черныш А.С. Исследование закономерностей депрессионных деформаций толщи осадочных пород // Научно-технический журнал. 1999. №4. С. 219–220.
12. Черныш А.С., Выхребенцев В.С. об уплотнении структурно не устойчивых грунтов тяжелыми трамбовками // Вестник Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 67–70.
13. Калачук Т.Г. К вопросу проектирования и строительства на слабых грунтах // Вестник Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 120–125.
14. Калачук Т.Г., Карякин В.Ф., Пири С.Д. Некоторые строительные свойства суглинков Белгородской области // Вестник Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 71–74.

Kalachuk T.G., Shin E.R.

ON COLLOPSIBLE LOESS DEFORMATION TYPES OF SOILS.

The article describes the types of deformation of loess soils. influence of various factors on the drawdown of soils, as well as the influence of salts on physico-mechanical properties of loess soils. Based on experimental and theoretical research is mapping the initial pressure prosadočnogo values defined for existing methods of 10–40 % higher values compared to the laboratory.

Key words: drawdown, deformation, lessovyj ground, pressure stamp.

Калачук Татьяна Григорьевна, кандидат технических наук, научный сотрудник.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Шин Евгений Рудович, ассистент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: siriusONE2008@yandex.ru

Лозовой Н.М., канд. техн. наук, доц.,
 Лозовая С.Ю., д-р техн. наук, проф.
 Мартынова Н.С., студент,
 Козлова Е.Р., студент,
 Празина Е.А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

nataychik9@gmail.com

В связи с ростом производства и строительства промышленных предприятий, требующих потребления большого количества электроэнергии растет потребность в прокладке линий электропередач. Как известно, возведение линий электропередач и их техническое обеспечение во время эксплуатации сопряжено с опасностью для жизни. В связи с этим, анализ существующих нормативов по возведению воздушных линий и методов их технического обслуживания с целью выделения наименее трудоемких и более точных, а также предложение новых методов измерений габаритов воздушных линий является актуальной задачей. В статье рассмотрены существующие традиционные методы измерения габаритов линии электропередач, а также представлены нормативы прокладки воздушных линий в соответствии с правилами их устройства. Описаны факторы, влияющие на изменение габаритов воздушных линий в процессе их возведения и эксплуатации, а также различные методики и необходимые условия проведения контроля изменения габаритов. Сделаны выводы о точности и трудоемкости традиционных способов измерения габаритов. Рассмотрены особенности геодезических методов отдельно и совместно с фотограмметрическими методами при ведении работ по возведению и реконструкции линий электропередач.

Ключевые слова: линии электропередач, измерение габарита, стрела провеса, геодезические изыскания, методики измерений, фотограмметрические методы.

Введение. В настоящее время в Российской Федерации наблюдается рост производства и строительства промышленных предприятий, которые требуют потребления большого количества электроэнергии. Для обеспечения различных объектов электрической энергией необходимо прокладывать линии электропередач.

В соответствии с правилами устройства электроустановок прохождение воздушных линий над зданиями и сооружениями, за исключением выполненных из негорюемых материалов производственных зданий и сооружений промышленных предприятий, запрещается.

Расстояния по горизонтали от крайних проводов воздушных линий до 220 кВ при наибольшем их отклонении до ближайших вы-

ступающих частей зданий и сооружений должны быть не менее: 2 м для воздушных линий до 20 кВ, 4 м для воздушных линий 35-110 кВ, 5 м для воздушных линий 150 кВ и 6 м для воздушных линий 220 кВ. Допускается уменьшение указанных расстояний при приближении воздушных линий до 220 кВ к глухим стенам производственных зданий и сооружений, выполненных из негорюемых материалов.

Расстояния по вертикали от проводов воздушных линий до производственного здания или сооружения, выполненного из негорюемых материалов, при наибольшей стреле провеса должны быть не менее приведенных в таблице [1].

Таблица 1

Нормативы расположения линий электропередач

Условия работы линии	Участок, сооружение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении, кВ					
		до 35	110	150	220	330	500
Нормальный режим	До поверхности земли	7	7	7,5	8	8	8
	До зданий или сооружений	3	4	4	5	6	-
Обрыв провода в соседнем пролете	До поверхности земли	4,5	4,5	5	5,5	6	-

Прохождение воздушных линий 500 кВ над зданиями и сооружениями запрещается. В виде

исключения допускается прохождение воздушных линий 500 кВ над негорюемыми производ-

ственными зданиями электрических станций с расстоянием по вертикали от проводов до зданий не менее 7 м. Металлические крыши, над которыми проходят воздушных линий, должны быть заземлены. Прохождение воздушных линий по территориям стадионов и детских учреждений не допускается [1].

Вопросы экологического влияния высоковольтных линий электропередачи связаны с развитием электрических сетей сверхвысокого напряжения 500–750 кВ и освоением ультравысокого напряжения 1150 кВ и выше. Непосредственное биологическое влияние электромагнитного поля линий сверхвысокого и ультравысокого напряжений на человека связано с воздействием на сердечно-сосудистую, центральную и периферийную нервные системы, мышечную ткань и другие органы.

Для того, чтобы уберечь население от вредного воздействия воздушных линий, необходимо соблюдать правила устройства электроустановок и нормативы их использования [2].

Однако только соблюдение правил установки воздушных линий не гарантирует выполнение норм, так как процессе эксплуатации могут изменяться габариты линий в результате прокладки под проводами дорог, сооружения линий электропередачи, наклонах опор или изменениях их конструкций при ремонтных и реконструктивных работах, вытяжке проводов, проскальзывании проводов в подвесных и натяжных болтовых зажимах, изменения длины гирлянд при замене дефектных изоляторов и перекосе траверс и др. Изменившиеся габариты не всегда соответствуют нормам и правилам эксплуатации, поэтому необходимо проводить регулярные измерения стрел провесов линий.

Основная часть. Стрела провеса – это расстояние по вертикали в промежуточном пролете воздушных линий между проводом (тросом) и прямой линией, соединяющей точки его подвеса. Измерения, как правило, производят без отключения линии при помощи угломерных приборов или изолирующих штанг и капронового или сухого хлопчатобумажного каната.

Расстояния от проводов до зданий и сооружений, расположенных вблизи воздушных линий, должны измеряться от проекции крайнего провода при наибольшем его расчетном отклонении до ближайших выступающих частей этих зданий и сооружений.

Все измерения не разрешается производить при скорости ветра более 10 м/с. Результаты измерений габаритов проводов записывают в специальную ведомость [3].

Измерение габарита линии с помощью капронового каната ведут в такой последователь-

ности. На опору, не доходя 2 м до уровня изолирующих подвесок, поднимается электромонтер и устанавливает блок бесконечного каната. Затем по этому канату он поднимает изолирующую штангу и в специальном чехле ролик с измерительным капроновым канатом. С помощью штанги ролик устанавливают на проводе, второй конец капронового каната держит второй электромонтер, находящийся на земле. После установки ролик с помощью капронового каната вторым электромонтером передвигается до места измерения габарита. По отметкам на канате определяется расстояние от ролика (проводов) до поверхности земли. После измерения ролик возвращается к опоре и снимается первым электромонтером с помощью изолирующей штанги. Так как эти работы выполняются под напряжением, к работе допускаются только специально обученные лица, при этом запрещается производство работ в сырую погоду [4].

Наиболее простым способом измерения габарита является непосредственное измерение под напряжением с помощью специальной испытанной в соответствии с нормами изолирующей штанги. Один электромонтер в месте измерения одним концом штанги касается провода, другой электромонтер замеряет расстояние от нижнего конца штанги до поверхности земли (дороги, железнодорожного полотна и др.).

Для измерения стрелы провеса с помощью штанги определяют габарит линии и расстояние от места крепления провода к изолятору или гирлянд до поверхности земли. Разница между измеренными величинами равна значению стрелы провеса (при прохождении трассы по ровной местности).

Для измерения стрелы провеса или габарита провода до земли используется прибор для определения высоты элементов. Прибор представляет собой плоскую коробку, имеющую форму равностороннего треугольника. В основание треугольника вставлено стекло, на котором нанесены две риски. В вершине треугольника имеются два отверстия, через которые производится визирование.

Для определения высоты провода над землей под проводом в месте измерения забивается колышек. Затем наблюдатель удаляется от линии в направлении, перпендикулярном к ней, держа приспособление отверстиями у глаз на расстояние, при котором риски совпадают, верхняя – с проводом, нижняя – с основанием колышка. Измеряется расстояние от наблюдателя до колышка. Габарит провода в месте измерения равен половине этого расстояния [5].

Измерение стрелы провеса проводов (тросов) может быть выполнено путем глазомерного

визирования (с помощью двух визирующих реек) следующим способом. На стояках двух смежных опор закрепляют по одной рейке на расстоянии по вертикали от точки крепления провода, равном расчетному значению стрелы провеса провода (определяемому по монтажным таблицам) в проверяемом пролете при данной температуре. Значение стрелы провеса определяется как среднее арифметическое расстояние по вертикали от точек подвеса провода до каждой рейки, сравнением полученных данных со значением стрелы провеса по монтажным кривым или таблицам, определяется отклонение от требуемого значения.

Наиболее точно стрелы провеса могут быть измерены с помощью теодолита. Для измерения габарита теодолит устанавливают на расстоянии 50-60 м от линии, так чтобы расстояния от прибора до вертикальных проекций нижней точки провода и точки подвеса провода на опоре были примерно одинаковы. Эти расстояния тщательно измеряют с помощью рулетки или с помощью теодолита и рейки.

Вертикальная визирующая ось теодолита направляется на точку провода на опоре и производится отсчет превышения этой точки над горизонтальной осью прибора. Аналогично производится отсчет превышения нижней точки провода над горизонтальной осью прибора. По полученным отсчетам определяется стрела провеса провода как разность подсчитанных значений. Хотя использование этого метода измерений требует специально обученного персонала, он является безопасным, так как не требует непосредственного взаимодействия с воздушной линией, и для проведения измерений требуется только один специалист.

В комплексе с геодезическим методом или отдельно от него для измерения габаритов линий можно использовать фотограмметрический. Суть фотограмметрического метода заключается в трансформировании одиночного снимка в заданном масштабе и его обработке, результатом

которой являются расстояния от земли до нижней точки провеса и до верхней точки подвеса провода на опоре. Искомую величину стрелы провеса находят из разности полученных расстояний [6]. С помощью этого метода также можно контролировать состояние и пространственное положение столбов опор и ферм.

Выводы

Таким образом, для диагностики изменений габаритов воздушных линий можно использовать фотограмметрический метод, который позволяет добиться достаточно высокой точности измерений при минимальных денежных затратах, быстро и безопасно. Для получения более детальных данных этот метод можно совмещать с геодезическим, что даст большую точность измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ПУЭ Правила устройства электроустановок. М.: 1999. 137 с.
2. Короткевич М.А. Электрические сети и системы освещения. Мн.: Изд. Вышэйшая школа, 1999. 151 с.
3. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций. М.: Изд. Академия, 2004. 448 с.
4. Сибикин Ю.Д. Обслуживание электроустановок промышленных предприятий. М.: Изд. Академия, 2000. 303 с.
5. Мартынова Н.С., Лозовая С.Ю. Свойства языков Арнольда в описании природных процессов / Сборник докладов VIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 3. // Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2015. С. 194-196
6. Зотиков А. Строительство и недвижимость [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nestor.minsk.by> (дата обращения: 19.11.2015)

Lozovoy N.M., Lozovaya S.Yu., Martynova N.S., Kozlova E.R., Prazina E.A. FEATURES OF SURVEYING METHODS IN THE CONDUCT OF WORK ON THE CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF POWER LINES

This article describes the existing traditional methods of measuring the dimensions of the power lines, as well as provides guidelines laying overhead lines in accordance with the rules of their setup. The factors affecting the change in the size of overhead lines during their construction and operation, as well as various methods and the necessary conditions for monitoring changes in dimensions. Conclusions about the accuracy and complexity of traditional methods of measuring the dimensions. The features of geodetic techniques individually and in association with photogrammetric methods in the conduct of work on the construction and reconstruction of power lines.

Key words: power lines, measurement of dimensions, sag, geodetic surveys, measurement techniques, photogrammetric methods.

Лозовой Николай Михайлович, кандидат технических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: lozwa88@mail.ru

Лозовая Светлана Юрьевна, доктор технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: lozwa@mail.ru

Мартынова Наталья Сергеевна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: nataychik9@gmail.com

Козлова Екатерина Романовна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: ko.yekaterina2012@yandex.ru

Празина Екатерина Алексеевна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: eprazina@mail.ru

Шацкова Ю.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
(Новороссийский филиал)

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА СМЕРЧЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕРМИНАЛОВ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ

baronessa81@mail.ru

В России вопросу гидрометеорологической безопасности придается исключительное значение. Можно взять любое направление в отрасли и увидеть, что везде большую роль играет климатический погодный фактор. Роль экстремальных природных явлений в оценке риска эксплуатации морских терминалов нельзя не учитывать, так как частота и последствия бедствий, вызываемых экстремальными природными явлениями, резко увеличились за последнее столетие. В то же время увеличивается и воздействие бедствий, вызываемых техногенными угрозами. Такие события могут нарушать социальное, экономическое и экологическое равновесие в обществе на разных его уровнях. Проблема безопасности эксплуатации морских терминалов сложна в силу ее различных аспектов, одним из которых является тот факт, что морские терминалы, расположенные в смерчеопасных районах, таких, как Сочи, Туапсе и Новороссийск, могут быть подвержены их разрушительному действию.

Ключевые слова: экстремальные явления, смерчи, прогноз, безопасность, мониторинг

Над Черным морем ежегодно и неоднократно формируются смерчи. За последние 5 лет над морем в 3–5 км от берега отмечалось 15 случаев с одним или несколькими смерчами, продолжительностью существования от нескольких минут до получаса.

Прогноз смерчей – это даже не методологическая проблема, а технологическая. Система мониторинга смерчей базируется на системе визуальных наблюдений сетью станций и постов, что практически позволяет определить только азимут перемещения смерча. На Черноморском побережье подготовку прогнозов о смерчевой опасности осуществляют Гидрометбюро Новороссийска. Специалистами накоплен значительный практический опыт, позволяющий прогнозировать условия, благоприятные для образования смерчей. Однако существующие подходы к прогнозу смерчей не позволяют определить время и место выхода их на сушу. Такой уровень прогнозирования смерчей не отвечает требованиям обеспечения гидрометеорологической безопасности населения и инфраструктуры города и порта Новороссийск. Оправдываемость штормовых предупреждений о смерчах составляет лишь 58%, а предупрежденность смерчей – 30–40 %. В связи с этим необходима разработка не только автоматизированной модели прогноза формирования микровихрей, в том числе смерчей, но и создание системы дистанционного мониторинга. Основными причинами недостаточной предупрежденности опасных явлений конвективного характера является дефицит исходной информации, а также недостаточность традиционных подходов для прогнозирования быстроразвивающихся локальных процессов. Повышение предупрежденности этих явлений

может быть осуществимо в первую очередь путем развития систем инструментальных непрерывных (или учащенных) наблюдений за зонами активной конвекции, их перемещением и эволюцией. Детализация прогноза с указанием времени и места выхода смерча возможна только при наличии доплеровских локаторов.

По основным сведениям наблюдений за погодой и смерчами, в частности, оценивается сложившаяся обстановка и принимается решение, направленное на обеспечение безопасности объектов водного транспорта, которые могут стать потенциальными жертвами смерча и как следствие потенциальными источниками экологических катастроф [1].

К основным сведениям мониторинга смерчей относятся:

- наличие и количество в зоне катастрофического воздействия объектов водного транспорта, их состояние, местоположение и возможность оказания помощи в случае катастрофических воздействий;
- данные инженерного наблюдения в зоне катастрофического воздействия;
- метеорологическая обстановка в зоне катастрофического действия смерча и возможность ее изменения в ходе мониторинга;
- максимально допустимая длительность проведения спасательных работ для наиболее эффективной защиты объектов водного транспорта.

Для выработки эффективных и своевременных мероприятий по снижению вредного воздействия смерчей и других экстремальных природных явлений на морские терминалы необходимо обладать объективной качественной и количественной информацией о текущем состоя-

нии окружающей среды и динамике его изменения. Такую информацию могут дать дистанционные методы контроля и особенно метод лазерного зондирования.

Мониторинг смерчей путем дистанционного лазерного зондирования дает возможность анализа и прогноза развития этих опасных явлений. Однако когда речь идет о морских терминалах, важен не только анализ и прогноз развития смерчей, но и их учет при эксплуатации. В связи с этим, встает вопрос о разработке рекомендаций по учету смерчей при эксплуатации морских терминалов, расположенных в смерчеопасных районах [2].

Смерчеопасность следует оценивать на основе данных о наличии предпосылок возникно-

вения смерчей и об интенсивности выявленных их в районе расположения промышленного предприятия, определяемой с помощью лазерного зондирования. Выявленный смерч необходимо классифицировать по интенсивности, т.к. класс интенсивности определяет основные динамические параметры смерчевого вихря. Он устанавливается по F-шкале Фуджиты (таблица 1) на основе количественных и качественных описаний последствий прохождения смерча. [4].

На основании класса интенсивности определяются производные характеристики смерчей – таблица 2.

Таблица 1

Классификация интенсивности смерча по F-шкале Фуджиты

Класс интенсивности смерча	Диапазон максимальных горизонтальных скоростей вращательного движения стенки смерча, м/с	Характер разрушений
0	До 33	Слабые повреждения. Некоторые повреждения труб и телевизионных антенн; сломанные ветки деревьев; поваленные деревья с неглубоко залегающими корнями.
1	33–49	Средние повреждения. Сорваны крыши; разбиты окна; перевернуты или передвинуты легкие автоприцепы; некоторые деревья вырваны с корнем или унесены; движущиеся автомобили снесены с дороги.
2	50–69	Значительные повреждения. Сорваны крыши каркасов домов (прочные вертикальные стены не разрушены); разрушены неустойчивые здания в сельских районах; разрушения жилые автоприцепы; крупные деревья вырваны с корнем или унесены; опрокинуты железнодорожные товарные вагоны; подняты в воздух легкие предметы; снесены автомобили с шоссе.
3	70–92	Серьезные повреждения. Сорваны крыши с каркасов домов и разрушена часть вертикальных стен; здания в сельской местности полностью разрушены; опрокинуты поезда; разорваны конструкции со стальной оболочкой типа ангаров или пакгаузов; автомобили отрывались от земли и подбрасывались в воздух; большинство деревьев в лесу вырваны с корнем, унесены или повалены на землю.
4	93–116	Опустошительные разрушения. Каркасы повалены на землю целиком, остались лишь груды обломков; стальные конструкции сильно разрушены, кора с деревьев содрана небольшими летящими обломками; автомобили или поезда отброшены на значительное расстояние; крупные летящие предметы в воздухе.
5	117–140	Потрясающие повреждения. Каркасы домов полностью сорваны с фундаментов; железобетонные конструкции сильно повреждены; в воздухе летящие предметы размером с автомобиль, могут вызывать чрезвычайные явления.
6	141–330 (до скорости звука)	Невообразимые разрушения. Если случится смерч с максимальной скоростью ветра, превышающей класс 6, то степень и тип повреждений трудно предположить. Ряд летящих предметов, таких, как холодильники, водонагреватели, цистерны и автомобили, могут нанести серьезные вторичные повреждения конструкциям.

Таблица 2

Диапазоны изменения основных характеристик смерчей

Класс интенсивности k	Максимальная горизонтальная скорость вращательного движения стенки смерча V , м/с	Поступательная скорость движения смерча U , м/с	Длина пути смерча L , км	Ширина пути смерча W , м	Перепад давления между периферией и центром воронки смерча Δp , ГПа
0	до 33	до 8	до 1,6	до 16	до 13
1	33 – 49	8 – 12	1,6 – 5	16 – 50	14 – 31
2	50 – 69	13 – 17	5,1 – 16	51 – 160	32 – 60
3	70 – 92	18 – 23	16,1 – 50,9	161 – 509	61 – 104
4	93 – 116	24 – 29	51 – 160	510 – 1609	105 – 166
5	117 – 140	30 – 35	161 – 507	1610 – 5070	167 – 249

Далее определяется классификация по степени опасности. Предельные границы параметров, согласно которым осуществляется классификация по степени опасности:

I степень опасности – скорость ветра больше или равна 50 м/с; перепад давления больше или равен 3 кПа; класс по шкале интенсивности соответствует F2 и выше; длина пути равна или более 5 км, а ширина пути равна или более 50 м.

II степень опасности – скорость ветра менее 50 м/с; перепад давления меньше 3 кПа; класс по шкале интенсивности соответствует F1; длина пути менее 5 км, а ширина пути менее 50 м.

III степень опасности – скорость ветра меньше 35 м/с; перепад давления равен или меньше 1 кПа; класс по шкале интенсивности соответствует F0 и меньше F0; длина пути равна или меньше 1,6 км, а ширина пути равна или меньше 16 м [3].

После оценки производных характеристик смерчей необходимо приступить к оценке безопасности территории нефтяного терминала.

При наличии параметров смерча следует выполнять оценку безопасности территории промышленного сооружения для оценки достаточности проектно-конструкторских решений и организационно-технических мероприятий на площадке промышленного сооружения.

При оценке смерчеопасности территории морского терминала следует учитывать:

- давление ветра, вызываемое прямым воздействием воздушного потока;
- давление, связанное с изменением поля атмосферного давления по мере прохождения смерча;
- ударные силы, вызываемые летящими предметами при прохождении смерча.

Максимальное расчетное значение ветрового давления при воздействии смерчей следует учитывать в виде векторной суммы максимальной горизонтальной скорости вращательного движения стенки смерча V и поступательной скорости движения смерча U . Определение вет-

рового давления при воздействии смерча проводится в соответствии с рекомендациями [6].

Для закрытых сооружений, где внутреннее давление остается равным атмосферному до прихода смерча, максимальное давление на сооружение в результате перепада давления при $r = 0$ становится равным.

Для полностью открытых сооружений нагрузка от перепада давления принимается равной нулю. Для сооружений с проемами избыточное давление, действующее на наружные стены, определяется с учетом перепада давлений во внутренних помещениях сооружений при прохождении смерча.

При анализе параметров смерчеопасности территории промышленного сооружения следует учитывать, начиная с 3 класса интенсивности смерча, предметы, переносимые смерчем, в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [5]:

- автомобиль массой 1800 кг;
- 200 мм бронебойный артиллерийский снаряд массой 125 кг;
- сплошная стальная сфера диаметром 2,5 см.

Площадь действия нагрузки принимается равной площади поперечного сечения предмета. Направление движения предмета при соударении с сооружением принимается наиболее неблагоприятным, т.е. перпендикулярным к наружной поверхности сооружения. Место соударения может быть произвольным, т.е. в любой точке на наружной поверхности сооружения.

В качестве ударной скорости при переносе смерчем предметов следует брать 35 % максимальной горизонтальной скорости вращательного движения стенки смерча V .

Максимальная суммарная нагрузка от смерча оценивается как сумма максимальных воздействий от давления ветра и от удара летящего предмета и половины максимального воздействия от перепада атмосферного давления [6].

Для выработки эффективных и своевременных мероприятий по учету при строительстве и

безопасной эксплуатации морских терминалов необходим постоянный мониторинг смерчей. Он должен включать в себя объективную качественную и количественную информацию о текущем состоянии окружающей среды и динамике ее изменения, которую могут дать дистанционные методы контроля и особенно метод лазерного зондирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наливкин Д.В. Смерчи. М.: Наука, 1984. 112 с.
2. Туркин В.А. Туркин А.В.. Шеманин В.Г. Экологический Мониторинг припортовых акваторий с использованием лазерной системы. – Транспортное образование и наука. Опыт, проблемы, перспективы // Труды Научно-практической конференции. М: МИИТ, 2009. С. 6–8.
3. Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сидоров В.И. Показатели и критерии опасности промышленных аварий//Безопасность труда в промышленности. 2003. №3. С.30–32
4. Переходцева Э.В. Объективный физико-статистический метод прогноза шквалов (20 м/с и более) на текущий день для европейской территории. Методические указания. – Москва, 1992.]. (Переходцева Э.В., Золин Л.В. Гидродинамико-статистический прогноз и экспертная система прогноза смерчей на Европейской территории России // Труды Гидрометцентра России. 2008. Вып. 342. С. 45–54
5. 50-SG-S11A. Учет экстремальных метеорологических явлений при выборе площадок АЭС (без учета тропических циклонов). Серия изданий по безопасности МАГАТЭ. № 50-SG-S11A. Вена, 1983.
6. Э. Симиу, Р. Сканлан. Воздействие ветра на здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1984.

Shatskova Y.V.

INCREASE OF SAFETY AND NEED OF THE ACCOUNTING OF TORNADOES AT CONSTRUCTION OF TERMINALS ON THE BLACK SEA COAST

In Russia exclusive significance is attached to a question of hydrometeorological safety. It is possible to take any direction in branches and to see that everywhere plays a climatic weather factor large role. The role of the extreme natural phenomena in an assessment of risk of operation of sea terminals should be considered as frequency and consequences of the disasters caused by the extreme natural phenomena, sharply increased for the last century. At the same time influence of the disasters caused by technogenic threats increases also. Such events can break social, economic and ecological equilibrium in society at its different levels. The problem of safety of operation of sea terminals is difficult owing to its various aspects one of which is that fact that the sea terminals located in the smercheopasnykh areas, such as Sochi, Tuapse and Novorossiysk, can be subject to their destructive action.

Key words: *extreme phenomena, tornadoes, forecast, safety, monitoring.*

Шацкова Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технических дисциплин.

Филиал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова в г. Новороссийске. Адрес: Россия, 353900, Краснодарский край, Новороссийск, ул. Мысхакское шоссе, д. 75.

E-mail: baronessa81@mail.ru

**Вайсера С.С., аспирант,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**

КОЭФФИЦИЕНТ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ КАК ПАРАМЕТР ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ПЕНОСТЕКЛА*

vaisera_sergei@mail.ru

Для реализации современной концепции энергосбережения при строительстве новых зданий и при модернизации уже существующих, теплоизоляционные характеристики используемых материалов должны иметь высокие эксплуатационные свойства. Высокие эксплуатационные свойства теплоизоляционного пеностекла достигаются за счет его низкой плотности и определенной ячеистой структуры. Основные структурные характеристики материала, которые и определяют эксплуатационные свойства материала - это размер и степень открытости пор (число открытых пор ко всему числу пор в материале). Содержание работы изложено в статье в два этапа: первый – исследование влияния различного вида и содержания газообразователей на физико-механические свойства пеностекла, второй – определение влияния степени открытости пор пеностекла на коэффициент воздухопроницаемости.

Ключевые слова: пеностекло, пористость, газообразователь, коэффициент воздухопроницаемости, вспенивание.

Введение. Внешняя оболочка здания, в виде ограждающих конструкций, предназначена для защиты помещения от атмосферных осадков извне и для сохранности тепла внутри. Это достигается с помощью составляющих эту конструкцию теплоизоляционных материалов. А для реализации современной концепции энергосбережения при строительстве новых зданий и при модернизации уже существующих, теплоизоляционные характеристики используемых материалов должны иметь высокие эксплуатационные свойства [1].

Высокие эксплуатационные свойства теплоизоляционного пеностекла достигаются за счет его низкой плотности и определенной ячеистой структуры. Структура зависит от технологических параметров производства: вида сырья, тонины помола, температурно-временных режимов термообработки, то есть факторов, влияющих на формирование структуры. Основные структурные характеристики материала, которые и определяют эксплуатационные свой-

ства материала - это размер и степень открытости пор (число открытых пор ко всему числу пор в материале). Согласно литературным данным средний размер пор теплоизоляционного пеностекла обычно колеблется от 300 до 1500 мкм, что является допустимым, а вот данных о влиянии степени открытости пор на качественные характеристики пеностекла недостаточно, что требует проведения дополнительных исследований. Данная структурная характеристика легко оценивается методом определения коэффициента воздухопроницаемости материала, который является косвенным показателем структуры, характеризующим теплофизические свойства материала [2–5].

Цель данной работы заключалась в определении влияния степени открытости пор пеностекла на коэффициент воздухопроницаемости, а, следовательно, на качественные характеристики пеностекла.

Химический состав используемых сырьевых материалов представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав используемых сырьевых материалов

Компонент	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	SO ₃
песок	95,32	2,9	0,94	0,13	0,71	–	–	–
мел	0,025	0,2	55	–	0,1	–	–	–
доломит	2,00	0,90	31,0	–	0,08	–	19,50	–
кристаллическая сода	–	–	–	55	–	4,22	–	–
сульфат натрия	–	–	–	43	–	–	–	56
каолин	46,5	36-38	–	–	0,5-1,5	–	–	–

Варку стеклогранулята производили в лабораторных условиях. Помол стеклогранулята осуществляли в вибрационной мельнице периодического действия до удельной поверхности свыше 1000 м²/кг.

Методология. Для получения закрытых (замкнутых) пор в структуре материала в качестве газообразователя, использовали технический углерод, а для открытых пор (сообщающихся) – борсодержащее сырье (колеманит).

Химические и физико-технические свойства используемых газообразователей представлены в табл. 2–4.

Таблица 2

Химический состав технического углерода

Химический состав, %	Значение
Углерод, С	89 – 99
Водород, Н	0,3 – 0,5
Кислород, О	0,1 – 10
Сера, S	0,1 – 1,1
Минеральные вещества	0,5

Таблица 3

Физико-технические свойства технического углерода

Физико-технические свойства	Значение
Плотность, кг/м ³	1800 – 2200
Насыпная плотность, кг/м ³	100 – 400
Размер частиц, мкм	9 – 320
Удельная поверхность, м ² /г	250 – 12
Термостойкость, °С	300
Маслоемкость, г/100г	50 – 135

Таблица 4

Химический и гранулометрический состав колеманита

Колеманит	Содержание компонентов %, мас.										
	B ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	SO ₄	As	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	SrO	Na ₂ O	П.п.п.
Типовое содержание	40.00+/-0.50	27.00+/-1.00	4.00-6.50	0.60 max.	0.0035 max.	0.08 max.	0.40 max.	3.00 max.	1.50 max.	0.35 max.	24.60 max.
	Содержание фракции										
мкм	от 45-75						свыше 75				
%	87.00+/-5.00						20 +/-5.00				

Основная часть. На первом этапе исследования изучали влияния различного вида и содержания газообразователей на физико-механические свойства пеностекла. Свойства пеностекла изучали методом трехфакторного эксперимента путем получения полных квадра-

тичных зависимостей. В качестве факторов варьирования были приняты содержание технического углерода и колеманита при различных температурах вспенивания. Условия планирования эксперимента представлены в табл. 5.

Таблица 5

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
Технический углерод, %	x_1	0,1	0,5	1	0,1
Колеманит, %	x_2	0,5	1,5	3	0,5
Температура, (°С)	x_3	740	790	840	25

Параметрами для подбора оптимальных составов были следующие показатели: средняя плотность и водопоглощение, которые были определены по традиционным методикам [2]. Видимая (кажущаяся) пористость материала была определена объемным водопоглощением, которое численно равно объему пор, доступных для заполнения водой [2].

После обработки результатов эксперимента получены математические модели (уравнение регрессии) для каждого значимого фактора эксперимента [6].

Содержание технического углерода и колеманита являются значимыми коэффициентами уравнений регрессии, влияющих на структуру, тогда как температура вспенивания существенного влияния не оказывает. Изменения (смещения) на номограммах практически не наблюдалось, в связи с этим было принято решение провести серию экспериментов при постоянной температуре вспенивания 770–790 °С.

Комплексное представление о влиянии различного вида и содержания газообразователей на физико-механические свойства пеностекла

показано на номограммах (рис. 1–3).

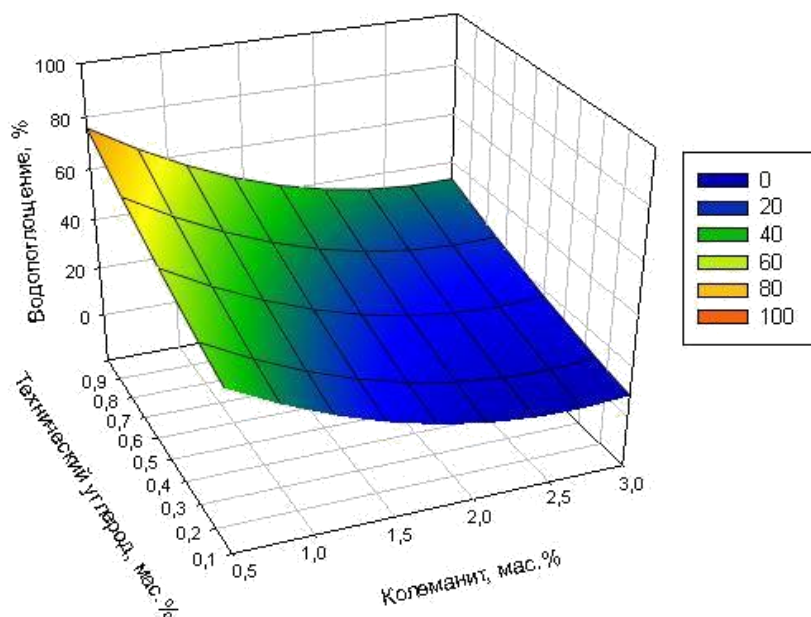


Рис.1. Зависимость водопоглощения пеностекла от содержания в нем технического углерода и колеманита

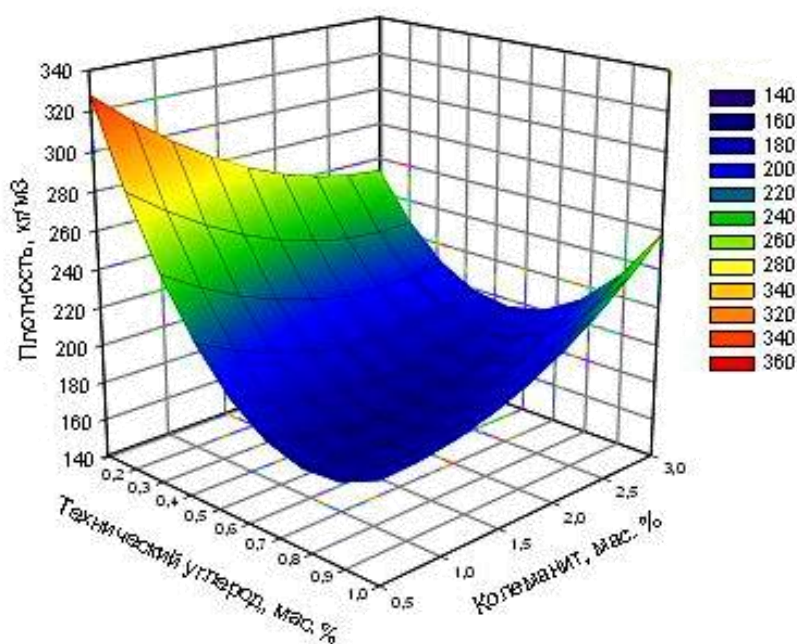


Рис.2. Зависимость плотности пеностекла от содержания в нем технического углерода и колеманита

Анализ номограмм позволил выявить следующее. Для получения пеностекла со средней плотностью менее 150 кг/м^3 и водопоглощением до 6–8 %, интервал содержания технического углерода должен находиться в пределах 0,6–0,7 % при наличии колеманита не более 1 %. Это объясняется содержанием в колеманите B_2O_3 , выступающего в качестве плавня, действие которого направлено на снижение вязко-

сти стекломассы, а двухвалентные оксиды в составе колеманита уменьшают КТЛР стекломассы, что способствует уменьшению микротрещин, процесс структурообразования происходит более плавно.

При повышении содержания технического углерода в пенообразующей смеси наблюдается неравномерность вспенивая за счет повышенной интенсивности реакции газообразования.

В вариантах с комплексным газообразователем (разное соотношение Colemanite: технический углерод), наблюдается образцы материалов пеностекла со средней плотностью 220–240 кг/м³ и водопоглощением в интервале 20–25 %, при содержании Colemanite не менее 2,0–2,5 % и технического углерода не более 0,3 %. Химический состав Colemanite содержит кроме В₂О₃, большое количество СаО и Н₂О, по этой причине его можно отнести к карбонатным газообразователям, которые не являются стабилизаторами системы «стекло-газ» вследствие химического взаимодействия их со стекломассой при температуре вспенивания, приводит к фор-

мированию пеностекла с открытой пористостью. А повышенное содержание водяных паров в шихте приводит не только к увеличению давления газовой фазы, но и к деполимеризации кремнекислородного каркаса, в результате которой происходит снижение вязкости силикатного расплава.

Следующий этап исследования заключался в определении влияния степени открытости пор пеностекла на коэффициент воздухопроницаемости.

Результаты исследования представлены в табл. 6. и на рис.3.

Таблица 6

Результаты исследования

№ п/п	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение объемное, %	Коэффициент воздухопроницаемости, I [кг/м ч (Па) ⁿ] *10 ⁻³
1	220	75	17,4
2	230	72	17,0
3	190	35	10,41
4	200	32	10,38
5	235	22	8,18
6	240	24	8,21
7	225	45	12,11
8	260	55	12,96
9	120	7	0,85
10	160	12	2,74
11	190	17	3,99
12	170	11	2,7

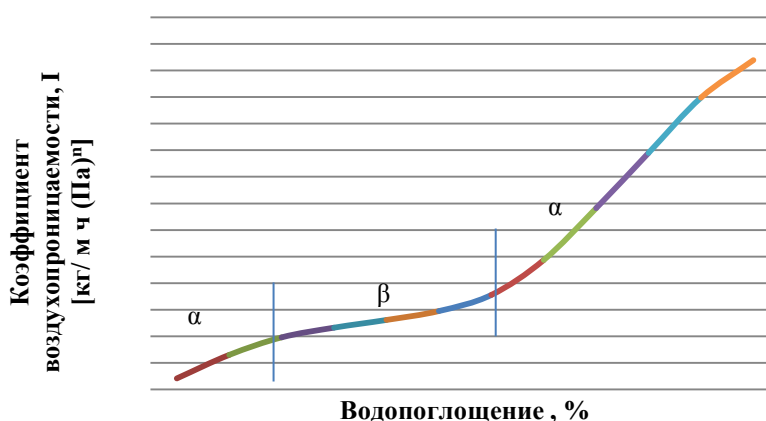


Рис. 3. Зависимость коэффициента воздухопроницаемости пеностекла от его водопоглощения
Вид движения воздуха: α – ламинарное, β – турбулентное

Как и следовало ожидать, что при увеличении степени открытости пор (водопоглощения) в пеностекле коэффициент воздухопроницаемости увеличивается. Это наглядно видно на кривой расхода воздуха из рис.3., участок кривой от начала координат до точки α является прямоли-

нейным, что указывает на ламинарное движение воздуха в порах материала [5]. Это связано с тем, что материал с водопоглощением до 14–16 % имеет одинаковые размеры пор в объеме материала с незначительными микрополостями. За точкой α следует криволинейный участок –

движение в порах переходит от ламинарного к турбулентному (β). Это объясняется тем, что с увеличением водопоглощения пеностекла свыше 16 % наблюдается нарушение равномерности структуры, поры становятся более крупными, они деформируются, образуется большое количество открытых тупиковых пор, которые и являются причиной изменения движения воздуха в порах. Однако при достижении 40 %-го водопоглощения пеностекла, мы можем наблюдать снова переход к ламинарному движению воздуха в порах материала. Этот переход можно объяснить тем, что в структуре материала поры имеют различные размеры, преобладает сообщающийся тип пористости с большим количеством дефектов ячеистой структуры: «контактные дырки» (прорывы) и трещины в межпоровых перегородках.

Выводы. По результатам эксперимента можно заключить, что коэффициент воздухопроницаемости пеностекла зависит от степени открытости пор. Определен максимальный порог допустимого количества водопоглощения пеностекла при сохранении его структурных особенностей, а, следовательно, эксплуатационных характеристик. Таким образом, метод определения коэффициента воздухопроницаемости может стать эффективным инструментом для оценки и прогнозирования качественных пока-

зателей пеностекла.

* Работа выполнена в рамках выполнения НИР молодежного научно-инновационного конкурса «У.М.Н.И.К.» № 922ГУ1/2013 по теме «Разработка технологии теплоизоляционного стеклокомпозита на основе пеностекла».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сапачева Л.В., Горегляд С.Ю. Пеностекло для экологичного строительства в России // Строительные материалы №1. 2015. С. 30–32.
2. Лаукайтис А.А. Воздухопроницаемость ячеистых бетонов низкой плотностью / Строительные материалы №7. 2001. С. 16–18.
3. Минько Н.И., Пучка О.В., Степанова М.Н., Вайсера С.С. Неорганические теплоизоляционные материалы. Научные основы и технология. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – 263 с.
4. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248 с.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд.4-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1973. 287 с.
6. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии Л.: «Химия», 1975. 48 с.

Vaysera S.S.

THE COEFFICIENT OF AIR PERMEABILITY AS THE PARAMETER ASSESSMENT STRUCTURES OF FOAM GLASS

For implementation of the modern concept of energy saving at construction of new buildings and at modernization existing, heat-insulating characteristics of the used materials must have high operational properties. High operational properties of a heat-insulating foamglass are reached at the expense of its low density and a certain porous structure. The main structural characteristics of material which predetermine operational properties of material size and degree of openness of the pores (open pores to the whole number of pores in the material). The content of the work described in the article in two stages: the first – research influence of different types and contents of agents on physico-mechanical properties of foam glass, the second – definition influence of degree openness of the pores foamglass on the coefficient of air permeability.

Key words: foam glass, porosity, gas-forming agent, the coefficient of air permeability, foaming.

Вайсера Сергей Сергеевич, аспирант кафедры стандартизации и управления качеством.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: vaisera_sergei@mail.ru

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,
 Погорелова И.А., канд. техн. наук,
 Сулейманов К.А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОБОБЩЕННЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ГАЗОБЕТОНОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Качественный и количественный анализ структуры газобетона на композиционном вяжущем показал высокое качество структуры, увеличение общего объема пористости преимущественно за счет капиллярно-газовых и мембранных пор при отсутствии пор воздухововлечения и сегментных, в сравнении с газобетоном на портландцементе. Это свидетельствует о значимости капиллярных сил при формировании поровой структуры газобетона на композиционных вяжущих.

Ключевые слова: поровая структура, пора, межпоровая перегородка, газобетон неавтоклавного твердения, композиционное вяжущее

Развиты представления о типах ячеистых структур в зависимости от средней плотности и установлены границы для ячеистых бетонов марок по средней плотности до D300

с полиэдрическими газовыми порами, от D300 до D700 с шарово-полиэдрическими газовыми порами и свыше D700 с шаровыми газовыми порами (рис. 1).

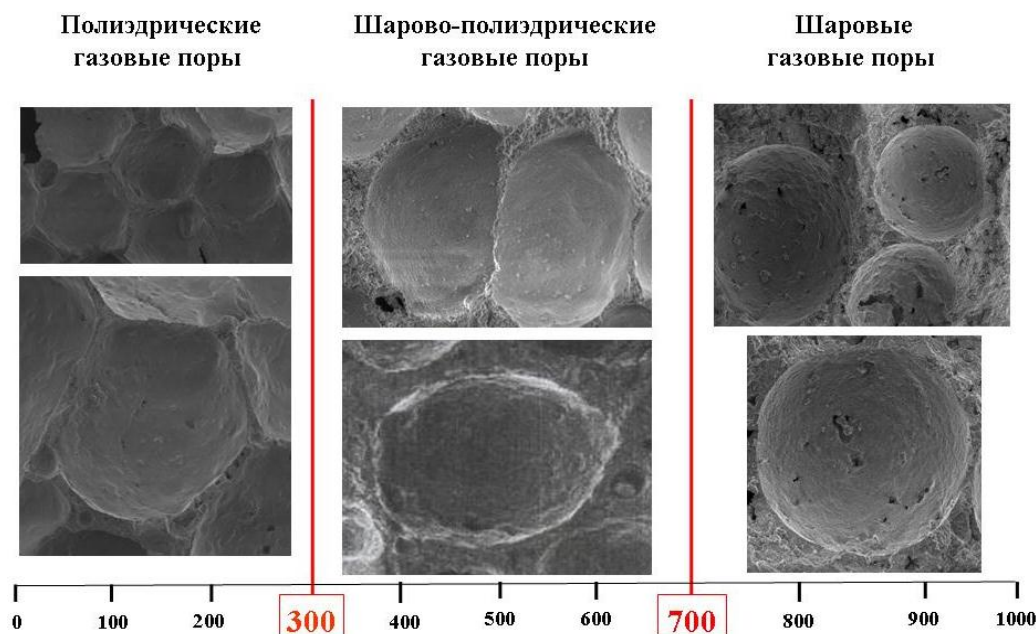


Рис. 1. Типы ячеистых структур в зависимости от средней плотности

Ячеистый бетон с низким газосодержанием при $D > 700$ следует рассматривать с шаровой структурой. Увеличение газосодержания в смеси и деформация сферических газовых пор свидетельствуют о формировании шарово-полиэдрической структуры ячеистого бетона при марках по средней плотности от D300 до D700. Когда радиус кривизны газовых пор превышает длину канала и стремится к длине полиэдра, формируется полиэдрическая структура пор в ячеистых бетонах с $D < 300$ [1].

Перспективы технологии газобетона связаны со снижением максимального и среднего размера ячеистых пор, а также

приемами по устранению пор воздухововлечения и сегментных пор. Уменьшение размера пор отразится в снижении числа Бонда и повышает значимость капиллярных сил при формировании пористой структуры газобетона.

Важным показателем, характеризующим поровую структуру, является толщина межпоровых перегородок ячеистого бетона которая объединяет три параметра: толщину перегородки (величину сечения в наиболее тонкой части), равномерность сечения по периметру поры (неоднородность сечения в пределах одной поры) и неоднородность толщин

перегородок в объеме материала. Толщина перегородок зависит от величины пористости, плотности упаковки твердых частиц и среднего размера частиц компонентов тепло-

изоляционного материала. В конечном счете, исходные компоненты и способ поризации определяют среднюю толщину межпоровой перегородки (рис. 2, 3) [1].

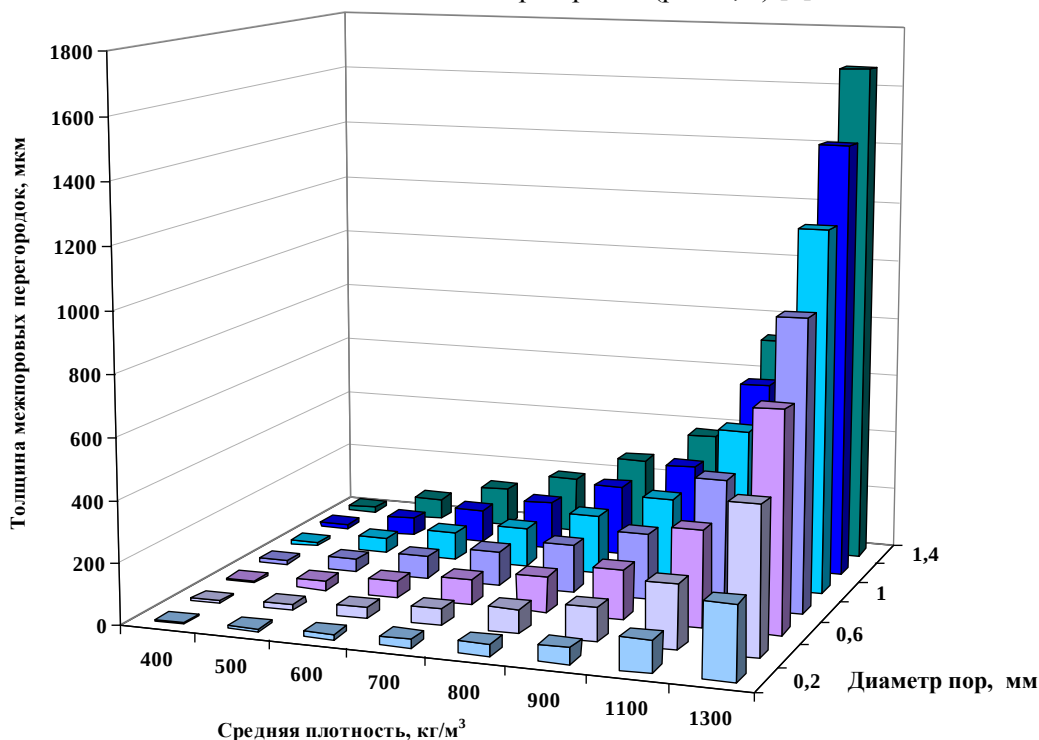


Рис. 2. Толщина межпоровых перегородок для недеформированных пор различного диаметра

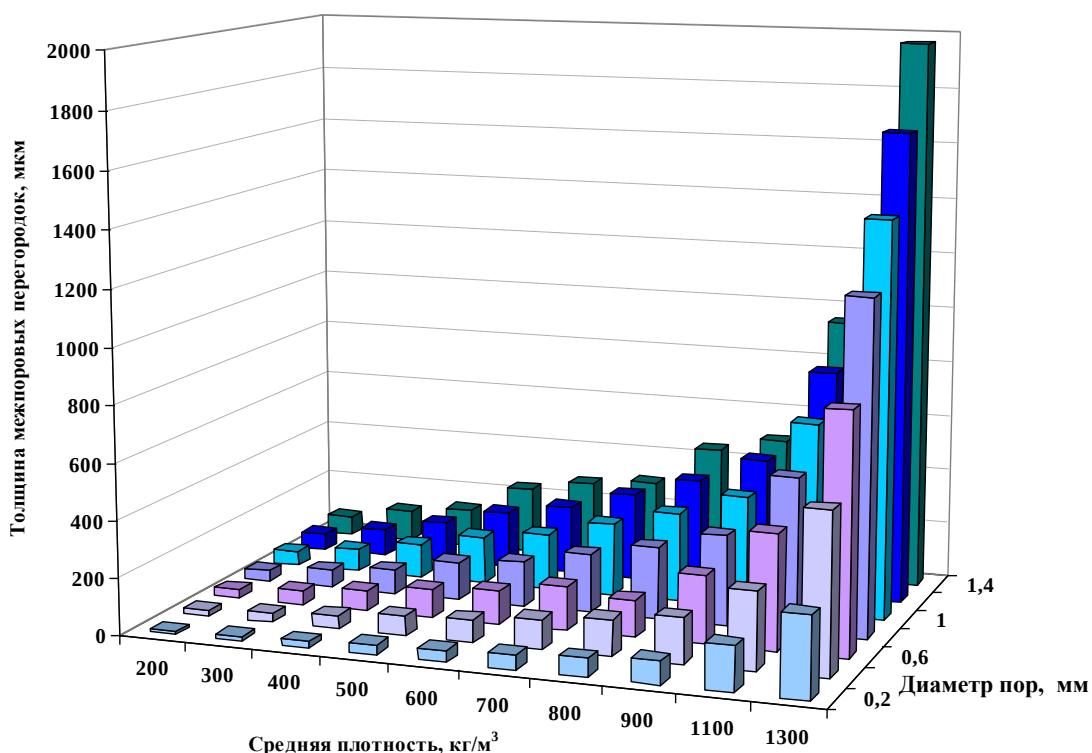


Рис. 3. Толщина межпоровых перегородок для пор, деформированных в правильные многогранники

Равномерность сечения перегородки по периметру пор зависит от характера упаковки пор в объеме материала, степени и вида

деформации пор, полидисперсности распределения пор по размерам. Этот параметр не поддается прямому регулированию.

С увеличением объема пористости равномерность сечения перегородок повышается.

На неоднородность толщины перегородок в объеме материала влияют, в первую очередь, равномерность распределения порообразователя в исходной смеси, однородность температурного поля и реологических свойств во всем объеме материала. Наименьшие колебания толщины перегородок характерны для теплоизоляционных пластмасс, наибольшие – для ячеистых бетонов. Неоднородность целесообразно оценивать средним квадратическим отклонением толщины перегородки в наиболее тонком сечении от среднего значения толщины всех перегородок $\sigma \{P\}$ при коэффициентом вариации этого параметра V_0^n . Для теплоизоляционного ячеистого бетона $\sigma \{\delta\}$ колеблется от 0,05 до 0,16 мм. В принципе, чем выше пористость, больше диаметр пор, а также меньше воды затворения (B/T) в составе минеральных материалов, тем ниже абсолютные значения $\sigma \{\delta\}$.

Реально достижимые толщины перегородок и неоднородности в объеме материала составляют для полимерных теплоизоляционных изделий с ячеистой структурой соответственно 0,006...0,01 и $1...2 \cdot 10^{-3}$ мм, для изделий из неорганических материалов – 0,09...0,12 и 0,04...0,07 мм.

На величину пористости влияет толщина межпоровых перегородок. Средняя толщина межпоровой перегородки обратно пропорциональна пористости и зависит от размера пор.

Минимальная ее толщина стремится к минимальному размеру частиц цемента. Чем меньше размер частиц цемента, тем меньше толщина межпоровой перегородки. В нашем случае (по расчету [2]), при пористости $\varepsilon > 0,74$ величина межпоровой перегородки вычисляется по формуле:

$$\delta_{II} = \left(\sqrt[3]{\frac{1}{\varepsilon}} - 1 \right) \cdot d = \left(\sqrt[3]{\frac{1}{0,75484}} - 1 \right) \cdot 9,57 = 0,963 \text{ мкм}$$

По методике, разработанной Г.И. Горчаковым, толщину межпоровой перегородки можно определить из условия:

$$\delta = \frac{V_{цк}}{S_{уд}},$$

где $V_{цк}$ – объем цементного камня в образце; $S_{уд}$ – удельная поверхность воздушных пор образца.

$$\delta = \frac{V_{цк}}{n \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{V_{цк}}{\frac{P \cdot V_M}{\pi \cdot d^3 / 6} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{V_{цк} \cdot d}{6 \cdot P \cdot V_M}$$

где P – общая пористость материала, V_M – объем материала в естественном состоянии; n – количество элементарных пор на единице площади поперечного сечения; d – средний диаметр элементарных пор.

Для дальнейших расчетов принимаем объем материала равным единице, а пористость определим по формуле:

$$P = 1 - \frac{D}{\rho_{цк}},$$

$$\rho_{цк} = \frac{1,15 \cdot Ц}{\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{B}{\rho_{в}}} = \frac{1,15 \cdot \rho_{ц}}{1 + \frac{B}{Ц} \cdot \frac{\rho_{ц}}{\rho_{в}}} = \frac{1,15 \cdot 3150}{1 + \frac{152}{380} \cdot \frac{3150}{1000}} = 1602,9 \text{ кг/м}^3$$

где D – плотность ячеистого бетона, $\rho_{цк}$ – плотность цементного камня.

При $V_M = 1$, $V_{цк} = D / \rho_{цк}$.

Таким образом, толщина межпоровой перегородки ячеистого бетона D400 ($B/C = 0,4$):

$$\delta = \frac{D \cdot d / \rho_{цк}}{6 \cdot (1 - D / \rho_{цк})} = \frac{400 \cdot 0,18 / 1602,9}{6 \cdot \left(1 - \frac{400}{1602,9} \right)} = 0,010 \text{ мм} = 10 \text{ мкм}$$

Толщина межпоровых перегородок разработанных ячеистых бетонов на композиционных вяжущих представлена в табл.1.

Таблица 1

Толщина межпоровых перегородок ячеистого бетона на композиционных вяжущих

Толщина межпоровой перегородки ячеистого бетона, мкм, при марке по средней плотности (в зависимости от В/Ц)		
D300	D400	D500
7...16	10...24	16...34

Обобщенный анализ характера поровой структуры газобетонов неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих в сравнении с газобетоном на портландцементе (рис. 4) свидетельствует о следующем. Газобетон на композиционном вяжущем с маркой по средней плотности D200...D500 характеризуется равномерным распределением полидисперсных и малых по размеру, замкнутых, деформированных в правильные многогранники пор с глянцевой плотной внутренней поверхностью. Поры разделены тонкими межпоровыми перегородками, при

этом средняя толщина межпоровых перегородок составила 24 мкм при диапазоне варьирования от 7...10 до 40...50 мкм.

Структура газобетона неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих –

высокоорганизованная, более совершенная, с четким прослеживанием закономерного роста кристаллов новообразований на границе раздела фаз (рис. 5).

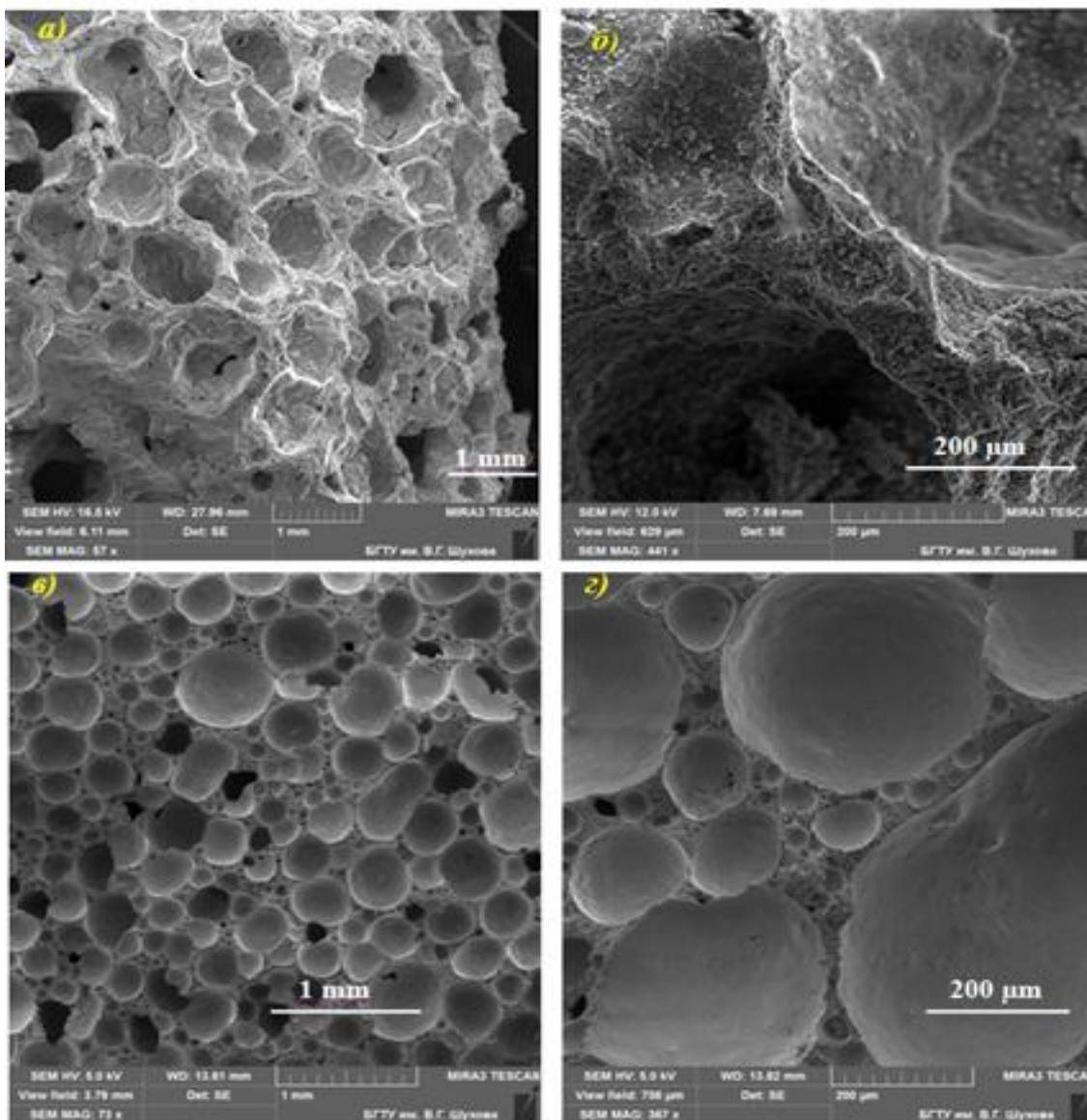


Рис. 4. Пористая структура газобетона:
а, б – на портландцементе; в, г – на композиционном вяжущем

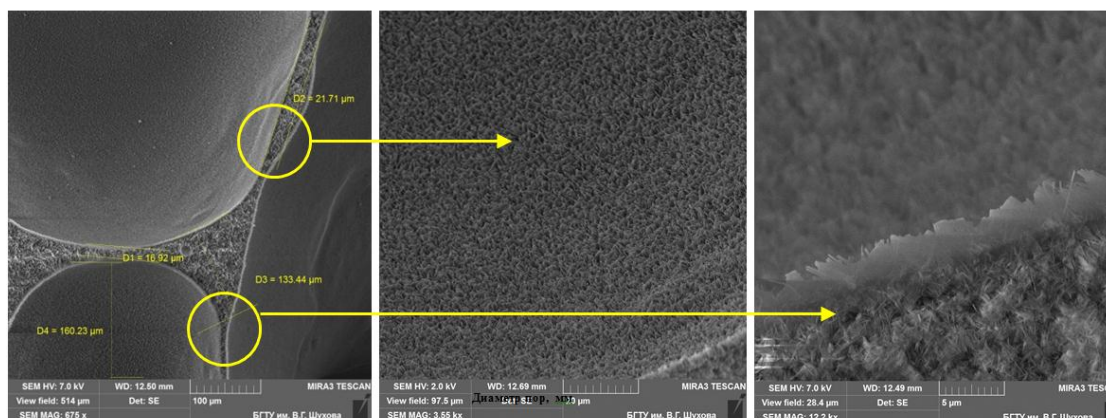


Рис. 5. Межпоровая перегородка газобетона на композиционном вяжущем

Таблица 2

Характеристика пор газобетона в зависимости от вида вяжущего

Газобетон неавтоклавного твердения	Характеристика пористости			
	общая пористость, %	средний диаметр пор, мм	размах варьирования, мм	среднеквадратичное отклонение
на цементе	61,2	0,94	2,8	0,257
на композиционном вяжущем	83	0,18	0,8	0,1

Создание микрооднородной межпоровой перегородки газобетона с равномерным распределением высокодисперсных продуктов гидратации композиционного вяжущего обеспечено гранулометрией вяжущего, а также морфологией и генезисом тонкодисперсных минеральных добавок.

Количественная оценка пористой структуры газобетона свидетельствует о предпочтительной пористости газобетона на композиционном вяжущем (табл. 2).

Качественный и количественный анализ структуры газобетона на композиционном вяжущем показал высокое качество структуры, увеличение общего объема пористости преимущественно за счет капиллярно-газовых

и мембранных пор при отсутствии пор воздухововлечения и сегментных, в сравнении с газобетоном на портландцементе. Это свидетельствует о значимости капиллярных сил при формировании поровой структуры газобетона на композиционных вяжущих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих. Белгород: КОНСТАНТА, 2013. 304 с.
2. Хархардин А.Н. Структурная топология дисперсных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. Ч.1. 196 с.

Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A.

THE GENERALIZED ANALYSIS OF THE CHARACTER OF PORE STRUCTURE OF NON-AUTOCCLAVED AERATED CONCRETES ON COMPOSITE BINDERS

Qualitative and quantitative analysis of the structure of aerated concrete on composite binder showed the high quality of the structure, the increase of porosity, mainly due to the capillary-gas and membranous pores, in the absence of segmental pores and pores of air entrainment, compared with gas concretes based on portland cement. This demonstrates the importance of capillary forces in the formation of the pore structure of aerated concrete on composite binders.

Key words: pore structure, pore, inter pore partition, non-autoclaved aerated concrete, composite binders

Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru.

Погорелова Инна Александровна, кандидат технических наук.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Сулейманов Карим Абдуллаевич, студент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Черныш А. С., канд. техн. наук.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ НЕВОДОНАСЫЩЕННЫХ (ЛЕССОВЫХ) ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ ОДНОМЕРНОМ УПЛОТНЕНИИ

gkadastr@mail.ru

Просадочные грунты имеют широкое распространения в южных районах территории Российской Федерации. Строительство на просадочных грунтах имеет некоторые особенности выделенные в различные мероприятия реализуемые при строительстве. Основным принципом строительства на просадочных грунтах является учет осадок при возможном замачивании грунта, однако замачивания зачастую не происходит, а осадка фундамента является значительной. Величина осадки зависит от начальных характеристик грунта, и в частности коэффициента пористости. Традиционные методы расчета осадки в данном случае не дают достаточно точных результатов, поскольку модуль деформации определяют без учета длительного нагружения. В данной статье рассматриваются вопросы связанные с прогнозом осадки при длительном нагружении.

Ключевые слова: просадочные суглинки, деформация, относительная деформация, коэффициент пористости, коэффициент вязкости, длительное нагружение.

При действии внешних нагрузок уменьшается объем грунта, и соответственно изменения коэффициента пористости его во времени.

Осадка подобного рода сооружений во многих случаях бывала значительной, неравномерной и, что особенно важно весьма длительной. Целесообразно ещё при проектировании таких сооружений проектировать их осадку, причем обязательно во времени.

При малом водонасыщении рассматриваемых грунтов их уплотнение во времени происходит вне условий возможного влияния на процесс явления фильтрационной консолидации. Вместе с тем развитие процесса уплотнения таких грунтов под постоянной нагрузкой во времени и часто в весьма замедленном темпе, невольно заставляет рассматривать этот процесс в связи с реологическими свойствами, присущими вообще глинистым грунтам.

Представлялось также желательным связать формулы по прогнозу осадки сооружений, возводимых в рассматриваемых условиях, непосредственно с теми или иными физическим показателями грунтов в их естественно ненарушенном состоянии (с ненарушенной структурой).

Известна зависимость коэффициента пористости и давлением, характеризующая изменение коэффициента пористости при изменении давления которое выражается в виде:

$$\varepsilon(p) = \varepsilon_0 - \frac{y}{h}(1 + \varepsilon_0), \quad (1)$$

где ε_0 – начальное значения коэффициента пористости грунта; y – величина деформации образца грунта; h – высота образца.

Следует отметить, что в формуле (1) фактор времени не учитывается. Практика строительства показывает, что глинистые грунты, нахо-

дясь в основании фундаментов зданий и сооружений изменяют свои физико-механические свойства во времени от постоянно действующих нагрузок. Поэтому представляет большой интерес изучении вопросов изменения коэффициента пористости неводонасыщенных глинистых грунтов во времени при постоянной нагрузке.

Учитывая вышесказанное, выражение (1) можно представить в виде:

$$\varepsilon(P, t) = \varepsilon_0 - \frac{y(P, t)}{h}(1 + \varepsilon_0), \quad (2)$$

здесь $\frac{y(P, t)}{h} = e(P, t)$ – относительная деформация образца грунта на время t , относящаяся к нагрузке P .

Тогда получим:

$$\varepsilon(P, t) = \varepsilon_0 - e(P, t) \cdot (1 + \varepsilon_0), \quad (2')$$

Для разработки поставленного вопроса были проведены экспериментальные работы в глинистых грунтах в неводонасыщенном состоянии. Физические показатели этих грунтов приведены в табл. 1.

Для исследования закономерности деформации сжатия грунтов во времени применительно к условиям одномерной задачи уплотнения были использованы приборы типа «Гидропроект».

Для предохранения образцов грунта от потери влажности во время длительного испытания цилиндрический корпус приборов покрывался полиэтиленовой пленкой с обеспечением герметичности внутренней полости, где помещался образец грунта. Эти условия обеспечивали постоянство влажностного режима во время длительного опыта, отсчеты деформации образцов исследуемого образца грунта замерялись индикаторами с точностью до 0,01 мм и брались ежедневно в одно и то же время.

Таблица 1

Физические показатели грунтов

Наименование показателей	Опыт №1	Опыт №2
Гранулометрический состав (процентное содержание фракций, мм)		
0,50-0,25	4,5	3
0,25-0,10	10,5	7,5
0,10-0,05	15	19,5
0,05÷0,01	14,5	20,5
0,01-0,005	24,5	21,0
0,005÷0,001	14	18,0
<0,001	17,0	10,5
Естественная влажность, д.е.	0,118	0,114
Гигроскопическая влажность, д.е.	0,289	0,221
Максимальная молекулярная влажность	16,43	15,97
Степень влажности	0,374	0,314
Плотность частиц грунта, г/см ³	2,71	2,72
Плотность грунта, г/см ³	1,72	1,57
Плотность сухого грунта, г/см ³	1,46	1,38
Пористость, %	46,1	49,6
Коэффициент пористости предела прочности	0,856	0,985
а) граница текучести, д.е.	0,312	0,359
б) граница раскатывания, д.е.	0,164	0,1605
в) число пластичности, д.е.	0,148	0,1985

На основе экспериментальных данных построены графики $e(p,t) = f(t)$.

Для практических целей можно принять, что кривые изменения относительной деформации во времени под различными постоянными нагрузками взаимоподобны и все описываются единым законом. В этом случае изменение относительной деформации во времени неводонасыщенного глинистого грунта при любом напряжении можно представить в следующем виде:

$$e(P,t) = f(P) \cdot \varphi(t), \quad (3)$$

здесь $f(P)$ – функции напряжения были приняты линейно, т.е. $f(P) = P$; $\varphi(t)$ – изменение относительной деформации образца грунта при единичной нагрузке («меры ползучести»).

Произведенная математическая аппроксимация показала, что изменение относительной деформации образцов исследованного грунта во времени выражается по обменному закону в виде [1]:

$$e(P,t) = P \cdot \alpha t^\beta, \quad (4)$$

где α – параметр, равный отрезку, отсекаемому кривой деформации ползучести грунта на оси ординат при $t = 1$ и $P = 1$; β – угол наклона кривой $\lg e(P,t) - \lg t$ к оси абсцисс; изменяющейся в пределах $0 < \beta < 1$.

Если принять $P = 1$, то получим

$$e(P=1,t) = \alpha t^\beta, \quad (5)$$

Учитывая выражение (5) в формуле (2), по-

$$\varepsilon(P=1,t) = \varepsilon_0 - (1 + \varepsilon_0) \left[\frac{t}{\eta_{\text{еи}}} + \frac{1}{\mu \eta_{\text{еи}}} \ln \frac{\eta_{\text{еи}} - (\eta_{\text{еи}} - \eta_{\text{и\ddot{a}}}) e^{-\mu t}}{\eta_{\text{и\ddot{a}}}} \right], \quad (8)$$

лучим зависимость между изменением коэффициента пористости и временем неводонасыщенного глинистого грунта в виде:

$$e(P=1,t) = \varepsilon_0 - \alpha t^\beta, \quad (6)$$

Следует отметить, что изменение относительной деформации неводонасыщенного глинистого грунта можно выразить изменением коэффициента вязкости грунта.

На основе проведенных экспериментальных и теоретических анализов нами было установлено, что изменения и относительные деформации во времени неводонасыщенного глинистого грунта при единой нагрузке описывается следующей зависимостью:

$$e = (P=1,t) = \frac{t}{\eta_{\text{кон}}} + \frac{1}{\mu \eta_{\text{кон}}} \ln \frac{\eta_{\text{кон}} - (\eta_{\text{кон}} - \eta_{\text{нач}}) \cdot e^{-\mu t}}{\eta_{\text{нач}}}, \quad (7)$$

где $\eta_{\text{кон}}$ – конечная величина коэффициента вязкости исследованного грунта; $\eta_{\text{нач}}$ – начальная величина коэффициента вязкости грунта; μ – параметр, характеризующий свойства испытываемых грунтов определяемый по выражению:

$$\mu = \frac{1}{t} \ln \frac{\eta_{\text{кон}} - \eta_{\text{нач}}}{\eta_{\text{кон}} - \eta(t)}, \quad (7')$$

Подставляя (7) в выражение (2') получим изменение коэффициента пористости во времени неводонасыщенных глинистых грунтов через коэффициент вязкости в виде:

Как видно из рис. 1, сопоставление экспериментальных (сплошная линия) и теоретических (пунктирная) кривых, полученных по выражению (8), дает хорошую сходимость.

ских (пунктирная) кривых, полученных по выражению (8), дает хорошую сходимость.

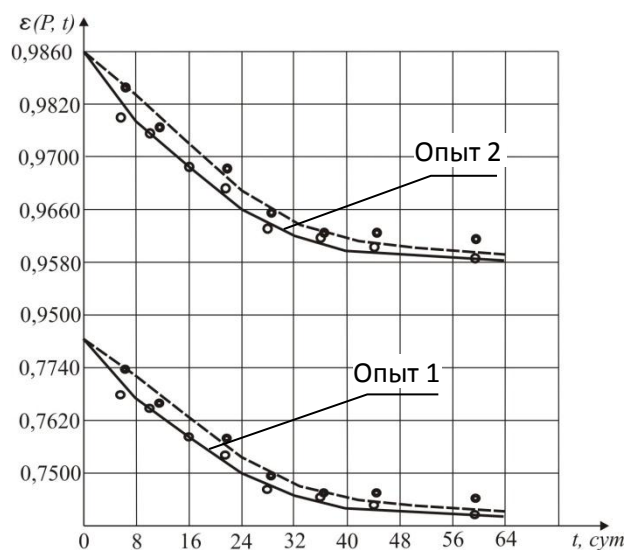


Рис. 1. Изменение коэффициента пористости неводонасыщенного грунта во времени

Дифференцируя выражение (8) по t , получим скорость изменения коэффициента пористости

$$\varepsilon(P=1, t) = \frac{d\varepsilon(P=1, t)}{dt} = -\frac{1 + \varepsilon_0}{\eta_{\text{нн}} - (\eta_{\text{нн}} - \eta_{\text{нн}})e^{-\mu t}}, \quad (9)$$

Как видно из выражений (8) и (9), изменение коэффициента пористости неводонасыщенного глинистого грунта во времени зависит от коэффициента вязкости, изменяющегося во времени и являющегося прямой физико-механической характеристикой грунта. Величина коэффициента вязкости глинистого грунта в том или ином виде его состояния может быть определена непосредственными опытами в лаборатории (метод «шарика») или косвенным путем на основании данных опытов по изучению деформируемости испытуемого грунта во времени в лабораторных условиях. Входящее в выражение (8) значение начального коэффициента вязкости $\eta_{\text{нач}}$ определяется опытным путем, т.к. измеряется величина относительной деформации Δe_p – сжатие образца за начальный промежуток времени Δt . Затем, принимая изменение скорости относительной деформации образца за указанный период времени постоянным, определяем значение e_e

$$\dot{e}_{\text{const}} = \frac{\Delta e_p}{\Delta t}, \quad (10)$$

Зная e_{const} , находим значение начального коэффициента вязкости исследованного грунта:

$$\eta_{\text{нач}} = \frac{P}{e_{\text{const}}}, \quad (11)$$

Значения коэффициента вязкости испытуемого грунта соответствует времени $t = \infty$, что исключает возможность его прямого экспери-

ментального определения.

Величина $\eta_{\text{кон}}$ может быть найдена по следующему выражению:

$$\frac{t_3 - t_2}{t_2 - t_1} = \frac{\ln[\eta_{\text{кон}} - \eta_3(t)] - \ln[\eta_{\text{кон}} - \eta_2(t)]}{\ln[\eta_{\text{кон}} - \eta_2(t)] - \ln[\eta_{\text{кон}} - \eta_1(t)]}, \quad (12)$$

Здесь величина коэффициентов вязкости $\eta_1(t)$, $\eta_2(t)$ соответствуют времени t_1 , t_2 , и t_3 и значение их определяется экспериментальной кривой зависимости $\eta(t) = f(t)$ на некотором участке её. В месте с тем $\eta_{\text{кон}}$ может быть определена иным путем, в частности при соблюдении условия: $\frac{t_3 - t_2}{t_2 - t_1} = 1,0$

Из выражения (12) получим:

$$\eta_{\text{кон}} = \frac{\eta_2^2(t) - \eta_1(t) \cdot \eta_3(t)}{2\eta_2(t) - \eta_1(t) \cdot \eta_3(t)}, \quad (13)$$

При определении коэффициента вязкости на время t исследованного грунта были использованы методы «длительного опыта».

Для ориентировочного представления о пределах изменения коэффициента вязкости глинистых грунтов могут быть использованы следующие данные, приведенные Карауловой З.М. [2].

Грунты в мягкопластичной консистенции $a \cdot 10^{10} \div a \cdot 10^{12}$ пуаз;

грунты в тугопластичной консистенции $a \cdot 10^{12} \div a \cdot 10^{13}$ пуаз;

грунты в полутвердой консистенции

$a \cdot 10^{14} \div a \cdot 10^{15}$ пуаз;

грунты в твердой консистенции
 $a \cdot 10^{15} \div a \cdot 10^{17}$ пуаз.

Полученные нами в результате экспериментальных работ значения коэффициента вязкости исследованных грунтов при длительном уплотнении изменяются в пределах $a \cdot 10^{14} \div a \cdot 10^{16}$ пуаз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цытович Н.А. Механика грунтов. М., 1963.
2. Караулова З.М. Порог ползучести и коэффициент вязкости глинистых грунтов // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1968. Вып. 38. С. 120-130.

Chernysh A.S.

CHANGING THE WATER-SATURATED POROSITY (LOESS) CLAY SOILS OVER TIME AT A ONE-DIMENSIONAL COMPACTION

Subsiding soils are widespread in the southern regions of the Russian Federation. Building on subsiding soils have some of the features highlighted in the various activities implemented during construction. The basic principle of building on subsiding soils is the account of the precipitate with the possible soaking the soil, but often there is no soaking and foundation settlement is significant. The value depends on the initial precipitation characteristics of the ground, and in particular the porosity factor. Traditional methods of calculating the rainfall in this case do not provide sufficiently accurate results because the modulus of deformation is determined without regard to long-term loading. This article discusses the issues associated with the forecast rainfall with prolonged loading.

Key words: loam subsidence, deformation, relative deformation, porit coefficient, viscosity coefficient, long-term loading.

Черныш Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: gkadastr@mail.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Горбань Т.Л., аспирант,
Лунев А.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ПРОТИВОТОЧНОЙ МЕЛЬНИЦЕ С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ВСТРЕЧНЫХ ПОТОКОВ

zhukovbeetle@mail.ru

В данной статье приводится расчет энергетических затрат в центробежной противоточной мельнице с учетом взаимного влияния встречных потоков в области измельчения. В расчете учтены энергозатраты на образование застойной зоны при взаимодействии встречных потоков. Получено соотношение, определяющее суммарные затраты мощности в центробежной противоточной мельнице.

Ключевые слова: мощность, мельница, поток.

Центробежные противоточные мельницы являются помольным оборудованием, обеспечивающим измельчение материалов с повышенной твердостью и абразивностью [1].

Мощность, потребляемая центробежной противоточной мельницей (рис. 1), расходуется на перемещение материала по поверхности раз-

гонных лопастей; на преодоление сопротивления трения в подшипниковых опорах роторов; на работу роторов мельницы как вентиляторов и на взаимодействие встречных потоков:

$$P = P_{тр} + 2P_{подш} + 2P_{вент} + P_{встр}$$

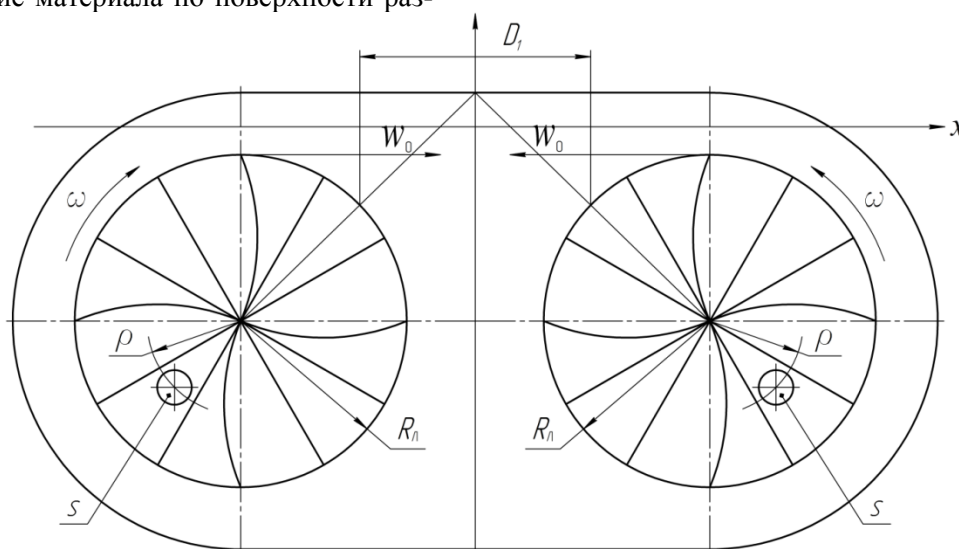


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия встречных потоков в центробежной противоточной мельнице

Элементарная величина мощности dP_m , затрачиваемая на перемещение материала лопастью под действием центробежной силы с постоянной скоростью [2]

$$\mathcal{G}_r = \frac{\omega \rho}{2f}, \quad (1)$$

где ω – частота вращения ротора; ρ – радиальное расстояние от оси вращения ротора до точки соприкосновения частицы материала с лопастью; f – коэффициент трения; определяется соотношением:

$$dP_m = \mathcal{G}_r dF_u, \quad (2)$$

где

$$F_u = m\omega^2 r; \quad (3)$$

здесь

$$m = \gamma_0 Sh; \quad (4)$$

γ_0 – насыпная плотность материала; S – площадь отверстия загрузочного патрубка; h – высота лопасти; r – текущая радиальная координата; m – масса частицы.

Интегрирование выражения (2) с учетом (1), (3) и (4) позволяет получить следующее соотношение:

$$P_m = \frac{\omega^3 \rho}{2f} \gamma_0 Sh \int_{\rho}^{R_l} dr = \frac{\omega^3 \rho^2}{2f} \gamma_0 Sh \left(\frac{R_l}{\rho} - 1 \right), \quad (5)$$

где R_l – радиус лопасти.

Центробежная сила, действующая на частицу материала при ее движении вдоль поверхности лопасти:

$$F_{\text{ц}} = \frac{m g^2}{R_0}, \quad (6)$$

R_0 – путь, пройденный частицами материала от точки загрузки до точки отрыва от лопасти;

Если через M обозначить массу частиц материала, поступающего через загрузочные патрубки на левый и правый ротор, то

$$M = (Q_1 + Q_2)t, \quad (7)$$

где Q_1 и Q_2 – массовый расход материала через левый и правый загрузочные патрубки.

$$P_{mp} = 2\pi f (Q_1 + Q_2) g R_0 \omega \cdot z_1 = 2\pi f (Q_1 + Q_2) g^2 \pi \cdot z_1 = 2 f z_1 (Q_1 + Q_2) \omega^2 R_0^2 \quad (13)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках валов роторов мельницы:

$$P_{\text{подш}} = G f_1 \pi d \omega, \quad (14)$$

где G – давление на подшипники от силы тяжести ротора, Н; f_1 – приведенный коэффициент трения скольжения ($f_1 = 0,004$); d – диаметр вала, м;

Расход мощности (Вт) на работу ротора как вентилятора [3]

$$P_{\text{вент}} = \frac{q_1 H (1 + K_{\text{ц}} \mu)}{\eta}, \quad (15)$$

где q_1 – количество воздуха, продуваемого через каждый ротор мельницы; H – напор, создаваемый ротором, $H = 445$ мм. в. ст. (1 мм. в. ст. = 9,81 Н/м²); $K_{\text{ц}}$ – кратность циркуляций, $K_{\text{ц}} = 2$; μ – концентрация пыли по готовому продукту, кг/кг; η – КПД ротора как вентилятора, $\eta = 0,55$.

Обычно принимают $P_{\text{вент}} = 50$ % от мощности, потребляемой мельницей.

Если предположить, что материал находится на лопастях роторов с угловым размером участков не более π , тогда

$$t = \frac{\pi}{\omega}. \quad (8)$$

Сила трения, возникающая при движении частиц материала вдоль поверхности лопастей:

$$F_{mp} = 2M\omega g f, \quad (9)$$

где f – коэффициент трения, примем $f = 0,35$.

Следовательно, работа по преодолению сил трения будет определяться следующим образом:

$$A_{mp} = F_{mp} R_0 = \frac{2(Q_1 + Q_2) f \pi \omega}{\omega} g R_0 = 2\pi f (Q_1 + Q_2) g R_0 \quad (10)$$

а мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения

$$P_{mp} = A_{mp} \omega \cdot z_1, \quad (11)$$

где z_1 – количество лопастей.

Если исходить из предположения о постоянстве скорости движения частицы материала вдоль лопасти ротора, тогда можно записать:

$$g = \frac{R_0}{t}. \quad (12)$$

С учетом (12), (11), (7) и (8) находим

На образование застойной зоны при взаимодействии встречных потоков в центробежной противоточной мельнице расходуется энергия, равная:

$$E = \frac{M_0 w_0^2}{2}, \quad (16)$$

где M_0 – масса частиц материала, кг; w_0 – скорость потока, м/с

и расходуется мощность, определяемая соотношением:

$$P_{\text{встр}} = E \omega. \quad (17)$$

Подстановка (16) в (17) приводит к следующему результату:

$$P_{\text{встр}} = \frac{M_0 w_0^2}{2} \omega. \quad (18)$$

где m_0 – масса смеси воздуха и частиц в зоне взаимодействия встречных потоков.

Массу частиц материала, находящегося во встречных потоках, можно определить, воспользовавшись следующим уравнением [4]:

$$M_0 = \frac{\pi}{2} \psi \rho_1 D_1 d_0^2. \quad (19)$$

С учетом $w_0 = \omega R_p$ и (16) окончательно приходим к следующему результату

$$P_{встр} = \frac{\pi}{4} \psi \rho_1 D_1 d_0^2 R_p \omega^3, \quad (20)$$

где ψ – коэффициент, равный 0,4; ρ_1 – плотность потока; D_1 – размер области активного взаимодействия потоков частиц; d_0 – диаметр частицы; R_p – радиус ротора.

В случае образования застойной зоны («пробки») при лобовом взаимодействии потоков мощность центробежной противоточной мельницы возрастает на величину, определяемую соотношением (20) и приобретает следующий вид:

$$P = 2 f z_1 (Q_1 + Q_2) R_0^2 \omega^2 + 2 G f_1 \pi d \omega + \frac{2 q_1 H (1 + K_{и\mu})}{\eta} + \frac{\pi}{2} \psi \rho_1 D_1 d_0^2 R_p \omega^3 + n P_m, \quad (21)$$

здесь n – число лопастей на роторе.

Таким образом, мощность, затрачиваемая на движение частиц материала в центробежной

противоточной мельнице зависит от конструктивно-технологических параметров, концентрации твердой фазы в воздушном потоке, а также от размеров частиц материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов Н.М. Разработка конструкций центробежных противоточных мельниц и методика расчета их основных размеров // Сборник трудов Интенсивная механическая технология сыпучих материалов: Иваново, 1990. С. 61–69.
2. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. № 11–12. 2008. С. 93–96.
3. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2^е изд. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.
4. Карпачев Д.В. Противоточная струйная мельница с изменяемыми параметрами помольной камеры. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Белгород, БелГТАСМ, 2002.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Gorban T.L., Lunev A.S.

THE DEFINITION OF POWER CONSUMED FOR GRINDING OF MATERIAL IN THE UNIT DISINTEGRATING TYPE CONSIDERING THE MUTUAL INFLUENCE OF TWO-PHASE COUNTER FLOWS

In this article calculated the energy costs in the unit disintegrating type considering the effect of counter flow in the zone of active interaction of the rotors. The calculation took into account the energy consumption for the formation of stagnant zones in the interaction of colliding head-on two-phase flows. The resulting equation that determined the total cost of power in the unit disintegrating type.

Key words: flow, aggregate, power.

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Горбань Татьяна Леонидовна, аспирант кафедры механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: olimp69@narod.ru

Лунев Артем Сергеевич, аспирант кафедры механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: olimp69@narod.ru

Агарков А.М., ассистент,
Шарапов Р.Р., д-р техн. наук, проф.,
Прокопенко В.С., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОРА

alexagarkof@mail.ru

Представлена зависимость полного гидравлического сопротивления концентратора. Проведен анализ зависимости влияния объема аспирируемого воздуха на гидравлическое сопротивление при различных значениях концентрации запыленного воздуха, постоянной ширине камеры рабочей зоны и угле наклона лопаток концентратора.

Ключевые слова: концентратор, гидравлическое сопротивление, объем аспирируемого воздуха, концентрация запыленного воздуха.

Введение. При производстве строительных материалов на современном этапе большое значение имеет эффективность оборудования, которое уже устарело и не отвечает требованиям современного производства. В связи с этим разрабатываются новые и модернизируются уже работающие системы и оборудование обеспечения при производстве строительных материалов [1, 2, 3, 4]. Главной характеристикой такого оборудования является гидравлическое сопротивление, возникающее в процессе работы [5, 6, 7, 8, 9]. Одним из таких оборудования является концентраторы, предназначенные для улавливания грубой пыли.

С помощью модернизации конструкции и изменение режимных параметров работы концентратора возможно уменьшение гидравлического сопротивления. Полное гидравлическое сопротивление складывается из таких составляющих как потери напора на входе в концентратор, потери на преодоление трения газового потока о стенки концентратора, потери на поворот потока и потери на выходе из концентратора [10].

Основная часть. Полное гидравлическое сопротивление концентратора будет равно [10]:

$$h = \Delta p_{\text{вх}} + \Delta p_{\text{вых}} + \Delta p_{\text{п}} + \Delta p_{\text{л}} + \Delta p. \quad (1)$$

Формула (1) дает возможность определить полное гидравлическое сопротивление концентратора при различных геометрических размерах концентратора и различных углах наклона отражающих лопаток.

Вклад в гидравлическое сопротивление слагаемых формулы (1) при скорости входящего потока 25 м/с показан на рис. 1 [10].

Диаграмма (рис. 1) показывает, что наибольший вклад в гидравлическое сопротивление концентратора дает входное сопротивление и сопротивление на поворот потока. Эти сопротивления, в основном, зависят от скорости входящего потока. Потери на трение и сопротивление межфазового взаимодействия не превышают 2 %.

Детальный анализ изменения гидравлического сопротивления инерционного концентратора с регулируемыми параметрами можно сделать при рассмотрении графиков зависимости:

$$\Delta p = f(X_1, X_2, X_3, X_4). \quad (2)$$

На рисунке 2 представлена зависимость влияния объема V аспирируемого воздуха на гидравлическое сопротивление Δp при различных значениях концентрации β запыленного воздуха, постоянной ширине камеры рабочей зоны $a = 0,36$ м и угле наклона лопаток $\alpha = 40^\circ$.

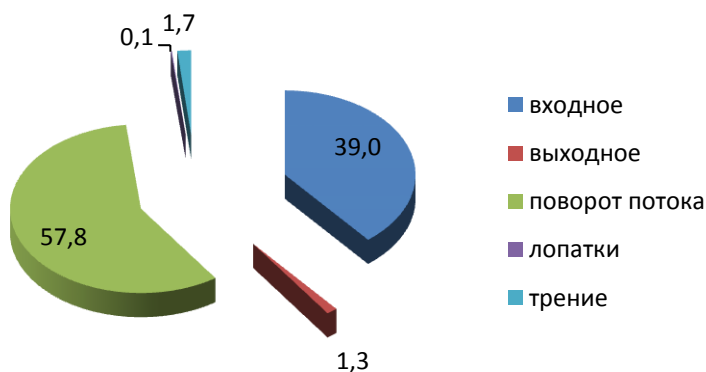


Рис. 1. Диаграмма вклада (в %) в гидравлическое сопротивление различных слагаемых

На рисунке 2 видно, что все представленные зависимости имеют возрастающий характер, т.е. с увеличением объема аспирируемого

воздуха, определяемого параметром V , возрастает гидравлическое сопротивление Δp .

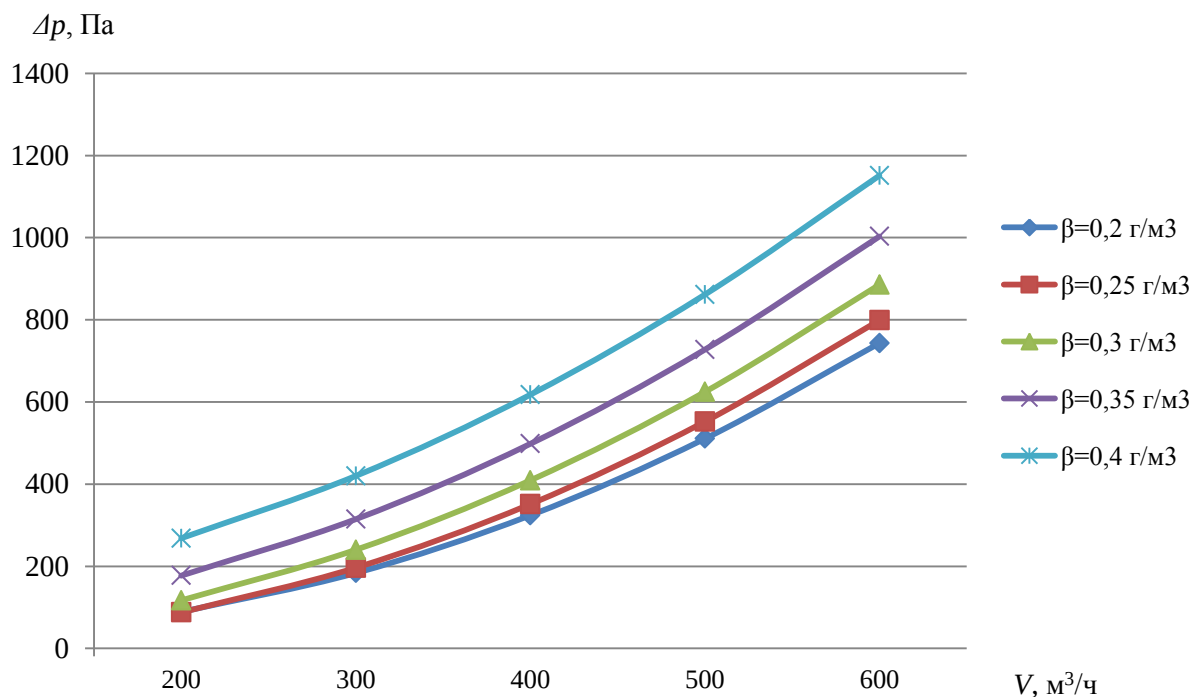


Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления Δp от объема V аспирируемого воздуха при различных значениях концентрации β запыленного воздуха, постоянной ширины камеры рабочей зоны $a = 0,36$ м и угле наклона лопаток $\alpha = 40^\circ$

Например, при минимальном значении объема V аспирируемого воздуха $V = 200$ м³/ч (см. рисунок 2, линия $\beta = 0,2$ г/м³) параметр Δp составляет 89 Па. Дальнейшее увеличение объема V аспирируемого воздуха до значений $V = 300$ м³/ч и $V = 400$ м³/ч приводит к увеличению значений гидравлического сопротивления Δp и составляет, соответственно, 183,5 и 324 Па. При дальнейшем увеличении объема V аспирируемого воздуха до $V = 500$ м³/ч гидравлическое сопротивление Δp возрастает и составляет 510,5 Па. При максимальном объеме V аспирируемого воздуха $V = 600$ м³/ч, гидравлическое сопротивление Δp составит 743 Па. Значение гидравлического сопротивления Δp от минимального значения до максимального значения объема V аспирируемого воздуха увеличится на 654 Па.

Дальнейшее увеличение концентрации β запыленного воздуха увеличивает параметр Δp , о чем говорят кривые, характеризующие эффективность пылеулавливания. Например, при минимальном значении объема V аспирируемого воздуха $V = 200$ м³/ч (см. рисунок 2, линия $\beta = 0,25$ г/м³) параметр Δp составляет 87,6 Па. Дальнейшее увеличение объема V аспирируемого воздуха до значений $V = 300$ м³/ч и $V = 400$ м³/ч приводит к увеличению значений гидравличе-

ского сопротивления Δp и составляет, соответственно, 196,4 и 351,2 Па. При дальнейшем увеличении объема V аспирируемого воздуха до $V = 500$ м³/ч гидравлическое сопротивление Δp возрастает и составляет 552 Па. При максимальном объеме V аспирируемого воздуха $V = 600$ м³/ч, гидравлическое сопротивление Δp составит 798,8 Па. Значение гидравлического сопротивления Δp от минимального значения до максимального значения объема V аспирируемого воздуха увеличится на 711,2 Па.

Анализируя зависимость при концентрации β запыленного воздуха $\beta = 0,3$ г/м³ (рис. 2) приходим к выводу, что при минимальном значении объема V аспирируемого воздуха $V = 200$ м³/ч параметр Δp составляет 117 Па. Дальнейшее увеличение объема V аспирируемого воздуха до значений $V = 300$ м³/ч и $V = 400$ м³/ч приводит к увеличению значений гидравлического сопротивления Δp и составляет, соответственно, 240,1 и 409,1 Па. При дальнейшем увеличении объема V аспирируемого воздуха до $V = 500$ м³/ч гидравлическое сопротивление Δp возрастает и составляет 624,3 Па. При максимальном объеме V аспирируемого воздуха $V = 600$ м³/ч, гидравлическое сопротивление Δp составит 885,4 Па. Значение гидравлического сопротивления Δp от

минимального значения до максимального значения объема V аспирируемого воздуха увеличится на 768,4 Па.

Анализируя зависимость при концентрации β запыленного воздуха $\beta = 0,35 \text{ г/м}^3$ (см. рисунок 2) получаем, что при минимальном значении объема V аспирируемого воздуха $V = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$ параметр Δp составляет 177,2 Па. Дальнейшее увеличение объема V аспирируемого воздуха до значений $V = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $V = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$ приводит к увеличению значений гидравлического сопротивления Δp и составляет, соответственно, 314,6 и 498 Па. При дальнейшем увеличении объема V аспирируемого воздуха до $V = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ гидравлическое сопротивление Δp возрастает и составляет 727,4 Па. При максимальном объеме V аспирируемого воздуха $V = 600 \text{ м}^3/\text{ч}$, гидравлическое сопротивление Δp составит 1002,8 Па. Значение гидравлического сопротивления Δp от минимального значения до максимального значения объема V аспирируемого воздуха увеличится на 825,6 Па.

Максимальные значения гидравлического сопротивления Δp инерционного концентратора наблюдаются при максимальной концентрации β запыленного воздуха $0,4 \text{ г/м}^3$ (см. рисунок 2). При минимальном значении объема V аспирируемого воздуха, равного $200 \text{ м}^3/\text{ч}$, параметр Δp составляет 268,2 Па. Дальнейшее увеличение объема V аспирируемого воздуха до значений $V = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $V = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$ приводит к увеличению значений гидравлического сопротивления Δp и составляет, соответственно, 419,9 и 617,6 Па. При дальнейшем увеличении объема V аспирируемого воздуха до $V = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ гидравлическое сопротивление Δp возрастает и составляет 861,3 Па. При максимальном объеме V аспирируемого воздуха $V = 600 \text{ м}^3/\text{ч}$, гидравлическое сопротивление Δp составит 1151 Па. Значение гидравлического сопротивления Δp от минимального значения до максимального значения объема V аспирируемого воздуха увеличится на 882,8 Па.

Выводы. При анализе графиков, изображенных на рисунке 2, можно сделать вывод, что максимальное значение гидравлического сопротивления Δp достигается при объеме аспирируемого воздуха $V = 600 \text{ м}^3/\text{ч}$, концентрации β запыленного воздуха $\beta = 0,4 \text{ г/м}^3$ и составляет $\Delta p = 1151 \text{ Па}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе //

«Интерстроймех–2015» материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. г. Казань, 2015. С. 7–11.

2. Орехова Т.Н., Голубятников А.А. Технология производства сухих строительных смесей // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сб. научн. трудов Междунар. науч.-практ. конф., (Тамбов 31 янв. 2015 г.), Тамбов: Изд-во ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. Ч.5. С. 75–77.

3. Патент РФ № 2009147741/22 10.05.10. Харламов Е.В. Сепаратор/Патент России № 93785.2009. Бюл. №13.

4. Патент РФ № 2010140830/05, 10.03.11. Орехова Т.Н., Уваров В.А., Качаев А.Е. Пневмосмеситель непрерывного действия для производства сухих строительных смесей/Патент России № 102533.2010. Бюл. №7.

5. Патент РФ № 2011151913/05, 10.05.2012. Орехова Т.Н., Уваров В.А., Качаев А.Е. Пневмосмеситель многокомпонентных сухих строительных смесей/Патент России № 115682.2011. Бюл. №13.

6. Романович А.А., Харламов Е.В.. Строительные машины и механизмы: лабораторный практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 145 с.

7. Уваров В.А., Орехова Т.Н. Использование пневмосмесителя при производстве дорожно-строительных материалов // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. Т.П. С. 277–280.

8. Харламов Е.В. Технология обогащения тонкодисперсных смесей на основе проницаемой металлокерамики // «Интерстроймех–2010» материалы международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. г. Белгород, 2010. С. 107–109.

9. Sharapov R.R., Agarkov A.M., Sharapov R.R.-jn.. Matrix Modeling of Technological Systems Grinding with Closed Circuit Ball Mill // World Applied Sciences Journal T. 24. 2013. №10. С. 1399–1403.

10. Агарков А.М., Шарапов Р.Р., Бойчук И.П., Прокопенко В.С. Гидравлическое сопротивление концентратора // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 160–163.

Agarkov A.M., Sharapov R.R., Prokopenko V.S.

THE ANALYZED HYDRAULIC RESISTANCE OF HUB

The total hydraulic resistance of hub presented. The dependence of the influence the volume of aspirated air hydraulic resistance for different values of the concentration of dusty air, the constant width of camera the working area and tilt angle blade hub made.

Key words: *hub, hydraulic resistance, the amount of aspirated air, the concentration of dusty air.*

Агарков Александр Михайлович, ассистент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: alexagarkof@mail.ru

Шарапов Рашид Ризаевич, доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ptdm_zavkaf@mail.ru

Прокопенко Владислав Станиславович, ассистент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: vlad.prokopenko1@yandex.ru

Емельянов Д. А., аспирант

Плотников К. В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

О ВЛИЯНИИ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ ЧАСТИЦ В МАТЕРИАЛЬНО-ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ

dimon8-8@mail.ru

Произведено исследование физико-химических параметров частиц техногенных волокнистых материалов. Определены скорости витания и коэффициенты аэродинамического сопротивления частиц различных форм и диаметров. Рассмотрено влияние эквивалентного диаметра сформованных и дискообразных частиц на их коэффициент формы. Построены графические зависимости коэффициента формы частиц от их размеров и концентрации твердой фазы в материально-воздушном потоке.

Ключевые слова: техногенные волокнистые материал, пневмомеханическое гранулирование, двухфазные поток, скорость витания, коэффициент формы, концентрация твердой фазы.

Введение. Многие техногенные образования, в частности отходы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, являются ценным технологическим сырьем и могут быть вовлечены в технологическое производство с целью получения композиционных материалов с последующим изготовлением из них материалов гражданского и промышленного назначения.

Складирование промышленных отходов требует отведение больших земельных площадей, значительных финансовых расходов на их транспортировку и платежей за их размещение, следствием которого является загрязнение окружающей среды. Кроме того, из полезного использования выводится огромное количество вторичного ресурса, утилизация которого может обеспечить строительную индустрию экологически чистым, конкурентоспособным строительным материалом [1].

В промышленности строительных материалов достаточно успешно внедрена практика вторичного использования отходов, а также техника и технологии переработки техногенных материалов методом компактирования: экструдирования, гранулирования, брикетирования, прессования и др. [2, 3]. Одним из приоритетных направлений развития различных отраслей промышленности является создание безотходных производств и комплексная переработка техногенных материалов. В настоящее время весомую значимость приобрело создание небольших малотоннажных технологических комплексов для комплексной утилизации техногенных волокнистых материалов с различными физико-механическими характеристиками и минералогическим составом.

Основная часть. Основную массу техногенных волокнистых материалов (ТВМ) представляют целлюлозно-бумажные отходы (ЦБО). Отличительной особенностью этих материалов является низкая насыпная плотность и неправильная форма частиц. Наиболее рациональным решением по утилизации целлюлозно-бумажных отходов является их применение в производстве стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона. Основная цель применения стабилизирующих добавок заключается в повышении толщины битумных пленок, обеспечивающих присутствие свободного (объемного) битума и однородности ЦМА.

К настоящему времени наибольшее распространение получили стабилизирующие добавки на основе целлюлозы, являющейся продуктом различных способов переработки растительного сырья. При этом целлюлоза применяется либо в виде фибриллизованного (измельченного) волокна, либо в форме гранул. Гранулированные добавки представляют собой волокна, спрессованные в гранулы с их обработкой модифицирующими составами или без нее [4].

Применение гранулированных добавок, состоящих из переработанных отходов, позволяет существенно увеличить долговечность дорожного покрытия, добиться высокой прочности и устойчивости к механическим воздействиям и пластическим деформациям.

В условиях рыночной экономики, в сфере малого и среднего бизнеса стало актуально внедрение небольших малотоннажных технологических комплексов для производства и переработки различных материалов строительной индустрии. Создание небольших

малотоннажных технологических комплексов влечет за собой разработку экономичного, малогабаритного и менее металлоемкого оборудования.

С учетом выполненных научно-технических и конструкторско-технологических разработок коллективом сотрудников университета спроектирован и изготовлен малотоннажный технологический комплекс для производства экструдированных техногенных материалов. Технологический комплекс предназначен для получения экструдированных техногенных материалов различного функционального назначения (топливных пеллет, органоминеральных удобрений, теплоизоляционных наполнителей и др.), но основную роль уделяется созданию гранулированных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона [5, 6].

Для повышения эффективности комплекса необходимо производить предварительное уплотнение измельченного волокнистого материала, что обеспечивает лучшие условия работы основного гранулятора. В связи с этим был разработан патентнозащищенный аппарат для пневмомеханического гранулирования техногенных материалов. Аппарат включает в себя бункер с патрубком, две торообразные камеры, расположенные вертикально, соединенные между собой разгонной трубкой. За счет использования в аппарате торообразных камер достигается наибольшая величина центробежных сил, вызванных изменением направления движения воздуха [7].

Для изучения процесса гранулирования при утилизации техногенных волокнистых материалов необходимо произвести исследование их физико-химических параметров: размер и форма частиц, скорость их витания, удельная поверхность и другие поверхностные свойства [8]. Для получения гранул пневмомеханическим способом необходимо определить скорость витания частиц и оценить их форму.

Скорости витания шарообразной одиночной частицы в неограниченной среде может быть рассчитана по различным формулам, в том числе по обобщенному методу через критерий Архимеда и Лященко [9].

$$Ar = Ga \frac{\Delta\rho}{\rho_c} = \frac{Re^2}{Fr} \cdot \frac{\rho - \rho_c}{\rho_c} = \frac{d^3(\rho - \rho_c)\rho_c g}{\mu_c^2}. \quad (1)$$

Критерий Архимеда состоит из величин, которые не зависят от скорости и режима потока, и поэтому числовые значения его могут быть

найжены, если только известны размеры частиц, их плотность, а также плотность газа или жидкости и их вязкость при заданных условиях процесса.

По найденному значению критерия Ar определяют критерий Ly :

$$Ly = \frac{Re^3}{Ar} = \frac{Re Fr \rho_c}{\rho - \rho_c} = \frac{\omega_{\text{вм}}^3 \rho_c^2}{\mu_c (\rho - \rho_c) g}. \quad (2)$$

Далее вычисляют скорость витания:

$$\omega_{\text{вм}} = \sqrt[3]{Ly \mu_c (\rho - \rho_c) g / \rho_c^2}. \quad (3)$$

Форму исследуемых частиц можно рассчитать с помощью определения коэффициента лобового сопротивления C_x .

Для определения скорости витания и коэффициента лобового сопротивления была создана экспериментальная установка, которая состоит из ротаметра с конической трубкой, вентилятора, устройства для замера расхода воздуха и клапана для регулировки расхода воздуха. Ротаметр состоит из конической трубки длиной 365 мм и диаметром в нижней части 16 мм, в верхней части 20 мм.

Для определения скорости витания исследуемая частица помещается в коническую трубку ротаметра. Далее при помощи вентилятора и регулировочного клапана достигается взвешенное состояние частицы в середине конической трубки и замеряется расход воздуха. При известных значениях расхода воздуха и диаметра трубки определяется скорость потока воздуха в известном сечении [10].

В качестве исследуемого материала использовались сформованные и дискообразные частицы газетной бумаги ($\rho=200 \text{ кг/м}^3$), офисной бумаги ($\rho=400 \text{ кг/м}^3$) и алюминиевой фольги ($\rho=800 \text{ кг/м}^3$).

При проведении экспериментов скорости воздушного потока изменялась в пределах от 0,8 до 14 м/с, при этом устанавливается турбулентный режим обтекания частиц ($2000 < Re < 10000$).

При таких высоких значениях числа Рейнольдса обтекание происходит в автомодельной области сопротивления, и коэффициент лобового сопротивления может быть определен по формуле:

$$C_x = K_\phi \cdot 0,44. \quad (4)$$

Данное уравнение позволяет определить коэффициент формы исследуемых частиц.

По расчетным и экспериментальным данным была построена зависимость коэффициента формы сформованных (рис. 1) и

дискообразных (рис. 2) частиц газетной бумаги ($\rho=200 \text{ кг/м}^3$), офисной бумаги ($\rho=400 \text{ кг/м}^3$) и алюминиевой фольги ($\rho=800 \text{ кг/м}^3$) от эквивалентного диаметра.

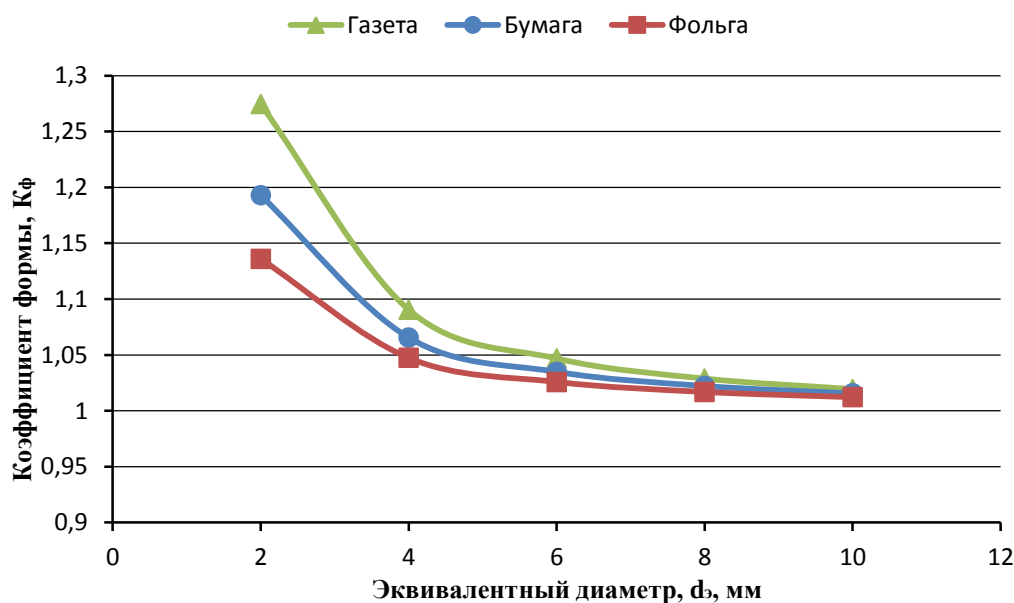


Рис. 1. Зависимость коэффициента формы сформованных частиц от эквивалентного диаметра

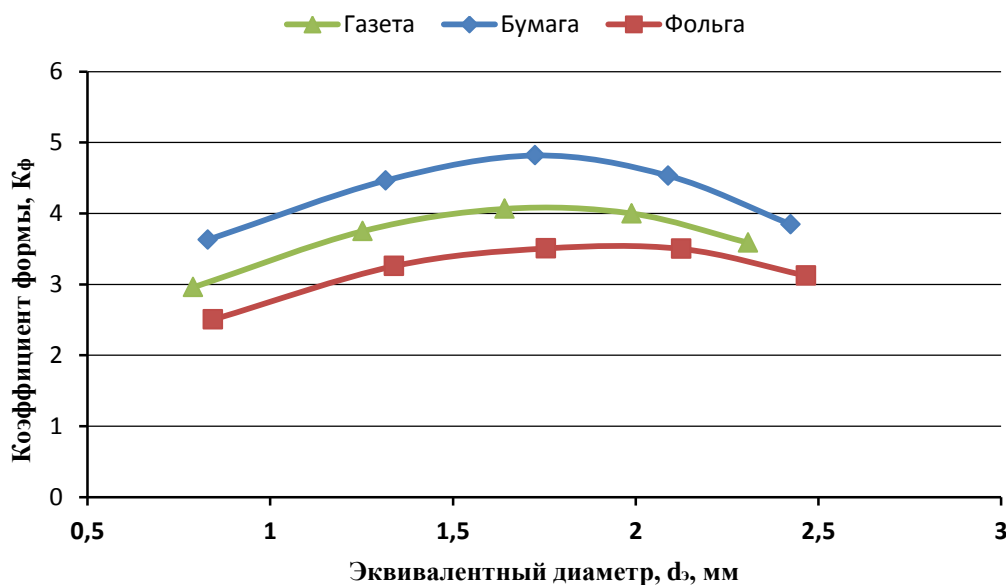


Рис. 2. Зависимость коэффициента формы дискообразных частиц от эквивалентного диаметра

Удовлетворительное совпадение полученных значений коэффициента формы для дискообразных частиц различных эквивалентных диаметров с научными трудами других авторов [11, 12] свидетельствует о достоверности полученных на данной установке результатов.

При условиях движения материально-воздушного потока в ограниченном пространстве на частицы оказывают влияние концентрации этих частиц в потоке.

Влияние концентраций частиц на их сопротивление в потоке может быть учтено с помо-

щью различных эмпирических зависимостей, например, формулы Тодеса [13]:

$$Re = \frac{Ar(1 - \varepsilon_m)^{4,75}}{18 + 0,61\sqrt{Ar(1 - \varepsilon_m)^{4,75}}}. \quad (5)$$

справедливой для объемной концентрации частиц в потоке $\varepsilon_m > 0,01$.

Повышение концентрации твердой фазы оказывает значительное влияние на скорость витания и коэффициент формы исследуемых частиц (рис. 3).

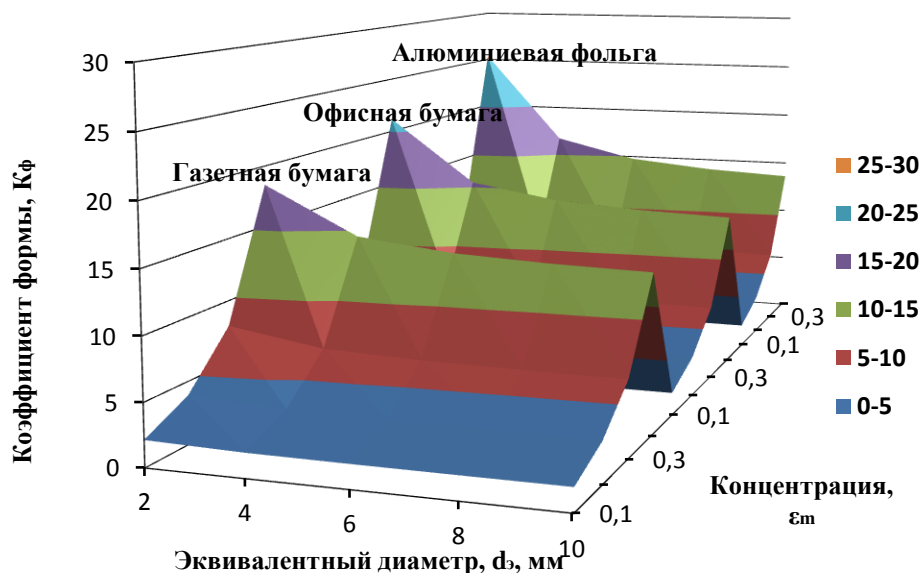


Рис. 3. Зависимость коэффициента формы сформованных частиц от эквивалентного диаметра и концентрации твердой фазы

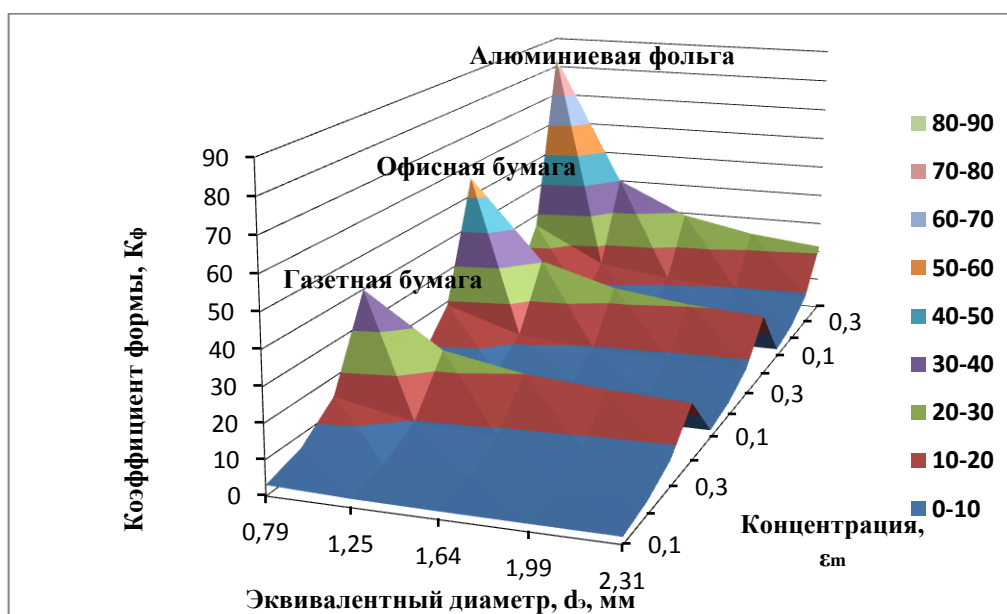


Рис. 4. Зависимость коэффициента формы дискообразных частиц от эквивалентного диаметра и концентрации твердой фазы

Как видно из рисунка, при увеличении концентрации твердых частиц в материально-воздушном потоке коэффициент формы увеличивается. Это говорит об образовании агломератов из единичных частиц, изменении их формы и увеличении сопротивления, причем влияние степени объемного заполнения неоднозначно от размеров частиц. Эти зависимости следует учитывать при проектировании пневмотранспортных установок для перемещения и агломерации техногенных волокнистых материалов.

Следует отметить, что для успешной эксплуатации технологического комплекса актуальными задачами являются совершенствование технологии получения

гранул заданного качества из различных техногенных материалов, подбор конкурентоспособной связующей добавки для предварительной агломерации частиц в воздушном потоке и далее в пресс-валковом грануляторе, исследование свойств уловленных тонкодисперсных частиц и разработка способов их утилизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов В.С., Макридин А.А., Севостьянов М.В., Шинкарев Л.И. Техника и технология комплексной утилизации целлюлозно-бумажных отходов // Проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: Междунар. науч.-

практ. конф., (Пенза, 14–19 июня 2011 г.), Пенза: Изд-во ПГТУ. 2011. С. 152–156.

2. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Уральский В.И. Технологические модули для комплексной переработки техногенных материалов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2010. №9. С. 43–45.

3. Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Шкарпеткин Е.А. Конструктивно-технологическое совершенствование агрегатов для гранулирования порошкообразных материалов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2010. №2. С. 100–102.

4. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Уральский В.И., Севостьянов М.В., Ядыкина В.В. Ресурсо-энергосберегающие модули для комплексной утилизации техногенных материалов // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 102–106.

5. Пат. 2567519 Российская Федерация, МПК А23К 1/20. Технологическая линия и способ для экструдирования техногенных волокнистых материалов / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, А.М. Гридчин, М.В. Севостьянов, П.А. Трубаев, В.И. Уральский, В.И. Филатов, А.В. Кошуков; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2014149776/13, заявл. 09.12.2014; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31. 10 с.

6. Пат. 2545252 Российская Федерация, МПК F26B11/04. Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов / В.С. Севостьянов, Т.Н. Ильина, М.В. Севостьянов, А.В. Кошуков, В.А. Бабуков, Д.А. Емельянов; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2013138030/06, заявл. 13.08.2013; опубл. 27.03.2015, Бюл. № 9. 7 с.

7. Пат. 2538579 Российская Федерация, МПК В01F13/10. Устройство для пневмомеханического гранулирования техногенных материалов / В.С. Севостьянов, Т.Н. Ильина, М.В. Севостьянов, Д.А. Емельянов, А.В. Кошуков; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2013137715/05, заявл. 12.08.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. 7 с.

8. Емельянов Д.А., Ильина Т.Н. О скорости витания техногенных волокнистых материалов // Актуальные проблемы развития науки и образования: Сб. научн. трудов по материалам Междунар. научно-практ. конф., (Москва, 5 мая 2014 г.), Москва: «АР-Консалт», 2014. Ч. 4. С. 109–112.

9. Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: в 2 кн. М: Логос; Высшая школа, 2003. Кн. 2. 872 с.

10. Емельянов Д.А., Ильина Т.Н. Определение и расчет скорости витания частиц различных материалов [Электронный ресурс] / Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород. 2015.

11. Померанцев В.В., Арефьев К.М., Ахмедов Д.Б. Основы практической теории горения: Учебное пособие для вузов. Под ред. В. В. Померанцева. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. 312 с.

12. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. Москва: Химия, 1967. 372 с.

13. Шиляев М.И. Аэродинамика и теплообмен газодисперсных потоков: Учеб. пособие. Томск: Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. 272 с.

Emelyanov D. A., Plotnikov K. V.

ABOUT THE INFLUENCE OF VOLUME CONCENTRATION OF TECHNOGENIC FIBROUS MATERIALS ON SHAPE COEFFICIENT OF PARTICLES IN MATERIAL-AIR FLOW

Investigated physico-chemical parameters of particles of technogenic fibrous materials. Defined soar velocities and aerodynamic resistance coefficients of particles various shapes and diameters. The influence of the equivalent diameter of molded and disc-shaped particles on their shape coefficient. Built graphical dependence of coefficient shape of particle on the size and concentration of solid phase in the material-air flow.

Key words: *technogenic fibrous materials; rotor granulation; two-phase flow; soar velocity; shape coefficient; concentration of the solid phase.*

Емельянов Дмитрий Александрович, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail dimon8-8@mail.ru

Плотников Кирилл Викторович, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Вендин С.В., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина
Щербинин И.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В СЛОИСТЫХ СРЕДАХ

31rusacpirant@mail.ru

Рассмотрены вопросы нестационарной теплопроводности в многослойных объектах. Предложено решение краевой однородной задачи с нестационарными граничными условиями третьего рода. В основу решения положены: метод разделения переменных Фурье по собственным функциям задачи и интеграл Дюамеля. Предложенная форма решения имеет явный вид и благодаря рекуррентной форме записи основных соотношений может быть полезной при численных расчетах и анализе кинетики нестационарного нагрева (охлаждения) многослойных объектов.

Ключевые слова: краевая задача, уравнение теплопроводности Фурье, многослойный объект, нестационарные граничные условия третьего рода, явная рекуррентная форма решения.

Многие важные практические задачи расчета температурных полей в многослойных объектах могут рассматриваться как одномерные. Ранее автором было предложено аналитическое решение однородной задачи нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при стационарных граничных условиях третьего рода [1].

Ниже приведено решение такой задачи при нестационарных граничных условиях третьего рода.

В общем случае математическая постановка одномерной задачи теплопроводности для многослойных объектов определяется следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial T_i(r,t)}{\partial t} = a_i \nabla^2 T_i(r,t), \quad x_{i-1} \leq r \leq x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

где a_i – соответственно коэффициенты теплопроводности i -го слоя; $T_i(r,t)$ – температурное поле i -го слоя; x_0, x_n – соответственно координаты нижней и верхней геометрической (свободной) поверхности объекта;

Будем полагать также, что объект является изотропным, т.е. теплофизические параметры в каждом слое постоянны и однородны по всему занимаемому ими объему.

Граничные условия на свободных поверхностях $r = x_0, r = x_n$ определим как граничные условия третьего рода, полагая, что граничные условия первого и второго рода могут быть представлены как частные случаи граничных условий третьего рода.

В таком случае согласно [2] запишем:

$$\left[T_1(r,t) + h_1 \frac{\partial T_1(r,t)}{\partial r} \right]_{r=x_0} = \varphi_1(t), \quad \left[T_n(r,t) + h_2 \frac{\partial T_n(r,t)}{\partial r} \right]_{r=x_n} = \varphi_2(t) \quad (2)$$

Граничные условия сопряжения температурных полей и тепловых потоков на границах

раздела слоев в общем виде определяются следующими выражениями:

$$\left[T_i(r,t) = T_{i+1}(r,t) \right]_{r=x_i}, \quad \left[\lambda_i \frac{\partial T_i(r,t)}{\partial r} = \lambda_{i+1} \frac{\partial T_{i+1}(r,t)}{\partial r} \right]_{r=x_i} \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1,$$

где λ_i – теплопроводность i -го слоя.

Начальное распределение температурных полей в каждом слое имеет вид:

$$T_i(r,0) = f_i(r), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Если представить искомое решение задачи в виде суммы

$$T_i(r,t) = f_i(r) + v_i(r,t) \quad (5)$$

то задача сводится к определению функций $v_i(r,t)$, которые являются решением задачи с нулевыми начальными условиями и удовлетворяют следующим уравнениям:

$$\frac{\partial v_i(r,t)}{\partial t} = a_i \nabla^2 v_i(r,t), \quad x_{i-1} \leq r \leq x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\left[v_1(r,t) + h_1 \frac{\partial v_1(r,t)}{\partial r} \right]_{r=x_0} = \varphi_1(t), \quad \left[v_n(r,t) + h_2 \frac{\partial v_n(r,t)}{\partial r} \right]_{r=x_n} = \varphi_2(t) \quad (7)$$

$$\left| v_i(r,t) = v_{i+1}(r,t) \right|_{r=x_i}, \quad \left| \lambda_i \frac{\partial v_i(r,t)}{\partial r} = \lambda_{i+1} \frac{\partial v_{i+1}(r,t)}{\partial r} \right|_{r=x_i} \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1,$$

$$v_i(r,0) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

В общем случае решение задачи с неоднородными граничными условиями, зависящими от времени, может быть определено интегралом Дюамеля [2, 3]:

$$v_i(r,t) = \int_0^t \frac{\partial}{\partial \tau} \dot{v}_i(r, \tau, t-\tau) d\tau, \quad \text{при } t > 0 \quad (10)$$

где $\dot{v}_i(r, \tau, t)$ – решение задачи при условии, что τ является параметром.

Тогда функции $\dot{v}_i(r, \tau, t)$ должны удовлетворять дифференциальному уравнению (5) с начальными условиями $\dot{v}_i(r, \tau, 0) = 0$ и граничным условиям на свободных поверхностях $r = x_0, x_n$, а также условиям сопряжения:

$$\left[\dot{v}_1(r, \tau, t) + h_1 \frac{\partial \dot{v}_1(r, \tau, t)}{\partial r} \right]_{r=x_0} = \varphi_1(t), \quad \left[\dot{v}_n(r, \tau, t) + h_2 \frac{\partial \dot{v}_n(r, \tau, t)}{\partial r} \right]_{r=x_n} = \varphi_2(t) \quad (11)$$

$$\left| \dot{v}_i(r, \tau, t) = \dot{v}_{i+1}(r, \tau, t) \right|_{r=x_i}, \quad \left| \lambda_i \frac{\partial \dot{v}_i(r, \tau, t)}{\partial r} = \lambda_{i+1} \frac{\partial \dot{v}_{i+1}(r, \tau, t)}{\partial r} \right|_{r=x_i} \quad (12)$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1$$

В соответствии с найденным решением функции $\dot{v}_i(r, \tau, t)$ определяются следующими выражениями:

$$\dot{v}_i(r, \tau, t) = \psi_i(r, t) + \sum_{m=0}^{\infty} C_m(\tau) \dot{F}_{i,m}(\mu_{i,m} r) \exp(-\mu_{i,m}^2 a_i t) \quad (13)$$

а функции $v_i(r, t)$ имеют вид:

$$v_i(r, t) = \sum_{m=0}^{\infty} \left[-\mu_{i,m}^2 a_i \int_0^t C_m(\tau) \exp(\mu_{i,m}^2 a_i \tau) d\tau \right] \dot{F}_{i,m}(\mu_{i,m} r) \exp(-\mu_{i,m}^2 a_i t) \quad (14)$$

где $\dot{F}_{i,m}(\mu_{i,m} r)$ – собственные функции задачи

$$\dot{F}_{i,m}(\mu_{i,m} r) = \left[\prod_{k=1}^i Z_k \right] \times [Y_1(\mu_{i,m} r) + B_{i,m} Y_2(\mu_{i,m} r)], \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

$$B_{1,m} = -\frac{Y_1(\mu_{1,m} x_0) + h_1 Y_1'(\mu_{1,m} x_0)}{Y_2(\mu_{1,m} x_0) + h_1 Y_2'(\mu_{1,m} x_0)} \quad (16)$$

$$B_{i,m} = \frac{\lambda_i \frac{Y_1'(\mu_{i,m} x_{i-1})}{Y_1(\mu_{i,m} x_{i-1})} - \lambda_{i-1} \frac{Y_1'(\mu_{i-1,m} x_{i-1}) + B_{i-1} Y_2'(\mu_{i-1,m} x_{i-1})}{Y_1(\mu_{i-1,m} x_{i-1}) + B_{i-1} Y_2(\mu_{i-1,m} x_{i-1})}}{\lambda_i \frac{Y_2'(\mu_{i,m} x_{i-1})}{Y_2(\mu_{i,m} x_{i-1})} - \lambda_{i-1} \frac{Y_1'(\mu_{i-1,m} x_{i-1}) + B_{i-1} Y_2'(\mu_{i-1,m} x_{i-1})}{Y_1(\mu_{i-1,m} x_{i-1}) + B_{i-1} Y_2(\mu_{i-1,m} x_{i-1})}} \times \frac{Y_1(\mu_{i,m} x_{i-1})}{Y_2(\mu_{i,m} x_{i-1})} \quad (17)$$

$$i = 2, 3, \dots, n.$$

$$Z_1 = 1; Z_i = \frac{Y_1(\mu_{i-1,m} x_{i-1}) + B_{i-1} Y_2(\mu_{i-1,m} x_{i-1})}{Y_1(\mu_{i,m} x_{i-1}) + B_i Y_2(\mu_{i,m} x_{i-1})}, i = 2, 3, \dots, n \quad (18)$$

$\mu_{i,m} = \mu_{n,m} \sqrt{a_n / a_i}$, $\mu_{n,m}$ – собственные числа задачи, определяемые согласно уравнения

$$Y_1(\mu_{n,m} x_n) + h_2 Y_1'(\mu_{n,m} x_n) + B_{n,m} Y_2(\mu_{n,m} x_n) + h_2 Y_2'(\mu_{n,m} x_n) = 0, m = 0, 1, 2, \dots \quad (19)$$

$$C_m(\tau) = - \left[\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \psi_i(r, \tau) G(r) \dot{F}_{i,m}(\mu_{i,m} r) dr \right] / \sum_{i=1}^n j_i^2 \quad (20)$$

$$\psi_i(r, \tau) = \varphi_1(\tau) + [\dot{\alpha}_i(\tau) \varphi_2(\tau) - \varphi_1(\tau)] \times [\xi(r) + \dot{\beta}_i(\tau)] \quad (21)$$

$$\dot{\beta}_1(\tau) = -[\xi(x_0) + h_1 \xi'(x_0)] = 0, \quad \dot{\beta}_i(\tau) = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i-1}} [\xi(x_{i-1}) + \dot{\beta}_{i-1}(\tau)] - \xi(x_{i-1}), i = 2, 3, \dots, n \quad (22)$$

$$\dot{\alpha}_i = \frac{\lambda_n}{\lambda_{i+1}} \times \frac{1}{\xi(x_n) + \dot{\beta}_n(\tau) + h_2 \xi'(x_n)}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (23)$$

$$j_i^2 = \frac{\lambda_i}{a_i} \int_{x_{i-1}}^{x_i} G(r) \dot{F}_{i,m}^2(\mu_{i,m} r) dr$$

Весовая функция $G(r)$, а также конкретный вид функций $\xi(r)$ и $\dot{F}_i(\mu_i r)$ определяются выражениями:

а). Декартова (прямоугольная) система координат:

$$G(r) = 1, \xi(r) = r, Y_1(\mu_i r) = \sin(\mu_i r), Y_2(\mu_i r) = \cos(\mu_i r) \quad (24)$$

б). Сферическая система координат:

$$G(r) = r^2, \xi(r) = \frac{1}{r}, Y_1(\mu_i r) = \frac{1}{r} \sin(\mu_i r), Y_2(\mu_i r) = \frac{1}{r} \cos(\mu_i r) \quad (25)$$

в). Цилиндрическая система координат:

$$G(r) = r, \xi(r) = \ln r, Y_1(\mu_i r) = J_0(\mu_i r), Y_2(\mu_i r) = N_0(\mu_i r) \quad (26)$$

Важное замечание:

Иногда при решении задач для сплошного шара или цилиндра полученное решение требует

ограниченности в центре шара или на оси цилиндра. Тогда нижние и верхние граничные условия записываются в следующем виде:

$$\left[\frac{\partial T_1(r, t)}{\partial r} \right]_{r=x_0} = 0, \quad \left[T_n(r, t) + h_2 \frac{\partial T_n(r, t)}{\partial r} \right]_{r=x_n} = \varphi_2(t) \quad (27)$$

В таком случае в полученном решении для многослойных объектов следует полагать

$$B_{1,m} = 0, \quad \psi_i(r, \tau) = \varphi_2(\tau), i = 1, 2, \dots, n \quad (28)$$

и далее все расчеты проводятся в соответствии с основным решением.

Таким образом, нами получено общее решение краевой однородной задачи с нестационарными граничными условиями третьего рода. Предложенная форма решения имеет явный вид и благодаря рекуррентной форме записи основных соотношений может быть полезной при численных расчетах и анализе кинетики нестационарного

нагрева (охлаждения) многослойных объектов.

Различные частные решения подобных задач могут быть сразу же записаны с учетом граничных условий (2), а также выражений (4), (5), (14) и (24) – (28).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вендин С.В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода // ИФЖ. 1993. Т.65. №1. С. 98–100.
2. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел: Учеб.

Пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001. 550 с.:

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984. 835 с.

4. Вендин С.В., Щербинин И.А. к расчету

распространения электромагнитного импульса при СВЧ обработке диэлектрических сред // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 204–206.

Vendin S.V., Shcherbinin I.A

TO SOLVING THE PROBLEM OF UNSTEADY HEAT CONDUCTION IN LAYERED MEDIA

The problems of non-stationary heat conduction in multilayer objects. The solution of the boundary of the homogeneous problem with unsteady boundary conditions of the third kind. The basis of the solutions put: the Fourier method of separation of variables in eigenfunctions of the integral of Duhamel. The proposed solution has the form of an explicit form and thanks to the recurrent form of recording basic relations can be useful in numerical calculations and analysis of the kinetics of transient heating (cooling) multilayer objects.

Key words: boundary value problem, the Fourier heat equation, multi-object unsteady boundary conditions of the third kind, explicit form of recursive solutions.

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор.

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина.

Адрес: 308503, пос. Майский Белгородского района Белгородской области, ул. Вавилова, д.1.

Щербинин Игорь Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры ЭЭиА.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: 31rusacpirant@mail.ru

Атрошенко А.А., м. н. с.,
Ткачук Н.А., д-р техн. наук, проф.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МОНТАЖНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗЕРНОХРАНИЛИЩ

atroshenko@tmm-sapr.org

Данная работа посвящается анализу влияния монтажных погрешностей на прочностные и жесткостные характеристики элементов металлических зернохранилищ. При расчете металлических зернохранилищ одним из важных факторов является последовательность и правильность сборки конструкции. Во время монтажных работ часто случается несоответствие сборки по нормативной документации, такие как, например, необеспечение цилиндричности конструкции, что приводит к нарушению concentричности отверстий и болтовых креплений в соединяемых панелях. При этом возникает вопрос определения чувствительности прочностных и жесткостных характеристик силосов номинального варианта к возмущению тех или иных проектно-технологически-монтажных параметров, в частности, степени неконцентричности отверстий в соединяемых панелях. Особенности представленной задачи заключаются в исследовании напряженно-деформированного состояния трех вариантов соединения полос между собой болтовым креплением с зазором которые нагружены равномерно распределенным по верхней кромке поперечным усилием. Таким образом, в статье рассмотрены модельные задачи, которые учитывают влияние только нарушения concentричности отверстий в панелях и размещение болтовых креплений со смещением в соединениях.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, металлические зернохранилища, прочностные характеристики, метод конечных элементов, система полос, геометрическая нелинейность, структурная нелинейность.

Введение. Тонкостенные гофрированные панели применяются во многих сферах. Они более сложны в изготовлении, чем сплошные листы, но волнистый профиль листа обеспечивает лучшие прочностные и жесткостные характеристики. Гофрированные панели широко используют в авиастроении, космических ракетах, машиностроении, судостроении в подводных лодках, на строительных объектах, при изготовлении различного рода башен, мачт, а в агропромышленных комплексах – металлических зернохранилищ, резервуаров и др.

Традиционно расчеты тонкостенных конструкций базируются на СНиП, европейских стандартах, представленных в так называемых «Еврокодах» [1–5]. В них излагаются основные принципы конструирования и расчета тонкостенных конструкций, которые учитывают различные виды нагружения, режимы эксплуатации, учитывают внешние факторы эксплуатации в зависимости от месторасположения конструкции и т.д.

В то же время для многих конструкций, в частности, металлических зернохранилищ (силосов) существуют проблемные вопросы, не отраженные в стандартизованных методиках. Данное обстоятельство вынуждает ставить задачи совершенствования существующих методов

и моделей для расчетных исследований таких конструкций. Это определило направление исследований, отраженных в предлагаемой статье.

Обзор существующих методов и моделей. Ранее в статьях рассматривались методы расчета тонкостенных машиностроительных конструкций [6–8], в которых рассматривались различные факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние (НДС) металлических зернохранилищ. В частности, рассматривались задачи, в постановку которых входил учет большинства значимых факторов, влияющих на работоспособность конструкции. Основное внимание уделялось задаче для соединения двух плоских полос болтовым креплением с зазором между внутренней поверхностью отверстия и цилиндрической частью болта. Этим самым имитировался фрагмент силоса, работающий под продольной или поперечной нагрузкой. Данная постановка учитывала нелинейное контактное соединение, предварительную затяжку болтового соединения, уплотнительную шайбу, что в свою очередь характеризовало геометрическую, структурную и физическую нелинейности [6–8].

Существует большое количество работ, в которых предлагаются новые подходы к проектированию силосов, разработаны новые кон-

структурные решения и новые методы решения задач их исследованиям прочностных и жесткостных характеристик [9–14]. В ряде работ [15–16] уделено внимание численным и экспериментальным исследованиям образцов панелей, которые соединены болтовым крепежом с предварительной затяжкой. Именно такие элементы, как правило, являются на сегодня преобладающими структурными единицами силосов.

Как правило, металлические зернохранилища состоят из набора тонкостенных гофрированных панелей, которые соединяются между собой болтовыми крепежами. В качестве опорных конструкций служат ребра жесткости, расположенные вертикально. Данные конструкции просты в сборке и не требуют большого количества времени для монтажа.

При расчете металлических зернохранилищ один из важных факторов является последовательность и правильность сборки конструкции. Во время монтажных работ часто случается в силу ряда объективных и субъективных обстоятельств и причин несоответствие сборки нормативной документации, такие как, например, необеспечение цилиндричности конструкции, что приводит к нарушению concentричности отверстий и болтовых крепежей в соединяемых панелях (рис. 1). Это является фактором, как правило, не учитываемым в традиционных моделях и методиках расчета подобных конструкций. Они обычно ориентированы на соответствие реальных объектов номинальным (чертежным) моделям, описанным в инструкциях по сборке силосов [1–2]. Но, как уже отмечалось, всегда наблюдаются отклонения от номинального ис-

полнения, причем допускаемые погрешности могут быть контролируемыми или неконтролируемыми. При этом возникает вопрос определения чувствительности прочностных и жесткостных характеристик силосов номинального варианта к возмущению тех или иных проектно-технологически-монтажных параметров, в частности, степени неконцентричности отверстий в соединяемых панелях. В таком разрезе задача исследований для подобных конструкций не ставилась.

Несмотря на то, что обычно пространство между цилиндрическими частями болта и отверстий скрепляемых панелей силосов частично заполняется пластиком (за счет деформирования шайбы специальной формы из полимерного материала), его жесткость намного ниже жесткости металлических элементов (болта и панели). Кроме того, возможны также случаи почти полного отсутствия этого пластика в полости между цилиндрическими частями болтов и отверстий скрепляемых панелей (при недостаточном деформировании шайбы-заготовки). В результате для того, чтобы фактор неконцентричности отверстий соединяемых панелей не затеялся другими факторами, можно рассмотреть крайний случай – скрепление панелей болтами без заполнения зазора между ними податливым материалом.

Таким образом, в статье предлагается рассмотреть модельные задачи, которые будут учитывать влияние только нарушения concentричности отверстий в панелях и размещения болтовых крепежей со смещением в соединениях.



Рис. 1. Сборка силоса: а – цилиндричность конструкции; б – concentричность отверстий

Главной задачей является определить влияние данного несоответствия на работоспособность конструкции, установить характер выборки зазора и провести сравнительную оценку уровней напряжений и прогибов в соединениях при различных вариантах неконцентричности расположения отверстий соединяемых внахлест панелей силосов.

Постановка задачи. Данную задачу предлагается решить на базе фрагмента силоса (рис.

2) [7], который представляет собой две плоские полосы с консольным защемлением по периферийным граням, соединенные болтовым крепежом. Таким образом, условно выделенный фрагмент из панели силоса будет детально исследован в трех вариантах исполнения для определения его напряженно-деформированного состояния:

– смещение полос с первоначально выбранным в процессе монтажа зазором между отвер-

ствиями и болтом (рис. 3, а);

– то же, но с увеличенным первоначальным зазором (рис. 3, б);

– номинальное, но с боковым смещением полос относительно начального концентрического положения (рис. 3, в).

Геометрические параметры элементов данной системы: длина полосы $l = 0,5$ м, ширина полосы $C = 0,05$ м, ее толщина $h = 0,002$ м, общая длина соединенных пластин $L = 0,96$ м. Диаметр отверстия $d_1 = 0,012$ м, диаметр болта $D = 0,01$ м. Болтовое соединение представляет собой следующую компоновку: болт 1 вставлен с зазором в отверстия полос 3 и затянут гайкой 2 до момента затяжки, равного T_k (рис. 2) [7–8].

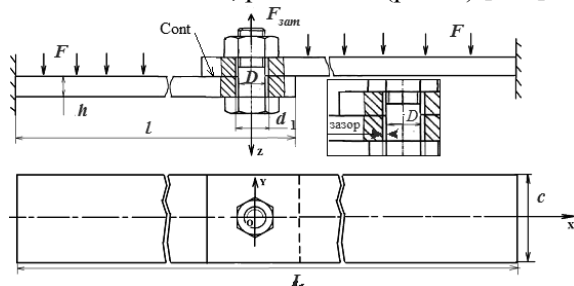


Рис. 2. Болтовое соединение полос при продольно-поперечном изгибе

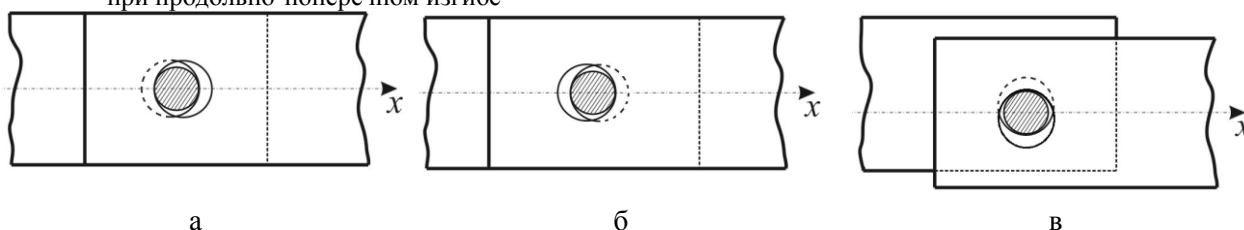


Рис. 3. Компоновка болтового соединения:

а – первоначально выбранный зазор; б – первоначально увеличенный зазор;
в – зазор при боковом смещении полос

Настройки контакта (табл. 1) задавались согласно ранее описанным постановкам [7–8]. В таблице показаны варианты реализации контактного взаимодействия с различными компоновками полос. Первый из вариантов относится к компоновке первого типа, в которой выбран зазор, второй – к соединению с увеличенным зазором, третий – к компоновке с боковым сме-

Растягивающая нагрузка, возникающая в местах заделки, уравнивается на начальных этапах нагружения силами трения в стыках, которые создаются силой затяжки болта $F_{зам}$, которая в данной постановке является не постоянной (и равной силе первоначальной затяжки), а зависящей от актуального НДС. Если растягивающая сила превысит силы трения, произойдет сдвиг полос вплоть до выборки зазора, когда вступят в работу контактирующие цилиндрические поверхности болта и отверстий полос.

Полосы по краям жестко закреплены. Поперечное усилие, распределенное по верхней кромке полос, суммарно задается силой F (нагружается система пошагово от 0 до 450 Н). Момент предварительной затяжки моделируется в виде силы затяжки болта $F_{зам} = 1000$ Н. Болтовой крепеж моделировался в следующей постановке: задается нелинейный контакт между контактирующими поверхностями полос, шляпкой болта и гайкой болта с полосой и внутренними поверхностями отверстий в полосах и цилиндрической частью болта.

щением полос (см. рис. 3 соответственно), а четвертый вариант приведен в номинальном исполнении (отверстия и болт расположены концентрически). Дополнительно исследуется постановка в виде сплошной полосы длиной L (см. рис. 2), в которой не учитывается болтовое соединение (вариант 5).

Таблица 1

Перечень компоновок исследуемого болтового соединения

№	Величина двухстороннего зазора, (м)	Нагрузка, F (Н)	Сила затяжки, $F_{зам}$ (Н)	Типы контакта		
				Friction пластина – пластина	Friction пластина – болт	Frictionless отверстие – болт
1	0,0001	450	1000	0,2	0,2	+
2	0,004					
3	0,002					
4	0,002					

Математическая модель. Рассмотрим более детально расчетные зависимости для болтового соединения, следуя работам [7,8]. При затягивании болтового крепежа в стержне болта

возникают напряжения растяжения от силы $F_{зам}$ и силы кручения от момента закручивания T_k . Силу сдвига в исследуемой системе будем рассматривать равной реакции в опоре вдоль оси X

(R_{x1} , R_{x2}). Таким образом, при увеличении силы F реакции в опорах будут увеличиваться до тех пор, пока реакция не превысит силу трения покоя в болтовом креплении, и затем, соответственно, произойдет сдвиг.

Поскольку в рассматриваемом случае предполагаются большие прогибы полос, нагруженных поперечной нагрузкой, то для анализа НДС необходимо применить геометрически нелинейные соотношения для связанного продольно-поперечного изгиба стержней. При этом для вычисления деформаций ε_x при изгибе используются соотношения [8, 17–19]:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} - z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2, \quad (1)$$

где z – расстояние по толщине от срединной линии стержня, u , w – компоненты перемещения точек стержня вдоль оси x и z соответственно.

Условие контактного взаимодействия записывается в виде

$$u_L^B - u_L^H \geq \delta, u_H^H - u_H^B \geq \delta, \quad (2)$$

которые означают непроникновение левой контактирующей кромки пластины (вследствие перемещения вдоль оси x) в левую половину тела болта (аналогично – и для правых).

Что касается трения, то оно подчинено закону Кулона:

$$\begin{cases} \tau = k \cdot q, \text{ если } u_L - u_H \neq 0; \\ u_L - u_H, \text{ если } \tau < k \cdot q, \end{cases} \quad (3)$$

где u_L , u_H – перемещения сопряженные (с одинаковой координатой x) точек левой и правой полос на поверхностях их контакта $Cont$ (см. рис. 2), k – коэффициент трения покоя, q – контактное давление на поверхности $Cont$, τ – касательное напряжение вдоль поверхности $Cont$, направленное в сторону, противоположную взаимному относительному смещению полос.

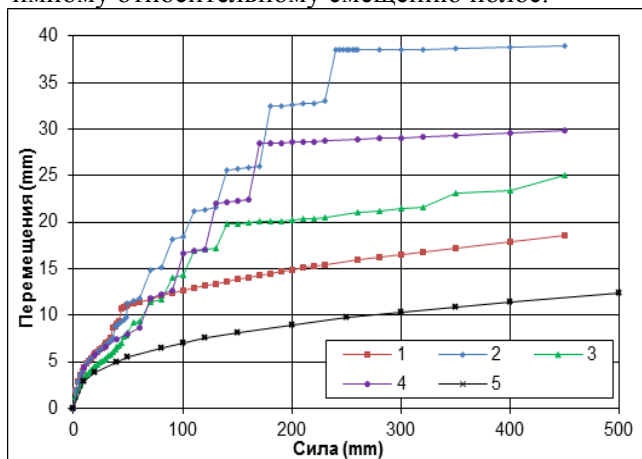


Рис. 4. Стрела прогибов при различном смещении полос

При этом данные соотношения для случая больших перемещений действуют в смысле малых приращений из текущего актуального состояния, достигнутого на текущем этапе нагружения. Усилие затяжки болтов в ходе деформирования исследуемой системы, как отмечалось выше, может изменяться по сравнению с первоначальной величиной, причем – существенно.

При использовании пространственной постановки данные соотношения определяют геометрически нелинейное поведение исследуемой системы, дополняемое структурной нелинейностью (контакт), и, кроме того, дополнительным соединением с натягом (болт) и трением. Для решения задач анализа напряженно-деформированного состояния использовался метод конечных элементов в 3D постановке [20–21].

Анализ результатов. Проиллюстрируем полученные результаты расчетов в виде сравнительных графиков. На рис. 4-9 показаны кривые зависимости максимальных прогибов исследуемых систем вдоль оси z при изменении нагрузки, также показаны максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу, величина выборки зазора, реакции, реализуемые в болте и в креплениях полос, во время нагружения.

На рис. 10-13 проиллюстрированы распределение максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу, возникающих в контакте болта и полос при максимальной нагрузке.

Таким образом, исходя из полученных результатов, можно сделать выводы о том, что боковое смещение полос относительно отверстий существенно влияет на характер НДС исследуемой системы. При нагружении полос с увеличенным зазором в болтовом соединении прогиб составляет около 0,04 м, при уменьшенном зазоре прогиб составляет 0,018 м, а при боковом смещении – 0,025 м. Характер изменения стрелы прогиба – нелинейный.

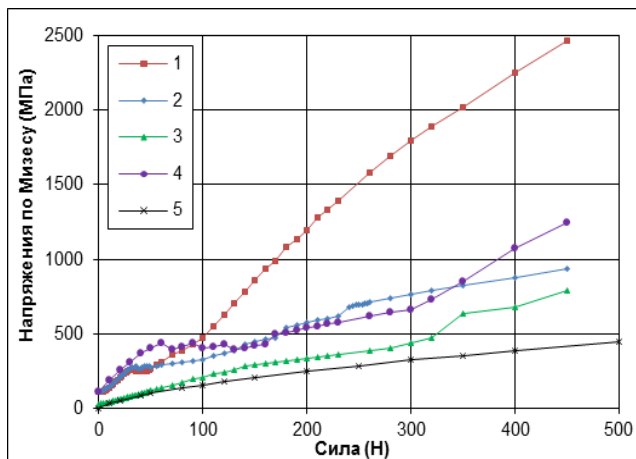


Рис. 5. Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу при различном смещении полос

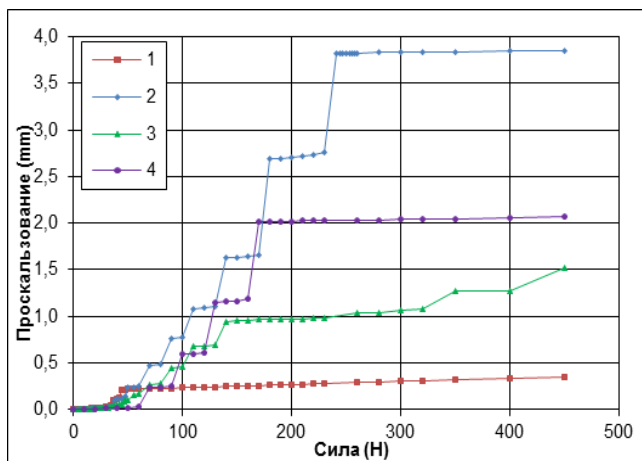


Рис. 6. Смещение контактирующих поверхностей полос относительно друг относительно друга при различном смещении полос

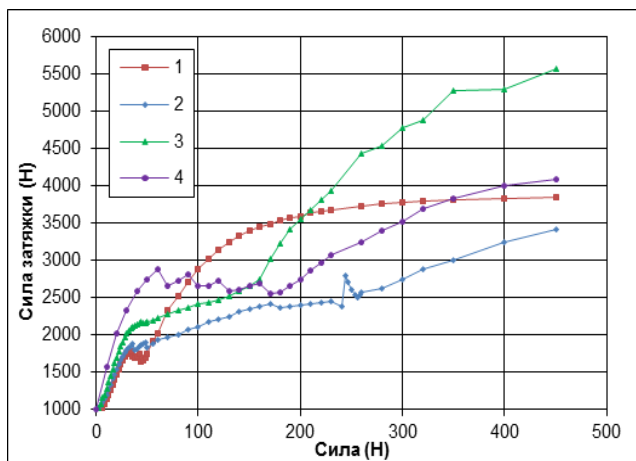


Рис. 7. Реакция в болте при различном смещении полос

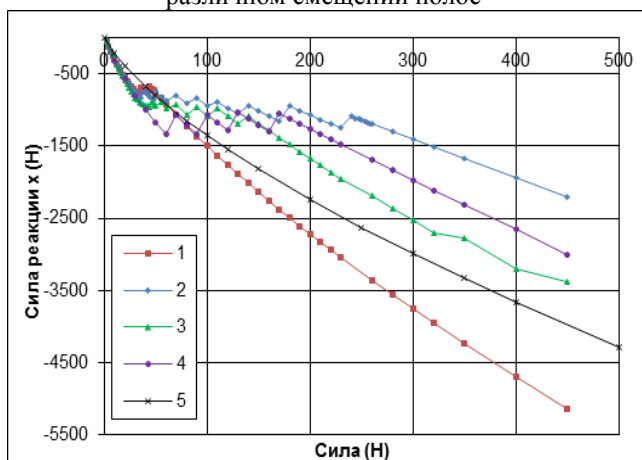


Рис. 8. Реакция в закреплении по оси x при различном смещении полос

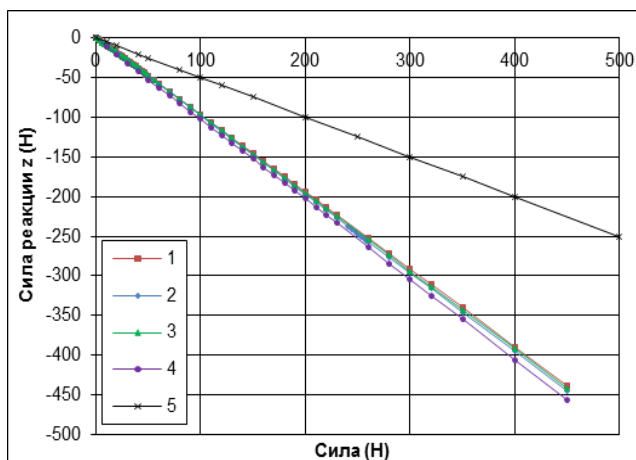


Рис. 9. Реакция в закреплении по оси z при различном смещении полос

Максимальные эквивалентные (по Мизесу) напряжения возникают в первом варианте, они составляют 2,47 ГПа непосредственно в начале нагружения. Во втором и третьем вариантах рост напряжений наблюдается после выборки зазора, когда цилиндрическая часть болта и внутренние поверхности отверстий вступают в контакт, и составляют около 1 ГПа.

При нагружении системы усилие предварительной затяжки в болте увеличивается, в первом варианте наблюдается нелинейное его увеличение в пределах до 4,0 кН, во втором варианте – 3,5 кН, а в третьем, при боковом смещении, усилие является максимальным и равняется примерно 5,5 кН.

При сравнении полученных результатов (вар. 1–4) с результатами для компоновки болтового соединения с концентрическим расположением элементов получены следующие отличия: в первом варианте поперечный прогиб составляет 0,018 м, но при этом эквивалентные напряжения достигают максимальных значений 2,47 ГПа, что значительно превышает допустимые напряжения для сталей, из которых традиционно изготавливаются панели силосов. В ва-

рианте 2, напротив, прогибы более чем в два раза превышают прогибы, наблюдаемые в первом варианте, зато напряжения – более чем в 2,5 раза ниже. Они ниже на 25 %, чем в четвертом варианте (номинальное расположение болта при концентрическом взаиморасположении скрепленных панелей). Вариант три, с первого взгляда, тоже является допустимым по уровню напряжений в панелях, тем не менее может быть забракован вследствие значительного роста усилий растяжения в болте (см. рис. 16).

Таким образом, итоговым выводом является констатация того факта, что из рассмотренных вариантов исполнения наиболее предпочтительным является вариант с максимальным первоначальным зазором в направлении действия растягивающих тангенциальных (продольных) усилий. Другими словами, более податливое вследствие монтажных погрешностей соединение предпочтительно по критерию снижения напряжений как в соединяемых листах, так и в крепежных болтах. Отсюда можно рекомендовать для такого рода систем конструктивное обеспечение увеличенных зазоров, закладываемое на этапе проектирования. Что же касается

инструкций по сборке силосов, то некруглость при их (силосов) монтаже следует минимизировать, причем незначительное уменьшение диа-

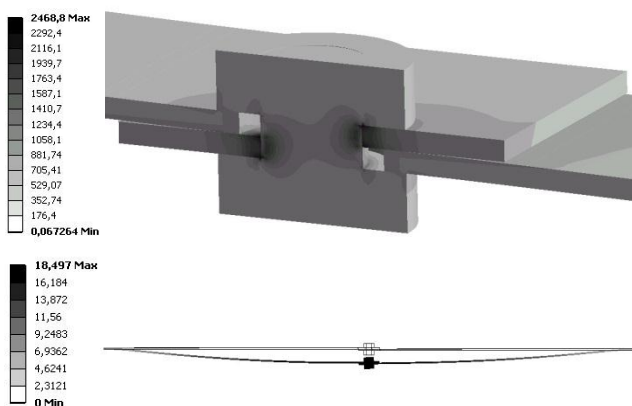


Рис. 10. Распределение максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу в зоне болтового соединения и характер прогибов исследуемой полосы (реальный масштаб, вар. 1)

метра силоса по сравнению с номинальным вариантом при этом является фактором, положительно сказывающимся на прочности силоса.

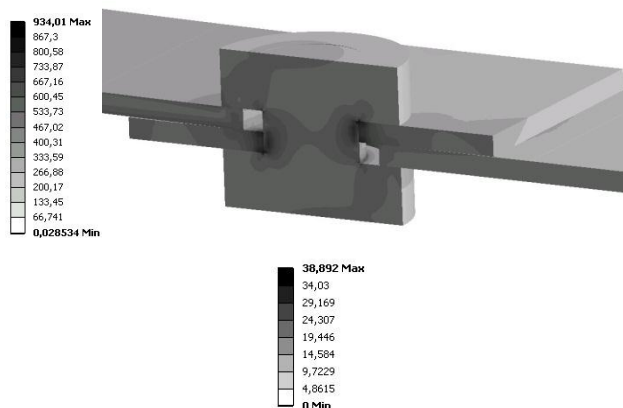


Рис. 11. Распределение максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу в зоне болтового соединения и характер прогибов исследуемой полосы (реальный масштаб, вар. 2)

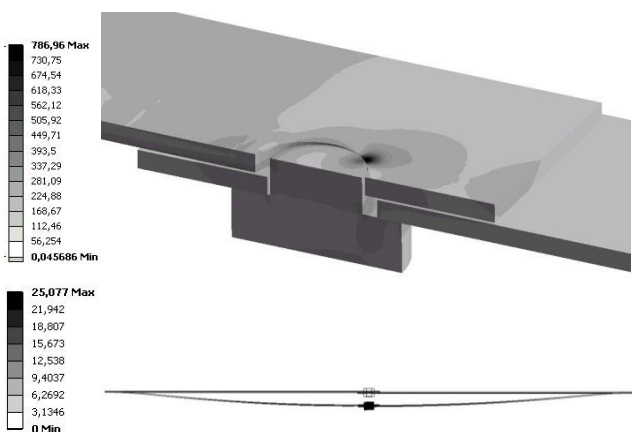


Рис. 12. Распределение максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу в зоне болтового соединения и характер прогибов исследуемой полосы (реальный масштаб, вар. 3)

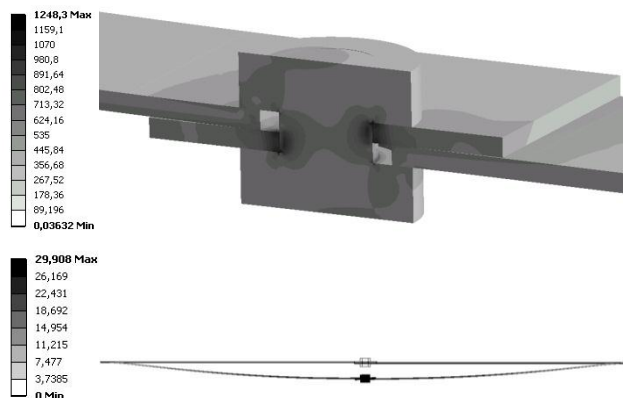


Рис. 13. Распределение максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу в зоне болтового соединения и характер прогибов исследуемой полосы (реальный масштаб, вар. 4)

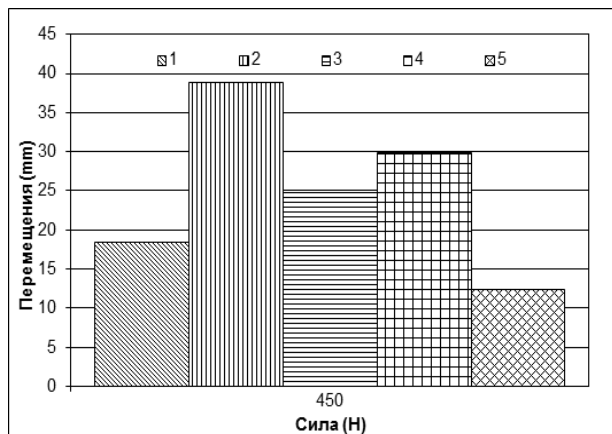


Рис. 14. Поперечный прогиб системы полос (вар. 1–5)

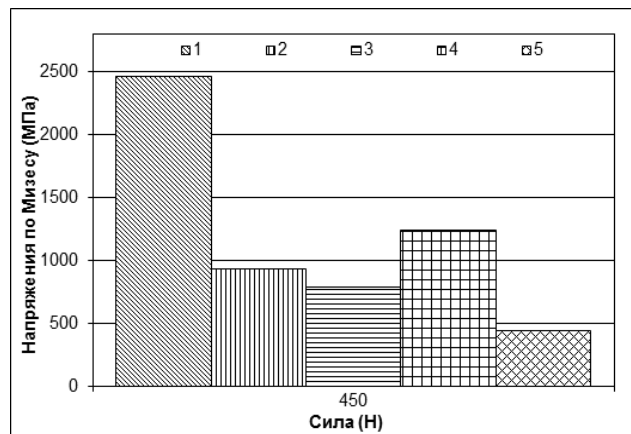


Рис. 15. Эквивалентные напряжения по Мизесу системы полос (вар. 1–5)

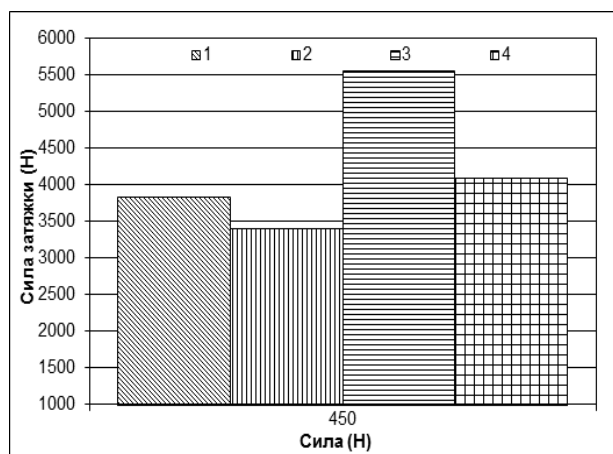


Рис. 16. Реакция в болте (вар. 1–4)

Что касается сравнения исследуемой системы соединенных болтами полос с концентричной компоновкой соединения и сплошной полосы (см. рис. 14–16), то наблюдается отличие между стрелами прогибов, эквивалентными напряжениями по Мизесу и компонентами реакций в болте и опорах.

Стрела прогибов схожа по характеру изменения для четвертого и пятого вариантов, эквивалентные напряжения значительно отличаются. Поведение сплошной полосы отображается на графиках зависимости прогибов и напряжений от поперечной нагрузки в виде более плавного и линейного роста, в то время как в исследованных и описанных выше системах полос с болтами проявляется существенно нелинейный характер поведения прогибов и нагружений при увеличении нагрузки. Во время нагружения сплошной полосы перемещения более чем в два раза меньше прогибов в системе полос с болтовым креплением (вариант 4, см. рис. 14). Это связано с тем, что в системе полос с болтовым креплением присутствует структурная нелинейность, причем существуют значительные зазоры, соизмеримые с величинами тангенциальных смещений точек полос вследствие упругих деформаций. Можно сказать, что традиционная постановка решения данного класса задач с расчетной схемой в виде сплошной полосы, без учета болтового крепления, зазоров, натяга и трения, дает значительную неточность в полученных результатах.

Выводы. Исходя из полученных результатов, можно сделать выводы, что нарушение концентричности отверстий и болтовых креплений дает значительное отличие по сравнению с концентрическим расположением соединения (номинальным). При увеличенном зазоре, например, для рассмотренного в статье случая, прогиб составляет порядка 0,04 м. При выбранном зазоре наблюдаются максимальный рост

эквивалентных напряжений по Мизесу, который оставляет около 2,5 ГПа. Также получено значительное отличие реакции в болте при боковом смещении полос относительно друг друга, которая составляет около 5,5 ГПа.

Дополнительно можно утверждать, что геометрически нелинейная постановка задачи дает более точный результат при определении НДС полос, соединенных болтовым креплением с зазором.

При решении данного типа задач в дальнейших исследованиях предлагается учитывать возможность неконцентрического расположения панелей в компоновках с болтовым соединением, что сильно влияет на работоспособность конструкции. Также можно утверждать, что решение подобных задач с использованием геометрически линейной и нелинейной постановок для исследуемого объекта, но представленного в виде сплошной полосы, не дает достоверных результатов. Кроме того, можно сделать вывод, что увеличение зазора в болтовом соединении между цилиндрическими поверхностями болтов и скрепляемых панелей является фактором, достаточно положительно влияющим на прочность соединения в целом. Уменьшение же этого зазора может повлечь резко прогрессирующий рост напряжений как в листах, так и в болтах, причем при незначительном росте внешней нагрузки. Это, в свою очередь, может катастрофически сказаться на прочности наиболее нагруженных соединений (т.е. тех отдельных болтовых соединений из тысяч присутствующих в силосе средней вместительности, в которых как раз и выбран первоначальный зазор вследствие монтажных погрешностей). В результате может возникнуть лавинообразный процесс срезания болтов или разрыва панелей (в зависимости от класса прочности болтов и механических свойств листового материала панелей). Для предотвращения такого возможного сценария рекомендуется

комплекс проектных и монтажных мероприятий, основная идея которых состоит в обеспечении гарантированных номинальных или увеличенных зазоров в плане во всех болтовых соединениях, но ни в коем случае – не уменьшенных.

Следует заметить, что решались исследуемые задачи в модельных постановках, без учета реальных механических свойств элементов силовых, без учета пластических деформаций, без учета реальной геометрической формы. В то же время разработанные модели не имеют принципиальных ограничений для учета этих факторов в дальнейшем.

В дальнейших исследованиях планируется исследовать влияние усилия предварительной затяжки болтов, коэффициента трения между элементами болтовых соединений, свойств материала пластиковых уплотнительных шайб, а также других факторов на прочность элементов металлических зернохранилищ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий / Госстрой СССР. М.: ЦИТП, 1986. 116 с.
2. Пособие по проектированию предприятий, зданий и сооружений по хранению и переработке зерна (к СНиП 2.10.05-85) / ЦНИИпромзернопроект. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 145 с.
3. EN 1993-4-1, 2007. Design of steel structures: Silos, Eurocode 3 – Part 4 – 1, 2007. European Committee for Standardization, Brussels.
4. EN 1991-1-3, 2003. Eurocode 1: Actions on Structures – Part 1– 3: General Actions – Snow Loads. Brussels, CEN.
5. EN 1991-1-4, 2005. Eurocode 1: Actions on Structures – Part 1– 4: General Actions – Wind Actions. Brussels, CEN.
6. Атрошенко А.А., Третьяков В.Б., Иванцов И.И., Веретельник О.В., Обгрунтування розрахункових моделей елементів силосу // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». 2012. № 1. С. 139–154.
7. Атрошенко А.А. Численное исследование контактных задач для системы пластин, соединенных болтовым крепежом в геометрически нелинейной постановке // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». 2013. №1 (975). С. 3-14.
8. Атрошенко А.А. Анализ влияния геометрической нелинейности на решение задачи об изгибе полосы постановке // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». 2014. №22 (1065). С. 84–89.
9. Ращепкина С.А., Романов Д.А. Исследование напряженно-деформированного состояния новой конструкции металлической емкости для сыпучих материалов // Вестник ВолгГАСУ. 2009. № 13 (32). С.43–48.
10. Ботова Л.С., Ращепкина С.А. К расчету металлической емкости из цилиндрических ребристых панелей // Научно-технический вестник Поволжья 2014. № 3. С. 72-76.
11. Ращепкина С.А. Установление закономерностей влияния конструктивных параметров полой мини-оболочки на показатели ее формы // Саратов: СГТУ. 2010. С.145-152.
12. Архипов В.Н., Гордеев Ю.С. К моделированию пологих ортотропных гибких пластин и оболочек / Сб. Расчет пространственных систем в строительной механике. // Саратов: СГТУ. 2008. С. 25-29.
13. Бурдун Е.Т., Кочанов В.Ю., Куприевич А.Б., Коссе В.К. Напряженно-деформированное состояние гофрированных пластин и пологих оболочек при действии поверхностных нагрузок // Сб. науч. пр. нац. ун-ту кораблестроения. 2009. №5(428). С. 45–53.
14. Короткий О.А. Совершенствование конструкции цилиндрических силосов, используемых в сельском хозяйстве // Автореферат дис. канд. тех. наук. Москва. 2009. С. 24.
15. Yongjiu Shi, Meng Wang, Yuanqing Wang. Analysis on Shear Behavior of High-Strength Bolts Connection // International Journal of Steel Structures. 2011. №11 (2), pp. 203–213.
16. Gan Tang, Lingfeng Yin, Xiaoming Guo, Jin Cui. Finite Element Analysis and Experimental Research on Mechanical Performance of Bolt Connections of Corrugated Steel Plates. // International Journal of Steel Structures. 2015. №15(1), pp. 193-204.
17. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. М.: Машиностроение, 2006. 928 с.
18. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности: Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 542 с.
19. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов: учебное пособие. М.: Наука. Гл. Ред.. физ.-мат. лит., 1986. 560 с.
20. Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя. М.: ДМК Пресс, 2005. 640 с.
21. Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера. М.: Единотриал, 2003. 272 с.

Atroshenko A.A., Tkachuk N.A.**STUDY OF MOUNTING ERRORS INFLUENCE ON THE STRENGTH AND STIFFNESS CHARACTERISTICS OF THE METAL ELEMENTS OF SILO**

This work is dedicated to the analysis of mounting errors effect on strength and stiffness characteristics of metal silos elements. Correct assembly sequence and structure design are important factors in the calculation of metal grain storage. Discrepancy between assembly and construction standards often happens during installation, for instance cylindrical design failure, which results in damage of concentric holes and bolt fasteners in the connected panels. This leads to the question of the strength and stiffness characteristics sensitivity determination for the nominal silo variants to the perturbation of various design technology and installation parameters, in particular concentrically holes degree the connected panels. In given article stress-strain state of three variants of connections between bands with bolt fasteners with gap which are loaded with the distributed force along the upper edge are studied. Model problems taking into account only the influence of disturbances concentric holes in the panels and bolted fasteners placement offset in the compounds are discussed.

Key words: state of strain, silo, strength properties, finite element method, system of plates, geometric nonlinearity, structural nonlinearity.

Атрошенко Александр Александрович, младший научный сотрудник кафедры «Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин».

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, д. 21.

e-mail: atroshenko@tmm-sapr.org

Ткачук Николай Анатольевич, доктор технических наук, профессор заведующий кафедры «Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин».

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, д. 21.

e-mail: tma@tmm-sapr.org

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Жуков А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА В АГРЕГАТЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ВСТРЕЧНЫХ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ

zhukovbeetle@mail.ru

В данной статье приводится расчет энергетических затрат в агрегате дезинтеграторного типа с учетом влияния встречных потоков в зоне активного взаимодействия роторов. В расчете учтены энергозатраты на образование застойной зоны при взаимодействии встречных лобовых двухфазных потоков. Получено соотношение, определяющее суммарные затраты мощности в агрегате дезинтеграторного типа.

Ключевые слова: мощность, мельница, взаимодействие.

Дезинтеграторы являются одним из основных видов помольного оборудования, обеспечивающего получение готового продукта с заданным гранулометрическим составом [1].

Мощность, потребляемая агрегатом дезинтеграторного типа (рис. 1), расходуется на соударение рабочей поверхности ударных элементов с частицами материала; на преодоление сил

трения частиц о рабочую поверхность ударных элементов; на работу роторов агрегата как вентиляторов; на преодоление сопротивления трения в подшипниковых опорах роторов и на взаимодействие встречных двухфазных потоков:

$$P = 2P_{y\partial} + P_{тр} + 2P_{подш} + 2P_{вент} + P_{встр}$$

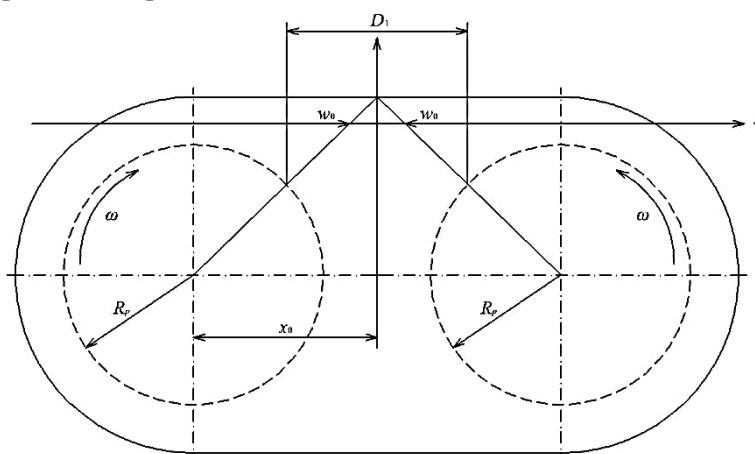


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия встречных двухфазных потоков

Мощность, которая необходима на разрушение частиц материала, проходящих через ряды ударных элементов каждого из роторов, входящих в состав рассматриваемого агрегата, определяется соотношением:

$$E_{y\partial} = \sum_{n=1}^z E_n, \quad (1)$$

где z – число рядов ударных элементов каждого ротора; E_n – энергия, необходимая для разрушения частиц материала на « n »-ряду ударных элементов, которая определяется следующим выражением:

$$E_n = \frac{\pi \sigma_n^2 d_n^3}{12E}, \quad (2)$$

здесь σ_n – напряжение, при котором происходит разрушение частиц материала диаметром d_n на « n »-ряду ротора; E – модуль Юнга материала.

На основании (1) с учетом (2) мощность, которую необходимо затратить на разрушение материала в рассматриваемом агрегате ударом, определяется следующим соотношением:

$$P_{y\partial} = E_{y\partial} \omega = \frac{\pi \omega}{12E} \sum_{n=1}^z \sigma_n^2 d_n^3, \quad (3)$$

где ω – частота вращения каждого ротора.

Центробежная сила, действующая на материал при его движении в междурядном пространстве роторов агрегата:

$$F_y = \frac{m g^2}{R_p}, \quad (4)$$

где R_p – радиус ротора; m – масса материала, поступающего через загрузочные патрубки на левую и правую пару роторов:

$$m = (Q_1 + Q_2)t, \quad (5)$$

где Q_1 и Q_2 – массовый расход материала через левый и правый загрузочные патрубки.

Если предположить, что материал находится в камерах помола агрегата с угловым размером участков не более π , тогда

$$t = \frac{\pi}{\omega}. \quad (6)$$

Сила трения, возникающая при движении частиц материала вдоль поверхности ударных элементов:

$$F_{mp} = \frac{m g^2}{R_p} f, \quad (7)$$

где f – коэффициент трения, примем $f = 0,35$.

Следовательно, работа по преодолению сил трения будет определяться следующим образом:

$$A_{mp} = F_{mp} R_p = \frac{(Q_1 + Q_2) f \pi}{\omega} g^2, \quad (8)$$

а мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения

$$P_{mp} = A_{mp} \omega \cdot z_1, \quad (9)$$

где z_1 – количество ударных элементов, находящихся в зоне помола.

Если исходить из предположения о постоянстве скорости движения частицы материала вдоль радиального направления в камере помола, тогда можно записать:

$$g = \frac{R_p}{t}. \quad (10)$$

С учетом (10), (9), (5) и (6) находим

$$\begin{aligned} P_{mp} &= \frac{(Q_1 + Q_2) f \pi g^2 \omega \cdot z_1}{\omega} = \frac{(Q_1 + Q_2) f \pi \cdot z_1 R_p^2 \omega^2}{\pi^2} = \\ &= \frac{f \cdot z_1}{\pi} (Q_1 + Q_2) R_p^2 \omega^2. \end{aligned} \quad (11)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках валов роторов агрегата:

$$P_{подш} = G f_1 \pi d n, \quad (12)$$

где G – давление на подшипники от силы тяжести ротора, Н; f_1 – приведенный коэффициент трения скольжения ($f_1 = 0,004$); d – диаметр вала, м; n – частота вращения ротора, c^{-1} .

Расход мощности (Вт) на работу ротора как вентилятора[2]

$$P_{вент} = \frac{Q_1 H (1 + K_y \mu)}{\eta}, \quad (13)$$

где Q_1 – количество воздуха, продуваемого через каждую пару роторов агрегата; H – напор, создаваемый ротором, $H = 445$ мм.в. ст. (1 мм. в. ст. = 9,81 Н/м²); K_y – кратность циркуляций, $K_y = 2$; μ – концентрация пыли по готовому продукту, кг/кг; η – КПД ротора как вентилятора, $\eta = 0,55$.

Обычно принимают $P_{вент} = 50$ % от мощности, потребляемой агрегатом.

На образование застойной зоны при взаимодействии встречных лобовых двухфазных потоков в агрегате расходуется энергия, равная:

$$E = \frac{M_0 w_0^2}{2}, \quad (14)$$

где M_0 – масса частиц материала, кг; w_0 – скорость двухфазного потока, м/с и расходуется мощность, определяемая соотношением:

$$P_{встр} = E \omega. \quad (15)$$

где ω – угловая скорость вращения роторов.

Подстановка (16) в (15) приводит к следующему результату:

$$P_{встр} = \frac{M_0 w_0^2}{2} \omega. \quad (16)$$

где m_0 – масса смеси воздуха и частиц в зоне взаимодействия встречных двухфазных потоков.

Массу частиц материала, находящегося во встречных двухфазных потоках, можно определить, воспользовавшись следующим уравнением [3]:

$$M_0 = \frac{\pi}{2} \psi \rho_1 D_1 d_0^2. \quad (17)$$

С учетом $w_0 = \omega R_p$ и (14) окончательно приходим к следующему результату

$$P_{встр} = \frac{\pi}{4} \psi \rho_1 D_1 d_0^2 R_p \omega^3. \quad (18)$$

где ψ – коэффициент, равный 0,4; ρ_1 – плотность двухфазного потока; D_1 – размер области эффективного взаимодействия двухфазных потоков; d_0 – диаметр частицы.

В случае образования застойной зоны («пробки») при лобовом взаимодействии двухфазных потоков мощность агрегата дезинтегра-

торного типа возрастает на величину, определяемую соотношением (18) и приобретает следующий вид:

$$P = E_{y0}\omega = \frac{\pi\omega}{6E} \sum_{n=1}^z \sigma_n^2 d_n^3 + \frac{f \cdot z_1}{\pi} (Q_1 + Q_2) R_p^2 \omega^2 + 2Gf_1 \pi d n + \frac{2Q_1 H (1 + K_y \mu)}{\eta} + \frac{\pi}{2} \psi \rho_1 D_1 d_0^2 R_p \omega^3. \quad (19)$$

Таким образом, мощность агрегата дезинтеграторного типа зависит от конструктивно-технологических параметров, концентрации твердой фазы в воздушном потоке, а также от размеров частиц материала.

компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.

3. Карпачев Д.В. Противоточная струйная мельница с изменяемыми параметрами помольной камеры. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Белгород, БелГТАСМ, 2002.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. М.-Л.: 1962. 636 с.
2. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы,

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Zhukov A.A.

THE DEFINITION OF POWER CONSUMED FOR GRINDING OF MATERIAL IN THE UNIT DISINTEGRATING TYPE CONSIDERING THE MUTUAL INFLUENCE OF TWO-PHASE COUNTER FLOWS

In this article calculated the energy costs in the unit disintegrating type considering the effect of counter flow in the zone of active interaction of the rotors. The calculation took into account the energy consumption for the formation of stagnant zones in the interaction of colliding head-on two-phase flows. The resulting equation that determined the total cost of power in the unit disintegrating type.

Key words: flow, aggregate, power.

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Жуков Александр Александрович, аспирант кафедры механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Шарапов Р.Р., д-р техн. наук, проф.,
Мамедов А. А., канд. техн. наук, доц.
Харламов Е.В., канд. техн. наук, доц.,
Брагин И.Г., студент,
Клочков В.В., студент,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ХОДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СТРЕЛОВОГО САМОХОДНОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ СВЫШЕ 100 Т ПОВЫШЕННОЙ МОБИЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ

ptdm_zavkaf@mail.ru

Существующие разновидности отечественных стреловых самоходных кранов большой грузоподъемности на спецшасси, гусеничных (63...250 т) не исключают друг друга, а дополняют в зависимости от запроса потребителя. Условия конкуренции на рынке грузоподъемной техники предъявляют жесткие требования к эксплуатационным характеристикам, и в конечном итоге, к себестоимости строительно-монтажных работ. В различных отраслях строительства на объектах с большими, также с рассредоточенными объемами работ для монтажа укрупненных конструкций и технологического оборудования успешно применяются гусеничные краны. Особое развитие в последние годы получили технологии транспортировки на трейлерах и самомонтаж тяжелых гусеничных и пневмоколесных кранов. Однако, большие затраты на транспортировку, монтаж и демонтаж крана, сложность работы на слабых грунтах ограничивают серийность тяжелых гусеничных и пневмоколесных кранов. Использование шагающих кранов принципиально новых конструкций, в ряде случаев, решает назревшие проблемы.

Ключевые слова: гусеничные, пневмоколесные и шагающие краны, мобильность и устойчивость на строительных площадках.

Введение. В последние годы вырос спрос на монтажные краны грузоподъемностью свыше 100 т, которые востребованы в крупных национальных проектах и в государственном секторе. Ожидаемый выход из экономического кризиса подтолкнет отечественные предприятия к наращиванию выпуска грузоподъемной техники и в гражданском секторе. Выпуск конкурентной техники немалозначим без обновления и удешевления металлоемкой продукции, составляющей львиную долю производственных и эксплуатационных затрат.

Основная часть. Выпуском пневмоколесных и гусеничных кранов грузоподъемностью свыше 100 т занимаются в основном ЧМЗ, Ульяновский механический завод №2, Куйбышевский механический завод №1. Кран ДЭК-1001 Челябинец [1], с электроприводом, грузоподъемностью 100 т, в своем классе, наиболее конкурентоспособен в т. ч с зарубежными аналогами. Способность передвигаться в пределах строительной площадки без предварительной подготовки трассы с грузом на крюке гусеничные краны часто безальтернативны.

Оригинален по технологии транспортировки кран с гидравлическим приводом на пневмоходу МКТТ-100 грузоподъемностью 120 т, разработанный ВКТИМонтажстроймеханизация в кооперации с фирмой TADANO (Япония) [2]. Кран представляет собой комбинацию трактора

К-701 в качестве тягача, полноприводной двухосной тележки со сцепным устройством от "Урагана" и специальной трехосной несущей платформы для крановой установки

В БГТУ им. В. Г. Шухова на кафедре ПТиДМ ведутся разработки и исследования принципиально нового ходового оборудования для класса тяжелых строительных кранов [3]. Опорно-ходовая часть крана (рис. 1) содержит опорно-поворотную пятую 1 и смонтированную на ней посредством опорно-поворотного круга 2 опорно-ходовую раму 3, выполненную в виде несущей обоймы с горизонтальными сквозными отверстиями, в которых перемещаются ходовые балки 4, оборудованные аутригерами 5, с поворотными кронштейнами, и соединенные между собой поперечными жесткими связями 6. В свою очередь пята 1 и аутригеры 5 имеют специальную полую конструкцию для вакуум присоса на опорную поверхность [4].

В исходном положении кран опирается на опорно-поворотную пятую 1. Включается привод гидроцилиндров на подъем. При этом система ходовых балок переходит в подвешенное состояние. Для выбора нужного направления передвижения включается механизм опорно-ходового круга 2, после чего подкрановые балки фиксируются в определенном направлении. Затем снова включается привод гидроцилиндров на опускание, и кран опирается на башмаки аут-

ригеров. Включением привода 7 кран перемещается относительно подкрановых балок 4 до

крайнего положения. Для дальнейшего передвижения крана цикл повторяется.

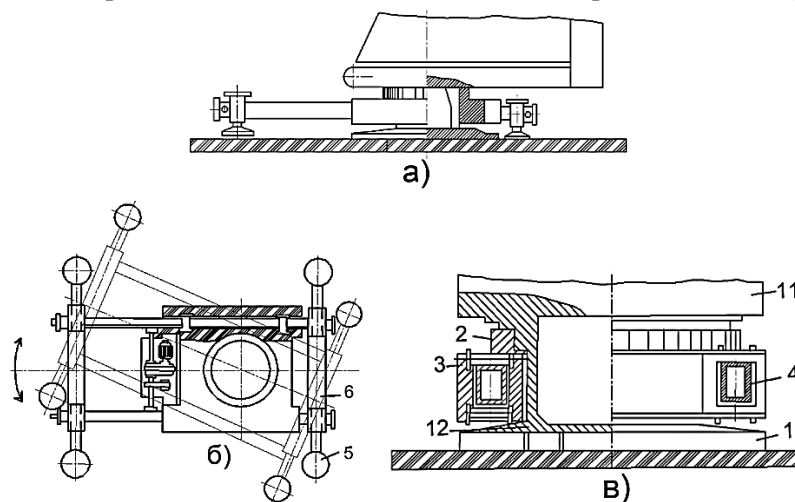


Рис. 1. Опорно-ходовое устройство крана:

а – кран, опирающийся на опорно-поворотную плиту в процессе шагания; *б* – схема маневра крана на необходимый угол поворота; *в* – схема стыковки несущей обоймы и опорно-поворотной плиты
1 – пята; 2 – опорно-поворотный круг; 3 – опорно-ходовая рама; 4 – хожовые балки; 5 – аутригер;
6 – поперечные связи; 11 – поворотная платформа крана

Таким образом, кран способен на разворот с места на любой угол передвижения. Работа крана с грузом возможна из двух положений: 1) на слабых грунтах – пята 1 опирается на опорную поверхность (при необходимости включается вакуум насосы), а выносные опоры обеспечивают дополнительную устойчивость крану; 2) на подготовленной площадке – достаточно выносных опор. На рис. 2 показана технология транспортировки крана. Таким образом, подкрановые балки (в сборе рама) является несущей кон-

струкцией в процессе транспортировки крана и отпадает необходимость в несущей платформе. Ходовые балки 4 обеспечивают плавное перемещение крана (на длину ходовых балок) с номинальным грузом 100 т на крюке. Расчеты показывают, что полная масса ходового устройства не превышает 15 т, т.е. в 2 раза легче гусеничного. Относительная простота ходового устройства – гарант надежной работы при минимальных затратах на ремонтные работы, запасные части и т. п.

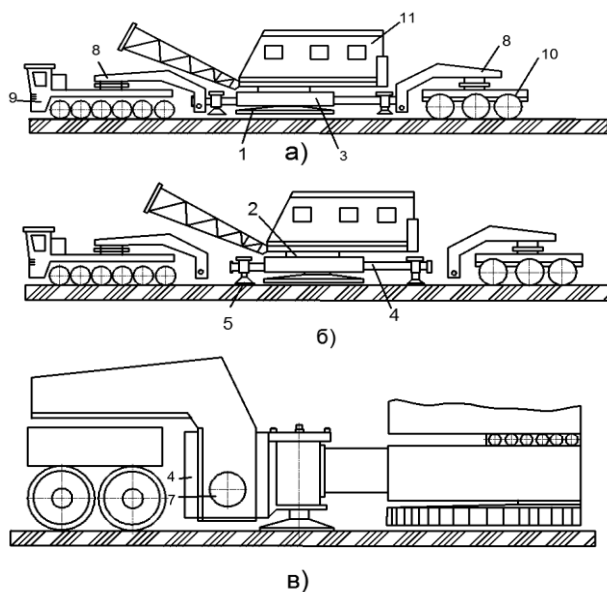


Рис. 2. Технология транспортировки крана:

а – стыковка крана с транспортными тележками; *б* – кран после расстыковки с транспортным средством;
в – узел соединения подкрановых балок с опорными элементами тележки:
1 – пята; 2 – опорно-поворотный круг; 3 – опорно-ходовая рама; 4 – хожовые балки; 5 – аутригер;
7 – поперечные связи; 8 – опорные элементы; 9, 10 – транспортные средства;
11 – поворотная платформа крана



Рис. 3. Конструкция башмака выносных аутригеров:
а – общий вид; б – вакуум основание

Выводы. Как показывает практика эксплуатации гусеничных кранов, их преимущества по сравнению с другими кранами, а именно, малое удельное давление на грунт и способность передвижения на строительном объекте с грузом на крюке с максимальной грузоподъемностью оказывает разрушительное действие на детали ходовой части крана. Это вызывает необходимость частого ремонта и ежедневного техосмотра, вплоть до содержания сервисных центров или выездных профессиональных бригад. Предлагаемая конструкция ходового устройства тяжелого крана ввиду простоты и малому сопротивлению при движении крана, а значит более экономичному электроприводу, по сравнению с гусеничным, требует минимальных затрат на транспортировку (отпадает необходимость перевозки гусениц массой 30 т), на ремонт и обслуживание. Благодаря использованию в конструкции ходового оборудования патентных разработок удастся улучшить показатели мобильности и устойчивости тяжелых кранов, а также увеличить сферу применения их, особенно на слабых грунтах. Однако, малая по сравнению с гусеничным, средняя скорость (0,4...0,5 км/ч) перемещения на площадке, из-за наличия цикла шагания крана, при необходимости возможно использование телескопических или дополнительных стыкуемых ездовых секций (режим движения рельсокошесного крана). Изготовление и монтаж ходового устройства вполне реализуемо на отечественных предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусеничный кран 100 тонн ДЭК-1001 Челябинец. Каталог гусеничных кранов. URL: http://guskran.ru/crane_catalog/dek_1001/ (дата обращения: 15.12.15).
2. Кран монтажный специальный МКТТ-100. URL: http://www.techstory.ru/kran/pnevmo/mktt100_k701.htm (дата обращения: 15.12.15).
3. А.с. 472099 СССР, МПК⁷ В 66с 23/78. Опорно-ходовая часть крана / Л.Я. Бызер, П.А. Зимин, А.А. Мамедов, И.М. Смирнов, Н.Я. Крылов, Л.Н. Ахметьев, Е.А. Паншин; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт по монтажным и специальным работам и Центральное конструкторское бюро «Главстроймеханизация». – № 1980003/27-11; заявл. 26.12.73; опубл. 30.05.75, Бюл. № 20.
4. Пат. 2263601 Российская Федерация, МПК⁷ В 62 D 57/02. Устройство для самовытаскивания транспортных средств / А.А. Мамедов; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2004108457/11; заявл. 23.03.2004; опубл. 10.11.2005, Бюл. № 31.
5. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Агарков А.М. Сравнительные характеристики проходимости на слабых грунтах гусеничных и шагающих кранов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 198–200.
6. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Харламов Е.В. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL) // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 183–186.

Sharapov R.R., Mamedov A.A., Agarkov A.M., Bragin I.G., Klochkov V.V.**RUNNING EQUIPMENT OF BOOM SELF-PROPELLED CRANE WITH A LIFTING CAPACITY OF OVER 100 TONS OF INCREASED MOBILITY AND SUSTAINABILITY**

Existing varieties of domestic boom self-propelled cranes carrying capacity on special chassis and caterpillar (63...250 tons) are not mutually exclusive, but complementary, depending on a customer's request. Conditions of competition in the market of lifting equipment impose stringent performance requirements, and ultimately, to the cost of construction and installation works. In various branches of construction at sites with large and dispersed amounts of works for the installation of large-sized constructions and technological equipment are successfully used caterpillar cranes. A special development in recent years has been got the technology of transportation on trailers and self-assembly heavy cat and mobile cranes. However, the high cost of transportation, installation and dismantling of the crane, the complexity of the work on weak soils limit the seriality of heavy crawler and mobile cranes. The use of walking cranes of fundamentally new designs, in some cases, solves urgent problems.

Key words: *Crawler, mobile cranes and walking, mobility and sustainability on construction sites.*

Шарапов Рашид Ризаевич, доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ptdm_zavkaf@mail.ru

Харламов Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: jkharlamov@yandex.ru

Мамедов Ариф Алиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Брагин Илья Геннадьевич, студент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Клочков Владислав Викторович, студент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Герасимов М.Д., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СЛОЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯХ*

mail_mihail@mail.ru

Для получения больших значений вынуждающей силы у вибрационных машин используют сложение колебаний нескольких, последовательно установленных, вибромодулей. Последовательно установленные виброблоки образуют единый вибрационный механизм, который будем называть виброблоком. Суммарная вынуждающая сила виброблока генерирует направленную вынуждающую силу, например, по вертикали. Применение вибромодулей одной конструкции позволяет получить равную по величине вынуждающую силу вверх и вниз. Для практического применения виброблоков важно иметь использование с разными характеристиками, которые позволяют получать асимметрию значений вынуждающей силы, направленной вверх и вниз. Асимметрия значения вынуждающей силы формирует рабочее и холостое направления её действия. Асимметричная вынуждающая сила может быть получена при сложении гармонических колебаний различного вида. Однако, вопрос определения величины асимметрии вынуждающей силы при сложении колебаний, описываемых различными уравнениями, для практического применения в вибрационных машинах изучен недостаточно.

Ключевые слова: вибрационный модуль, вибрационный блок, дебаланс, вынуждающая сила, коэффициент динамичности системы, ряд Фурье.

Введение. В вибраторах направленного действия используется двойной дебалансный механизм, представляющий собой два вибратора с круговыми колебаниями и дебалансными ва-

лами, вращающимися с одинаковой скоростью в разные стороны [1, 2, 3, 4]. Такой механизм будем называть вибрационным модулем с направленными колебаниями.

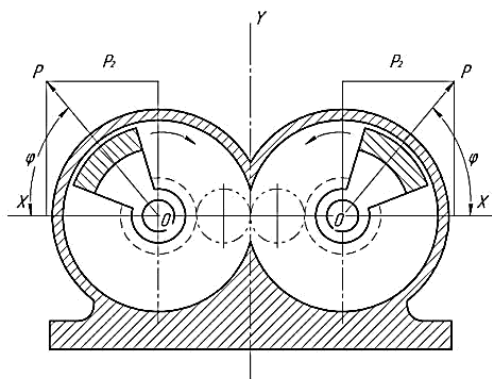


Рис. 1. Схема вибрационного модуля с направленными колебаниями.

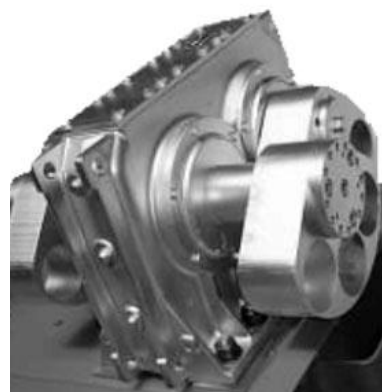


Рис. 2. «Направленный возбудитель DF» виброгрохотов LinaClass SLB/SLC

В работе рассматривается вибрационный модуль с направленными колебаниями с параллельным расположением осей в одной плоскости. У него проекции сил инерции в плоскости дебалансных валов уравниваются, а проекции на ось симметрии складываются, действуют вдоль оси симметрии, изменяясь по гармоническому закону

$$F_{ин} = m\omega^2 R \cos \omega t$$

где m — общая масса дебалансов; R — эксцентриситет центра масс; ω — угловая скорость.

Эту силу $F_{ин}$ называют вынуждающей силой.

Методология. В работе используются классические методы аналитических исследований, в основе которых лежат ряды Фурье.

Основная часть. В качестве вибровозбудителей направленного действия одновременно используются 1,2...4 вибрационных модуля с направленными колебаниями, имеющих 2,4...8 валов, синхронно вращающихся в противоположных направлениях с равными угловыми скоростями и дебалансами. Суммарная вынуждающая сила определяется произведением числа вибрационных модулей K на вынуждающую силу $F_{ин}$ одного вибромодуля, вибратора.

$$F_c = K F_{ин}$$

Как правило, действие вынуждающей силы в одном направлении совершает полезную работу: уплотнение дорожными катками и виброплитами, сортировку на грохотах, погружение или извлечение свай в грунт или из грунта. В

противоположном направлении, в направлении холостого хода, действие вынуждающей силы направлено на восстановление энергии и подъём ударного инструмента. Рассмотрим случай вибропогружения свай.

Обозначим вынуждающую инерционную силу в рабочем направлении F_d и назовем её динамической силой погружения, а в противоположном направлении F_n - силой подъема. В случае приближения значения силы подъема F_n к весу вибропогружателя или его превышения, вибропогружение может перейти в вибротрамбование с отрывом и последующим ударом о поверхность, что является не желательным эффектом. Отрыв вибропогружателя исключают или компенсируют «пригрузом», создающим необходимую силу прижатия погружателя к грунту.

Задачей работы является уменьшение вертикальной силы подъема F_n при максимальной силе погружения F_d . Соотношение этих сил назовем динамичностью системы.

$$d_c = \frac{F_d}{F_n}$$

В некоторых работах это соотношение называют асимметрией направленной вынуждающей силы.

Действующие инерционные силы являются внутренними силами. При их воздействии нельзя изменить импульс (количество движения). Закон сохранения импульса справедлив и для системы, на которую действуют внешние силы, если $R_{вн} = 0$. Центр инерции вибровозбудителя движется так, как двигалась бы материальная точка, помещенная в центре инерции, и в ней были бы сконцентрированы все массы точек и силы, действующие на точки. Центр инерции замкнутой системы движется с постоянной скоростью, в частности равной нулю.

Из $\int_0^T \bar{F} dt = 0$ следует (рис. 1):

$$F_1 t_1 = F_2 t_2 = S_1 = S_2 \quad \text{или} \quad d_c = \frac{F_1}{F_2} = \frac{t_2}{t_1}$$

Очевидно, величины сил обратно пропорциональны времени их действия. Это модель сохранения импульса для схемы сил, представленных на рис. 1.

Подобный закон изменения силы с периодом T можно получить, используя тригонометрический ряд, членом которого являлась бы сила инерции, создаваемая двухдебалансным вибратором направленных колебаний.

В поисках тригонометрического ряда имеющего своей суммой некоторую заданную функцию $f(x)$ изменения силы, математики в первую очередь советуют обратиться к ряду

Фурье [5]. Он имеет наименьшую среднеквадратическую ошибку при любом фиксированном числе членов ряда n .

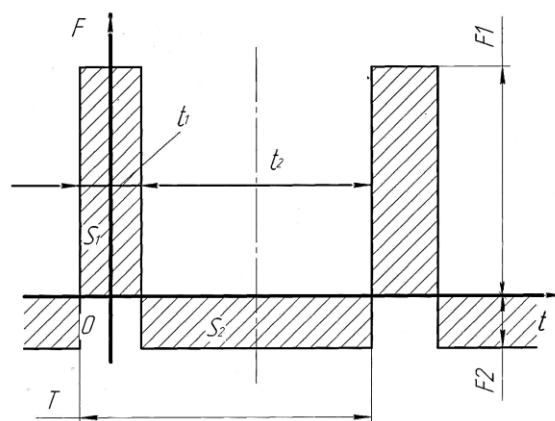


Рис. 1. Соотношение погружающей (F_1) и подъемной силы (F_2) при ударе

t_1 – время действия погружающей силы, t_2 – время действия подъемной силы

Для четной функции $f(x)$ ряд Фурье имеет вид:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx,$$

где $a_0 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(x) dx$; $a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(x) \cos nxdx$

Свойства ряда Фурье

1. $\frac{a_0}{2} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} f(x) dx = \bar{f}(x)$ – среднее арифметическое функции на отрезке $[0; \pi]$;
2. $\int_0^{\pi} a_n \cos nxdx = 0$, это свойство характеризует соблюдение закона сохранения импульса за период π , ($\int_0^{\pi} F_{ин} d\varphi = 0$).
3. При $x = 0$

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = f(0) - \frac{a_0}{2} = F_d \quad (1)$$

При $x = \pi$

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_n = f\left(\frac{\pi}{2}\right) - \frac{a_0}{2} = -F_n \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) можно применять для оценки точности приближения ряда Фурье к $f(x)$ при конечном числе n , $n = N$.

4. Динамичность системы для монотонно убывающей функции:

$$d_{cy} = \frac{F_d}{F_n} = \frac{f(0) - \bar{f}(x)}{\bar{f}(x)}$$

Сравним ряды Фурье для нескольких функций:

1. Разложение в ряд Фурье по косинусам идеальной (осесимметричной, четной) функции, заданной условиями

$$f(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq h \\ 0, & h < x < \pi \end{cases}$$

имеет вид [5]

$$f(x) = \frac{2h}{\pi} \left[\frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin nh}{nh} \cos nx \right], (0 \leq x \leq \pi).$$

за исключением точек разрыва $x = h$, где $f(x) = \frac{1}{2}$.

$$\sin nh \cos nx = \frac{1}{2} (\sin(nh - nx) + \sin(nh + nx)) = \frac{1}{2} [\sin n(x + h) - \sin n(x - h)],$$

где $\mp h$ является сдвигом фазы (сдвигом начала координат).

Тогда скорость схождения ряда характеризуется отношением: $\frac{1}{nh}$, т.е. она обратно пропорциональна номеру члена ряда n в первой степени.

$$y(x) = \frac{2}{\pi} \operatorname{sh} a \pi \left[\frac{1}{2a} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a}{n^2 + a^2} \cos nx \right], -\pi \leq x \leq \pi.$$

где $a_n = (-1)^n \frac{a}{n^2 + a^2}$ коэффициент.

Ряд убывает обратно пропорционально n^2 , т.е. значительно быстрее выше приведенной функции;

3. Для функции вида $f(x) = x^{2m}$.

$$d_c = \frac{f(\pi)}{f(x)} - 1 = \frac{\pi^{2m}(2m+1)}{\pi^{2m}} - 1 = 2m,$$

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} x^{2m} \cos nx dx = \frac{2}{\pi} \frac{(2m)!}{n} \sum_{k=0}^{\frac{2m-1}{2}} \frac{(-1)^k \pi^{2m-2k-1}}{(2m-2k-1)! n^{2k+1}} \cos nx \Big|_0^{\pi}.$$

поскольку $\cos n\pi = (-1)^n$, то

$$a_n = \frac{2}{\pi} \frac{(2m)!}{n} \sum_{k=0}^{\frac{2m-1}{2}} \frac{(-1)^n (-1)^k \pi^{2m-2k-1}}{(2m-2k-1)! n^{2k+1}}.$$

ряд x^{2m} представляем в таблице.

$$\cos^{2m} \frac{x}{2} = \frac{(2m)!}{2^{2m}(m!)^2} + \frac{(2m)!}{2^{2m-1}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(m+n)!(m-n)!} \cos nx;$$

или в виде

$$\cos^{2m} \frac{x}{2} = \frac{(2m)!}{2^{2m}(m!)^2} + \frac{(2m)!}{2^{2m-1}} \sum_{k=0}^{m-1} \frac{1}{k!(2m-k)!} \cos(m-k)x.$$

Ряд конечен и имеет ровно m переменных членов (от $k = 0$ до $k = m-1$).

Таким образом, в количестве базовой функции, разлагаемой в ряд Фурье, целесообразно применить более гладкие функции, причем, ряд

Фурье для функции $y(x) = \cos^{2m} \frac{x}{2}$ на

Среднее арифметическое $\bar{y} = \frac{h}{\pi}$; $d_c = \frac{\pi}{h} - 1$.

Для анализа ряда, преобразуем слагаемое в виде

2. Для более гладких функций вида

$$y(x) = \operatorname{ch} ax = \frac{e^{ax} - e^{-ax}}{2}$$

ряд имеет вид (см. табл.),

$$\bar{y} = \frac{a_0}{2} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} x^{2m} dx = \frac{\pi^{2m}}{2m+1},$$

а динамичность системы

4. В качестве базовой примем функцию

$$y(x) = \cos^{2m} \frac{x}{2} \text{ на интервале } -\pi \leq x \leq \pi.$$

$$\bar{y} = \frac{a_0}{2} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos^{2m} \frac{x}{2} dx = \frac{(2m)!}{2^{2m}(m!)^2}.$$

Ряд представим или в виде

отрезке $-\pi < x < \pi$ имеет конечное число членов, равное m .

При одной и той же динамичности системы значимость коэффициентов при высоких гармониках меньше значимости коэффициентов при тех же гармониках для таких функций как: $y(x) = \operatorname{ch} ax$ и $y(x) = x^{2m}$.

Согласование параметров вибраторов с рядом Фурье

Ряд Фурье

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx,$$

где $a_0 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(x) dx$, и $a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(x) \cos nx dx$

Произведение множителя на ряд дает изменение силы.

$$F_A = \left[f(x) - \frac{a_0}{2} \right] = F[f(x) - \bar{f}(x)] = F(x),$$

так как

$$F_A \cdot \bar{f}(x) = -F_n; \quad F_d = F_A[f(0) - \bar{f}(x)],$$

то

$$F_A = -\frac{F_n}{\bar{f}(x)} = \frac{F_d}{f(0) - \bar{f}(x)}.$$

Закон изменение силы

$$F(x) = \sum_{n=1}^{\infty} F_d a_n \cos nx,$$

где $m_n \omega_n^2 r_n = F_d a_n$, или величина дисбаланса n -го вала

$$m_n r_n = \frac{a_n F_A}{\omega_n^2}. \quad (3)$$

Таким образом, показано, что соотношение максимальной силы погружения F_d и силы подъёма F_n характеризуемое динамичностью системы d_c и может изменяться за счёт конструктивных решений в достаточно широком диапазоне. Оптимальное значение динамичности системы для технических задач, очевидно, следует принимать в пределах 2,5...4,0.

Таблица

Динамичность системы при сложении колебаний

№ п/п	Вид функции	Ряд Фурье	$\bar{y}$	d_c	Число членов
1	$y_x = \begin{cases} 1; 0 \leq x \leq h \\ 0; h < x \leq \pi \end{cases}$	$y(x) \cong \frac{h}{\pi} + \frac{2h}{\pi} \sum \frac{\sin nh}{nh} \cos nx, \quad 0 \leq x \leq \pi, \quad y(0;h)=\frac{1}{2}$	$\frac{h}{\pi}$	$\frac{\pi}{h} - 1$	∞
2	$y(x) = \frac{\operatorname{ch} ax - \operatorname{sh} ax}{e^{ax} + e^{-ax}} = \frac{1}{2}$	$y(x) = \frac{2}{\pi} \operatorname{sh} a \pi \left[\frac{1}{2a} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a}{n^2 + a^2} \cos nx \right], \quad -\pi \leq x \leq \pi$	$\frac{\operatorname{sh} a \pi}{a \pi}$		∞
3	$y = x^{2m}$	$y(x) = \frac{\pi^{2m}}{2m+1} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{2(2m)!}{\pi n} \sum_{k=0}^{\frac{2m-1}{2}} \frac{(-1)^n (-1)^k \pi^{2m-2k-1}}{(2m-2k-1)! n^{2k+1}} \right] \cdot \cos nx$	$\frac{\pi^{2m}}{2m+1}$	$2m$	∞
3.1	$y = x^{2m}$	$x^2 \approx \frac{\pi^3}{3} - 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \cos nx = \frac{\pi^3}{3} - 4(\cos x - \frac{\cos 2x}{2^2} + \frac{\cos 3x}{3^2} - \frac{\cos 4x}{4^2} \dots)$	$\frac{\pi^2}{3}$	2	∞
3.2	$y = x ^3$	$ x ^3 \approx \frac{\pi^3}{4} + 3 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} [(-1)^n (\pi^2 n^2 - 2) + 2] \cos nx$ $= \frac{\pi^3}{4} - 3 \left[(\pi^2 - 4) \cos x - \frac{\pi^2}{2^2} \cos 2x + \left(\frac{\pi^2}{3^2} - \frac{4}{3^4} \right) \cos 3x - \frac{\pi^2}{4^2} \cos 4x + \left(\frac{\pi^2}{5^2} - \frac{4}{5^4} \right) \cos 5x - \dots \right]$ $\approx 7.752 - 3(5.87 \cos x - 2.467 \cos 2x + 1.047 \cos 3x - 0.6169 \cos 4x + 0.3884 \cos 5x - 7.752 - 17.61(\cos x - 0.4203 \cos 2x + 0.1784 \cos 3x - 0.1051 \cos 4x + 0.662 \cos 5x))$	$\frac{\pi^3}{4}$	3	∞

Продолжение таблицы

3.3	$y = x^4$	$x^4 = \frac{\pi^4}{5} + 48 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{n^2} \left(\frac{\pi^2}{6} - \frac{1}{n^2} \right) \cos nx = \frac{\pi^4}{5} - 48$ $\left[\left(\frac{\pi^2}{6} - 1 \right) \cos x - \frac{1}{2^2} \left(\frac{\pi^2}{6} - \frac{1}{2^2} \right) \cos 2x + \frac{1}{3^2} \left(\frac{\pi^2}{6} - \frac{1}{3^2} \right) \cos 3x - \right.$ $\left. \frac{1}{4^2} \left(\frac{\pi^2}{6} - \frac{1}{4^2} \right) \cos 4x \right) \left(\frac{\pi^2}{6} - \frac{1}{5^2} \right) \cos 5x - \dots \right] =$ $= \frac{\pi^4}{5} - 30.957(\cos x$ $- 0.5407 \cos 2x$ $+ 0.2643 \cos 3x$ $- 0.1534 \cos 4x + 0.0995 \cos 5x - \dots)$	$\frac{\pi^4}{5}$	4	
4	$y = \cos^{2m} \frac{x}{2}$ $-\pi \leq x \leq \pi$	$y(x) = \frac{(2m)!}{2^{2m}(m!)^2} + \frac{1}{2^{2m-1}} \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(2m)!}{k!(2m-k)!} \cos(m-k)x$	$\frac{(2m)!}{2^{2m}(m!)^2}$	$\frac{2^{2m}(m!)^2}{(2m)!} - 1$	m
4.1	$y = \cos^4 \frac{x}{4}$	$\cos^4 \frac{x}{2} = \frac{3}{8} + \frac{1}{2} (\cos x + \frac{1}{4} \cos 2x)$	3/8	5/3=1.66	2
4.2	$y = \cos^6 \frac{x}{2}$	$\cos^6 \frac{x}{2} = \frac{5}{16} + \frac{15}{32} (\cos x + \frac{6}{15} \cos 2x + \frac{1}{15} \cos 3x)$	5/16	11/5=2.2	3
4.3	$y = \cos^8 \frac{x}{2}$	$\cos^8 \frac{x}{2} = \frac{35}{128} + \frac{14}{32} (\cos x + \frac{1}{2} \cos 2x + \frac{1}{7} \cos 3x + \frac{1}{56} \cos 4x)$	35/128	93/35=2.6	4
4.4	$y = \cos^{12} \frac{x}{2}$	$\cos^{12} \frac{x}{2} = \frac{462}{2048} + \frac{792}{2048} (\cos x$ $+ \frac{495}{792} \cos 2x$ $+ \frac{220}{792} \cos 3x$ $+ \frac{66}{792} \cos 4x + \frac{12}{792} \cos 5x + \frac{1}{792} \cos 6x)$	$\frac{462}{2048}$	3.43	6
4.5	$y = \cos^{16} \frac{x}{2}$	$\cos^{16} \frac{x}{2} = \frac{6435}{32768} + \frac{11400}{32768} (\cos x$ $+ \frac{7}{10} \cos 2x$ $+ \frac{21}{55} \cos 3x$ $+ \frac{44}{7} \cos 4x$ $+ \frac{143}{3} \cos 5x$ $+ \frac{1}{286} \cos 6x + \frac{1}{715} \cos 7x + \frac{1}{11440} \cos 8x) \approx$ $\approx 0.196 + (\cos x + 0.7 \cos 2x$ $+ 0.382 \cos 3x$ $+ 0.159 \cos 4x$ $+ 0.049 \cos 5x$ $+ 0.0105 \cos 6x$ $+ 0.0014 \cos 7x + 0.00008 \cos 8x)$	$\frac{6435}{32768}$	4.09	8

Вывод. При проектировании виброблока следует установить значение вынуждающей силы в рабочем направлении. Задаваясь функцией изменения вынуждающей силы следует определить коэффициент динамичности системы и количество вибромодулей для осуществления поставленной задачи. По полученным результатам и используя уравнение (3) рассчитываются масса и эксцентриситет дебалансов. Частота вращения дебалансов, как правило, принимается кратной.

*Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ № 14-41-0843 «Разработка теоретиче-

ских основ проектирования вибрационных модулей для технологических процессов сортировки, измельчения, уплотнения и погружения свай в грунт».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: Справочник / Под. ред. В. А. Баумана и др. М.: Машиностроение, 1970. 548 с.
2. http://www.schenckprocess.ru/files/equipment/screens/lina%20classic_slc_grohot.pdf

3. Герасимов М.Д. Инновационные вибрационные технологии, машины и оборудование. Опыт НИОКР. // Мир дорог. Специальный выпуск. 2015–2016, 2015. С. 31–32.

4. Герасимов М.Д., Мкртычев О.В., Герасимов Д.М. Методика определения величины разбалансировки планетарного

вибратора направленных колебаний // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №1, С. 107–110.

5. Смирнов В.И. Курс высшей математики. Т.2. Издание двадцать первое, стереотипное. Изд-во «НАУКА», М.: 1974.

Gerasimov M.D.

ADDITION OF OSCILLATIONS IN THE VIBROEXCITER

For large values of driving force from of vibration machines are used vibrations addition of of several consistently installed, vibromoduley. Consistently installed vibrobloki form a single vibrating mechanism, which we shall call vibroblokom. The overall exciting force vibrobloka generates driving force directed, for example, vertically. Application of vibro module construction allows one to obtain equal largest driving force up and down. For practical application vibroblokov important to have the use with different characteristics that let you receive the asymmetry values of driving force, directed upwards and downwards. The asymmetry values of driving force generates the working and idle directions of its actions. Asymmetric exciting force can be obtained with the addition of harmonic oscillations of various types. However, the question of definition of size of of the asymmetry of driving force when adding vibrations described by the various by equations for practical use in vibratory machines is insufficiently studied.

Key words: vibration module, vibration unit, the eccentric weight, the driving force, the dynamic factor of the system, the Fourier series.

Герасимов Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: mail_mihail@mail.ru

Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. тех. наук, доц.,
Мещеряков С.А., инженер

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

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, РАСХОДУЕМОЙ НА ДЕЗОГЛАМЕРАЦИЮ СПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРЕСС-ВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

AlexejRom@yandex.ru

В статье представлены аналитические исследования по расчету мощности потребляемой на деагломерацию материалов, предварительно измельченных и спрессованных в пресс-валковом измельчителе.

Ключевые слова: пресс-валковый измельчитель, мощность, деагломерация спрессованных материалов.

Введение. Известно, что использование пресс-валковых измельчителей (ПВИ) в технологической линии помола цемента позволяет повысить производительность помольной линии на 25–35 % [1, 2]. Однако выходящий из ПВИ материал имеет структуру в виде спрессованной ленты, что требует особых условий его деагломерации и окончательного помола. За рубежом широкое распространение получили технологические помольные схемы, включающие в себя ПВИ, молотковую дробилку, используемую для деагломерации спрессованных пластин и традиционную шаровую мельницу для окончательного помола шихты, работающую в открытом или замкнутом цикле измельчения [3, 4, 6]. Реализация такой схемы позволяет повысить производительность шаровой мельницы на 30 % и на 15–18 % снизить удельный расход электроэнергии. Известны также способы помола материалов, при которых материал сначала измельчается между валками ПВИ под высоким давлением, а затем разрушается образованный агломерат во вращающемся дисковом питателе или в элеваторе с центробежной разгрузкой [3, 4], а окончательный помол также осуществляется в шаровой мельнице. Приведенные способы помола материалов позволяют повысить производительность конечного агрегата на 20–35 % и снизить энергозатраты на 10–20 %.

Однако применение дополнительного агрегата для деагломерации спрессованного материала влечет за собой повышение затрат на содержание и эксплуатацию помольного оборудования.

Фирмой «Humboldt Wedag» разработан способ измельчения материалов, в котором деагломерация и окончательный помол шихты осуществляется в одном агрегате – ШИМ. Мельница в этом случае имеет две камеры, первая из которых служит для разрыхления агломерата без мелющих тел или с небольшим их количеством, а

во второй осуществляется окончательный помол. Однако при реализации этого способа не эффективно используется объем и возможности помольного агрегата. Поэтому целесообразно проводить исследования, связанные с созданием оборудования и способа помола, который позволяет производить предварительное измельчение и деагломерацию шихты в одном агрегате [5, 7].

Методология: Рациональное решение данной проблемы заключается в разработке и создании агрегата совмещающего в себя процессы измельчения материалов давлением и разрушения спрессованных пластин. Проведенные экспериментальные исследования по изучению влияния давления измельчения материалов на величину усилия разрушения спрессованных в ПВИ пластин [8] позволили установить, что с увеличением давления прессования увеличивается не только степень измельченности материала, но и прочность спрессованных пластин. Причем для их деагломерации необходимо в зависимости от направления прилагать различные по величине усилия, также установлено, что целесообразно прилагать усилия их разрушения в направлении перпендикулярном прессованию или сочетание раздавливающих и сдвиговых деформаций.

Основная часть. С учетом полученных результатов исследования нами разработана опытная конструкция ПВИ с устройством для деагломерации спрессованной ленты, которая позволяет совместить в себе процессы измельчения и деагрегации спрессованного материала, тем самым снизить эксплуатационные затраты и повысить эффективность использования помольного агрегата (рис. 1).

Пресс-валковый измельчитель с устройством для деагломерации включает в себя загрузочный бункер 2, установленные на раме конические валки 1 и дезогламерирующее устрой-

ство, которое состоит из дополнительных валков 3, имеющих конусность обратную основным

валкам.

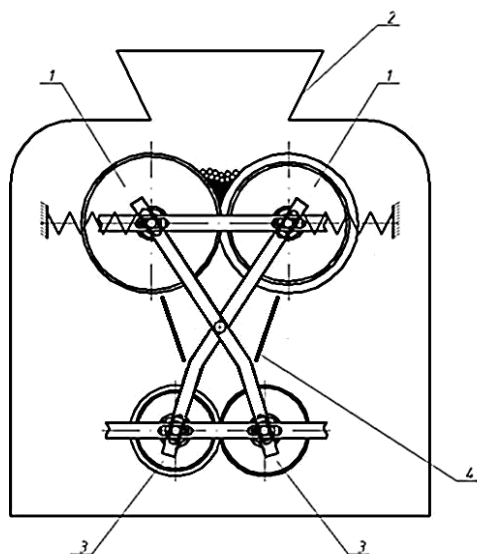


Рис. 1. Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации материалов: а) схема, б) опытная установка

Агрегат для измельчения материалов работает следующим образом. В загрузочный бункер 2 подается исходный материал, например, клинкер который захватывается коническими валками, между которыми осуществляется его разрушение и прессование.

Выходя из межвалкового пространства в виде спрессованных пластин материал, разрушается между двух дополнительных валков конических валков.

Дополнительные валки имеют обратный конус с основными коническими валками и тем самым осуществляют противоположно направленное силовое воздействие на измельченный и спрессованный в основных валках материал, что позволяет произвести не только его дезагломерацию, но и раскрыть микротрещины частиц.

Как показали исследования, в зависимости от исходного материала и режима его измельчения в ПВИ в нем содержится от 30 % до 40 % готового продукта с размерами зерен менее 80×10^{-3} мм. Удаление, которого перед агрегатом окончательного помола позволяет значительно снизить энергозатраты. Однако на процесс дезагломерации материалов дополнительно затрачивается мощность, расходуемая на перемещение и разрушение спрессованных пластин, а отсутствие методики расчета её величины тормозит внедрение данной конструкции ПВИ в производство.

Для нахождения мощности, затрачиваемой на разрушение спрессованных пластин материала между пресс-валками, обратимся к расчетной схеме, представленной на рисунке 2.

Согласно, расчетной схемы (рис. 2) площадь силового воздействия от момента захвата

материала до выхода его из валков (заштрихованной фигуры), и объем соответственно равны:

$$S_0(\alpha_0) = h_0 R \sin \alpha_0 - R^2 \alpha_0 + \frac{R^2}{2} \sin 2 \alpha_0. \quad (1)$$

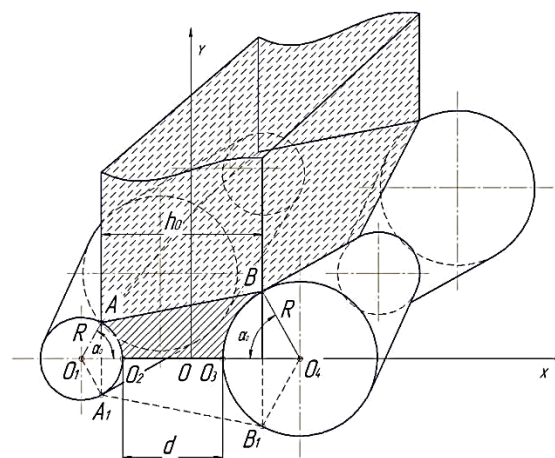


Рис. 2. Расчетная схема для определения площади разрушаемой пластины материала

$$V = S_0(\alpha_0) \cdot b. \quad (2)$$

В результате захвата вращающимися валками пластины материала под действием силы упругости в нем возникает энергия равная:

$$Q_b = k \int_d^{h_0} y dy = \frac{k}{2} (h_0^2 - d^2), \quad (3)$$

где k – коэффициент жесткости блока пружин; h_0 – исходная толщина пластины материала; d – линейный размер частиц измельченного материала.

В результате введения энергии (3) в объеме (2) совершается работа по разрушению пластины материала, величина которой равна:

$$A = \frac{\sigma_P^2 V}{2E} = \frac{\sigma_P^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{2E}. \quad (4)$$

где σ_P – предел прочности пластины материала при одноосном сжатии; E – модуль Юнга разрушаемого материала; b – ширина валков.

На основании (3) и (4) получаем следующее соотношение:

$$\frac{k}{2}(h_0^2 - d^2) = \frac{\sigma_P^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{2E}. \quad (5)$$

Исходя из (5) величина линейного размера измельченного материала, равна:

$$d = h_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_P^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{kE}}. \quad (6)$$

В силу положительности подкоренного выражения в (6) можно получить следующее неравенство:

$$k \geq k_0 \quad (7)$$

где введено следующее обозначение:

$$k_0 = \frac{\sigma_P^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{E}. \quad (8)$$

Полученное соотношение (8) определяет минимально допустимое значение величины жесткости блока пружин, при которой происходит дезагломерация (разрушение) спрессованного материала.

Величина мощности, затрачиваемая на разрушение пластины материала N_p при повороте валков пресс-валкового измельчителя на угол α_0 :

$$N_p = A \cdot t, \quad (9)$$

где время можно определить как:

$$t = \frac{\alpha_0}{\omega}, \quad (10)$$

ω – частота вращения валков.

С учетом выражений (10), (9), (4) получим уравнение для определения мощности, затрачиваемой на разрушение измельченного и спрессованного в пластины материала между основными валками ПВИ:

$$N_p = \frac{\sigma_P^2 S_0(\alpha_0) \cdot b \cdot \alpha_0}{2 \cdot E \cdot \omega}. \quad (11)$$

Таким образом, полученное аналитическое выражение (11) позволяет определить мощность, затрачиваемую на дезагломерацию измельченного и спрессованного между основными валками материала с учетом геометрических

размеров валков и физико-механической характеристики материала.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования на опытной установке ПВИ подтвердили эффективность от использования и высокую сходимость результатов, полученных расчетным и экспериментальным путем. Расхождения составили не более 10–15 %

В настоящее время проводятся работы по внедрению опытно-промышленной установки в технологическую линию для производства строительных смесей, расположенной на производственной площадке ООО «СпецСтрой-5».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А., Алехин П.В., Мещеряков С.А. Определение усилия измельчения анизотропных материалов в пресс-валковом измельчителе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С. 79-82.
2. Romanovich A.A. The technology of nanomaterials obtaining with using of traditional milling equipment // International Conference on European Science and Technology. 2012. S. 233-236.
3. Романович М.А., Рудычев А.А., Романович Л.Г. Венчурное инвестирование в инновационные предприятия за рубежом и в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №4. С. 124-127.
4. Богданов В.С., Семикопенко И.А., Масловская А.Н., Пензев П.П. Дезинтегратор с узлом высокоскоростной подачи измельчаемого материала // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 101–103.
5. Романович А.А. Энергосберегающий помольный комплекс для переработки природных и техногенных материалов: монография, Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 187с.
6. Шонерт К. Энергетические аспекты хрупких материалов // Zement-kalk gips. 1979. Т.32. №11. р. 1–9.
7. Шонерт К., Кноблах О. Измельчение цемента на валковом измельчителе в постели материала // Zement-kalk gips 1986.Т.37. №11. р. 1–9.
8. Романович А.А., Орехова Т.Н., Мещеряков С.А., Прокопенко В.С. Технология получения минеральных добавок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 188–192.

Romanovich A.A., Voronov V.P., Meshcheryakov S.A., Apukhtina I.V.

CALCULATION OF THE POWER REQUIRED FOR DESAGGLOMERATION PRESSED MATERIAL IN THE PRESS-ROLLER GRINDER

The paper presents an analytical study on the calculation of power consumption for desagglomeration materials, pre-crushed and pressed in a press roller grinder.

Key words: *press roller chopper, power, desagglomeration pressed materials.*

Романович Алексей Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: AlexejRom@yandex.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат технических наук, профессор кафедры механическое оборудование и технология машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Мешеряков Сергей Анатольевич, инженер кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ms4488@mail.ru

Апукhtина Инна Васильевна, ассистент кафедры общей математики.

Белгородский государственный университет

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Уральский В.И., канд. техн. наук, проф.,
 Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,
 Сеница Е.В., канд. техн. наук, доц.,
 Уральский А.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ В ПОМОЛЬНЫХ КАМЕРАХ ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО АГРЕГАТА*

WIURAL@mail.ru

В статье представлены аналитические зависимости, описывающие кинематику вибрационно-центробежного агрегата, а так же аналитические зависимости на основе одностепенной динамической системы агрегата, позволяющие определить динамические и энергетические характеристики функционирования агрегата.

Ключевые слова: центробежный агрегат, ударные нагрузки, траектории движения, мелющая загрузка.

Для изучения движения мелющих тел в помольных камерах вибрационно-центробежного агрегата [1] и определения рациональных режимов его работы создана лабораторная установка (рис. 1). Кинематическая схема лабораторной установки полностью соответствует схеме экспериментальной установки вибрационно-центробежного агрегата.

С помощью лабораторной установки можно наглядно проследить движение загрузки в камерах. В верхней камере мелющая загрузка совершает возвратно-поступательное движение, в средней перемещается по эллиптической траектории, в нижней движется по круговой траектории (рис. 2).

Сложность расчета траектории, как каждого шара в отдельности, так и мелющей загрузки в целом объясняется частыми многократно повторяющимися ударами мелющих тел друг с другом и корпусом помольной камеры. При усло-

вии, что удар мгновенный, исследование этого процесса представляет собой сложную задачу.

Можно отметить, исходя из работ [2, 3], что разрушение частиц материала происходит при попадании его в зону контакта между соударяемыми шарами, либо между шарами и подвижной стенкой корпуса помольной камеры. В этом случае реализуется ударно-истирающее воздействие на материал, в результате чего в нем возникает напряженное состояние.

Для выявления механизма измельчения в исследуемом вибрационно-центробежном агрегате необходимо рассмотреть характер движения мелющих тел с позиции ударных нагрузок.

В первую очередь исследуем движение мелющих шаров в верхней камере, совершающей возвратно-поступательные движения вдоль вертикальной оси. Рассмотрим движение шара, находящегося на вибрирующей поверхности, используя методы, изложенные в [3].

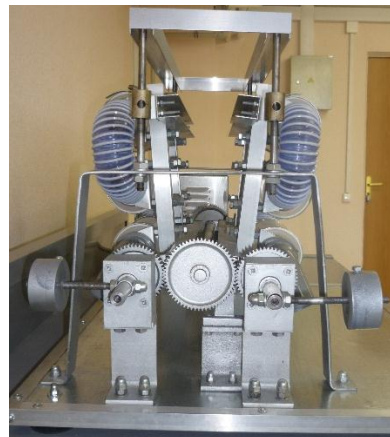
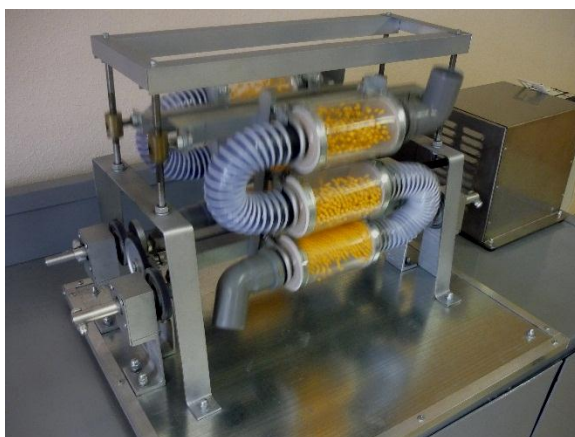


Рис. 1. Лабораторная установка вибрационно-центробежного агрегата:
 а – общий вид; б – вид с боку

Вибрирующая поверхность помольной камеры движется периодически по закону [4]:

$$y = e(\sin\varphi + \sqrt{v^2 - \cos^2\varphi}) \quad (1)$$

где e – величина эксцентриситета вала, м; v – коэффициент длины шатуна; φ – угол поворота эксцентрикового вала, град

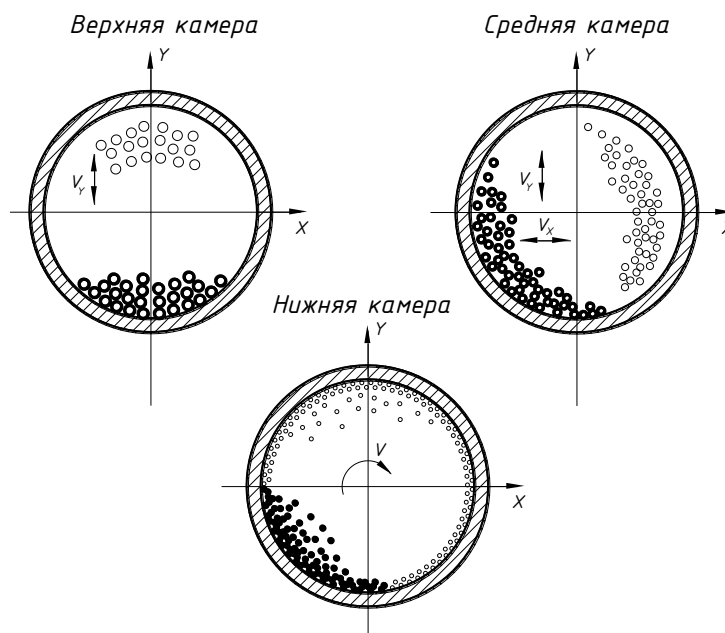


Рис. 2. Движение мелющих тел в камерах агрегата

Будем считать движение шара в помольной камере как одноударный режим непрерывного подбрасывания, т.е. движение шара при ударе о нижнюю стенку камеры происходит до верхней стенки камеры, но до удара о нее [5, 6].

Определим характеристики одноударного периодического режима (рис. 3).

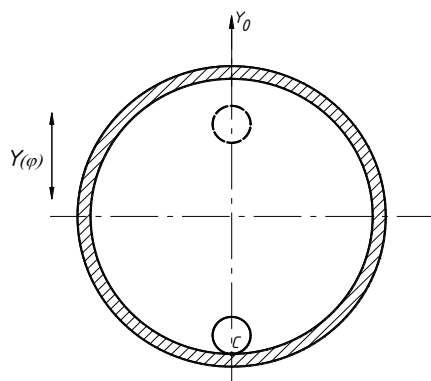


Рис. 3. Схема воздействия камеры на шар при центральном ударе

Положения и скорости шара в начале и в конце интервала его безударного движения описываются следующими граничными условиями:

$$\begin{aligned} y &= Y(\varphi), \dot{y} = v \text{ при } t = 0, \\ y &= Y(\varphi), \dot{y} = u \text{ при } t = T, \end{aligned} \quad (2)$$

где u – скорость шара перед ударом, м/с; v – скорость шара после удара, м/с; $T = 2\pi/\omega$ – период движения шара, с; ω – угловая скорость эксцентрикового вала, рад/с.

На интервалах между ударами шар движется под действием силы тяжести. Закон движения имеет вид:

$$y = Y(\varphi) + vt - \frac{gt^2}{2}, \quad (3)$$

Из условия периодичности положения шара $y(0) = y(T)$ определяются величины скоростей u , v и ударного импульса I :

$$v = u = \frac{gT}{2}, \quad (4)$$

$$I = mgT. \quad (5)$$

При этом необходимо учитывать, что $\bar{v} = -\bar{u}$.

В рассматриваемом случае только координата $y_c = Y(\varphi)$ точки удара в периодическом режиме зависит от закона движения поверхности камеры. В остальном движение шара полностью определяется условиями периодичности.

Предполагая, что масса подвижной рамы вместе с помольными камерами значительно больше массы шара и скорость точки удара остается при ударе неизменной, выражение для относительных скоростей до и после удара будет иметь следующий вид [3]:

$$v - \dot{Y}(\varphi) = -R[u - \dot{Y}(\varphi)], \quad (6)$$

где R – коэффициент восстановления скорости при ударе (для реальных условий $0 \leq R < 1$).

С учетом (4) получим выражение, связывающее скорости обоих звеньев при ударе:

$$v = \dot{Y}(\varphi) \frac{1+R}{1-R}. \quad (7)$$

В результате получаем зависимость, определяющую изменение скорости шара при ударе для рассматриваемого случая:

$$v(\varphi) = e \left(\cos \varphi - \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{v^2 - \cos^2 \varphi}} \right) \frac{1+R}{1-R}. \quad (8)$$

Выражение (6) и полученные из него зависимости (7) и (8) справедливы в предположении, что удар шара и стенки камеры является прямым и центральным. Однако реальное взаимодействие звеньев будет сопровождаться не центральными, а косыми ударами. При этом происходит изменение величины и направления скоростей участвующих в ударе тел. Возникают нормальные и касательные составляющие. В ряде источников [3] косой удар рассматривается с позиции гипотезы вязкого трения.

На рис. 4 показана схема воздействия камеры на шар при косом ударе.

В точке M происходит контакт вибрирующей поверхности и шара. Нормаль n направлена по радиусу цилиндра камеры, касательная t — перпендикулярна радиусу.

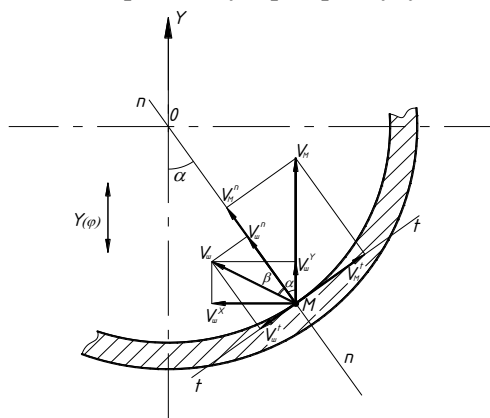


Рис. 4. Схема воздействия камеры на шар при косом ударе

Нормальная и тангенциальная составляющие скорости точки M определяются выражениями

$$v_M^n = v_M \cos \alpha; \quad (9)$$

$$v_M^t = v_M \sin \alpha, \quad (10)$$

где α — центральный угол, определяющий положение точки удара, град.

Скорость $v_M(\varphi) = \dot{Y}(\varphi)$ будет определяться выражением

$$v_M(\varphi) = e \left(\cos \varphi - \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{v^2 - \cos^2 \varphi}} \right). \quad (11)$$

Нормальная и тангенциальная составляющие скорости шара после удара связаны следующими соотношениями:

$$v_{iu}^n = v_M^n R, \quad (12)$$

$$v_{iu}^t = -v_M^t (1 - \lambda), \quad (13)$$

где λ — коэффициент вязкого трения.

Значения λ колеблются в пределах $0 \leq \lambda < 1$.

Величина скорости шара после удара определяется выражением

$$v_{iu} = \sqrt{(v_{iu}^n)^2 + (v_{iu}^t)^2}. \quad (14)$$

В нижней камере вибрационно-центробежного агрегата Энергия движения от корпуса для всей мелющей загрузки будет передаваться последовательно от внешнего слоя к внутренним слоям [7].

Рассмотрим перемещение наружного слоя шаров (рис. 5).

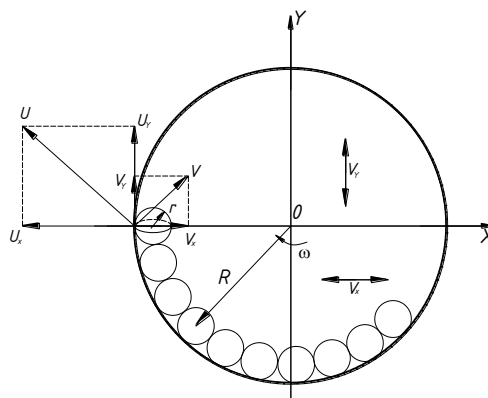


Рис. 5. Схема движения наружного слоя мелющей загрузки

Его движение будет осуществляться за счет взаимодействия с колеблющейся стенкой камеры. Так как помольные камеры агрегата горизонтальны и отсутствует осевое перемещение мелющих шаров вдоль камер, то ограничимся рассмотрением движения слоя в плоскости XY , перпендикулярной продольной оси камеры. Тело, находясь в этой плоскости под действием центробежных сил и сил тяжести, совершает циклическое круговое движение. При этом сложное движение можно разложить на следующие составляющие:

- поступательное движение вдоль оси X ;
- поступательное движение вдоль оси Y ;
- вращательное движение в плоскости XY .

Соударение шаров с колеблющейся плоскостью для поступательного и вращательного движений описывается через теорему сохранения импульсов:

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 ;$$

$$I_1 \omega_1 + I_2 \omega_2 = I_1 \omega_1' + I_2 \omega_2', \quad (13)$$

где m_1, m_2 – массы шарового слоя и колеблющейся плоскости; I_1, I_2 – моменты инерции соударяемых тел; $u_1, u_2, \omega_1, \omega_2$ – доударные скорости при поступательном и вращательном движениях; $v_1, v_2, \omega_1', \omega_2'$ – послеударные скорости при поступательном и вращательном движениях.

При столкновении двух тел коэффициент восстановления определяется выражением

$$R = \frac{v_2 - v_1}{u_2 - u_1}. \quad (14)$$

С учетом (13) и (14) конечные скорости движения шарового слоя:

$$v_1 = \frac{(m_1 - Rm_2)u_1 + m_2(1+R)u_2}{m_1 + m_2}; \quad (15)$$

$$\omega_1' = \frac{(I_1 - RI_2)\omega_1 + I_2(1+R)\omega_2}{I_1 + I_2}. \quad (16)$$

Выражения (15) и (16) приемлемы для прямого, центрального удара. В случае косоугольного удара возникают нормальные и касательные составляющие. Используя гипотезу вязкого трения, можно описать скорости соударяемых тел при нескользящем контакте.

Учитывая, что начальные скорости для стенки камеры и шара различны и применяя (15) и (16) к гипотезе вязкого трения, получаем выражения для нормальных и касательных составляющих скоростей шарового слоя:

$$v_{1x} = \frac{(m_1 - Rm_2)u_{1x} + m_2(1+R)u_{2x}}{m_1 + m_2}; \quad (17)$$

$$v_{1y} = \frac{[m_1 + m_2(1-\lambda)]u_{1y} + u_{2y}m_2\lambda}{m_1 + m_2}; \quad (18)$$

$$\omega_1' = \frac{[I_1 + I_2(1-\lambda)]\frac{u_{1y}}{\rho_{ш}} + I_2\lambda\frac{u_{2y}}{\rho_{ш}}}{I_1 + I_2}, \quad (19)$$

где $\rho_{ш}$ – радиус слоя шаров мелющей загрузки; u_{2x} – нормальная составляющая скорости корпуса камеры; u_{2y} – касательная составляющая скорости корпуса камеры; λ – коэффициент вязкого трения.

Величины нормальных и касательных составляющих скорости корпуса нижней камеры определяются по результатам кинематического анализа рычажного механизма агрегата.

Выражения (17)–(19) справедливы и для анализа движения мелющей загрузки в средней камере агрегата, совершающей движение по эллиптической траектории. При этом кинематические характеристики, необходимые для расче-

тов, определены при кинематическом анализе движения соответствующих точек агрегата.

**Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках научного проекта №14-41-08054 р_офи_м*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2277973 Российская Федерация, В 02 С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель ООО «ТК РЕЦИКЛ». №2005118705/03, заявл. 24.06.05; опубл. 20.06.06, Бюл. №17. С. 8.
2. Пат. 2381837 Российская Федерация, В 02 С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, ООО «ТК РЕЦИКЛ». №2008109444/03, заявл. 11.03.08; опубл. 20.02.10, Бюл. №5. С. 11.
3. Уральский А.В., Севостьянов В.С. Многофункциональный центробежный агрегат с параллельными помольными блоками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 106–112.
4. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Энергосберегающие помольные комплексы для получения механоактивированных композиционных смесей // Известия вузов. Строительство. 2009. №5. С. 68–79.
5. Сеница Е.В., Уральский А.В., Плетнев А.В. Влияние движения мелющей загрузки на динамику центробежного помольно-смесительного агрегата // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: сб. докладов Международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. С. 188–192.
6. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Вопросы динамического исследования центробежного помольно-смесительного агрегата // Вибрационные машины и технологии: Сборник науч. тр. / редкол. С.Ф. Яцун (отв. ред.) [и др.]; Курский гос. техн. ун-т. Курск, 2008. С. 596–601.
7. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Определение энергетических характеристик центробежного помольного агрегата // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 21–25.

Uralskiy V.I., Sevostyanov V.S., Sinitsa E.V., Uralskiy A.V.

THE RESEARCH TRAJECTORY OF THE GRINDING BODIES IN THE GRINDING COMPARTMENTS OF VIBRATION-CENTRIFUGAL UNIT

The article presents analytical dependences describing the kinematics of a centrifugal grinding unit, as well as analytical expressions based on the single-mass dynamic system of the unit, allowing to define the dynamic and energy characteristics of the functioning of the unit.

Key words: grinding machine, impact loads, the motion trajectory of grinding media download

Уральский Владимир Иванович, кандидат технических наук, профессор кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: WIURAL@mail.ru

Севостьянов Владимир Семенович, доктор технических наук, профессор кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Синица Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: evsinica@gmail.com

Уральский Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: alexx_1984.10@mail.ru

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Дубенко Ю.В., канд. техн. наук, доц.,
Дышкант Е.Е., аспирант

Армавирский механико-технологический институт (филиал) Кубанский государственный
технологический университет

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

ed0802@yandex.ru

Как известно, электроэнергетической отрасли присущ некоторый консерватизм. Это связано как со спецификой отрасли, где надежность ставится на первое место, так и с нормативными сроками службы электросетевого оборудования, которые могут исчисляться десятилетиями. Но в текущих реалиях следование по данному пути является ошибочным. Совсем недавно отрасль была в глубоком кризисе. Проблемы, постигшие электроэнергетику в 90-е в связи с переходом к рыночной экономике в 2000-е годы дали о себе знать. Сообщения о многочисленных авариях в электроэнергетическом комплексе в прессе в то время были частым явлением. Несмотря на определенную стабилизацию в отрасли, достигнутую в последнее время, достигнуть принципиального улучшения показателей эффективности электроэнергетики, в частности объема потерь электроэнергии, так и не удалось. До сих пор их уровень в целом по стране остается достаточно высоким, а в некоторых регионах достигает абсолютно неприемлемых значений. Все это говорит о том, что дальнейшее развитие отрасли невозможно без отказа от экстенсивного пути и перехода к качественному совершенствованию отечественной электроэнергетики, ее интеллектуализации в рамках достаточно популярной сегодня концепции «smart grid». В данной статье приводится описание одного из возможных компонентов «smart grid» – интеллектуальной системы контроля и прогнозирования потерь электроэнергии.

Ключевые слова: потери электроэнергии, интеллектуальная система, контроль, прогнозирование, электросетевое устройство, датчик.

Наличие потерь электроэнергии – это явление, обусловленное физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии по линиям электропередачи, поэтому являющееся для электроэнергетики абсолютно обыденным. Но величина потерь электроэнергии не является постоянной и зависит от большого количества факторов, воздействуя на которые можно способствовать ее снижению, т.к. уменьшение объема потерь электроэнергии будет способствовать снижению финансовых убытков электроэнергетической компании.

Потери электроэнергии по причине их возникновения можно разделить на две большие группы – коммерческие и технические. Коммерческие потери, как правило, связаны с хищением электроэнергии. Технические потери, как ранее было сказано, обусловлены физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии, к ним также можно отнести метрологические потери, связанные с погрешностью приборов учета, а также расход электроэнергии, связанный с обеспечением работы оборудования

подстанций. Более подробно вопрос происхождения и классификации потерь электроэнергии рассматривается в [1].

Как указывается в [2], значение объема потерь электроэнергии ПАО «Россети» колеблется вблизи отметки в 10 %. Это ниже, чем в 90-е, но при этом выше, чем в 80-е годы, когда объем потерь в сетях Министерства энергетики СССР достигал 9 % [2]. Цифра в 10 % является максимальной с точки зрения физики, нормальным считается уровень в 4–5 % [3]. При этом 10% – это лишь средний объем потерь электроэнергии по стране, но при этом в отдельных дочерних и зависимых обществах в 2013 году уровень потерь достигал 13–14 % («Кубаньэнерго» и «МРСК Северного Кавказа»), а то и 19 % («Янтарьэнерго»). Очевидно, что без перехода с экстенсивного пути развития к пути качественного совершенствования электроэнергетического комплекса дальнейшего прогресса в снижении потерь электроэнергии достичь не удастся.

Был проведен патентный поиск в области устройств и способов для снижения потерь

электроэнергии, а также контроля качества электроэнергии, рассмотрены патенты RU 2349012, RU 2541207, RU 2351049, RU 2548618.

В патенте RU 2349012 приводится описание способа снижения потерь электроэнергии в сетях 6 (10)–0,4 кВ, который основан на автоматической регулировке нагрузки фаз в трехфазной линии [4]. Принцип применения данного способа заключается в следующем: с аналоговых датчиков, расположенных на линии, на микроконтроллер передаются значения тока в каждой из трех фаз, если токи в фазах неодинаковы, в микроконтроллере по специальной программе рассчитывается среднее значение тока и определяется, какие переключения необходимо осуществить в сети для выравнивания фазовых нагрузок. Далее формируется управляющий сигнал, который через приемопередающее устройство поступает на соответствующий выключатель.

Способ снижения потерь электроэнергии, описываемый в патенте RU 2351049 [5], во многом схож со способом, рассмотренным выше.

В патенте RU 2541207 приводится описание интеллектуальной микропроцессорной системы контроля и регистрации потерь электроэнергии в присоединениях распределительного устройства [6]. В состав устройства входят аналоговые датчики тока, температуры окружающей среды, температуры проводников распределительного устройства, микроконтроллер, приемопередающее устройство. Принцип действия устройства сводится к расчету и регистрации потерь электроэнергии.

В патенте RU 2548618 описывается устройство, принцип работы которого заключается в регистрации значения напряжения в сети и сигнализации, в случае его отклонения от некоторого эталонного значения [7].

Использование способов и устройств, описанных в рассмотренных выше патентах, по отдельности было бы не столь продуктивным. В частности способ снижения потерь, приводимый в патентах [4] и [5], основан на выравнивании нагрузки фаз, но перечень мероприятий по снижению потерь электроэнергии лишь этим не ограничивается (подробно с мероприятиями по снижению потерь электроэнергии можно ознакомиться в [1]). В свою очередь, устройство [6], обладающее функцией записи потерь электроэнергии в постоянное запоминающее устройство, и вовсе напрямую не способно повлиять на величину потерь электроэнергии, а представляет интерес с точки зрения дальнейшего анализа сохраненных показателей. То же касается и устройства [7], в котором производится запись величины напряжения в постоянную память и сигнализация оператору в случае, если зафикси-

ровано ее отклонение от некоторого эталонного значения.

Несомненным достоинством способов [4] и [5] является идея передачи управляющих сигналов от микроконтроллера к выключателям, которую можно охарактеризовать как обратную связь. Ее развитие применительно к другим электросетевым устройствам, оказывающим влияние на величину потерь электроэнергии, было бы весьма продуктивным.

Здесь просматривается техническое решение, основанное на объединении идей, предложенных в патентах [4], [5] и [6].

Серьезное преимущество данному техническому решению может принести добавление функции прогнозирования потерь электроэнергии, т.к. предотвращение неблагоприятной ситуации (в данном случае – высокого уровня потерь электроэнергии) еще на ранних этапах будет способствовать экономии финансовых средств, которые могли бы быть направлены на ее разрешение и ликвидацию последствий. Для осуществления прогнозирования целесообразно использовать данные, сохраненные в постоянном запоминающем устройстве. Прежде всего, это климатические показатели, объем отпуска электроэнергии в сеть, средневзвешенный коэффициент асимметрии загрузки фаз и т.п., подробно факторы, влияющие на величину потерь электроэнергии рассматриваются в [3].

Исходя из вышеуказанного, просматривается следующая структура устройства:

- блок управления, представляющий собой высокопроизводительный микроконтроллер, содержащий систему сбора данных, блок прогнозирования, а также блок принятия решений, в котором должен производиться анализ текущих показателей датчиков, счетчиков и измерительных устройств, результатов прогнозирования, и выработка управляющих воздействий для корректировки параметров электросетевых устройств;

- постоянное запоминающее устройство, в котором должны сохраняться показатели датчиков, счетчиков и измерительных устройств;

- цифровые датчики, счетчики, измерительные устройства с подключенными, либо встроенными передающими устройствами;

- интеллектуальные электросетевые устройства с подключенными, либо встроенными приемными устройствами, обладающие функцией дистанционного управления путем обработки поступивших на них управляющих воздействий.

Блок принятия решений, входящий в состав блока управления, должен также обладать адаптивной функцией самообучения. Все это требует применения в нем элементов искусственного

интеллекта, таких как экспертные системы, нейронные сети и т.п.

Основным требованием к алгоритму прогнозирования, используемым в соответствующем блоке, является высокая точность результата, достичь которой можно путем применения наиболее эффективных алгоритмов прогнозирования (данный вопрос подробно рассмотрен в [3]), возможно, и нескольких одновременно. Одним из вариантов может быть применение алгоритма, описываемого в [8].

В конечном итоге, учитывая все вышеуказанные аспекты, получаем интеллектуальную систему контроля и прогнозирования потерь электроэнергии, схема которого представлена на рис. 1.

На рис. 1 приняты следующие условные обозначения:

1 – блок управления, представляющий микроконтроллер, включающий блок прогнозирования 2, постоянное запоминающее устройство 3, интеллектуальный блок принятия решений 5, блок анализа текущих показателей 6, SCADA-систему 7;

4 – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, представляющее персональный компьютер с монитором;

8 – приемопередающее устройство;

9 – беспроводная сеть;

10 – электрическая сеть;

11, 13, 19 – передающие устройства;

12, 14 – 1-й и n-й датчики, счетчики и измерительные устройства, в качестве которых должны выступать цифровые датчики тока, напряжения, температуры проводников, измерительные устройства реактивной мощности, счетчики электроэнергии, отпущенной с подстанций, счетчики электроэнергии, расположенные у потребителей, дополнительно обладающие функциями измерения напряжения и реактивной мощности;

15, 17 – приемные устройства;

16, 18 – интеллектуальные электросетевые устройства, обладающие функцией дистанционного управления путем обработки поступивших на них управляющих воздействий, в качестве которых могут выступать регуляторы напряжения, компенсаторы реактивной мощности, различные коммутационные аппараты, трансформаторы;

20 – датчик температуры окружающей среды;

21 – автоматизированная система управления (АСУ) электростанции.

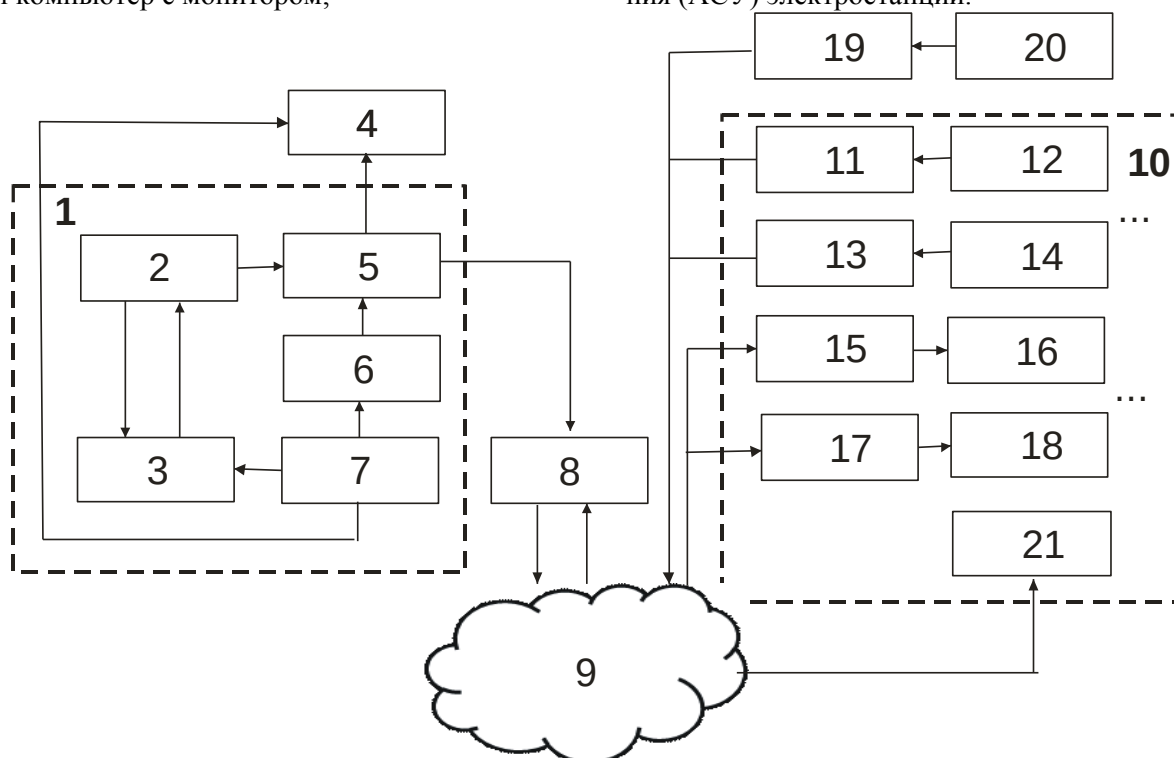


Рис. 1. Схема интеллектуальной системы контроля и прогнозирования потерь электроэнергии

Приемные, передающие, а также приемопередающие устройства представляют GSM-модемы.

Здесь возникает абсолютно логичный вопрос, имеют ли устройства, входящие в состав разрабатываемой системы, реальное воплоще-

ние? Ответ положительный. Например, интеллектуальные счетчики используются уже достаточно длительное время, в [9] приводится подробное описание их моделей и функциональных возможностей. Также следует отметить специальные модули мониторинга линий элек-

тропередач с функциями измерения тока и температуры проводника, реализованные в рамках концепции «Over head Transmission Line Monitoring» [10]. О технической реализации данных устройств подробно рассказывается в [11].

Исследованиями в области интеллектуализации электроэнергетики в России занимается компания ОАО «НТИЦ ФСК-ЕЭС». В частности, в рамках ее проекта по разработке цифровой подстанции к электросетевым устройствам планируется подключать специальные интерфейсные модули с функциями как обработки управляющих команд, так и самодиагностики устройства [12].

Рассмотрим подробнее принцип функционирования разрабатываемой системы. Показатели датчиков, счетчиков и измерительных устройств 12, 14, располагающихся в электрической сети 10, датчика температуры 20 посредством передающих устройств через беспроводную сеть передаются на приемопередающее устройство 8 блока управления 1, с которого поступают на блок 7, представляющий SCADA-систему. С блока 7 данные записываются в постоянное запоминающее устройство 3, отправляются на АРМ оператора 4 и на блок анализа текущих показателей 6. Блок 6, в случае обнаружения отклонения показателей от определенных эталонных значений посылает соответствующий сигнал на блок принятия решений 5. Блок прогнозирования 2 запрашивает у постоянного запоминающего устройства 3 хранящиеся там показатели работы электрической сети, а также значения температуры окружающей среды, на основании которых производит прогнозирование потерь электроэнергии на заданный период времени для сети в целом и для каждого ее участка в отдельности. В случае если спрогнозированный результат превзошел заданное пороговое значение, с блока прогнозирования 2 подается сигнал на блок принятия решений 5. В блоке принятия решений на основании информации, поступившей с блоков 2 и 6, производится выработка управляющих воздействий для электросетевых устройств. Далее управляющие воздействия через приемопередающее устройство 8 отправляются на приемные устройства 15, 17, подключенные к интеллектуальным электросетевым устройствам 16, 18. В случае если принято решение о переводе неиспользуемых генераторов электростанций в режим синхронного компенсатора [1], соответствующая директива отправляется АСУ электростанции. Информация о сгенерированных управляющих воздействиях также с блока принятия решений 5 поступает на АРМ оператора 4.

В результате производится корректировка параметров электросетевых устройств, направленная на снижение уровня потерь электроэнергии, либо на недопущение их возрастания впоследствии до спрогнозированного значения.

Основными преимуществами предложенной интеллектуальной системы контроля и прогнозирования потерь электроэнергии являются:

- полная автоматизация процесса ее функционирования, оператор лишь выполняет надзорную функцию;
- использование новейших цифровых датчиков, счетчиков и измерительных устройств;
- наличие функции прогнозирования, позволяющей заблаговременно принять меры по недопущению достижения спрогнозированных значений потерь электроэнергии;
- наличие обратной связи между электрической сетью и системой: устройство не только получает показания датчиков, счетчиков и измерительных устройств, но также формирует и отправляет управляющие воздействия для электросетевых устройств;
- использование у потребителей счетчиков с передающими устройствами позволит минимизировать коммерческие потери электроэнергии;
- возможность реализации системы как в масштабах города, так и отдельно взятого предприятия.

Реализация интеллектуальной системы контроля и прогнозирования потерь электроэнергии будет способствовать снижению и стабилизации объема потерь электроэнергии, минимизации финансовых издержек электросетевых компаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.: Энас, 2009. 456 с.
2. Дубенко Ю.В., Дышкант Е.Е., Ручкин А.С. Анализ текущего состояния электроэнергетического комплекса в РФ // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ» – № 6, 2015/июнь, 2015 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/466> (дата обращения 12.10.2015).
3. Дубенко Ю.В., Сумская О.А., Дышкант Е.Е., Ручкин А.С. Прогнозирование потерь электроэнергии в энергосистеме России // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2015. – №05(109). [Электронный

ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/64.pdf> (дата обращения 15.10.2015).

4. Патент РФ № 2007149185/09, 29.12.2007. Гринкруг М.С., Митин И.А., Ткачева Ю.И. Способ снижения потерь электроэнергии в распределительных сетях 6 (10)-0,4 кВ // Патент России № 2349012. Бюл. № 7.

5. Патент РФ № 2007149186/09, 29.12.2007. Гринкруг М.С., Митин И.А., Ткачева Ю.И. Способ снижения потерь электроэнергии // Патент России № 2351049. Бюл. № 9.

6. Патент РФ № 2013133215/08, 16.07.2013. Абаймов В.М., Ермаков В.Ф., Горобец А.В. Интеллектуальная микропроцессорная система контроля и регистрации потерь электроэнергии в присоединениях распределительного устройства // Патент России № 2541207. Бюл. № 4.

7. Патент РФ № 2013121533/28, 07.05.2013. Дьяченко Р.А., Лиштаев О.Б., Кабанков Ю.А., Атрощенко В.А., Параскевов В.Н. Сетевой блок контроля качества электроснабжения // Патент России № 2548618. Бюл. № 11.

8. Дубенко Ю.В., Дышкант Е.Е., Ручкин А.С. Модель многофакторного прогнозирования нечетких временных рядов потерь электроэнергии // Политематический сетевой электронный

научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2015. – №06(110). [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/06.pdf> (дата обращения 15.10.2015).

9. АО «Электротехнические заводы «Энергомера»» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energomera.ru/ru/home> (дата обращения: 23.10.2015).

10. Самарин А., Масалов В. Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП // CONTROL ENGINEERING РОССИЯ. 2013. № 3 (45), С. 88-94.

11. MM3 Intelligent Sensor // Sentient Energy [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sentient-energy.com/products/master-monitor-3/> (дата обращения: 25.10.2015).

12. Цифровая подстанция и ее основные фрагменты // ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» [Электронный ресурс]. URL: http://www.ntc-row-er.ru/innovative_projects/digital_substation_and_its_main_fragments/ (дата обращения: 24.10.2015).

Dubenko Y.V., Dyshkant E.E.

SMART SYSTEM OF CONTROL AND FORECASTING OF ELECTRIC ENERGY LOSSES

It is known that the power industry has some features of conservatism. It is associated both with the industry specifics, where reliability comes first, and with the standard service life of the electric grid equipment, which can last for decades. But nowadays following this way is wrong. Recently the industry has been in deep crisis. Problems in the electrical sphere in the 90s with the transition to a market economy in the 2000s had an effect. Reports of numerous accidents in the electricity sector in the media at that time were frequent. Despite some stabilization in the industry, observed at the present time, it's hard to achieve fundamental improvements in the efficiency of electric power, mainly in the reduction of electricity losses amount. Until now their level in the country remains quite high and in some regions it has reached absolutely unacceptable values. All above mentioned suggest that the further development of the sector is impossible without abandoning an extensive way and moving to the qualitative improvement of the native power industry, its intellectualization within a quite popular today concept of «smart grid». This article describes one of the possible components of «smart grid» - intelligent systems of monitoring and forecasting of energy losses.

Key words: loss of power, intelligent system, control, forecasting, powerline device, sensor.

Дубенко Юрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент.

Армавирский механико-технологический институт (филиал). Кубанский государственный технологический университет.

Адрес: Россия, 352905, Краснодарский край, г. Армавир, ул. Кирова, д. 127.

E-mail: scorpioncool1@yandex.ru

Дышкант Евгений Евгеньевич, аспирант

Армавирский механико-технологический институт (филиал). Кубанский государственный технологический университет.

Адрес: Россия, 352905, Краснодарский край, г. Армавир, ул. Кирова, д. 127.

E-mail: ed0802@yandex.ru

**Сахаровский С.К., аспирант,
Фролова И.Н., канд. техн. наук, доц.**
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДБОРА КОРТЕЖЕЙ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ В БАЗЕ ДАННЫХ САПР ТП

fririnik@mail.ru

Для уменьшения трудоемкости разработки ТП разработана информационная модель автоматического подбора кортежей средств технологического оснащения – станка, инструментальной оснастки и режцового инструмента – в базе данных САПР ТП по условию «вершина режущей части резца совпадает с высотой оси шпинделя». Элементы кортежа средств технологического оснащения подбираются с учетом формы, типоразмера посадочных мест и кортеж имеет наименьшее число составляющих компонентов. Описан разработанный программный модуль «Автоматический Сборщик Кортежей».

Ключевые слова: автоматический подбор, инструмент, станок, инструментальная оснастка, программный модуль АСК для САПР ТП.

Введение. Сегодня используются такие системы автоматизации проектирования (САПР) технологических процессов как TechnologiCS, Timeline, ТехноПРО, TCS и другие. В данных системах пользователю приходится выбирать вручную средства технологического оснащения (далее СТО), что не является автоматизированным методом. На предприятии может быть задействовано несколько сотен станков и несколько десятков тысяч режущих инструментов и инструментальных оснасток. Поэтому каждый пользователь САПР ТП будет использовать свои кортежи СТО из базы данных САПР ТП. Кортеж СТО – это последовательность СТО (пара, тройка СТО), которая состоит из инструмента, инструментальной оснастки и станка.

Автором разработан и отлажен программный модуль АСК (Автоматический Сборщик Кортежей) по подбору кортежей СТО в базе данных САПР ТП. Кортеж СТО может быть собран между собой с учетом формы, типоразмера посадочных мест и должен иметь наименьшее число составляющих компонентов. Для решения задачи подбора кортежа СТО следует разбить ее на множество задач по подбору пар СТО или составных частей СТО.

Разработанный программный модуль СК кодирует СТО автоматически при заполнении необходимых полей. Подбор пар СТО происходит по последовательному сравнительному соответствию блоков характеристик элементов кортежа (таблица 1).

Таблица 1

Параметры подбора СТО и их отношения

Параметр подбора РП	отношение	Параметр подбора ДГ	отношение	Параметр подбора ИО (вход. параметры)	Параметр подбора ИО (исх. параметры)	отношение	Параметр подбора станка
1	2	3	4	5	6	7	8
Длина L _{рп}	=	Длина посадочного места под РП L _{дг.пл}					
Ширина S _{рп}	=	Ширина посадочного места S _{дг.пл}					
Форма f _{рп}	=	Форма f _{дг}					
Тип Т _{рп}	=	Тип Т _{дг}					
Исполнение i _{рп}	=	Исполнение i _{дг}					
Крепление К _{рп}	=	Крепление К _{дг}					

Продолжение табл. 1

Параметр подбора РП	отношение	Параметр подбора ДГ	отношение	Параметр подбора ИО (вход. параметры)	Параметр подборка ИО (исх. параметры)	отношение	Параметр подбора станка
1	2	3	4	5	6	7	8
		Ширина Сдг	=	Ширина Sвх.о	Ширина Sвых.о	≤	Ширина посадочного места в резцедержателе Sст
		Высота hдг	=	Высота hвх.о	Высота hвых.о	≤	Высота посадочного места в резцедержателе hст
		СОЖ SOдг	=	СОЖ SOвх.о	СОЖ SOвых.о	=	СОЖ SOст
		Количество крепежных элементов Kкдг	=	Количество крепежных элементов Kквх.о	Количество крепежных элементов Kквых	=	Количество крепежных элементов Kкст
		Тип державки Ндг	≠	Тип приемника Нвх.о	Тип приемника Нвых.о	=	Тип приемника Нст
		Ширина Сдг				≤	Ширина Sст
		Высота hдг				≤	Высота посадочного места в резцедержателе hст
		СОЖ SOдг				=	СОЖ SOст
		Количество крепежных элементов Kкдг				=	Количество крепежных элементов Kкст
		Тип державки Ндг				=	Тип приемника Нст
		Длина dlдг		Длина подкладной пластинки dlплас		≤	Длинные посадочного места в резцедержателе станка
		Ширина Сдг	ИЛИ	Ширина подкладной пластинки Sплас		=	Ширина посадочного места в резцедержателе Sст
		Высота hдг	+	Высота подкладной пластинки hплас		≤	Высота посадочного места в резцедержателе hст
Высота Врп	Высота базирующей поверхности под РП от полувысоты ДГ + Кб +	высота оси ДГ относительно базирующей поверхности ½*hдг	+	Высота подкладной пластинки hплас		=	Высота от базирующей поверхности резцедержателя до оси шпинделя КН

Подбор составных частей режущего инструмента. Для начала режущий инструмент разбивается на составные части. В первую оче-

редь рассматриваются резцы. Резец разбивается на режущую пластину (далее РП) и державку или головку (далее ДГ).

У РП для подбора с ДГ необходимы следующие параметры: L_{rp} , S_{rp} , f_p , T_{rp} , i_p , K_{rp} (см. таблица 1, столбец 1). Остальные характери-

ки геометрии РП, а также материал РП, на подбор кортежа не влияют.

Заполняемые поля при внесении РП в базу данных САПР ТП показаны на рисунке 1.

Рис. 1. Заполняемые поля при внесении режущей пластины в базу данных САПР ТП

У ДГ для подбора с РП необходимы следующие параметры: $L_{дг.пл.}$, $S_{дг.пл.}$, $f_{дг.}$, $T_{дг.}$, $i_{дг.}$, $K_{дг.}$, $S_{дг.}$, $h_{дг.}$, $SO_{дг.}$, $Kk_{дг.}$, $H_{дг.}$ (см. таблица 1, столбец 3).

параметры $S_{дг.}$, $h_{дг.}$, $SO_{дг.}$, $Kk_{дг.}$, $H_{дг.}$ (см. таблица 1, столбец 3).

Заполняемые поля при внесении ДГ в базу данных САПР ТП показаны на рисунке 2.

У ДГ для подбора с инструментальной оснасткой (далее ИО) необходимы следующие

Рис. 2. Заполняемые поля при внесении ДГ в базу данных САПР ТП

У ИО для подбора с ДГ необходимы следующие параметры: $S_{вх.о.}$, $h_{вх.о.}$, $SO_{вх.о.}$, $Kk_{вх.о.}$, $H_{вх.о.}$ (см. таблица 1, столбец 5).

У ИО для подбора со станком необходимы следующие параметры: $S_{вых.о.}$, $h_{вых.о.}$, $SO_{вых.о.}$, $Kk_{вых.о.}$, $H_{вых.о.}$ (см. таблица 1, столбец 6):

Заполняемые поля при внесении ИО в базу данных САПР ТП показаны на рисунке 3.

У станка для подбора с ИО или с ДГ необходимы следующие параметры: $S_{ст.}$, $h_{ст.}$, $SO_{ст.}$, $Kk_{ст.}$, $H_{ст.}$ (см. таблица 1, столбец 8).

Заполняемые поля при внесении станка в базу данных САПР ТП показаны на рисунке 4.

Условия подбора кортежа СТО в математическом виде. Условия образования соединений между элементами кортежей СТО приведены в таблице 2.

Подбор кортежа СТО по условию «вершина режущей части резца совпадает с высотой оси шпинделя». Случай 1: когда в сечении ДГ или ИО - не четырехугольник ($Kk_{дг.}$, $Kk_{вых.}$), условие записывается в виде формулы

$$Кб + \frac{1}{2} \cdot h_{дг} + Врп = КН \quad (1)$$

где Кб – полувысота ДГ, Врп – высота РП, КН – высота от базирующей поверхности резцедержателя до оси шпинделя станка.

$$Кб + \frac{1}{2} \cdot h_{дг} + Врп + h_{плас} = КН \quad \text{и} \quad h_{дг} + h_{плас} \leq h_{ист} \quad (2)$$

где Кб, Врп, КН – см. формулу (1), $h_{дг}$ – высота ДГ, $h_{плас}$ – высота регулировочной пластины,

Случай 2: когда в сечении ДГ или ИО – четырехугольник (Ккдг, Кквых), условие записывается в виде формулы

на рис. 5 не показана $h_{ист}$ – высота приемника резцедержателя станка.

Рис. 3. Заполняемые поля при внесении ИО в базу данных САПР ТП

Рис. 4. Заполняемые поля при внесении станка в базу данных САПР ТП

Таблица 2

Условия подбора кортежа СТО

РП+ДГ	ДГ+Станок
$L_{рп} = L_{дг.пл.}$	$S_{дг} \leq S_{ст.}$
$S_{рп} = S_{дг.пл.}$	$h_{дг} \leq h_{ист.}$
$f_{рп} = f_{дг.}$	$K_{кдг} = K_{кст.}$
$T_{рп} = T_{дг.}$	$N_{дг} = N_{ст.}$
$K_{рп} = K_{дг.}$	

Условия минимизации состава кортежей в программном модуле АСК.

1. Если при последовательном сравнении соответствующих блоков элементов кортежей находятся элементы, соответствующие блокам без ИО, (ДГ-Станок), то режущий инструмент можно поставить на станок без использования ИО. В этом случае кортеж СТО имеет вид **РП-**

ДГ-Станок. Результат работы модуля АСК в этом случае представлен на рисунке 6.

2. Если при последовательном сравнении соответствующих блоков элементов кортежей не находятся элементы соответствующим блокам без ИО (ДГ-Станок), то режущий инструмент следует поставить на станок с использованием ИО. В этом случае кортеж СТО имеет вид

РП-ДГ-ИО-Станок. Результат работы модуля АСК в этом случае представлен на рисунке 7.

Обратный подбор. Подбор кортежей, где входящие данные – станок. Последовательное

сравнение соответствующих блоков элементов кортежей в порядке: **Станок-ДГ-РП.** Результат работы модуля АСК представлен на рисунке 8.

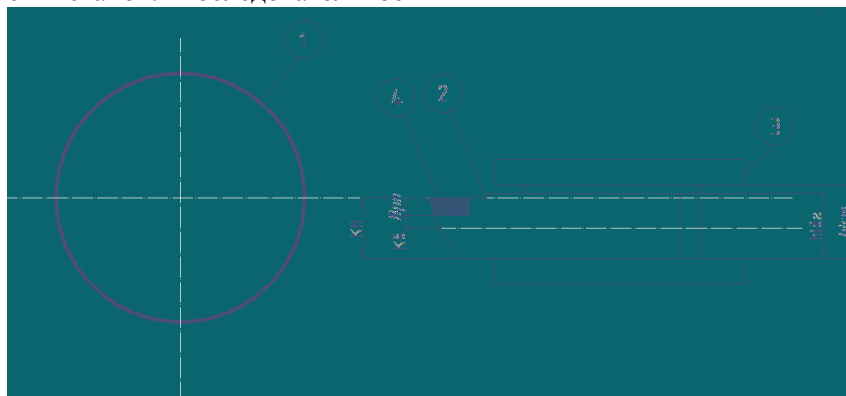


Рис. 5. Схематичный окончательный вид после подбора кортежей.

1 – заготовка, 2– ДГ, 3 - резцедержатель станка, 4 – РП

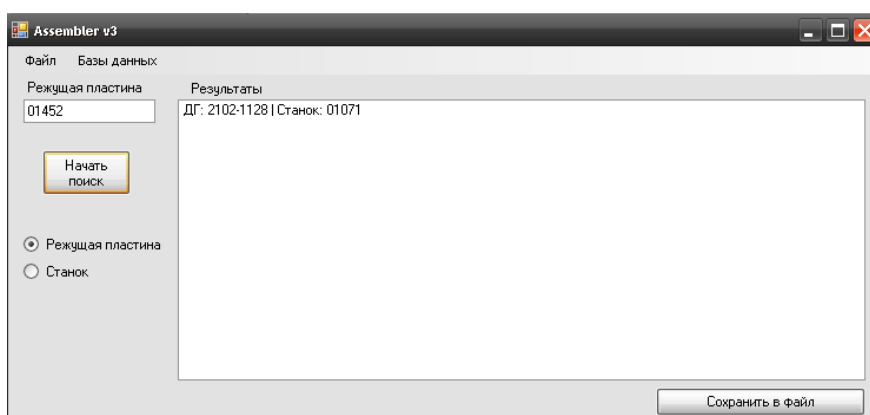


Рис. 6. Результат работы модуля АСК при выполнении условия подбора кортежей без ИО

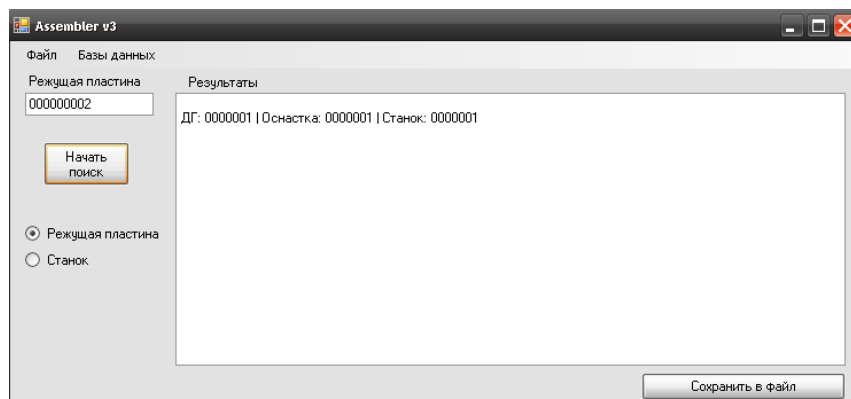


Рис. 7. Результат работы модуля АСК при выполнении условия подбора кортежей без ИО

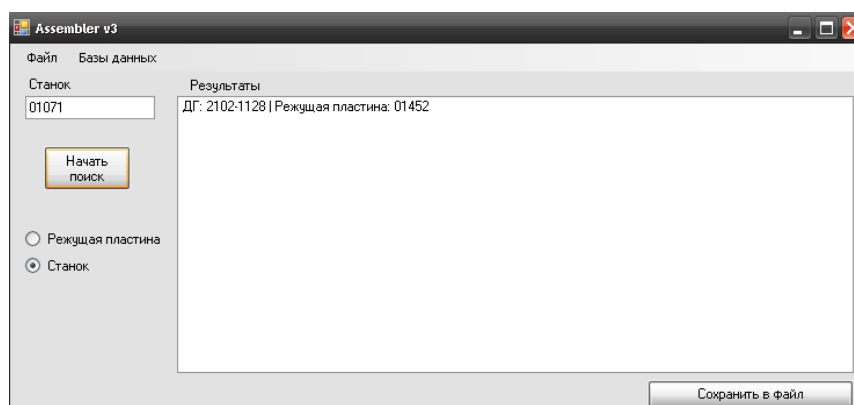


Рис. 8. Результат работы модуля АСК при обратном подборе

Выводы. Сегодня аналогичный модуль подбора СТО встречается в САПР ТП в виде установления соответствий между элементами СТО. При этом ни в одной САПР ТП не существует возможности автоматического поиска соответствий для вновь вводимых в базу данных элементов СТО.

Данный модуль может быть внедрен в САПР ТП и, тем самым, сократит время поиска СТО и облегчит работу технолога.

Универсальность данного модуля позволяет работать со всеми токарными режущими инструментами инструментальными оснастками и станками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евстигнеев В.Н., Неделева Т.А. Кинематика станков в примерах и задачах, Нижний Новгород. 2004.
2. Виленкин Н.Я. Комбинаторика, 1969
3. Ромакин В.А. Алгоритмы сборки 3D-моделей объектов машиностроения ИПУ РАН, Москва
(<http://lab18.ipu.ru/projects/conf2011/1/3.htm>)
4. Г.Г. Литова, Д.Ю. Ханукаева Основы векторной алгебры, Москва 2009
5. Левитский Н. И. Курс теории механизмов и машин: Учеб. пособие для мех. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1985. 279 с, ил.
6. Артоболевский И. И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие. В 7 томах. 2-е изд., переработанное. М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1979.

Sakharovskii S.K., Frolova I.N.

SIMULATION OF SELECTION CORTEGES OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT IN DATABASE OF CAD TP

To reduce the complexity of the development of the information model developed by TP automatic selection of tuples of technological equipment - machine, tooling and incisive tool – the database of CAD TA condition «tip of the cutting part of the tool coincides with the height of the spindle axis.» The elements of a tuple of technological equipment are selected with regard to the shape, size seats and a tuple has the least number of components. The developed software module «Automatic garbage motorcade».

Key words: automatic selection of tool, machine tool equipment, software module AGM for CAD TA.

Сахаровский Станислав Константинович, аспирант кафедры технологии и оборудования машиностроения. Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева
Адрес: Россия, 603950, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24.
E-mail:cmac1992@mail.ru

Фролова Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроения.
Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева
Адрес: Россия, 603950, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24.
E-mail: fririnin@mail.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Новоселов А.Г., канд. техн. наук, доц.,

Класен В.К. д-р техн. наук, проф.,

Новоселова И.Н. канд. техн. наук, ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОБЖИГА КЛИНКЕРА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЛОСНИКОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА*

alexxxxey@mail.ru

В статье рассмотрено влияние эффективности работы колосникового клинкерного холодильника печи мокрого способа производства $4,5 \times 170$ м на изменение положения зоны спекания, микроструктуру и активность клинкера. Положение зоны спекания определялось по расположению максимальной температуры корпуса печи. Наибольшей прочностью 48,4 МПа обладает цемент, полученный из клинкера, обожженного при среднем положении зоны спекания и работе холодильника с максимальным коэффициентом полезного действия 80 %. Снижение эффективности работы клинкерного холодильника с 80 до 70 и 65 % и смещение максимальной температуры корпуса печи с 12 до 15 и 22 м приводит к изменению микроструктуры клинкера от отчетливой среднезернистой с равномерным распределением минералов до нечеткой, неравномерной с разрушенными гранями клинкерных минералов. Прочность цемента снижается с 48,4 до 42,1 и 37,8 МПа. Снижение коэффициента полезного действия холодильника с 80 до 75 и 70 % и смещение максимальной температуры корпуса печи с 12 до 9 и 6 м приводит к формированию мелкокристаллической структуры клинкера и снижению прочности цемента с 48,4 до 44,0 и 41,5 МПа.

Ключевые слова: коэффициент полезного действия холодильника, положение зоны спекания, микроструктура клинкера, прочность цемента.

Введение. Качество клинкера зависит в основном от двух факторов: состава и свойств сырья и режима обжига и охлаждения клинкера. При неизменном составе сырьевой смеси решающим фактором является режим обжига и охлаждения клинкера. Формирование структуры клинкера происходит в зонах спекания и охлаждения вращающейся печи и на начальном этапе охлаждения в клинкерном холодильнике [1–4]. Поэтому для получения качественного клинкера, и впоследствии цемента, необходимо обеспечить оптимальный режим его обжига и охлаждения. Оптимальный режим обжига обеспечивается рациональным сжиганием топлива во вращающейся печи [5–8]. Путем регулирования процесса горения топлива можно изменять гранулометрический состав и микроструктуру клинкера, величину обмазки в зоне спекания, повышать стойкость футеровки и производительность печи, существенно снижать удельный расход тепла. Оптимальный режим охлаждения определяется эффективностью работы клинкерного холодильника, т.е. температурой и энтальпией вторичного воздуха, возвращаемого в печь на горение топлива. Изменение эффективности работы клинкерного холодильника оказывает влияние на режим горения топлива, форму фа-

кела, удельный расход топлива и качество клинкера [9].

Методология. Влияние режима работы колосникового холодильника и положения зоны спекания на микроструктуру и активность клинкера исследовалось на вращающейся печи размером $4,5 \times 170$ м, работающей на угольном топливе. Во время испытаний обжигался сырьевой шлам с коэффициентом насыщения 1,03...1,04, силикатным модулем 1,78...1,82 и глиноземистым модулем 1,17...1,19. Повышение коэффициента полезного действия (КПД) колосникового холодильника с 65 до 70 и 80 % осуществлялось путем увеличения высоты слоя клинкера на колосниковой решетке. При этом увеличивалась температура и энтальпия вторичного воздуха. Снижение КПД холодильника с 80 до 75 и 70 % осуществлялось дополнительным сбросом горячего избыточного воздуха из холодильника в атмосферу, что приводило к увеличению температуры вторичного воздуха, но значительному снижению его объема и, следовательно, энтальпии. Положение зоны спекания оценивалось по расположению максимальной температуры корпуса печи.

Предварительно проводился хронометраж режима работы печи и холодильника; определя-

лись параметры угольного порошка; измерялось количество воздуха, подаваемого в холодильник; температура клинкера до и после холодильника; температура вторичного и избыточного воздуха; рассчитывались энтальпия вторичного воздуха и тепловой КПД холодильника. Определялось положение максимума температуры $t_{\max}$ корпуса от горячего обреза печи и, соответственно, положение зоны спекания. Затем отбирались для анализа пробы клинкера в количестве 6 кг. Определялся химический и минералогический составы, микроструктура клинкера и прочностные свойства цемента на его основе. Всего было проведено 5 опытов.

Основная часть. В начале эксперимента тепловой КПД колосникового холодильника составлял 65 %. Максимальная температура корпуса печи находилась на 22 метре, что соответствует дальней зоне спекания. На угольном топливе зона спекания, как правило, короткая. В

таблице 1 представлены результаты экспериментов по влиянию теплового КПД холодильника на положение зоны спекания.

Первая и вторая пробы клинкера (клинкер №1 и №2) с КН = 0,89 и 0,91 были отобраны на дальней (максимум температуры корпуса печи на 22 метре) и удаленной зоне горения (максимум температуры на 15 метре) при КПД холодильника 65 и 70 %. Чем ниже КПД холодильника, тем ниже температура вторичного воздуха, тем интенсивнее перемешивание топлива с воздухом до воспламенения, тем короче зона горения топлива. Масса литра клинкера составила 1590 и 1550 г/л.

После изменения режима работы холодильника путем перераспределения подаваемого воздуха на охлаждение клинкера и изменения высоты слоя клинкера на горячей и холодной решетках, тепловой КПД повысили до 80 %.

Таблица 1

Влияние теплового КПД холодильника на положение зоны спекания

Номер опыта	Тепловой КПД, %	Зона спекания		
		положение $t_{\max}$ от горячего обреза печи, м	положение	длина
№1	65	22	дальнее	короткая
№2	70	15	удаленное	короткая
№3	80	12	среднее	средняя
№4	75	9	приближенное	средняя
№5	70	6	ближнее	короткая

Третья проба клинкера (клинкер №3) с КН = 0,93 и массой 1600 г/л была отобрана при максимальном тепловом КПД холодильника, равном 80 %, максимум температуры корпуса расположен на 12 метре, оптимальном расстоянии от обреза печи, что соответствует средней зоне спекания.

После изменения режима работы холодильника путем дополнительного сброса избыточного воздуха была отобрана четвертая проба клинкера (клинкер №4) при тепловом КПД холодильника, равном 75 % с КН = 0,92. Максимум

температуры корпуса печи находился на 9 метре, что соответствует приближенной средней зоне спекания. Масса литра клинкера составила 1550 г/л.

Пятая проба клинкера (клинкер №5) с КН = 0,91 была отобрана при работе на ближней зоне, масса литра клинкера равна 1480 г/л. Это несколько ниже оптимальной величины (1550...1650 г/л), и свидетельствует о недостаточной степени обжига клинкера.

В таблице 2 приведены модульная характеристика и минералогический состав клинкера.

Таблица 2

Характеристика клинкера

Клинкер	КН	Модули		Содержание минералов, масс. %			
		n	p	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
№1	0,89	2,05	1,06	56	20	6	15
№2	0,91	1,61	1,23	58	14	9	17
№3	0,93	1,72	1,16	61	12	8	19
№4	0,92	1,70	1,16	61	12	7	19
№5	0,91	1,64	1,27	58	15	9	16

Как видно, при обжиге сырьевого шлама с практически равными коэффициентом насыщения (1,03..1,04) и модулями, фактический коэффициент насыщения клинкера изменялся от 0,93 до 0,89. Содержание алита изменялось от 61 до 56 %, белита – от 12 до 20 %, трехкальцевого алюмината – от 6 до 9 % и четырехкальцевого алюмоферрита – от 15 до 19 %. Причиной таких колебаний являлось изменение в период проведения испытаний удельного расхода топлива на обжиг клинкера и количества присаживаемой к материалу золы топлива.

Зола топлива в процессе обжига клинкера реагирует с материалом и становится его составной частью. Температура плавления угольной золы находится в интервале 1050...1250 °С, т.е. в пламени она обычно в расплавленном состоянии. Большая часть золы усваивается материалом в конце зоны декарбонизации и в зоне обжига. Чем выше удельный расход топлива, тем больше золы присаживается к материалу, тем ниже будет коэффициент насыщения клинкера. В период испытаний зольность изменялась незначительно, всего от 13 до 14 %. Химико-минералогический состав клинкера изменялся от количества присаживаемой золы, т.е. от удельного расхода топлива на обжиг клинкера.

Как видно (табл. 2), с увеличением теплового КПД холодильника с 65 до 80 % снижается удельный расход топлива, что подтверждается увеличением КН клинкера с 0,89 до 0,93. При снижении теплового КПД и увеличении расхода топлива на обжиг клинкера увеличилась присадка золы и, следовательно, снизился его КН до 0,91 и масса литра клинкера с 1600 до 1480 г/л.

Как известно [10], кристаллизация, форма, размер и распределение клинкерных минералов в промышленном клинкере определяются:

– количеством образовавшейся при обжиге жидкой фазы и временем пребывания клинкера в зоне высоких температур;

– скоростью охлаждения клинкера. При быстром охлаждении клинкера в печи уменьшается степень взаимодействия клинкерного расплава с уже образовавшимися кристаллами, что задерживает их рост; при медленном охлаждении клинкера происходит срастание кристаллов с образованием более крупных зерен;

– тонкостью помола сырьевых компонентов. Грубый помол сырьевых материалов способствует неравномерному распределению минералов и образованию крупнокристаллического алита и белитовых участков возле пор.

На микроструктуру клинкера, полученного при использовании угольного топлива, влияет количество присаживаемой золы и тонкость помола угля. Поэтому результаты петрографического анализа, при использовании угольного топлива, позволяют судить не только о качестве обжига клинкера, но и о режиме технологического процесса в целом.

Кристаллизация клинкера №1 (рис. 1) нечеткая, структура неравномерно зернистая, распределение минералов неравномерное. Кристаллы алита размером 50...60 мкм с нечеткими разрушенными гранями. Встречается много мелких кристаллов неправильной формы и сросшихся кристаллов алита. Белит представлен округлыми кристаллами с разрушенными гранями. Промежуточного вещества достаточно.

Кристаллизация минералов клинкера №2 отчетливая, структура неравномерно зернистая, распределение минералов неравномерное. Форма алитовых зерен разнообразная, встречаются алит в виде шестигранников, призм, иногда участки мелкокристаллической структуры. Большие кристаллы алита содержат включения белита. Кристаллы белита в основном округлые.

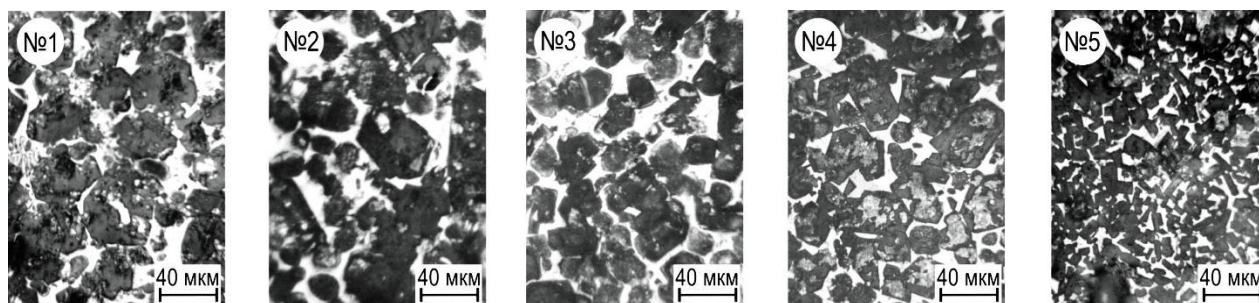


Рис. 1. Изменение микроструктуры клинкера в зависимости от положения зоны спекания и КПД холодильника

Кристаллизация минералов клинкера №3 отчетливая, среднезернистая, пористость образца умеренная, распределение минералов равномерное, форма алитовых кристаллов разнообразная с четкими гранями, размер 35...50 мкм.

Кристаллы белита округлые, шероховатые, более светлые по краю, размер 35...50 мкм. Промежуточного вещества достаточно.

Кристаллизация клинкера №4 отчетливая, форма алита правильная с четкими гранями,

размер 35...50 мкм. Кристаллы белита с шероховатой поверхностью распределены равномерно, размером 25...35 мкм. Промежуточного вещества достаточно.

Кристаллизация клинкера №5 отчетливая, структура равномерно зернистая, распределение минералов в образце неравномерное. Кристаллы алита размером 5...20 мкм чаще удлиненной формы с четко выраженными гранями. Форма белита округлая, плотная, размер 5...15 мкм. Промежуточное вещество представлено в виде светлой и темной массы, содержится в достаточном количестве. Встречаются корольки железа и $\text{CaO}_{\text{св}}$. Такая кристаллизация минералов характерна для близкой зоны спекания. Времени для полного обжига клинкера при работе на такой зоне спекания недостаточно, поэтому, зачастую, преобладает мелкокристаллическая структура.

На рисунке 2 и в таблице 3 представлены результаты влияния режима работы колосникового холодильника и положения зоны спекания на удельный расход топлива, коэффициент насыщения клинкера (при использовании угольного топлива) и прочностные свойства цемента.

Как видно наименьшую прочность в 3 и 28 суток, равную 23,4 и 37,8 МПа, показал цемент из клинкера №1, отобранного на дальней короткой зоне, при минимальном КПД холодильника 65% с КН, равным 0,89.

Приближение зоны спекания в результате повышения КПД холодильника до 70% привело к повышению КН клинкера №2 до 0,91, изменению микроструктуры и, как следствие, к увеличению прочности на сжатие цемента в 3 и 28 суток до 27,6 и 42,1 МПа.

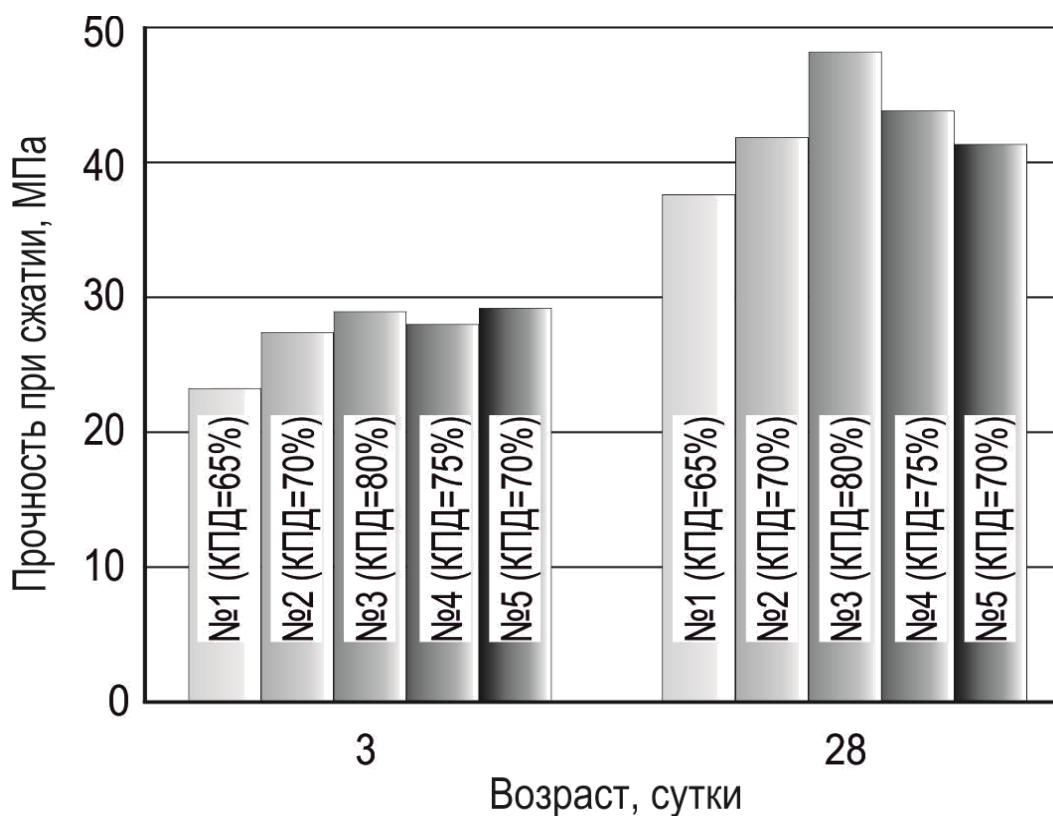


Рис. 2. Влияние КПД холодильника на прочность цемента

Наибольшую прочность как в 3 (29,2 МПа), так и в 28 суток (48,4 МПа) имеет цемент из клинкера №3, отобранного при наиболее высоком КПД холодильника и оптимальном расположении зоны спекания, имеющего, поэтому более высокий КН, равный 0,93 и более отчетливую среднезернистую микроструктуру с равномерным распределением минералов.

У цемента №4 прочность на сжатие в 3 суток – 28,2 МПа, к 28 суткам твердения прочность составляет 44 МПа.

Цемент №5, приготовленный из клинкера с КН = 0,91 и отобранного на ближней зоне спе-

кания, в 3 суток показал высокую прочность сжатия, 29,4 МПа, что обусловлено мелкой кристаллизацией минералов. В 28 суток прочность цемента составила на сжатие всего 41,5 МПа.

Таким образом, повышение теплового КПД холодильника снижает удельный расход топлива, оптимизирует положение и длину зоны спекания, улучшает микроструктуру промышленного клинкера, при использовании угольного топлива повышает КН клинкера и качество цемента на его основе.

Таблица 3

Влияние режима работы холодильника и положения зоны спекания на коэффициент насыщения клинкера и прочность цемента

Параметр	Номер опыта				
	№1	№2	№3	№4	№5
Тепловой КПД холодильника, %	65	70	80	75	70
Расстояние максимума температуры корпуса от обреза, м	22	15	12	9	6
Коэффициент насыщения клинкера	0,89	0,91	0,93	0,92	0,91
Прочность цемента при сжатии в 28 суток, МПа	37,8	42,1	48,4	44,0	41,5

Выводы

1. В промышленных условиях исследовалось влияние изменения КПД холодильника на положение зоны спекания в печи, микроструктуру клинкера и его гидратационную активность. При повышении КПД холодильника с 65 до 70 и 80% температурный максимум на кривой корпуса печи смещается с 22 до 15 и 12 м, положение зоны спекания смещается от дальнего до удаленного и оптимального. Снижение теплового КПД холодильника от 80 до 75 и затем до 70% смещает температурный максимум корпуса печи с 12 до 9 и 6 м и положение зоны спекания от оптимального до приближенного и ближнего.

2. Повышение КПД клинкерного холодильника до максимального значения способствует снижению расхода угольного топлива и увеличению коэффициента насыщения клинкера от 0,89 до 0,93.

3. При повышении КПД холодильника с 65 до 70 и 80 % и приближении зоны спекания к горячему обреза печи происходит изменение микроструктуры клинкера: от неравномерно зернистой с крупными сросшимися кристаллами алита и белита размером до 60 мкм с нечеткими и разрушенными гранями, до отчетливой среднезернистой с равномерным распределением клинкерных минералов. Прочность цемента на сжатие повышается от 37,8 до 42,1 и 48,4 МПа.

4. Снижение КПД клинкерного холодильника от 80 до 75 и 7 % и приближении зоны спекания к горячему обреза печи приводит к образованию недостаточно сформированной мелкокристаллической микроструктуры клинкера со средним размером кристаллов алита и белита до 15...20 мкм. Прочность цемента снижается с 48,4 до 44,0 и 41,5 МПа.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № НК-14-41-08031 р_офи_м.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. Белгород, Изд. БГТУ, 2012. 308 с.
2. Новоселов А.Г., Классен В.К., Коломацкий А.С. Влияние режима охлаждения на активность клинкера с различным содержанием C_3A // Современные проблемы науки и образования. 2012. №6. [Электронный ресурс]. URL: www.science-education.ru/106-7819.
3. Оно М., Нагашима Н. Влияние условий охлаждения клинкера на прочность цемента // Шестой международный конгресс по химии цемента, 1976. Т.1. С. 170–173.
4. Sylla H.-M. Influence of clinker composition and clinker cooling on cement properties // VDZ KONGRESS. 1993. P. 135–145.
5. Классен В.К., Коновалов В.М., Новоселов А.Г. Повышение стойкости футеровки в цементных вращающихся печах рациональным сжиганием топлива // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. №10. С. 17–20.
6. Schloder K.-P. Process optimization by application of the MPC technology at Dyckerhoff AG's Lengerich cement works // Cement International. 2006. №6. P. 54–56, 58–61.
7. Alexander H. Incremento de la eficiencia en la produccion de cement utilizando analisis de la llama y NMPC // Cem.-hormigon. 2008. 915 P. 44–54.
8. Boasheng Y., Xiushui M. Using heuristic dynamic programming for optimal control systems burning of cement clinker // Jisuanji gongcheng yu yingyong. 2012. №4. P. 222–224.
9. Новоселов А.Г., Классен В.К. Исследование процесса тепломассообмена в колосниковом холодильнике // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №2. С. 60–63.
10. Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства. М.: МИКХиС, 2007. 304 с.

Novosyolov A.G., Klassen V.K., Novoselova I.N.**SPECIFICITY CLINKER BURNING PROCESS CHANGING EFFICIENCY GRATE COOLER**

The article considers the influence of the efficiency of the clinker grate cooler rotary kiln 4,5×170 m at repositioning of the burning zone, microstructure and clinker activity. Position zone sintering was determined by the location of the maximum temperature of the furnace body. The greatest strength of 48,4 MPa has cement produced from clinker burned at the average position of the burning zone and the cooler with a maximum efficiency of 80%. Reduced effectiveness of the clinker cooler from 80 to 70 and 65 % and offset the maximum temperature of the furnace body from 12 to 15 and 22 m causes a change in the microstructure of clinker by a distinct medium-grained with a uniform distribution of minerals to the fuzzy, uneven with ruined faces clinker minerals. The strength of the cement is reduced from 48,4 to 42,1 and 37,8 MPa. Reduced efficiency of the refrigerator 80 to 75 and 70 % and the displacement at maximum temperature of the furnace body 12 and 6 to 9 m leads to the formation of clinker fine crystalline structure and a reduction in strength of cement from 48,4 to 44,0 and 41,5 MPa.

Key words: *the efficiency of the cooler, the position of the burning zone, the microstructure of the clinker, cement strength.*

Новоселов Алексей Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: alexxxxhey@mail.ru

Классен Виктор Корнеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Новоселова Инна Николаевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Мосталыгина Л.В., канд. хим. наук,
Костин А.В., ст. преподаватель,
Кокшарова Ю.В., студент
Викулин Д.И., студент
Курганский государственный университет

СОРБЦИЯ ИОНОВ КАДМИЯ ТАЛЛОМАМИ КУСТИСТЫХ ЛИШАЙНИКОВ ФЛОРЫ ЗАУРАЛЬЯ (*CLADONIA SYLVATICA*, *C. CORNUTA*)

analyt@kgsu.ru

Загрязнение различных объектов природной среды ионами тяжелых, среди которых большую опасность представляют ионы кадмия, продолжает нарастать. Нами изучены в качестве сорбционной среды два вида лишайников рода Кладония: кладония лесная (*Cladonia sylvatica*) и кладония рогатая (*Cladonia cornuta*), весьма распространенные в Зауралье. Сорбционное равновесие устанавливается в системе «лишайник – модельный раствор соли кадмия» через 45 минут. Показано, что кладония рогатая проявляет более высокую сорбционную активность в отношении ионов кадмия. Впервые проведена механохимическая активация образцов лишайников. Это позволило повысить сорбционную активность природных материалов в 3 раза

Ключевые слова: лишайники, кадмий, сорбция, механическая и химическая активация.

Введение. В 70-х годах прошлого века загрязнение кадмием объектов окружающей среды послужило толчком для развития на новом витке электрохимических методов анализа, в частности полярографических. Проблема обнаружения и определения малых концентраций кадмия была решена. Однако, содержание их в окружающем человека пространстве за это время не уменьшилось, а возросло. Ионы кадмия поступают в объекты окружающей среды из неочищенных стоков химических предприятий, предприятий по производству красителей, заводов по производству цветных металлов, гальванических производств, из фосфатных удобрений, при сжигании жидкого и твердого топлива. Через почву и растения большая часть ионов кадмия попадает в организм человека и животного. Высокие концентрации ионов кадмия в организме человека приводят к нарушению функций печени и почек, а также к деформации скелета.

Для очистки объектов окружающей среды и организма человека от соединений кадмия перспективно рассматривать природные сорбенты. Их применение оправдывается экономической выгодой. Они не вносят дополнительных загрязнений в окружающее пространство, нет проблем с их утилизацией. Использование лишайников в качестве энтеросорбента имеет преимущества перед такими известными, например, как активированный уголь. Эти организмы талломного строения, представляющие симбиоз грибов (микобионтов) и водорослей (фотобионтов) содержат в своем составе около 250 соединений, в том числе около 75 специфических лишайниковых веществ, витамины, аминокислоты, ферменты. Входящие в состав лишайников уг-

леводы: хитин, полисахарид лихенин (лишайниковый крахмал), изолихенин, гемицеллюлозы, дисахариды, пектиновые вещества обеспечивают сорбционную активность лишайников. Состав лишайниковых веществ в разных ареалах может существенно отличаться.

Методология. Собранные лишайники сортировали, тщательно очищали от примесей и сушили на стеллажах, распределив тонким слоем, в течение двух суток при комнатной температуре. В исследованиях применяли нативный высушенный материал и активированный порошок лишайников. Предварительно нами проведена механоактивация природного материала путем измельчения сухих лишайников на бытовой мельнице. Затем сырье смешивали с твердым гидрокарбонатом натрия в количестве 1% от массы лишайника, перемешивали и растирали в фарфоровой ступке (твердофазная активация). Таким образом, исследованы нативные и механохимически активированные образцы.

Исследование сорбционных свойств биоматериала проводили в интервале концентраций соли кадмия (II) - $3 \cdot 10^{-2}$ – $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Навеску мха или лишайника массой 0,5000 г помещали в коническую колбу, приливали раствор нитрата кадмия (II) с соответствующей концентрацией и оставляли на 45 минут. Кинетику сорбции изучали методом ограниченного объема. Время контакта сорбента с образцом составляло от 15 минут до 90 минут (статический режим). Содержание ионов кадмия в растворе до и после сорбции определяли потенциометрически с использованием свинцеселективного электрода марки ХС-Pb-001 на рН-метре - иономере «Экс-

перт — 001-3.0, электрод сравнения - хлоридсеребряный и комплексонометрически.

Для всех измерений $n=3$; $p=0,95$; $t_{p,f}=4,30$.

Сорбцию, a (ммоль/г), определяли по формуле:

$$a = \frac{(C_0 - C_{\text{равн.}}) \times V_k}{m_{\text{нав.}}},$$

где C_0 – начальная концентрация соли свинца в модельном растворе, моль/л; $C_{\text{равн.}}$ – равновесная концентрация соли свинца в растворе после сорбции на природном материале, моль/л; V_k – объем модельного раствора, мл ($V_k = 50$ мл); $m_{\text{нав.}}$ – масса навески сорбента, г ($m_{\text{нав.}} = 0,5000$ г).

Погрешность эксперимента не превышала 5 %.

Основная часть. Нами исследованы лишайники рода Кладония, которые широко распространены на территории Курганской области: кладония лесная (*Cladonia sylvatica*) и кладония рогатая (*Cladonia cornuta*). Показано, что

в отношении ионов кадмия лишайники сорбционноактивны. Изучено влияние времени контакта модельных растворов соли кадмия с концентрацией $8 \cdot 10^{-3}$ моль/л и лишайникового сырья на величину сорбции (статический режим). Так, для кладонии лесной (*Cladonia sylvatica*) в течение первых 15 минут скорость сорбции ионов тяжелого металла на материале максимальна и составляет 0,0035 ммоль/г·мин, в следующие 15 минут средняя скорость сорбции уменьшается в 3 раза и составляет 0,0011 ммоль/г·мин, через 45 минут сорбция достигает максимального значения и в системе устанавливается равновесие (рис. 1). Аналогичные результаты получены и для сорбционного биоматериала – кладонии рогатой (*Cladonia cornuta*).

Изучено влияние концентрации соли кадмия на сорбцию этого иона лишайниками. Получены изотермы сорбции (рис. 2).

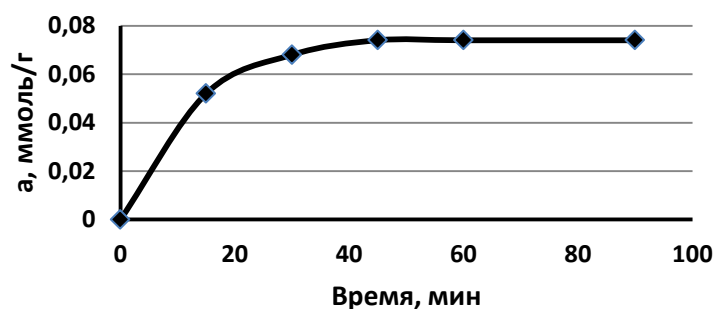


Рис. 1 Влияние времени контакта модельного раствора соли кадмия ($C_0 = 8 \cdot 10^{-3}$ моль/л) и лишайника кладонии лесной (*Cladonia sylvatica*) на сорбцию ионов кадмия (II)

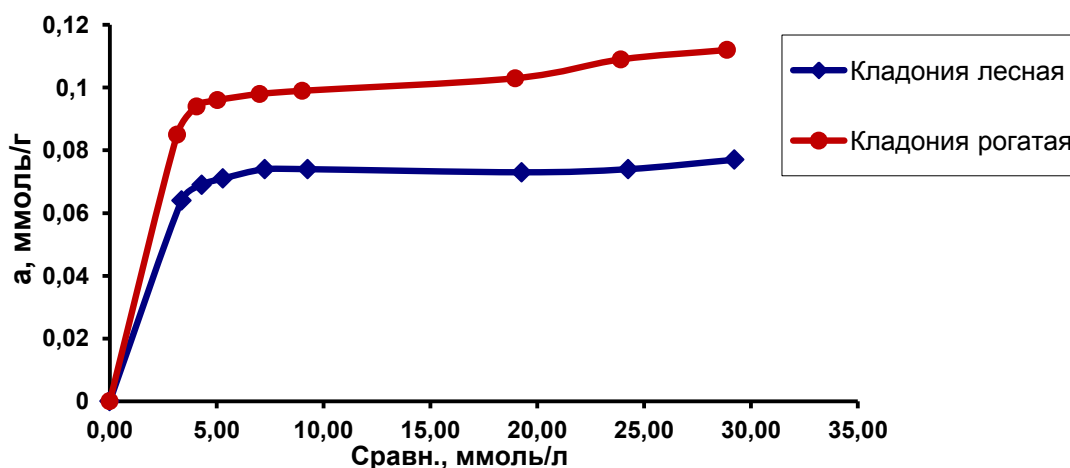


Рис. 2 Изотермы сорбции ионов кадмия (II) на образцах нативных сорбентов – кладония лесная (*Cladonia sylvatica*) и кладония рогатая (*Cladonia cornuta*)

Сорбция ионов кадмия на лишайнике вида кладония рогатая выше, чем на лишайнике вида кладония лесная при максимальной изученной концентрации в 1,5 раза.

Важным этапом в исследованиях явилась активация образцов лишайников. Известно, что механохимическая активация лишайников приводит к деструкции органических молекул, появлению новых групп молекул, окислению

и образованию свободных радикалов. Механические воздействия могут привести к разупорядочиванию, аморфизации, конформационным превращениям в молекулах. Добавление ряда химических веществ может сопровождаться изменением химического состава компонентов лишайников. Так, Аньшакова с сотрудниками [1] установили, что механохимическая активация, в том числе твердым гидрокарбонатом натрия в количестве 0,5% (по массе) приводит к увеличению спектра биологически активных веществ в биологически доступных (водорастворимых) формах, повышает сорбционную способность материала в отношении ионов кобальта (II) и метиленовой сини. Как известно, в состав лишайников входят разнообразные орга-

нические соединения с карбоксильными группами [2]. Водород карбоксильной группы при активации может замещаться на ионы натрия, которые, в свою очередь, легко замещаются ионами кадмия из раствора и других объектов окружающей среды.

Нами проводилась механическая и химическая активация твердым гидрокарбонатом натрия двух видов лишайника. Гидрокарбонат добавлялся в количестве 1% (по массе) от навески измельченного сырья. Полученные данные свидетельствуют о повышении сорбционной активности природного материала в отношении ионов кадмия почти в 2 раза по сравнению с нативным материалом (табл.1).

Таблица 1

Сравнение сорбционной активности нативных и механохимически активированных образцов лишайника ($C(Cd(NO_3)_2)=8\text{ ммоль/л}$)

Степень сорбции ионов кадмия, $\omega\%$			
Кладония лесная (<i>Cladonia sylvatica</i>) нативная	Кладония лесная (<i>Cladonia sylvatica</i>) активированная	Кладония рогатая (<i>Cladonia cornuta</i>) нативная	Кладония рогатая (<i>Cladonia cornuta</i>) активированная
9,25	16,62	12,25	22,88

Адсорбционная активность механохимически активированного лишайника кладония лесная в отношении ионов кадмия составила 0,13 ммоль/г (нативный материал $a=0,074\text{ ммоль/г}$), а лишайника кладония рогатая - 0,18 ммоль/г (нативный материал - 0,098 ммоль/г) ($C(Cd(NO_3)_2=$

8 ммоль/л). Исследование сорбции ионов свинца (II) этим же биоматериалом механо- и химически активированным и нативным показывают, что сорбция ионов кадмия (II) и свинца (II) существенно отличаются на активированных образцах лишайников (табл.2).

Таблица 2

Сорбция ионов свинца(II) и кадмия (II) на нативных и механохимически активированных образцах лишайника Кладония лесная (*Cladonia sylvatica*) и Кладония рогатая (*Cladonia cornuta*)

Маркер-сорбтив	Сорбционный материал	Сорбционная активность, a , ммоль/г
Pb^{2+} ($C(Cd(NO_3)_2)=8\text{ ммоль/л}$)	Кладония лесная (<i>Cladonia sylvatica</i>) нативная	0,070
	Кладония лесная (<i>Cladonia sylvatica</i>) активированная	0,210
	Кладония рогатая (<i>Cladonia cornuta</i>) нативная	0,094
	Кладония рогатая (<i>Cladonia cornuta</i>) активированная	0,270
Cd^{2+} ($C(Pb(NO_3)_2)=8\text{ ммоль/л}$)	Кладония лесная (<i>Cladonia sylvatica</i>) нативная	0,074
	Кладония лесная (<i>Cladonia sylvatica</i>) активированная	0,13
	Кладония рогатая (<i>Cladonia cornuta</i>) нативная	0,098
	Кладония рогатая (<i>Cladonia cornuta</i>) активированная	0,180

Видимо, способность ионов натрия обмениваться на ионы свинца (II) в сложном комплексе биоматериала выше, чем у ионов кадмия (II).

По данным Аньшаковой с сотрудниками [3] для растворов $CoCl_2$ с концентрацией 0,2–1 М

адсорбционная емкость биоматериала «Ягель-сорбент» составила 0,185 ммоль/г, а сорбционная активность порошка ягеля грубого помола – 0,060 ммоль/л. В нашем случае эта величина для ионов кадмия на нативном образце лишайника кладония рогатая, произрастающего в Зауралье,

достигает 0,112 ммоль/г, для ионов свинца – 0,108 ммоль/г. На сорбционную активность биоматериала влияют место произрастания, вид лишайника, природа маркера-сорбтива, количество добавленного активатора – NaHCO_3 . Способы активации биоматериала различны. Для мягкого воздействия на токсины возможно длительное использование энтеросорбентов на основе нативного лишайникового сырья. При решении экологических проблем, связанных с очисткой природных объектов от ионов кадмия, в том числе продуктов питания, возможна не только механохимическая активация биоматериала с использованием различных количеств пищевой соды.

Выводы. Общеизвестно, что внешние факторы обуславливают морфологические вариации лишайников, особенно кустистых, к которым относят кладонию лесную (*Cladonia sylvatica*) и кладонию рогатую (*Cladonia cornuta*), что проявляется в форме роста, степени беловатого налета оксалата кальция, числе водорослевых клеток на единицу сухой массы слоевища, толщине стенок гиф и в других признаках. Такие вариации приводят к различиям в сорбционной активности. Поэтому исследование кустистых

лишайников флоры Зауралья как сорбентов актуально. Показана высокая сорбционная активность лишайников в отношении ионов кадмия(II). Проведен сравнительный анализ сорбции ионов кадмия (II) и свинца (II) на двух видах лишайников рода Кладония. Показано, что механохимическая активация повышает сорбционную активность биоматериала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аньшакова В.В., Кершенгольц Б.М. Роль биотехнологий в развитии российского Севера // Фундаментальные исследования. 2011. №12. С. 782–784.
2. Воробьев Д. В. Состав ионообменных групп в клеточных стенках микобионта и фотобионта в составе трехкомпонентного лишайника *Peltigera aphthosa* (L.) Willd / Д.В.Воробьева, Н.Р.Мейчик // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2009. №1. С.18–19.
3. Аньшакова В.В. Биотехнологическая механохимическая переработка лишайников рода CLADONIA. М.: Изд.Академия Естествознания, 2013. 116с.

Mostalygina L.V., Kostin A.V., Koksharova Y.V., Vikulin D.I.

SORPTION OF CADMIUM IONS BUSHY THALLI LICHEN FLORA ZAURALYE (CLADONIA SYLVATICA, C.CORNUTA)

Contamination of the different objects of the environment of heavy ions, among which most dangerous are cadmium ions, continues to grow. We have studied as sorption media are two types of lichen genus cladonia: cladonia Forest (Cladonia sylvatica) and cladonia horned (Cladonia cornuta), very widespread in the Urals. Sorption equilibrium is established in the "lichen - model solution of cadmium salt" after 45 minutes. It is shown that cladonia horned exhibits a high sorption activity with respect to cadmium ions. For the first time carried out mechanochemical activation patterns of lichen. It is possible to increase the sorption activity of natural materials 3 times

Key words: lichen, cadmium, adsorption, mechanical and chemical activation.

Мосталыгина Лидия Витальевна, кандидат химических наук, заведующий кафедрой физической и прикладной химии.

Курганский государственный университет.

Адрес: Россия, 640669, Курган, ул. Гоголя, 25

E-mail: mlida59@rambler.ru

Костин Александр Вадимович, старший преподаватель кафедры физической и прикладной химии.

Курганский государственный университет

Адрес: Россия, 640669, Курган, ул. Гоголя, 25

E-mail: analyt@kgsu.ru

Кокшарова Юлия Вадимовна, студент факультета естественных наук.

Курганский государственный университет.

Адрес: Россия, 640669, Курган, ул. Гоголя, 25.

E-mail: analyt@kgsu.ru

Викулин Дмитрий Игоревич, студент факультета естественных наук.

Курганский государственный университет.

Адрес: Россия, 640669, Курган, ул. Гоголя, 25.

E-mail: analyt@kgsu.ru

Шошин Е.А., канд. техн. наук, доц.,

Поляков А.В., канд. техн. наук, доц.,

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

Буров А.М., канд. хим. наук

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов

О ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА НАНОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ МЕТОДОМ ТЕРМОЛИЗА МОДИФИЦИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ ОПОКА-СаО, ПОДВЕРГНУТЫХ СОВМЕСТНОМУ ИЗМЕЛЬЧЕНИЮ В ПРИСУТСТВИИ ВОДЫ

Shoshin234@mail.ru

Измельчение смеси опоки и СаО в водных растворах сахарозы приводит к образованию в дисперсной системе наноструктур, характер которых определяется как содержанием сахарозы, так и исходным отношением опоки/СаО. Образующиеся наноструктуры легко дегидратируются при нагревании с образованием наночастиц различного характера. Исследование методом спектроскопии энергетических потерь электронов (EELS) с последующим картированием (ESI) по атомам Са показало, что содержание кальция в продуктах термолитиза существенно снижено по сравнению с исходным материалом, а сами продукты термолитиза представляют собой силикатные твердые растворы кальция. Содержание СаО и сахарозы в исходной смеси может быть эффективным инструментом управления структурой образующихся при термолитизе наночастиц силикатов кальция.

Ключевые слова: опока, кальция окись, сахароза, измельчение, термическая дегидратация, просвечивающий электронный микроскоп, наночастицы.

Введение в состав композиции наночастиц различной природы – эффективная форма модификации цементных систем [1–4]. В качестве наномодификаторов возможно применение наночастиц оксидов железа, алюминия, меди и проч [5–9]. Однако наибольшее количество исследований посвящено применению кремнийсодержащих наночастиц, под которыми обычно подразумевают нанокремнезем или нано-SiO₂ [1, 2]. Причин для этого несколько: во-первых, нанокремнезем, обладая высокой поверхностной активностью, эффективно связывает гидроокись кальция, повышая и плотность цементного камня, и коррозионную устойчивость цементного камня, и его прочность [10, 11]. С другой стороны, получение нанокремнезема – хотя и сложный, но отработанный процесс, позволяющий регулировать параметры наночастицы [2, 12, 13], да и сырьевые материалы для синтеза нанокремнезема не являются дефицитными, что особенно важно для массовой технологии.

Однако применению нано-SiO₂ сопутствуют свои сложности: например, агрегирование частиц нано-SiO₂ при концентрации добавки выше 3 % [6, 11], селективное и не всегда положительное взаимодействие нано-SiO₂ с компонентами цементных композиций, например – золами [14]. В то же время, близкое к микрокремнезему действие оказывают добавки наносиликатов кальция, способные влиять не только на скорость зародышеобразования нативных силикатов цементного камня, но и на их химический состав, степень полимеризации частиц C-S-H-фазы и, как следствие, на прочностные

характеристики модифицированного камня [15, 16]. Есть и другая сложность – низкая производительность существующих методов синтеза наночастиц (в том числе и нанокремнезема), которая существенно ограничивает возможности массового применения наночастиц в строительной практике [2]. Нанокремнезем синтезируют, как правило, золь-гель методом, суть которого заключается в контролируемом гидролизе алкилсилиоксанов или жидкого стекла в процессе изменения pH среды с последующим концентрированием и/или отделением наночастицы [1, 2, 12]. Синтез наносиликатов кальция еще более трудоемок [15].

Таким образом, поиск эффективных методов синтеза кремнийсодержащих наночастиц на фоне все возрастающего интереса к наномодификации является весьма актуальной задачей. И целью настоящей работы является поиск эффективных методов синтеза силикатных наночастиц, пригодных для использования в цементных композициях строительного назначения. При этом мы исходили из того, что применение в качестве наномодификаторов цементных систем рафинированных нанопроductов (в частности, монодисперсных систем) не всегда экономически целесообразно. Учитывая последнее, была предпринята попытка синтеза наночастиц силикатов кальция термической дегидратацией продуктов совместного помола СаО и кремнесодержащей породы в водной среде. Известно [17], что одним из результатов измельчения является увеличение удельной реакционной способности измельченного силиката, выражаю-

щейся, в частности, в росте его водорастворимости и пуццолановой активности – эффект хорошо изученный и положенный в основу различных технологий изготовления строительных материалов [18,19].

В качестве силиката была выбрана опока карьера села Поливановка Саратовской области, характеризующаяся высоким содержанием SiO_2 (табл. 1); в качестве CaO – негашеная кальцевая строительная известь (ГОСТ 9179-77).

Таблица 1

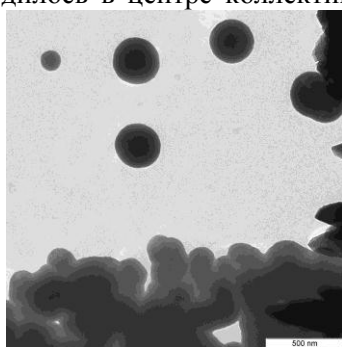
Химический состав опоки

Химический состав, мас. %					
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	п.п.п.
81,6	6,2	не более 1,5	1,4	1,15	8,15

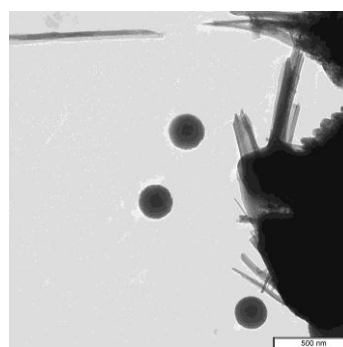
Измельчение проводилось в планетарной мельнице МП/0,5×4 при частоте вращения стакана 250–300 об/мин. Измельчение во всех случаях проводилось в течение 2 часов. Измельчение проводилось в присутствии сахарозы (2–10 % от массы силиката); контрольный образец измельчался без сахарозы. Образцы продуктов совместного измельчения исследовались с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) Libra 120, Carl Zeiss (Германия). Электронно-микроскопическое исследование проводилось в центре коллективного пользова-

ния научным оборудованием в области физико-химической биологии и нанобиотехнологии «Симбиоз» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

Как показали исследования [20], мокрый помол смеси CaO -опока к массовому образованию изолированных наночастиц не приводит – наночастицы коалесцируют с образованием конгломератов микронного размера (рис. 1).

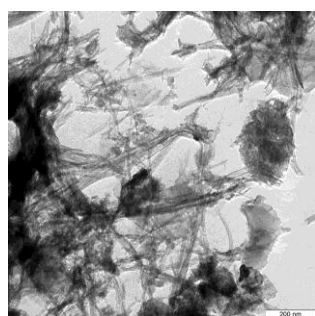


а

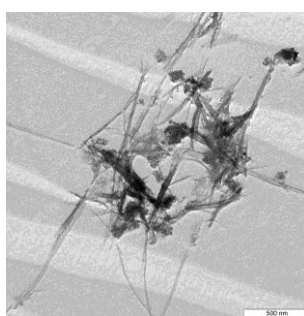


б

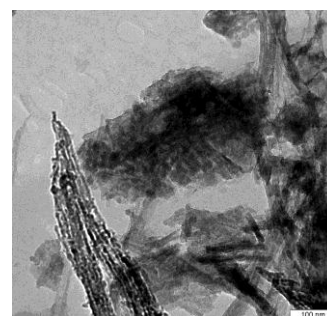
Рис. 1. Характерные элементы наноструктуры образца смеси опока/ CaO (2/3 масс.ч.), молотой в воде (контрольный образец).



а



б



в

Рис. 2. Характерные элементы наноструктуры образца смеси опока/ CaO (2/3 масс.ч.), молотой в растворе сахарозы (2 % от массы твердой фазы).

Как показали дальнейшие исследования, образующиеся структуры неустойчивы и при термической обработке до 200 °С разрушаются с образованием значительного количества изолированных наночастиц (рис. 4–6). Следует отметить, что в своем отношении к термообработке исследованные системы аналогичны цементным

системам, модифицированным различными дисахаридами [21].

Характерно, что в зависимости от содержания углевода, а также CaO/SiO_2 отношения в исходной помольной смеси, меняется как характер наночастиц, так и их размерные характеристики. Например, при термообработке образца смеси опока/ CaO (2/3 масс.ч.), молотой в рас-

творе сахарозы (2 % от массы твердой фазы) (система 1) (рис. 4) основная доля наночастиц представляет собой сферические образования диаметром от 20 до 60 нм, среди которых части-

цы диаметром 30–50 нм составляют примерно 70 %. Среди продуктов термолитза присутствуют фрагменты волокнистой структуры исходной системы.

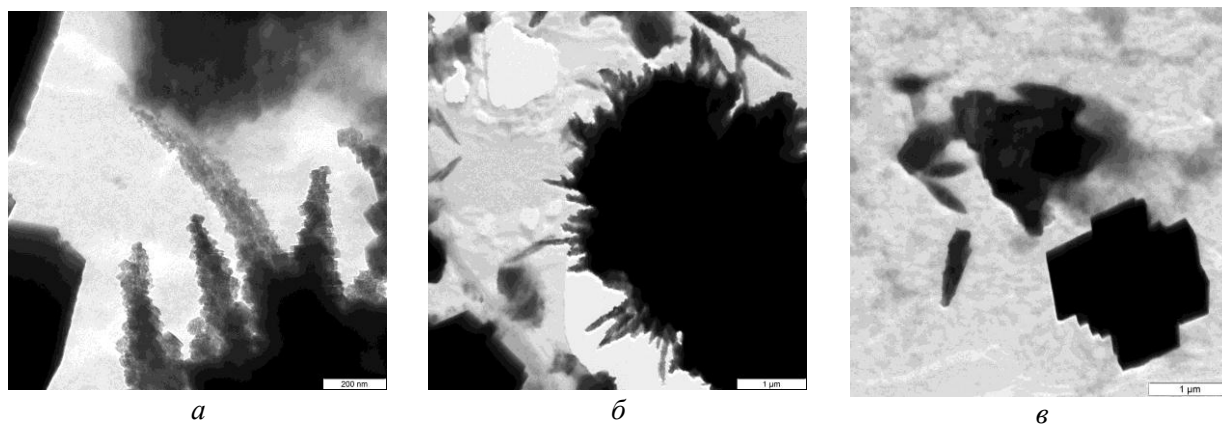


Рис. 3. Характерные элементы наноструктуры образца смеси опока/CaO (2/3 масс.ч.), молотой в растворе сахарозы (10% от массы твердой фазы)

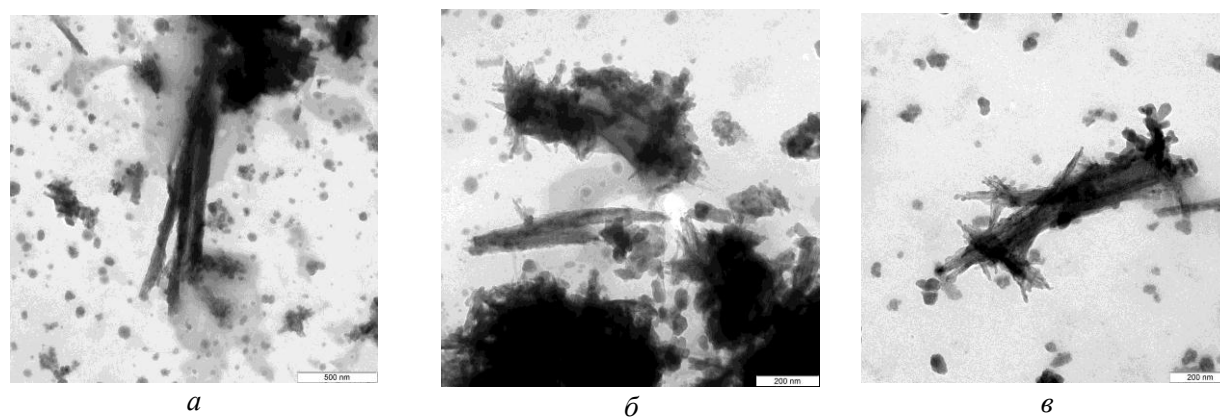


Рис. 4. Продукты термолитза смеси опока/CaO (2/3 масс. ч.), молотой в растворе сахарозы (2 % от массы твердой фазы) (система 1)

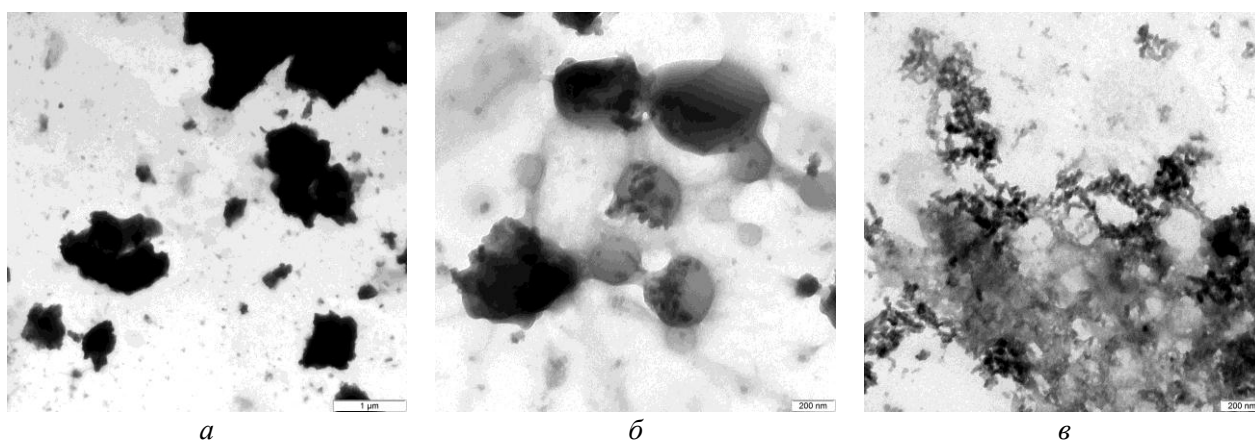


Рис. 5. Продукты термолитза образца смеси опока/CaO (2/3 масс.ч.), молотой в растворе сахарозы (10 % от массы твердой фазы) (система 2)

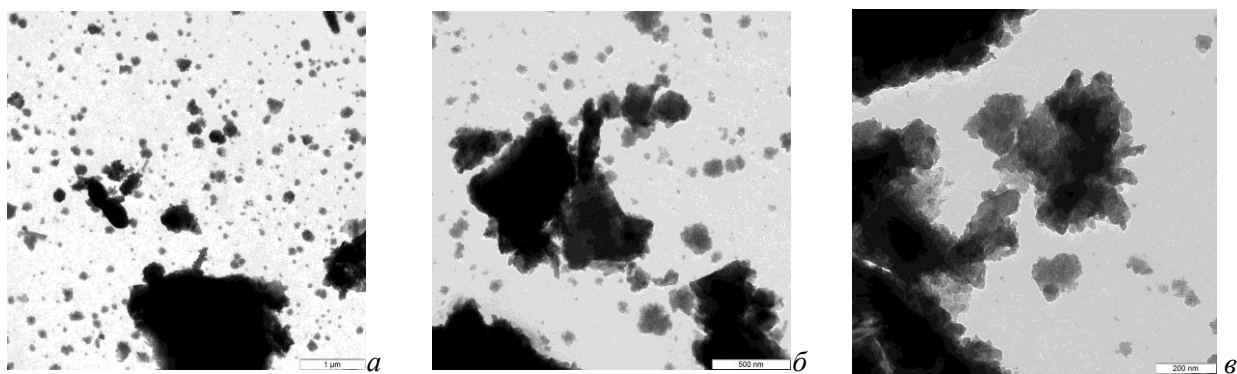
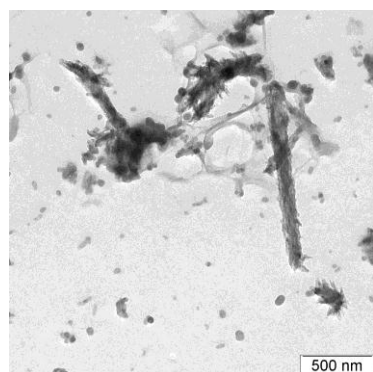
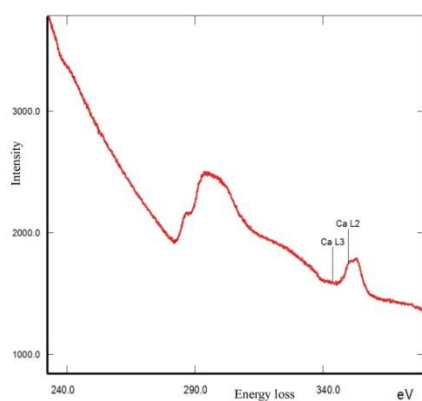


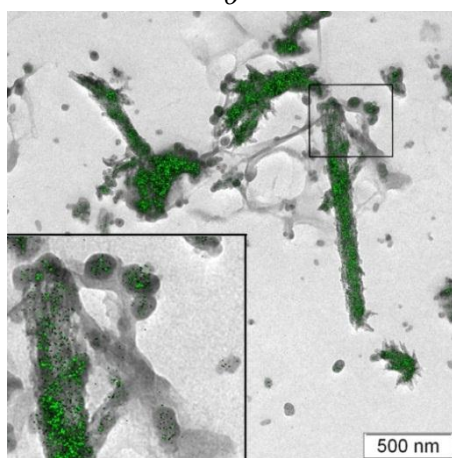
Рис. 6. Продукты термоллиза образца смеси опока/CaO (3/2 масс. ч.) молотой в растворе сахарозы (10 %) (система 3)



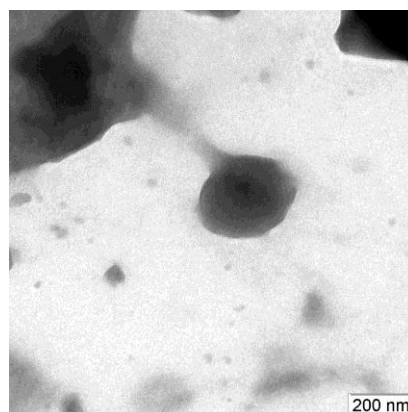
а



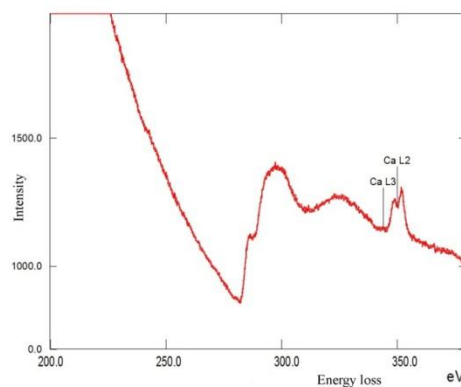
б



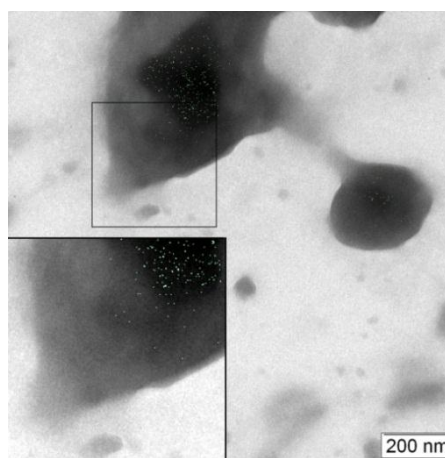
в



а



б



в

Рис. 7. Результаты EELS-исследования системы 1.
а – продукты термоллиза (система 1);
б – EELS-спектр Ca нанобъекта системы 1;
в – результаты ESI-картирования по Ca

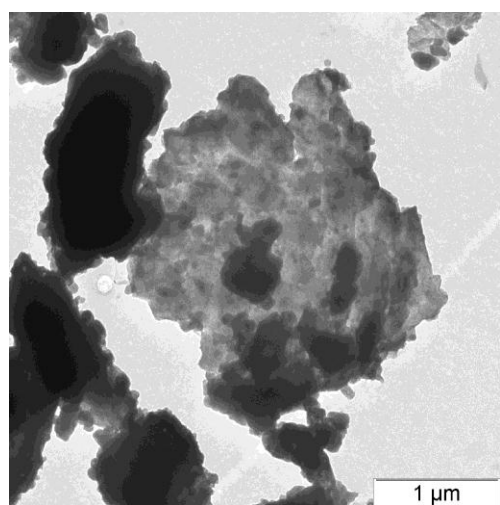
Рис. 8. Результаты EELS-исследования системы 2.
а – продукты термоллиза (система 2);
б – EELS-спектр Ca нанобъекта системы 2;
в – результаты ESI-картирования по Ca

Термообработка образца смеси опока/СаО (2/3 масс.ч.), молотой в растворе сахарозы (10 % от массы твердой фазы) (система 2) приводит к образованию в основном крупных (более 200 нм) частиц (рис. 5 б), но, в то же время, образуется, хотя и в незначительном количестве, нанопфаза с довольно узким коридором диаметров частиц - 15-30 нм (рис. 5 а, в). Следует отметить, что среди частиц микронного размера встречаются как остатки исходной системы (частицы неправильной формы с неровными краями) (рис. 5 а), так и сферические образования – продукты компактизации более мелких наночастиц (рис. 5 б, в).

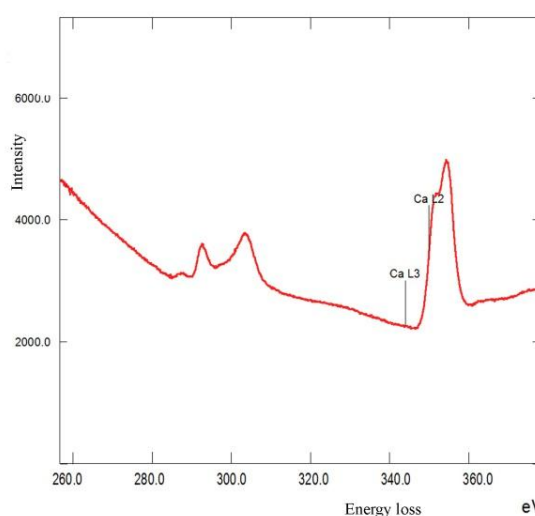
Термообработка образца смеси опока/СаО (3/2 масс. ч.) молотой в растворе сахарозы (10 %) (система 3) в равной степени образуются

как крупные (более 500 нм) частицы (рис. 6 а–в), так и частицы нанопазы с широким диапазоном размеров – от 10 до 100 нм (рис. 6 а, б). На микроснимках видно, что все наночастицы вне зависимости от размера имеют рваные края и представляют собой агрегаты еще более мелких частиц (рис. 6 в).

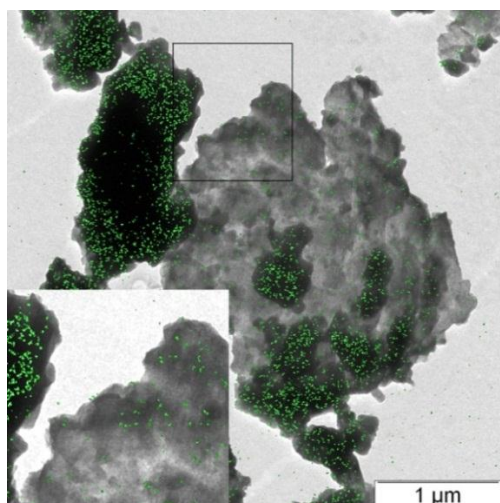
Для выяснения природы образующихся в процессе термолиза молотых систем наночастиц было предпринято исследование последних методом спектроскопии энергетических потерь электронов (EELS) с последующим картированием (ESI) по атомам Са (рис. 7–9). Представленные энергетически-фильтрованные изображения (рис. 7–9) свидетельствуют о неравномерном распределении атомов Са между исходными частицами и новообразованиями.



а



б



в

Рис. 9. Результаты EELS-исследования системы 3.

- а – продукты термолиза (система 3);
- б – EELS-спектр Са нанобъекта системы 3;
- в – результаты ESI-картирования по Са.

Для всех исследованных систем 1–3 характерно повышенное содержание кальция в структуре исходных плотных частиц, образовавшихся в результате мокрого помола смеси опока/СаО (рис. 7–9 в). Это подтверждается наличием ха-

рактерного разрешенного дуплета Са L2,3 в области 340–360 эВ, соответствующего L2- и L3-краям электронной оболочки кальция. Продукты термолиза, представляющие собой округлые с низкой плотностью частицы, напротив, отли-

чаются малым содержанием кальция в своем составе (рис. 7–8 в), причем содержание кальция падает с понижением плотности продуктов термолiza. Например, в системе 1 рыхлые продукты термолiza, частично отделившиеся от исходной частицы, отличаются полным отсутствием кальция в своем составе (рис. 7 в). В то же время, продукты термолiza, образовавшие изолированные наночастицы, зачастую содержат кальций в составе своего ядра (рис. 7 в), что может быть результатом сохранения ядром структуры исходной (маточной) частицы. Повышенное содержание кальция в ядрах частиц новообразований характерно и для системы 2 (рис. 8 в). Иная ситуация наблюдается в системе 3, где новообразования (область с меньшей плотностью) представляют собой продукты компактизации (спекания) частиц наносиликатов, при этом кальций равномерно распределен по всему профилю новообразований (рис. 9 в). Отсутствие у новообразований выраженной кристаллической структуры позволяет рассматривать их как твердофазный раствор кальция в SiO_2 -матрице.

Таким образом, в процессе совместного измельчения опоки и окиси кальция в присутствие водных растворов сахарозы образуются наноструктуры, характер которых определяется как содержанием сахарозы, так и исходным отношением опока/ CaO .

Формирующие наноструктуры продукты измельчения являются высокогидратированными системами и в условиях термообработки на воздухе распадаются с образованием наночастиц. Характер продуктов термолiza определяется исходной структурой продуктов совместного измельчения модифицированной смеси опока/ CaO .

Продукты термолiza молотых модифицированных смесей опока/ CaO представляют собой нанодисперсные силикатные твердые растворы, где содержание кальция и характер его распределения в объеме частиц определяется, в том числе, составом исходной помольной смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review // *Construction and Building Materials*. 2010. Vol. 24. pp. 2060-2071.
2. Лотов В.А. Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий // *Известия томского политехнического университета*. 2007. Т. 311. №3. С.84-88.
3. Sobolev K., Ferrada-Gutierrez M. How nanotechnology can change the concrete world: Part 1 // *American Ceramic Society Bulletin*. 2005. V.84. №10. pp. 14-18.
4. Sobolev K., Ferrada-Gutierrez M. How nanotechnology can change the concrete world: Part 2 // *American Ceramic Society Bulletin*. 2005. V.84. №11. pp. 16-20.
5. Liu Xiaoyan, Chen Lei, Liu Aihua, Wang Xinrui. Effect of nano- CaCO_3 on properties of cement // *Energy Procedia*. 2012. № 16. pp. 991-996.
6. Senff L., Hotza D., Lucas S., Ferreira V.M., Labrincha J.A. Effect of nano- SiO_2 and nano- TiO_2 addition on the rheological behavior and the hardened properties of cement mortars // *Materials Science and Engineering*. 2012. A. 532. pp. 354-361.
7. Abdoli Yazdi N., Arefi M. R., Mollaahmadi E., Abdollahi Nejand B. To study the effect of adding Fe_2O_3 nanoparticles on the morphology properties and microstructure cement mortar // *Life Science Journal*. 2011. № 8(4). pp. 550-554.
8. Zhenhua Li, Huafeng Wang, Shan He, Yang Lu, Miao Wang. Investigations on the preparation and mechanical properties of the nano-alumina reinforced cement composite // *Materials Letters*. 2006. V. 60. pp. 356-359.
9. Nazari A., Riahi S. Effects of CuO nanoparticles on compressive strength of self-compacting concrete // *Sadhana*. 2011. Vol. 36, part 3. pp. 371-391.
10. Pengkun Hou, Jueshi Qian, Xin Cheng, Surendra P. Shah. Effects of the pozzolanic reactivity of nano- SiO_2 on cement-based materials // *Cement & Concrete Composites*. 2015. V.55. pp. 250-258.
11. Rong Z., Sun W., Xiao H., Jiang G. Effects of nano- SiO_2 particles on the mechanical and microstructural properties of ultra-high performance cementitious composites // *Cement & Concrete Composites*. 2015. V. 56. pp. 25-31.
12. Шабанова Н. А. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема / Н. А. Шабанова, П.Д. Саркисов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 208 с.
13. Kyoung-Min K., Young-Sun H, Suk-Pyo K., Jun L. Effect of sodium silicate- and ethyl silicate-based nano-silica on pore structure of cement composites // *Cement & Concrete Composites*. 2014. V.49. pp. 84-91.
14. Pengkun H., Kejin W., Jueshi Q., Shiho K., Deyu K., Surendra P. S. Effects of colloidal nano- SiO_2 on fly ash hydration // *Cement & Concrete Composites*. 2012. V.34. pp.1095-1103.
15. Alizadeh R., Raki L., Makar J. M., Beaudoin J. J., Moudrakovski I. Hydration of tricalcium silicate in the presence of synthetic calcium-silicate-hydrate // *J. Mater. Chem*. 2009. № 19. pp.7937-7946.
16. Lindgreen H., Geiker M., Krøyer H., Springer N., Skibsted J. Microstructure engineer-

ing of Portland cement pastes and mortars through addition of ultrafine layer silicates // Cement & Concrete Composites. 2008. V.30. pp. 686-699.

17.Ходаков Г. С. Физика измельчения / Г.С. Ходаков. – М.: Наука, 1972. – 307 с.

18.Страхов А. В., Кончакова О. А. Развитие технологий производства теплоизоляционных материалов на основе жидкого стекла // Ресурсоэнерго-эффективные технологии в строительном комплексе региона. 2012. № 2. С. 271-275.

19.Траутвайн А. И., Ядыкина В. В., Гридчин А. М. Повышение реакционной способно-

сти наполнителей в результате помола // Строительные материалы. 2010. № 12. С.82-85.

20.Шошин Е.А., Поляков А.В., Горшков Н.В., Былинкина Н.Н., Буров А.М. Соотношение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - сахара как фактор влияния на морфологию аморфных гидросиликатов кальция // Научное обозрение. 2015. №16. С.168-179.

21.Шошин Е.А. Тимохин Д.К., Обычев Д.О. Формирование нанофазы портландцемента на ранних сроках твердения в присутствии дисахаридов // Научное обозрение. 2015. №4. С.159-168.

Shoshin E.A., Polyakov A.V., Burov A.M.

ABOUT THE POSSIBILITY OF THE SYNTHESIS OF NANO-CALCIUM SILICATE BY THE METHOD OF THERMOLYSIS OF MIXTURES MODIFIED BY FLASK- CaO , SUBJECTED TO CO-GRINDING IN THE PRESENCE OF WATER

Grinding a mixture of flask and CaO in aqueous solutions of sucrose leads to the formation in a dispersed system of nanostructures, the nature of which is determined both by the content of sucrose and the initial ratio of flask/ CaO . The resulting nanostructures become dehydration when heated with the formation of nanoparticles of different nature. The study by spectroscopy of energy losses of electrons (EELS) showed that the calcium content in the products of thermolysis is significantly reduced compared to the starting material and the products of thermolysis are silicate solid solutions of calcium. The content of CaO and sucrose in the starting material can be an effective instrument of governance structure formed during the thermolysis of the nanoparticles of calcium silicate.

Key words: flask, calcium oxide, sucrose, grinding, thermal dehydration, transmission electron microscope, spectroscopy of energy losses of electrons (EELS), calcium silicate nanoparticles.

Шошин Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологии.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77

E-mail: Shoshin234@mail.ru

Поляков Андрей Владимирович, кандидат технических наук кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

E-mail: polyakovsgtu@mail.ru

Буров Андрей Михайлович, ведущий инженер Центра Коллективного Пользования «Симбиоз».

Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Московская, 155, корп.1.

E-mail: Burov.anmi@gmail.com

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Щетинина Е.Д., д-р экон. наук, проф.,
Овчарова Н.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТА КАК ЭЛЕМЕНТ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИЙ

Kochetckov.volodya@yandex.ru

В настоящей статье рассматриваются подходы к управлению коммерциализацией инноваций. На основе их анализа и систематизации предлагается использовать с этой целью понятие инновационного потенциала продукта. Раскрываются сущность и содержание основных стадий и этапов анализа, формирования, развития и реализации инновационного потенциала продукта в его связи с потенциалом предприятия-производителя.

Ключевые слова: инновации, инновационный потенциал фирмы и продукта, анализ инновационного потенциала, оценка инноваций, индикаторы потенциала инноваций, коммерциализация инноваций.

Введение. В условиях становления инновационной экономики основными факторами социально-экономического развития являются научно-технический прогресс, широкое распространение и использование инноваций, повышение роли и масштабов освоения интеллектуальной собственности.

Целью данной статьи является развитие принципов управления инновационными процессами предприятия на основе анализа инновационного потенциала создаваемого нового продукта, который следует учитывать при его коммерциализации и внедрении на рынок. Также в данной работе рассматриваются сценарии развития предприятия, когда внедрение и коммерциализация инноваций является необходимым элементом модернизации и стабилизации деятельности фирмы.

Если обратиться к понятиям инноваций, то в основе центровых в данной статье терминов – новшество, инновация и коммерциализация стоят слова английского происхождения. Инновация это нововведение в области техники, технологии, организации труда и управления, основанные на использовании достижений науки и передового опыта, а также использование этих новшеств в самых разных областях и сферах деятельности. Процесс введения новшества на рынок принято называть процессом коммерциализации. С момента появления новшества на рынке оно становится инновацией. Однако различные новшества имеют различный инновационный потенциал, что и должно определять поли-

тику и способы коммерциализации и ее эффективность.

Методология. Методологическую основу статьи определило рассмотрение этапов создания и коммерциализации инноваций, позволившее раскрыть сущность рыночных инноваций как объекта продвижения, определить формы проявления потребительского поведения на рынке инноваций, а также выделить и охарактеризовать участников коммерциализации рыночных инноваций, от которых в конечном счете зависит инновационный успех продукта [1].

Основная часть. Термин «инновация» стал активно использоваться в переходной экономике России как самостоятельно, так и для обозначения ряда родственных понятий: «инновационная деятельность», «инновационный процесс», «инновационное решение», а также «инновационный менеджмент».

Под инновациями в широком смысле понимается прибыльное использование новшеств в виде новых технологий, видов продукции и услуг, организационно-технических и социально-экономических решений производственного, финансового, коммерческого, административного или иного характера. Период времени от зарождения идеи, создания и распространения новшества и до его использования принято называть жизненным циклом инновации. С учетом последовательности проведения работ жизненный цикл инновации рассматривается как инновационный процесс.

В мировой экономической литературе «инновация» интерпретируется как превращение потенциального научно-технического прогресса в реальный, воплощающийся в новых продуктах и технологиях. Проблематика нововведений в нашей стране на протяжении многих лет разрабатывалась в рамках экономических исследований НТП. [2]

Инновация может быть рассмотрена как в динамическом, так и в статическом аспекте. В последнем случае инновация представляется как конечный результат научно-производственного цикла (НПЦ). Вопросами, связанными с созданием и использованием инноваций занимается инновационный менеджмент как подсистема управления предприятием. Это достаточно новая область управления и в этой связи она нуждается в специфических категориях. Мы считаем, что одной из них выступает категория «инновационный потенциал продукта». Рассмотрим ее сущность и содержание.

Термины «инновация» и «инновационный процесс» близки, но не однозначны. Инновационный процесс связан с созданием, освоением и распространением инноваций. Создатели инновации (новаторы) руководствуются обычно такими критериями, как жизненный цикл изделия и экономическая эффективность. Их стратегия направлена на то, чтобы превзойти конкурентов, создав новшество, которое будет признано уникальным в определенной области. Научно-технические разработки и нововведения выступают как промежуточный результат научно-производственного цикла и по мере практического применения превращаются в научно-технические инновации – конечный результат. Научно-технические разработки и изобретения являются приложением нового знания с целью его практического применения, а научно-технические инновации (НТИ) – это материализация новых идей и знаний, открытий, изобретений и научно-технических разработок в процессе производства с целью их коммерческой реализации для удовлетворения определенных запросов потребителей. Непременными свойствами инновации являются научно-техническая новизна и производственная применимость.

Следовательно, научно-технические инновации должны:

- обладать новизной;
- удовлетворять рыночному спросу;
- приносить прибыль производителю.

Распространение нововведений, как и их создание, является составной частью инновационного процесса. И здесь есть много нюансов, которые и можно попытаться уловить с помощью комплексного термина «инновационный

потенциал продукта (товара)» (ИПТ). Проведем такое уточнение. В повседневной практике, как правило, отождествляют понятие новшество, новация, нововведение, инновация, что вполне объяснимо. Новшеством может быть новый порядок, новый метод, изобретение. Нововведение означает, что новшество используется. С момента принятия к распространению новшество приобретает новое качество и становится инновацией. Инновационное развитие обеспечивают высокую добавленную стоимость продукции. Так возникает еще одна составляющая ИПТ – высокая добавленная стоимость или интеллектуальность. Другое дело, что она не всегда оценивается рынком и обществом по достоинству. Почему это происходит, важно выяснить не на стадии коммерциализации, а еще на первых этапах инновационного процесса (проектирование, задание, выбор вектора и формы инновации), и это есть важный объект управления для инновационных менеджеров. Задача сводится к решению, прежде всего двух базовых вопросов:

- 1) каковы требования и условия формирования достаточно высокого уровня ИПТ;
- 2) какие сложности могут возникнуть при реализации ИПТ, то есть, в процессе его рыночного использования?

В отношении первого вопроса, можно заметить следующее. Инновационное развитие подразумевает, в первую очередь, реализацию различного рода конкретных проектов. Для успеха любого инновационного проекта нужны три обязательные составляющие, а именно: Идея, Деньги и Менеджер. Но это есть не что иное, как инновационные ресурсы: творческие способности к генерации идей, финансовые возможности для обеспечения процесса инноватики, управление, способное объединить усилия для поставленной цели. Поэтому возникает необходимость в применении категории инновационный потенциал фирмы и ее увязке с ИПТ.

В результате анализа существующих подходов к определению категории «инновационный потенциал» представляется, что определение сущности инновационного потенциала экономического субъекта или фирмы (ИПФ) должно охватывать следующие основные характеристики:

- 1) ИПФ выступает подсистемой социально-экономического потенциала региона, при этом все части общего потенциала тесно связаны между собой. Эффективная реализация общего потенциала зависит от состояния как каждой из его частей, так и их взаимодействия. В данном случае развитие всех подсистем должно быть сбалансированным, поскольку отставание одной

из них выступает сдерживающим фактором как для системы в целом, так и для отдельных ее составляющих; [3]

2) ИПФ – это наличие и сбалансированность ресурсов, уровень развития которых достаточен для осуществления эффективной инновационной деятельности;

3) ИПФ включает организационный и институциональный механизмы, обеспечивающие инновационную деятельность;

4) ИПФ содержит неиспользованные, предполагаемые (скрытые) возможности ресурсов, которые могут быть приведены в действие для реализации инновационной стратегии;

5) ИПФ – это определенная характеристика способности экономической системы к изменению, улучшению, прогрессу на основе трансформации имеющихся ресурсов в новое качественное состояние [3].

Представляется, что здесь не учтена еще одна ипостась (аспект) ИПФ – он является ис-

точником инновационного потенциала товара (ИПТ).

Наряду с инновативностью и научным потенциалом, можно выделить еще одну составляющую инновационного потенциала, отражающую связь с рынком, востребованность новации на рынке, уровнем рыночного потенциала инновации. Схема структурных составляющих инновационного потенциала представлена на рис. 1.

Ресурсные возможности инновационного развития (ИПФ р.) выступают основой для формирования инновационного потенциала продукта. Они включают в себя следующие основные компоненты, имеющие различное функциональное назначение: материально-технические, научно-технологические, финансовые, кадровые ресурсы. Особенно важен при этом человеческий ресурс (капитал), так как именно он рождает идеи и находит пути их воплощения.

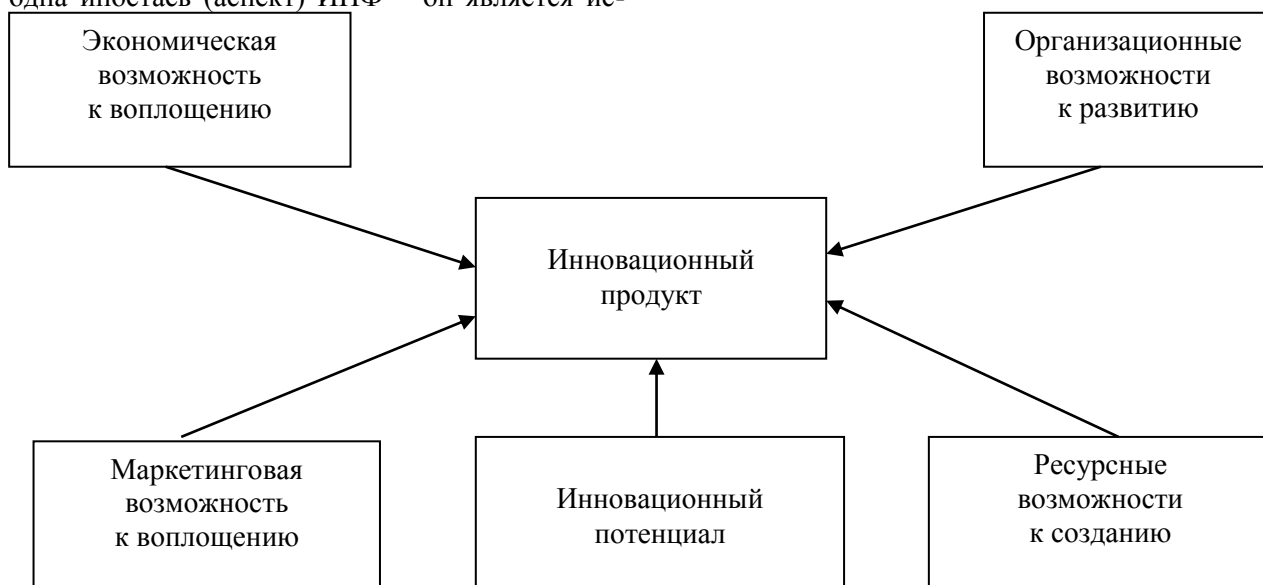


Рис. 1. Схема формирования инновационного продукта и его потенциала

Организационная способность к развитию инноваций в структуре инновационного потенциала (ИПФ орг.) отражается степенью развития информационной и консалтинговой инфраструктур, связями с инновационной средой. Важность этих структур для обеспечения ИПФ и ИПТ заключается в том, что инновационная деятельность и ее продукт имеет много специфических черт и особенностей, знание которых приобретаются только с практическим опытом. Это всегда коллективный продукт, полученный на базе ноосферного сознания, вдохновения от столкновений одаренных личностей, творческой синергии. [4]

Экономическая готовность к воплощению инноваций (ИПФ эк.) показывает способность системы к восприятию и использованию со-

зданных новшеств – коммерциализации инноваций. Инновационная разработка должна превосходить имеющиеся производственные мощности даже на перспективу, чтобы стать достойной коммерциализации. Иначе итог от коммерциализации внедрения новшества будет минимален, и обоснованность подобной модернизации будет сомнительна. Выбор вариантов финансирования проекта в общем типичен и представлен тремя видами финансирования: внешним, внутренним и смешанным. Вложения в инновации, как правило, имеют повышенный риск, поэтому поиск внешнего финансирования может быть затруднен. Последний этап – проверка технической и промышленной обоснованности идеи – вызван тем, что инновация имеет повышенные риски и в таких условиях пробные запуски и дополни-

тельные научные испытания научно-технической разработки могут быть полезны для выявления негативных факторов и устранения их на раннем этапе.

Но экономическая составляющая ИПФ невозможна без маркетинговой составляющей (ИПФ м.) – учета и проработки требований рынка к новому продукту. Коммерческий успех инновации определяется двумя основными факторами: возможностью внедрения инновационной идеи в производство и тиражирования нового продукта в необходимых масштабах; соответ-

ствием новинки потребностям участников рынка. Возможность внедрения и тиражирования инновационной идеи — есть суть показателя инновационной восприимчивости предприятия, тогда как соответствие новинки запросам рынка, составляющая коммерческого успеха, есть отражение коммерческой эффективности деятельности инновационного предприятия, его рыночного потенциала.

Многие авторы полагают, что продукт есть элемент или часть ИПФ:

$$\text{Инновационный потенциал} = \text{Ресурсы} + \text{Инфраструктура} + \text{Результат} \quad (1)$$

Но с нашей точки зрения данное положение противоречит применяемым ими же определениям инновационного потенциала. Здесь следует остановиться более подробно на определении инновационного результата и инновационной активности экономической системы. Под инновационным результатом (результатом инновационной деятельности) подразумевается отгруженная (оказанная) инновационная продукция (услуга).

Это подтверждает правомерность логики приведенной схемы рис.1.

Кроме того, укажем здесь на доказанную многими исследователями корреляцию инновационной активности и инновационной результативности. Это значит, что инновационный продукт является, как правило, результатом высокого уровня инновационной активности фирмы.

Тогда величина ИПТ будет определяться следующим образом:

$$\text{ИПТ} = \Phi (\text{ИПФ р.}, \text{ИПФ орг.}, \text{ИПФ эк.}, \text{ИПФ м}) \quad (2),$$

где ИПФ р. – ресурсная составляющая инновационного потенциала фирмы;

ИПФ орг. – ресурсная составляющая инновационного потенциала организации;

ИПФ эк. – ресурсная составляющая инновационного потенциала экономики;

ИПФ м. – ресурсная составляющая инновационного потенциала маркетинга.

Дальнейшим шагом будет являться методика оценки ИПТ на основе предложенного подхода, которая должна основываться на сопоставлении альтернативных вариантов преимуществ, получаемых при реализации инноваций за счет той или иной структуры ИПФ.

Вывод. Таким образом, инновационный потенциал продукта (ИПТ) складывается из многих составляющих и взаимосвязанных элементов. Их можно условно сгруппировать следующим образом:

А) примененные ресурсы и их структура (качество человеческого капитала, доля нематериальных активов, прогрессивного оборудования и т.п.);

Б) организационные способности, активность внешних и внутренних инновационных коммуникаций и их уровень, проектный менеджмент;

В) экономическая составляющая, создающая высокую добавленную стоимость и соответствующую модель бизнеса;

Г) маркетинговая составляющая, учитывающая спрос на инновацию и точность выбора политики ее продвижения для целевой аудитории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амосенко Э.П., Бажанов В.А. (2006) Интегральная оценка инновационного потенциала регионов России // Регион: Экономика и Социология. 450 с.
2. Данилова Т.Н., Грищенко В.А. (2007) Подходы к оценке инновационного потенциала региона // Региональная экономика: теория и практика. №5. С. 78-80
3. Егорова М.В. (2007) Метод Инновационного позиционирования региона // Региональная экономика: теория и практика. №5 с.80-86
4. Старикова М.С. Развитие инновационного сектора Российской экономики// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014 №6. С.122.

Shchetinina E. D., Ovcharova N. In.

**THE INNOVATIVE POTENTIAL OF THE PRODUCT AS AN ELEMENT
OF COMMERCIALIZATION OF INNOVATIONS**

This article examines approaches to the management of commercialization of innovation. On the basis of their analysis and systematization is proposed to use for this purpose the concept of innovative potential of the product. Reveals the essence and content of main stages of analysis, formation, development and realization of innovative potential of the product in relation to the potential of the company-manufacturer.

Key words: *innovation; innovation potential of the firm and product; the analysis of innovative potential; evaluation of innovation; indicators of potential innovation, commercialization of innovation.*

Щетинина Екатерина Даниловна, доктор экономических наук, зав. кафедрой маркетинга.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: schetinina@inbox.ru

Овчарова Наталья Владимировна, аспирант кафедры маркетинга.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: Kochetckov.volodya@yandex.ru

Абакумов Р. Г., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ГИПОТЕЗА О МЕХАНИЗМЕ ВЛИЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

abakumovrg2000@mail.ru

В статье раскрывается гипотеза о механизме влияния управления воспроизводством основных средств на экономические и социальные процессы. Описаны общий механизм влияния, влияние на эффективность и конкурентоспособность, механизм взаимосвязи управления воспроизводством с результатами деятельности организации, влияние инструментов воспроизводства, влияние на структуру оборотных средств и на структуру бухгалтерского баланса, влияние на инвестиционную деятельность.

Ключевые слова: воспроизводство, основные средства, управление воспроизводством, механизм влияния.

Известно, что воспроизводство основных средств, влияет на экономические и социальные процессы, но механизм и методика определения этого влияния в экономической литературе раскрыто явно недостаточно. Гипотеза о механизме влияния управления воспроизводства основных средств на экономические и социальные процессы, требует научного обоснования.

Выделим пути, которыми воспроизводство основных средств влияет на экономические и социальные процессы. Во-первых, оно лежит в основе процесса создания прибавочной стоимости. Во-вторых, воспроизводство основных средств является базой для усовершенствования существующих и создания новых продуктов и услуг, позволяющих расширить существующие и формировать новые рынки. В-третьих, оно влияет на эффективность реализации стратегии управления на макро- и микроуровне [1].

Таким образом, воспроизводство основных средств играет очень важную роль для экономики страны и решения многих социальных проблем.

Из всего изложенного можно сделать вывод, что экономический рост и стабильность национальной экономики в значительной степени зависит от управления воспроизводством основных средств.

В обобщенном плане механизм влияния воспроизводства основных средств, возможно, представить в виде рис.1.

Воспроизводство основных средств влияет на все стороны деятельности организации, а именно: на технический уровень хозяйственной деятельности (капиталовооруженность, техническую вооруженность, величину производственной мощности); на масштабы деятельности; на структуру управления; на структуру кадров; на качество и конкурентоспособность продукции, работ, услуг; на эффективность капитальных вложений; на прирост объема реализа-

ции продукции; на снижение издержек производства и реализации продукции; на соотношение между постоянными и переменными затратами; на прирост прибыли за счет снижения издержек, улучшения качества увеличения объема реализации продукции и продажных цен; на высвобождение ресурсов (материальных, трудовых, финансовых и др.); на финансовое состояние организации на современном этапе и в перспективе; на экономические и социальные результаты работы организации и т.д. [2].

Нами разработан механизм влияния воспроизводства основных средств на экономический результат и конкурентоспособность организации, который представлен на рис.2.

Воспроизводство основных средств влияет на деятельность организации и прежде всего через повышение технической вооруженности труда, механизации и автоматизации, использования ресурсосберегающей техники и технологии, улучшение использования производственной мощности и других факторов.

В свою очередь это приводит к увеличению объема производства продукции (услуг), улучшению качества продукции, высвобождению ресурсов организации, снижению себестоимости и возрастанию прибыли, а следовательно к повышению эффективности и конкурентоспособности организации.

Степень влияния воспроизводства основных средств на отдельные стороны деятельности организации зависит от того, на какие конкретные цели оно направлено. Взаимосвязь управления воспроизводством основных средств с результатами деятельности организации отражена на рис. 3.

Управление воспроизводством средств самым существенным образом влияют на технический уровень (инновационность) производства, а именно на: уровень механизации и автоматизации труда; уровень специализации; уровень

капиталовооруженности труда; на уровень технической вооруженности труда и др. Степень

этого влияния зависит от степени прогрессивности внедряемой техники и технологии.



Рис. 1. Влияния воспроизводства основных средств на экономические и социальные процессы



Рис. 2. Влияния воспроизводства основных средств на эффективность и конкурентоспособность организации

Механизация и автоматизация производства может привести к следующим положительным экономическим и социальным результатам: росту производительности труда за счет повышения уровня производства, что должно привести к снижению себестоимости по элементу «заработная плата + отчисления в фонды», при условии, если темпы роста средней заработной платы будут ниже темпов роста производительности труда; увеличению выпуска и реализации продукции за счет роста производительности труда и единичной мощности машин

и оборудования, что в конечном итоге может привести к снижению себестоимости продукции по причине «эффекта масштабности»; улучшение качества продукции и как следствие - увеличение объема реализации продукции в натуральном и стоимостном выражении; более рациональному использованию материальных ресурсов за счет внедрения ресурсосберегающей техники и технологии; улучшению условий труда, в частности снижению доли ручного, в том числе тяжелого труда [3].

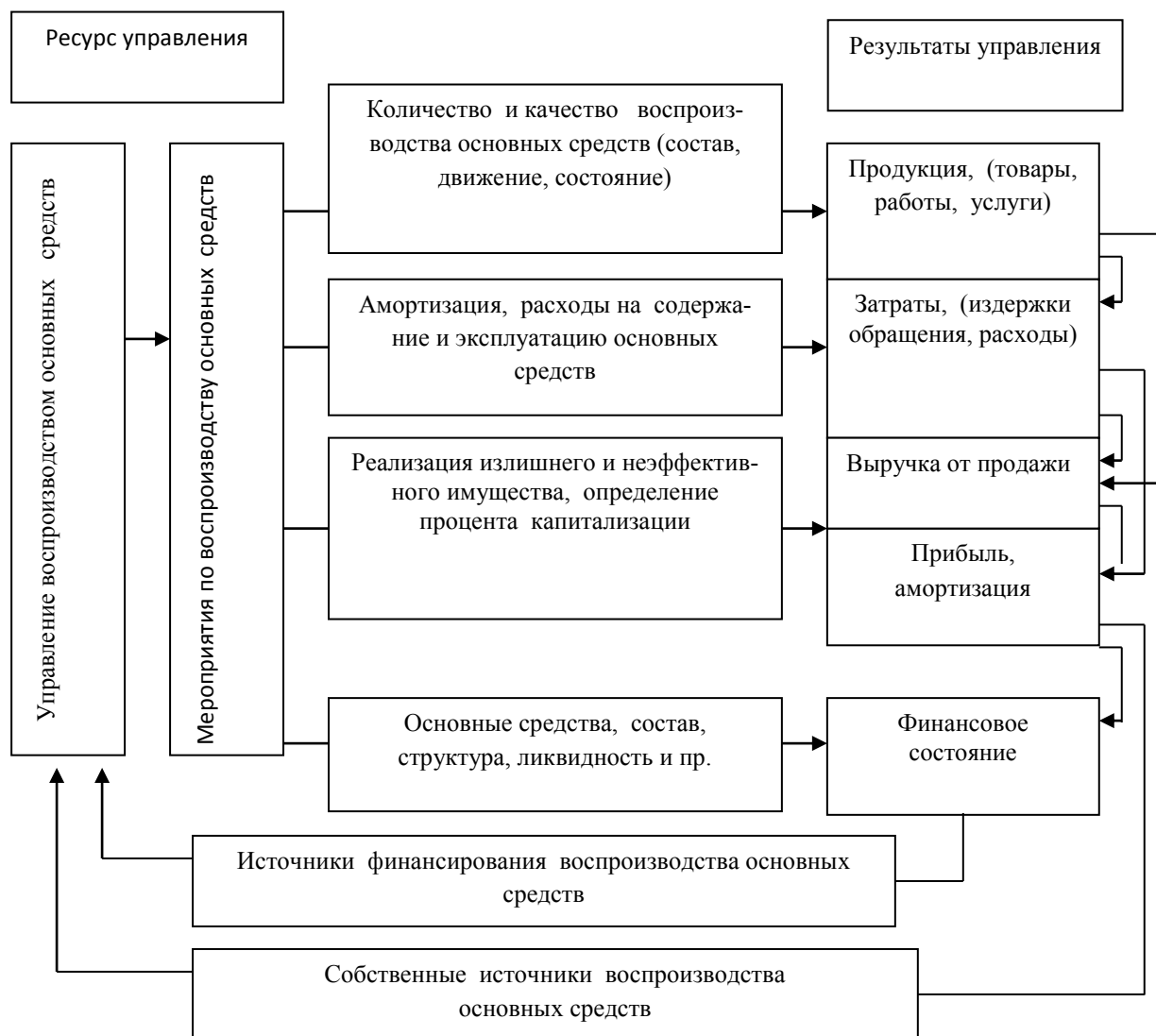


Рис. 3. Механизм взаимосвязи управления воспроизводством основных средств с результатами хозяйственной деятельности организации

Таким образом, повышение технического уровня производства влияет на рост производительности труда через увеличение объема выпуска и реализации продукции, высвобождение рабочей силы, повышение цен за счет улучшения качества продукции и других факторов.

Снижение издержек производства и реализации продукции в этом случае может быть до-

стигнуто за счет: эффекта «масштабности»; опережающего роста производительности труда по сравнению со средней заработной платой; снижения материалоемкости продукции; снижения производственного брака и др. факторов.

По отдельным элементам затрат может быть не снижение, а увеличение. Например, могут возрасти амортизационные отчисления, осо-

бенно когда внедряется дорогостоящая техника и технология. В определенной мере это касается и расходов на потребляемую электроэнергию.

Повышение технического уровня производства положительно влияет и на конечные результаты работы организации - прибыль. Прибыль в этом случае может быть увеличена за счет увеличения объема реализации, снижения ее себестоимости, улучшения качества продукции (роста цен).

Управление воспроизводством основных средств влияет на количественные и качественные показатели работы организации не только за счет повышения технического уровня производства, но и за счет изменения структуры управления и организации производства, а также изменения структуры кадров. Это влияние разноплановое.

Реконструкция, новое строительство, как правило, приводят к расширению масштабов деятельности организации, что ведет к созданию новых структурных подразделений, как производственного, так и функционального характера, а, следовательно, к изменению и усложнению производственной и общей структуры управления организацией. В этом случае структура кадров также претерпевает определенные изменения.

Управление воспроизводством основных средств влияет на изменение структуры кадров в

следующем плане: росте доли рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом; повышение общего образовательного ценза рабочих и специалистов; омоложение возрастной структуры кадров; увеличении доли работников, занятых умственным трудом; изменения соотношения между рабочими и техникой в пользу последней.

Если рассматривать все это с чисто теоретической позиции, то такое изменение структуры кадров должно положительно влиять на результаты работы организации.

Основными показателями степени организации производства и труда, на которые влияет управление воспроизводством основных средств, является ритмичность производства; уровень концентрации, специализации и кооперирования производства; уровень развития бригадной формы организации труда (охват бригадной формы организации труда); уровень сопряженности между производственными подразделениями с одной стороны, и уровня сопряженности между производственными и обслуживающими производствами с другой; уровень научной организации труда (НОТ) и др.

Механизм влияния некоторых инструментов управления воспроизводством основных средств на конечные финансовые результаты работы организации представлен на рис. 4.



Рис. 4. Влияния инструментов воспроизводства основных средств на конечные результаты работы хозяйствующего субъекта

Воспроизводство основных средств влияет на: видовую структуру основных средств, структуру оборотных средств; структуру себе-

стоимости продукции, структуру отпускной цены на единицу продукции, структуру актива и пассива бухгалтерского баланса (рис. 5).

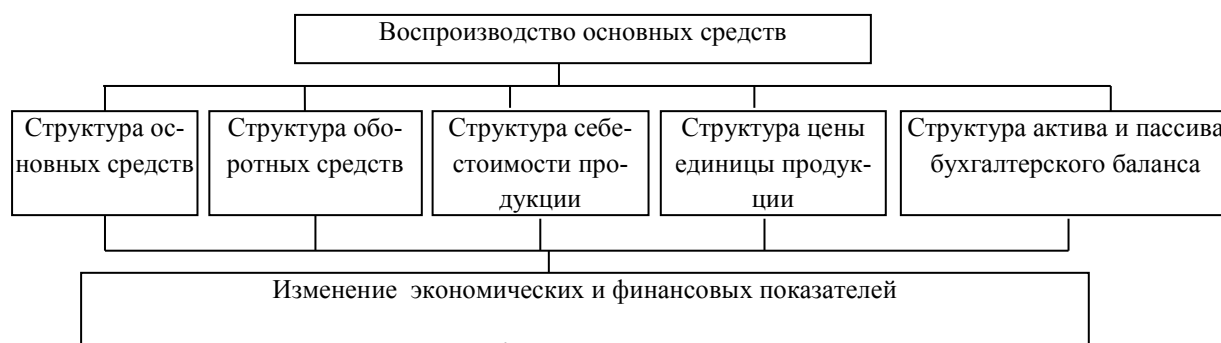


Рис. 5. Влияния воспроизводства основных средств на структуры различных экономических категорий

Воспроизводство основных средств влияет на структуру оборотных средств прямо и косвенно (опосредованно). Если предприятие использует ускоренные методы амортизации, то в этом случае наблюдается прямое влияние: на предприятии увеличиваются амортизационные отчисления, а, следовательно, и доля денежных средств в структуре оборотных средств, то есть структура оборотных средств улучшается.

На структуру оборотных средств воспроизводство основных средств влияет и опосредованно, через изменение величины затрат, необходимых для поддержания основных средств в их рабочем состоянии. А величина этих затрат зависит от физического износа основных средств. Схематично влияние воспроизводства основных средств на структуру оборотных средств можно представить следующим образом (рис. 6).

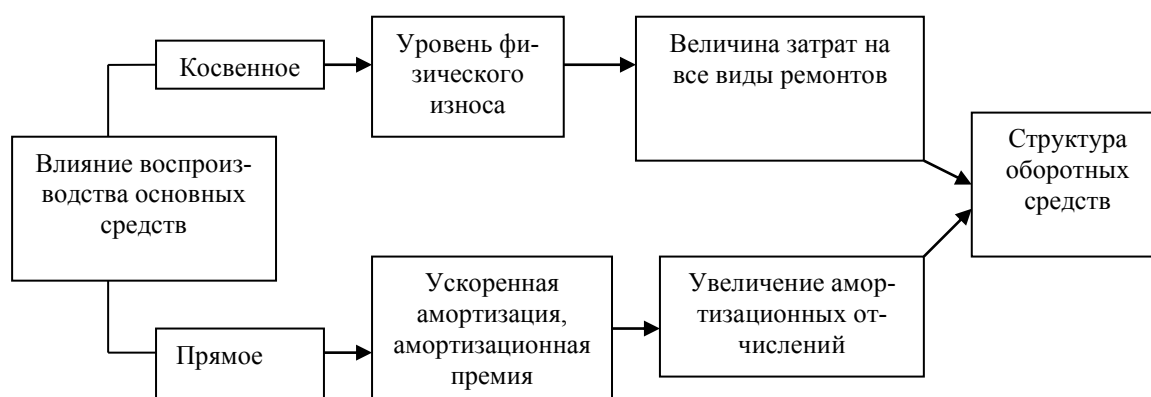


Рис. 6. Влияния воспроизводства основных средств на структуру оборотных средств

По структуре бухгалтерского баланса в целом можно судить о финансовом состоянии предприятия. Проводимое на предприятии воспроизводство основных средств может улучшить или ухудшить структуру бухгалтерского баланса.

Механизм влияния воспроизводства основных средств на структуру бухгалтерского баланса показан на рис. 7.

Из этого рисунка следует, что воспроизводство основных средств влияет на структуру бухгалтерского баланса через переоценку, изменение финансового состояния и величины амортизационных отчислений, используемых по своему функциональному назначению, а также через приобретение, выбытие и т.д.

Проводимое на предприятии воспроизводство основных средств может существенно улучшить структуру бухгалтерского баланса,

увеличить величину чистых активов и стоимость бизнеса.

Механизм влияния возрастной структуры машин и оборудования на финансовые результаты работы предприятия представлен на рис. 8.

Исходя из рис. 8, следует, что возрастная структура машин и оборудования в первую очередь влияет на: технический уровень производства; производительность машин и оборудования; трудоемкость изготовления продукции; уровень качества продукции и процент брака; затраты на текущий и капитальный ремонт.

Все эти показатели позитивно или негативно влияют на объем производства и реализацию продукции, ее себестоимость, а в конечном итоге – на финансовые результаты работы предприятия.

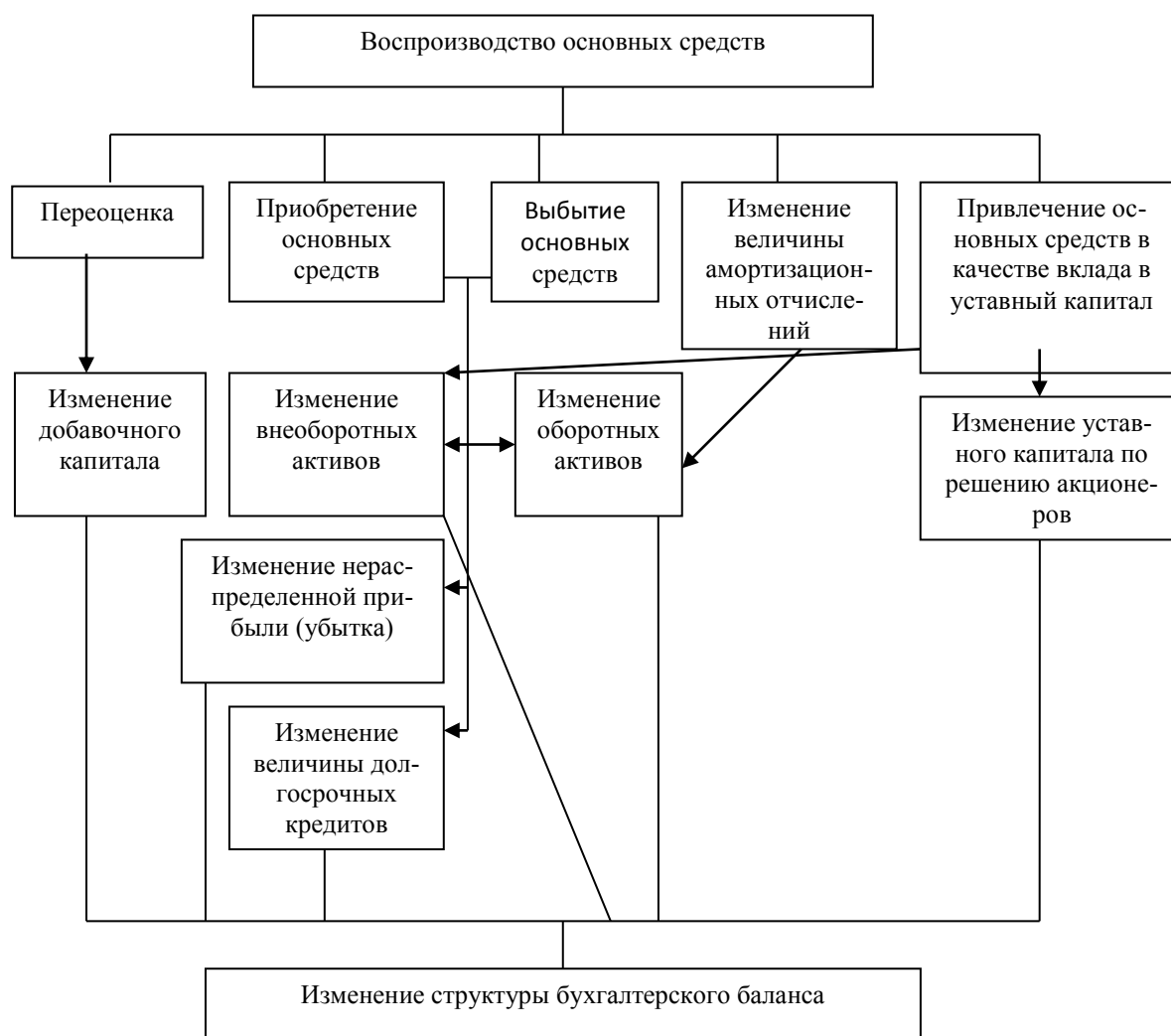


Рис. 7. Механизм влияния воспроизводства основных средств на структуру бухгалтерского баланса

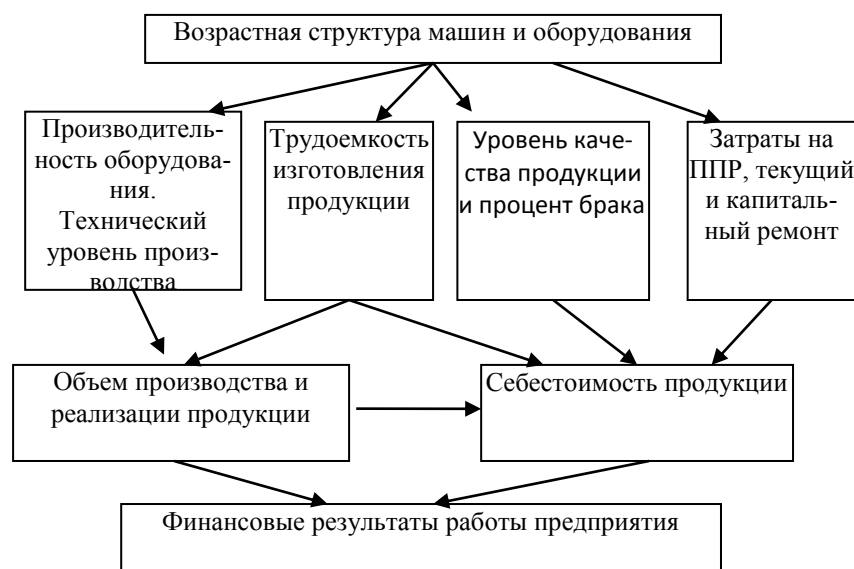


Рис. 8. Влияния возрастной структуры машин и оборудования на финансовые результаты работы предприятия

От качественного и количественного состояния основных средств и, прежде всего, от их технического уровня зависит:

– уровень использования живого труда. Между уровнем механизации и автоматизации

производства и производительностью труда существует прямая связь;

– уровень использования материальных ресурсов. Применение более совершенных машин и оборудования, малоотходной и безотходной технологии является основой для более рацио-

нального использования материальных ресурсов и для более полного извлечения полезных компонентов из исходного сырья;

– качество и конкурентоспособность продукции и предприятия;

– уровень издержек и величина прибыли.[4]

На наш взгляд, механизм влияния воспроизводства основных средств на инвестиционную деятельность организации может быть представлен следующим образом (рис. 9).



Рис. 9. Влияния воспроизводства основных средств на инвестиционную деятельность организации

Из этого рисунка следует, что воспроизводство основных средств влияет на величину амортизационных отчислений, себестоимость продукции, налог на имущество организации, прибыль, а, следовательно, на величину собственных инвестиционных ресурсов предприятия (прибыль чистая плюс амортизационные отчисления) и развитие инвестиционной деятельности.

Качественное и количественное состояние основных средств и его воспроизводство, во многом определяется структурой вложения инвестиций в основные средства, то есть от структуры капитальных вложений зависит структура основных средств и состояние его воспроизводства. Таким образом, по нашему мнению, состояние структур капитальных вложений и структур основных средств характеризуют состояние воспроизводства основных средств, а, следовательно, и результаты управления воспроизводством основных средств.

Структура капитальных вложений влияет на структуру основных средств, что в свою очередь отражается на состоянии воспроизводства основных средств, которое непосредственно оказывает влияние на развитие национальной экономики. Причем между данными элементами

структур и состоянием воспроизводства существует как прямая, так и обратная связь.

При этом большинство авторов считают, что причиной является структура капитальных вложений, а следствием – структура основных средств. По нашему мнению, ситуация может быть и обратной, т.е. из-за неудовлетворительной структуры основных средств может измениться и структура капитальных вложений с целью улучшения их структуры.

Отраслевая структура влияет на технологическую структуру в связи с ее изменением. Технологическая структура инвестиций каждой отрасли имеет свою специфику, поэтому с изменением отраслевой структуры народного хозяйства изменяется и технологическая структура инвестиций на макро- и мезоуровне.

НТП и темпы его развития влияют на технологическую структуру инвестиций разнопланово, но в целом ведут к ее улучшению, т.е. к повышению доли затрат на машины и оборудование [5].

Влияние территориальной структуры инвестиций на технологическую структуру происходит под воздействием двух причин. Первая причина связана с неравномерным распределением инвестиций по географическим зонам страны. Вторая причина связана с изменением отрасле-

вой структуры народного хозяйства и промышленности вследствие изменения ее территориальной структуры.

Совершенствование воспроизводственной структуры инвестиций положительно отражается и на их технологической структуре, то есть между этими структурами имеется определенная взаимосвязь.

На технологическую структуру инвестиций влияет следующее: отраслевая принадлежность коммерческой организации (специфика предприятия); воспроизводственная политика; уровень диверсификации производства; внедрение новой техники и технологии; размеры предприятия и другие.

На воспроизводственную структуру инвестиций влияет следующее: стратегические цели предприятия; миссия предприятия; уровень физического и морального износа; конкуренция; качество менеджмента на предприятии; масштабы предприятия.

Масштабы предприятия самым существенным образом влияют не только на технологическую, но и воспроизводственную структуру инвестиций. В первую очередь, это связано с ограниченными финансовыми возможностями малых предприятий в проведении нового строительства. В определенной мере это относится и к проведению реконструкции и технического перевооружения производства. С возрастанием масштабов предприятия возможность осуществления всех методов воспроизводства основных средств существенно возрастет, что, естественно, влияет на воспроизводственную структуру инвестиций.

Уровень физического и морального износа влияет на воспроизводственную структуру инвестиций в зависимости от качественного состояния основных средств. В условиях существенного физического и морального износа руководство предприятия вынуждено приобретать новую технику, осуществлять техническое перевооружение и реконструкцию производства, что, естественно, повлияет на и воспроизводственную структуру инвестиций.

Уровень развития науки и техники влияет на отраслевую структуру по многим направлениям и в позитивном плане. С ускорением научно-технического прогресса, как правило, повышается доля капитальных вложений, направляемых на развитие так называемых прогрессивных отраслей промышленности (электроэнергетика, машиностроение и металлообработка, химическая промышленность), что позитивно влияет на эффективность производства.

Инвестиционная привлекательность отдельных отраслей промышленности и народного

хозяйства самым существенным образом влияет на отраслевую структуру инвестиций. Из экономической теории и практики известно, что в условиях рыночной экономики инвестиции, в первую очередь, устремляются в перспективные высокорентабельные, а потому, инвестиционно-привлекательные отрасли народного хозяйства и промышленности.

На территориальную структуру инвестиций влияют: инвестиционная привлекательность отдельных субъектов РФ; темпы развития отдельных субъектов РФ; исторически сложившаяся специализация производства в регионе; географическое местонахождение отдельного субъекта РФ; уровень развития отдельных субъектов РФ.

Существенное влияние на воспроизводственную, технологическую, отраслевую и территориальную структуру инвестиций в основные средства оказывает и структура инвестиций по источникам финансирования и наоборот.

Структура инвестиций в основные средства по источникам финансирования, как правило, изменяется в зависимости от фазы делового цикла: доля внутренних источников снижается в периоды оживления и подъема, когда повышается инвестиционная активность, и растет в периоды экономического спада, что связано с сокращением масштабов инвестирования, сокращением предложения денег, удорожанием кредита.

Из всего изложенного можно сделать вывод, что, во-первых, технологическая, отраслевая, воспроизводственная, территориальная и другие структуры инвестиций тесно взаимосвязаны между собой: во-вторых, структура инвестиций тесно взаимосвязана со структурой основных средств; в-третьих, зная механизм влияния на эти структуры, можно управлять ими с целью оптимизации и повышения эффективности использования инвестиций в основные средства; в-четвертых, в условиях нехватки инвестиционных ресурсов особое влияние на все вышеперечисленные структуры оказывает воспроизводственная структура инвестиций и структура инвестиций в зависимости от источников финансирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р.Г., Горяинова С.А. Амортизационная политика как инструмент управления воспроизводством основного капитала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2007. № 4. С. 185–191.
2. Абакумов Р.Г. Управление воспроизводством основного капитала как условие инновационного пути развития экономики // Креативная экономика. 2009. № 11. С. 3–9.

3. Абакумов Р.Г. Налоговый аспект развития инноваций в России // Инновационные технологии в кооперативном образовании как фактор развития экономики. Материалы международной научно-практической конференции. В 7 частях. Белгород, 2009. С. 330–336.

4. Абакумов Р.Г., Яреско К.И. Принципы и функции управления воспроизводством основных средств организации // Наука и кооперация: взгляд молодых исследователей. Материалы международной студенческой научной конференции. В 3 частях. Белгород, 2012. С. 9–14.

5. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки инвестиционной привлекательности реконструкции здания (сооружения) для последующей его реализации как объекта недвижимости коммерческого, жилого или социального назначения // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4-1 (57-1). С. 966–971.

6. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта // Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2014. С. 8–10.

7. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательно-го инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Научные труды SWorld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.

8. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53-4). С. 594–596.

9. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. К вопросу о совершенствовании понятийно-методологического аппарата инвестиционной

деятельности в недвижимости // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53-4). С. 588–590.

10. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53-4). С. 594–596.

11. Авилова И.П., Стрекозова Л.В. Ретроспективный подход к оценке организационно-технологических рисков инвестиционно-строительного проекта // Недвижимость: экономика, управление. 2013. № 1. С. 24–27.

12. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 180–183.

13. Соколова Н.Ю., Наумов А.Е., Щенятская М.А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации жилых объектов // Наука и образование в жизни современного общества. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138–141.

14. Урсу И.В. Прогрессивное инновационное развитие как безальтернативный тип развития экономики России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 1. С. 460–464.

15. Галкин Л.Г., Урсу И.В. Системный подход в анализе факторов экономического развития организаций // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 3. С. 82–86.

Abakumov R.G.

HYPOTHESIS ABOUT THE MECHANISM INFLUENCE OF MANAGEMENT REPRODUCTION PERMANENT ASSETS ON ECONOMIC AND SOCIAL PROCESSES

In clause the hypothesis about the mechanism influence of management reproduction permanent assets on economic and social processes is opened. The general mechanism influence, influence on efficiency and competitiveness, the mechanism of interrelation of management by reproduction with results of activity of the organization, influence of tools of reproduction, influence on structure of circulating assets and on structure of the balance sheet, influence on investment activity are described.

Key words: reproduction, permanent assets, management of reproduction, the mechanism influence.

Абакумов Роман Григорьевич, кандидат экономических наук, доцент, кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: abakumovrg2000@mail.ru

Прокушев Е.Ф., д-р экон. наук, проф.
Антонов А.Ю., ассистент,
Белгородский университет кооперации, экономики и права

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ РЕГИОНА

andrey-antonov-927@ya.ru

Внешняя торговля оказывает большое влияние на экономическое развитие стран и регионов. Для ее оценки используется целая система показателей, характеризующих динамику и структуру внешней торговли. В то же время при оценке внешней торговли на уровне региона не учитываются экономический потенциал территории, уровень конкурентоспособности отраслей региональной экономики, что вызывает необходимость разработки методики комплексной оценки развития внешней торговли региона. В данной статье предложена авторская методика оценки развития внешней торговли в регионе, основанная на диагностике внешней торговли региона, диагностике международной конкурентоспособности региона и диагностике эффективности внешней торговли региона. Для расчета общей оценки внешней торговли в регионе предложено использовать интегральный показатель, который определяется методом многомерной средней по формуле средней геометрической по индексам оценки соответствующих характеристик внешней торговли (оценки развития внешней торговли, оценки конкурентоспособности, оценки эффективности внешней торговли). На основе предложенной методики произведена оценка внешней торговли Белгородской, Воронежской и Курской областей, рассчитаны интегральные индексы оценки развития внешней торговли в исследуемых регионах.

Ключевые слова: внешняя торговля, экспорт, импорт, регион, оценка, индикатор.

Развитие мировой экономики, как и экономики отдельных государств и регионов страны в значительной степени поставлено в зависимость от эффективности внешней торговли. Соответственно, существует зависимость развития экономики страны от ее торгового взаимодействия с другими государствами.

Несмотря на всю важность внешней торговли как для государства в целом, так и для его регионов в отдельности, ее оценка сводится в основном к измерению ее стоимостной характеристики (объемов внешнеторгового оборота, объемов экспорта и импорта), при этом, как правило, не учитываются реальный потенциал территории, его конкурентоспособность. В связи с этим, на наш взгляд, целесообразно предложить такие индикаторы оценки развития внешней торговли регионов, которые позволят сравнивать регионы страны вне зависимости от коли-

чества жителей, площади территории и других региональных факторов.

Для данного исследования были выбраны Белгородская, Воронежская и Курская области, поскольку данные регионы имеют некоторые схожие климатические и географические характеристики.

Изучим динамику внешнеторгового оборота трех исследуемых регионов в 2012-2013 гг. (рис. 1).

Данные рисунка 1 наглядно свидетельствуют о том, что наибольший объем внешнеторгового оборота наблюдается в Белгородской области, однако в исследуемом периоде данный показатель снижался. Объем внешнеторгового оборота Курской области напротив увеличивается, однако величина данного показателя значительно меньше, чем в других изучаемых регионах.



Рис. 1. Динамика объема внешнеторгового оборота Белгородской, Воронежской и Курской областей в 2012–2013 гг.*

* Составлено автором по источникам [1–3]

Таким образом, несмотря на схожесть отдельных характеристик Белгородской, Воронежской и Курской областей, сопоставлять их, используя абсолютные величины, на наш взгляд, некорректно, поскольку существуют кардинальные различия, связанные с численностью населения, площадью территории регионов и другими уникальными факторами.

Анализ и систематизация научных трудов [4–10] позволили разработать методику оценки внешней торговли в регионе.

Для расчета общей оценки внешней торговли в регионе предлагаем использовать интегральный показатель, который определяется методом многомерной средней по формуле средней геометрической по индексам оценки соот-

ветствующих характеристик внешней торговли (оценки развития внешней торговли, оценки конкурентоспособности, оценки эффективности внешней торговли):

$$I_{\text{ВТ}} = \sqrt[3]{I_{\text{П}} \cdot I_{\text{К}} \cdot I_{\text{Э}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{ВТ}}$ – интегральный индекс оценки внешней торговли в регионе; $I_{\text{П}}$ – индекс оценки развития внешней торговли в регионе; $I_{\text{К}}$ – индекс оценки международной конкурентоспособности региона; $I_{\text{Э}}$ – индекс оценки эффективности внешней торговли региона.

Методика расчета интегрального индекса оценки внешней торговли в регионе показана на рис. 2.

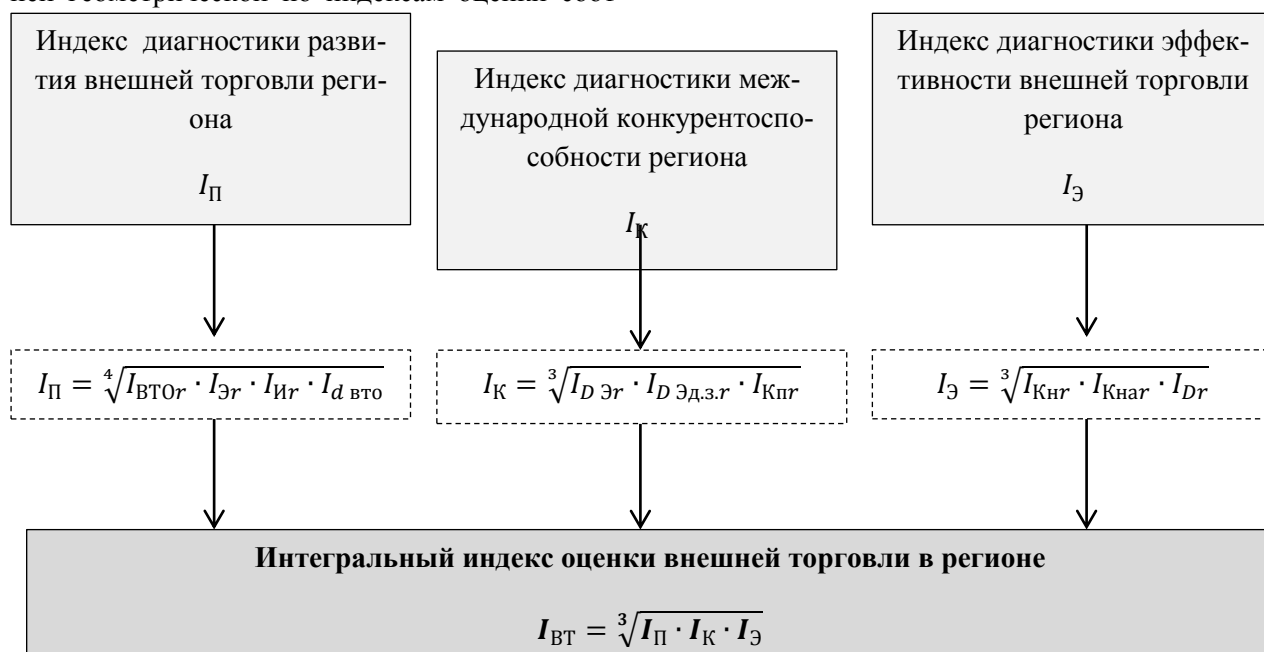


Рис. 2. Расчет интегрального индекса оценки внешней торговли в регионе*

*Составлено автором

Метод построения интегрального индекса оценки развития внешней торговли основан на формировании трех индексов: индекс диагностики развития внешней торговли в регионе ($I_{\text{П}}$), индекс диагностики международной конкурентоспособности региона ($I_{\text{К}}$) и индекс диагностики эффективности внешней торговли региона ($I_{\text{Э}}$).

Индекс оценки развития внешней торговли в регионе, по нашему мнению, можно определить путем расчета показателей (табл. 1).

Расчет индексов диагностики развития внешней торговли в регионе позволят изучить динамику таких показателей как:

- объем внешнеторгового оборота региона;
- объем экспорта региона;
- объем импорта региона;

– доля внешнеторгового оборота региона во внешнеторговом обороте страны.

Общую оценку развития внешней торговли региона, по нашему мнению, стоит определять по формуле:

$$I_{\text{П}} = \sqrt[4]{I_{\text{ВТО}r} \cdot I_{\text{Э}r} \cdot I_{\text{И}r} \cdot I_{d \text{ вТО}}}. \quad (2)$$

Индекс оценки международной конкурентоспособности региона, по нашему мнению, можно определить путем расчета системы показателей (табл. 2).

Для оценки международной конкурентоспособности региона предлагаем анализировать динамику доли экспорта региона в общем объеме внешнеторгового оборота региона, так как чем выше удельный вес экспортируемых товаров, тем больше конкурентных преимуществ у региона.

Таблица 1

Индикаторы диагностики развития внешней торговли в регионе*

№п/п	Индикатор	Формула для расчета индикатора	Условные обозначение
1	Индекс объема внешнеторгового оборота региона	$I_{\text{ВТО}r} = \frac{\text{ВТО}r_1}{\text{ВТО}r_0},$	ВТО r_1 – объем внешнеторгового оборота региона в отчетном периоде; ВТО r_0 – объем внешнеторгового оборота региона в базисном периоде
2	Индекс объема экспорта в регионе	$I_{\text{Э}r} = \frac{\text{Э}r_1}{\text{Э}r_0},$	Э r_1 – объем экспорта региона в отчетном периоде; Э r_0 – объем экспорта региона в базисном периоде
3	Индекс объема импорта в регионе	$I_{\text{И}r} = \frac{\text{И}r_1}{\text{И}r_0},$	И r_1 – объем импорта региона в отчетном периоде; И r_0 – объем импорта региона в базисном периоде
4	Индекс доли внешнеторгового оборота региона во внешнеторговом обороте страны	$I_{D \text{ втo}} = \frac{D \text{ втo } r_1}{D \text{ втo } r_0},$	Двто r_1 – доля объема внешнеторгового оборота региона в объеме внешнеторгового оборота страны в отчетном периоде; Двто r_0 – доля объема внешнеторгового оборота региона в объеме внешнеторгового оборота страны в базисном периоде

*Составлено автором

Таблица 2

Индикаторы диагностики международной конкурентоспособности региона*

№п/п	Индикатор	Формула для расчета индикатора	Условные обозначение
1	Индекс доли экспорта региона в объеме внешнеторгового оборота региона	$I_{D \text{ Э}r} = \frac{D \text{ Э}r_1}{D \text{ Э}r_0},$	$D \text{ Э}r_1$ – доля экспорта региона в объеме внешнеторгового оборота региона в отчетном периоде; $D \text{ Э}r_0$ – доля экспорта региона в объеме внешнеторгового оборота региона в базисном периоде
2	Индекс доли экспорта региона в страны дальнего зарубежья	$I_{D \text{ Эд.з.}r} = \frac{D \text{ Эд.з.}r_1}{D \text{ Эд.з.}r_0},$	$D \text{ Эд.з.}r_1$ – доля экспорта региона в страны дальнего зарубежья в общем объеме экспорта региона в отчетном периоде; $D \text{ Эд.з.}r_0$ – доля экспорта региона в страны дальнего зарубежья в общем объеме экспорта региона в базисном периоде
3	Индекс коэффициента покрытия экспорта импортом	$I_{\text{КП}r} = \frac{\text{КП}r_1}{\text{КП}r_0},$	КП r_1 – коэффициент покрытия экспорта импортом в регионе в отчетном периоде; КП r_0 – коэффициент покрытия экспорта импортом в регионе в базисном периоде

*Составлено автором

Важное значение при оценке международной конкурентоспособности отводится анализу динамики доли экспорта региона в страны дальнего зарубежья в общем объеме экспорта, так

как реализация продукции в более развитые страны свидетельствуют об уровне развития техники и технологий, позволяющий удовлетворять высокие потребности покупателей.

Для оценки международной конкурентоспособности можно использовать коэффициент покрытия, который характеризует во сколько раз экспорт покрывает импорт. Для развития внешней торговли в регионе важно, чтобы коэффициент покрытия был больше единицы, т.е. объем экспорта был выше объема импорта, а в динамике данный коэффициент увеличивался.

Общую оценку международной конкурентоспособности региона, по нашему мнению, стоит определять по формуле:

$$I_K = \sqrt[3]{I_{D \text{ эр}} \cdot I_{D \text{ эд.з.р}} \cdot I_{Knr}}. \quad (3)$$

Индекс оценки эффективности внешней торговли региона, по нашему мнению, можно

определить путем расчета системы показателей (табл. 3).

Наиболее сложной задачей является оценка эффективности внешней торговли в регионе. Для решения данной задачи предлагаем использовать показатель внешнеторгового оборота на душу населения региона и показатель внешнеторгового оборота на душу экономически активного населения региона. Данные коэффициенты стоит оценивать в динамике, при этом их рост будет свидетельствовать об увеличении эффективности внешней торговли региона, а уменьшение, напротив, о снижении эффективности.

Таблица 3

Индикаторы диагностики эффективности внешней торговли региона*

№п/п	Индикатор	Формула для расчета индикатора	Условные обозначение
1	Индекс объема внешнеторгового оборота региона на душу населения региона	$I_{Knr} = \frac{Knr_1}{Knr_0},$	Knr_1 – показатель внешнеторгового оборота на душу населения в регионе в отчетном периоде; Knr_0 – показатель внешнеторгового оборота на душу населения в регионе в базисном периоде
2	Индекс объема внешнеторгового оборота региона на душу экономически активного населения региона	$I_{Kнар} = \frac{Kнар_1}{Kнар_0},$	$Kнар_1$ – показатель внешнеторгового оборота на душу экономически активного населения в регионе в отчетном периоде; $Kнар_0$ – показатель внешнеторгового оборота на душу экономически активного населения в регионе в базисном периоде
3	Индекс доли внешнеторгового оборота региона в валовом региональном продукте	$I_{Dr} = \frac{Dr_1}{Dr_0},$	Dr_1 – доля внешнеторгового оборота региона в валовом региональном продукте в отчетном периоде; Dr_0 – доля внешнеторгового оборота региона в валовом региональном продукте в базисном периоде

*Составлено автором

Изучение роли, которую оказывает внешняя торговля на развитие экономики региона можно оценить путем расчета доли внешнеторгового оборота в валовом региональном продукте. Однако, при расчете данного коэффициента необходимо учитывать, что внешнеторговый оборот в статистических сборниках измеряется в долларах США, а валовый региональный продукт – в российских рублях, поэтому для расчета показателя необходимо привести в одинаковые единицы измерения.

Общую оценку эффективности внешней торговли региона, по нашему мнению, стоит определять по формуле:

$$I_3 = \sqrt[3]{I_{Knr} \cdot I_{Kнар} \cdot I_{Dr}}. \quad (4)$$

На основе предложенной методики произведем оценку развития внешней торговли в Белгородской, Воронежской и Курской областях. Результаты оценки представлены в табл. 4.

Использование предлагаемой методики оценки развития внешней торговли в регионе позволило сформулировать следующие выводы. В исследуемом периоде интегральный индекс развития внешней торговли наблюдался только в Курской области, он составил 1,0018, что характеризует развитие внешней торговли

в данном регионе в 2013 году по сравнению с 2012 годом. В Белгородской и Воронежской областях, данный индекс был ниже 1, что свидетельствует об уменьшении внешней торговли данных регионов в отчетном периоде по сравнению с базисным периодом.

Развитие внешней торговли в Курской области обусловлено показателями оценки потенциала развития внешней торговли региона и показателем оценки эффективности внешней торговли региона, значения данных индексов составили 1,0299 и 1,0027 соответственно. Однако международная конкурентоспособность

Курской области в исследуемом периоде снижается, о чем свидетельствует значение индекса диагностики международной конкурентоспособности региона 0,9736.

Стоит отметить, что в 2013 году по сравнению с 2012 годом в Белгородской области наблюдался значительный рост международной конкурентоспособности региона, о чем свидетельствует значение данного индекса – 1,0881, однако снижение темпов внешнеторгового оборота не позволили данному региону в 2013 году показать рост внешней торговли по сравнению с прошлым годом.

Таблица 4

Индикаторы оценки развития внешней торговли в Белгородской, Воронежской и Курской областях*

Показатель	Усл. обоз.	Белгородская область	Воронежская область	Курская область
<i>Индикаторы диагностики развития внешней торговли</i>				
Индекс объема внешнеторгового оборота региона	$I_{\text{ВТО}r}$	0,8530	0,9329	1,0177
Индекс объема экспорта в регионе	$I_{\text{Э}r}$	0,9394	0,9370	1,0070
Индекс объема импорта в регионе	$I_{\text{И}r}$	0,7931	1,0781	1,0291
Индекс доли внешнеторгового оборота региона во внешнеторговом обороте страны	$I_{d \text{ ВТО}}$	0,8544	0,9143	1,0667
<i>Индекс диагностики потенциала развития внешней торговли региона</i>	I_{Π}	0,8584	0,9634	1,0299
<i>Индикаторы диагностики международной конкурентоспособности региона</i>				
Индекс доли экспорта региона в объеме внешнеторгового оборота региона	$I_{D \text{ Э}r}$	0,9877	1,0334	0,9530
Индекс доли экспорта региона в страны дальнего зарубежья	$I_{D \text{ ЭД.З.Г}}$	1,1011	1,0042	0,9896
Индекс коэффициента покрытия региона	$I_{\text{КП}r}$	1,1847	1,0100	0,9785
<i>Индекс диагностики международной конкурентоспособности региона</i>	$I_{\text{К}}$	1,0881	1,0158	0,9736
<i>Индикаторы диагностики эффективности внешней торговли региона</i>				
Индекс объема внешнеторгового оборота региона на душу населения региона	$I_{\text{КН}r}$	0,8513	0,9334	1,0180
Индекс объема внешнеторгового оборота региона на душу экономически активного населения региона	$I_{\text{КНА}r}$	0,8287	0,9326	1,0019
Индекс доли внешнеторгового оборота региона в валовом региональном продукте	I_{Dp}	0,8491	0,8421	0,9882
<i>Индекс диагностики эффективности внешней торговли в регионе</i>	$I_{\text{Э}}$	0,8430	0,9016	1,0027
Интегральный индекс развития внешней торговли в регионе	$I_{\text{ВТ}}$	0,9234	0,9591	1,0018

*Составлено и рассчитано автором по источникам [1–3]

Таким образом, предлагаемая методика оценки развития внешней торговли в регионе учитывает потенциал развития внешней торговли, развитие международной конкурентоспособности региона и эффективность внешней торговли региона. Предлагаемая методика

позволяет произвести оценку используя статистическую информацию о регионе, что позволяет ее использовать широкому кругу исследователей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Статистический ежегодник. Белгородская область. 2014: Стат. сб. // Белгородстат., 2014. 576 с.
2. Воронежский статистический ежегодник. 2014: Стат. сб. // Воронежстат., 2014. 340 с.
3. Статистический ежегодник Курской области. 2014: Стат. сб. // Курскстат., 2014. 445 с.
4. Антонова М.В. Состояние инновационной активности российских предприятий // Современные подходы к модернизации экономики, образования и кооперации Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов. Белгородский университет кооперации, экономики и права. 2012. С. 5–12.
5. Матвеева О.П., Антонов А.Ю. Методические подходы к оценке эффективности государственных таможенных услуг // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 4. С. 62–70.
6. Мешечкина Р.П. Оценка влияния внешнеэкономической деятельности на экономику России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2007. № 2. С. 101–106.
7. Мешечкина Р.П., Хрючкина Е.А. Теоретические подходы к оценке экономического потенциала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2006. № 5. С. 68–70.
8. Прокушев Е.Ф., Гринева Н.А. Роль внешней конкурентоспособности региона в повышении качества и уровня жизни населения Центрального федерального округа // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2013. № 4. С. 128–139.
9. Теплов В.И., Тарасова Е.Е. Инновационная стратегия как фактор обеспечения конкурентоспособности хозяйствующих субъектов // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2008. № 1. С. 5–9.
10. Чистникова И.В., Антонова М.В. Государственная политика в сфере технической и технологической модернизации и инновационного развития сельского хозяйства // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 9–2 (16). С. 59–60.

Prokushev E. F., Antonov A. Y.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF FOREIGN TRADE IN THE REGION

Foreign trade has a large impact on the economic development of countries and regions. For its estimation using a system of indicators characterizing the dynamics and structure of foreign trade. At the same time in the evaluation of foreign trade at the regional level are not taken into account the economic potential of the area, the level of competitiveness of the sectors of the regional economy, which causes the necessity of development of methods of complex evaluation of the foreign trade development of the region. In this article the author proposes a method of assessing the development of foreign trade in the region, based on the diagnosis of foreign trade of the region, diagnosis international competitiveness of the region and diagnosing the efficiency of foreign trade of the region. To calculate the total assessment of the external trade in the region is proposed to use the integral index, which is determined using the multivariate mean by the geometric mean formula for the indices of the assessment of the relevant characteristics of the foreign trade (development evaluation of foreign trade, competitiveness evaluation, assessing the efficiency of foreign trade). On the basis of the proposed method was evaluated foreign trade Belgorod, Voronezh and Kursk regions, the calculated composite indices to assess the development of foreign trade in the regions studied.

Key words: foreign trade, export, import, region, rating, indicator.

Прокушев Евгений Федорович, доктор экономических наук, профессор кафедры таможенного дела. Белгородский университет кооперации, экономики и права.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.
E-mail: andrey.antonov-927@yandex.ru

Антонов Андрей Юрьевич, ассистент кафедры таможенного дела. Белгородский университет кооперации, экономики и права.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.
E-mail: andrey.antonov-927@yandex.ru

Цветаев С.С., канд. экон. наук
ООО «Центр Современных Технологий Управления»
Шаповалов С.М., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ В РОССИЙСКУЮ ЭКОНОМИКУ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ, КОНЦЕПЦИЙ) «ИНДУСТРИЯ 4.0»

tcvetaev@gmail.com

Бурное развитие Интернет-технологий и их активное внедрение в управленческие и производственно-технологические процессы обусловили начало четвертой промышленной революции (после механизации, электрификации и информатизации промышленности). Кардинальным отличием технологической платформы (стратегической инициативы, концепции) «ИНДУСТРИЯ 4.0» (Далее – ИНДУСТРИЯ 4.0) от предыдущих технологических укладов является объединение технологического и логистического оборудования предприятий, их инфраструктурных объектов в кибер-физические системы (Cyber Physical Systems – CPS), которые самостоятельно обмениваются данными, иницируют определенные действия и самостоятельно управляют друг другом (так называемый «Интернет вещей»).

Ключевые слова: новые формы создания стоимости, ресурсо-и энергосбережение, инвестиционный процесс, технологический прорыв, информационно-коммуникационные технологии.

В настоящее время мы можем констатировать, что это не просто слова. В США в прошлом году президент Обама предложил объединить ранее существовавшие программы в данной области в рамках единой программы Национальной сети производственных инноваций. Тогда же был создан первый пилотный центр этой сети в области аддитивного производства. В феврале этого года они уже объявили о создании Института инноваций в области цифрового производства и проектирования. Но пусть нас не обманывает слово «институт». По сути, речь идет о консорциуме из 70 участников, включая 41 корпорацию и 23 университета. Общий бюджет этой инициативы на 2014 год составляет 1 миллиард долларов и предусматривает открытие 15 таких институтов. В дальнейшем предполагается открытие еще 45 таких центров в течение 10 лет. Немцы не отстают. В 2014 году компания Сименс объявила о радикальной реорганизации своего бизнеса – отказе от целого ряда непрофильных направлений и концентрации на двух секторах: энергомаш и цифровое оборудование для промышленных процессов (digital factory). А Сименс – это достаточно большая компания: 290 заводов по всему миру, 360 тысяч сотрудников, годовой оборот в 75 млрд. евро. То есть это было действительно принципиальное решение [1]. Уровень развития информационных технологий, инженерии и электроники сегодня дает возможность взглянуть по-новому на те инфраструктуры, которые нас окружают – смарт-грид, умные дома, беспилотный транспорт. По сути по инфраструктурам мы стоим на

пороге качественного роста автоматизации и интеллектуализации. Показательный пример – логистика. К концу этого года на складах онлайн-ритейлера Amazon будет работать 10 000 роботов. Связка развития информационных и биотехнологий позволяет говорить о следующем шаге в области наук о жизни и инфраструктуры здравоохранения. Продление длительности жизни, переход на принципы индивидуальной медицины (как в смысле мониторинга здоровья, превентивной медицины, так и в смысле лечения), совершенно новой функциональности протезы и прочее [2].

Реализация концепции «ИНДУСТРИЯ 4.0» позволит оптимизировать весь жизненный цикл продукции, включая проектно-конструкторские работы, производственные процессы, использование сырья и материалов, а также процессы управления цепочками поставок и ресурсами предприятий. Более того, сам производимый продукт станет «интеллектуальным» и будет однозначно идентифицировать свое местонахождение в любое время, будет обладать полной информацией о своем текущем состоянии и истории операций с ним, альтернативных путях своего дальнейшего движения в технологической и логистической цепочках.

Умные производственные системы позволят управлять в реальном времени как вертикальными взаимосвязями процесса производства продукта с внутризаводскими производственно-экономическими процессами, так и горизонтальными взаимосвязями по всей производственно-логистической цепочке создания стои-

мости: от момента заказа вплоть до логистики готовой продукции [3]. Полномасштабное внедрение «ИНДУСТРИЯ 4.0» отвечает на глобальные социально-экономические вызовы и позволяет решить ряд важных проблем, таких как:

- оптимальное использование ресурсов и энергии: переход от парадигмы ресурсо- и энергосбережения, присущей третьему технологическому укладу, к точному программированию потребности в ресурсах и энергии;
- кардинальный рост производительности труда, преодоление негативных демографических трендов: использование автоматизированных баз знаний существенно упрощает процесс передачи технологических навыков, гибкая организация труда продлевает активную трудовую деятельность старших поколений;
- организация новых форм создания стоимости и новых бизнес-моделей: активизация инвестиционного процесса в экономике, создание новых предприятий и рабочих мест;
- повышение рентабельности производственных процессов: мгновенная переналадка производства, гибкая реакция на спрос, учет индивидуальных пожеланий заказчиков, управление изменениями в цепочке создания стоимости (например, изменениями в поставках, логистике, технологии и пр.).

Учитывая возрастающее давление со стороны мировых технологических рынков на российский сектор обрабатывающей промышленности, низкий уровень российских промышленных технологий в целом, для того, чтобы избежать деиндустриализации и полной утраты позиций на мировом рынке высокотехнологичной продукции уже в ближайшее время Россия должна предпринять усилия для достижения технологического прорыва и успешного перехода промышленного производства к «ИНДУСТРИЯ 4.0». Для этого необходимо:

- развивать технологии CPS в «прорывных» областях, где уже имеется технологический задел и можно ожидать быстрых результатов (энергетика, коммунальный сектор, здравоохранение, отдельные отрасли машиностроения);
- развивать информационно-коммуникационные технологии в направлении их объединения с технологическими процессами и производственными системами;
- разработать концепцию промышленной политики по переходу к «ИНДУСТРИЯ 4.0».

Актуальность данной темы не перестаёт угасать, а именно актуальность разработок в сфере «ИНДУСТРИЯ 4.0», что подтверждается следующими фактами:

- взрывной рост числа публикаций по этой тематике в последние 3–4 года, значительное количество международных конференций по тематике CPS и «ИНДУСТРИЯ 4.0»;
- большое количество проектов в сфере E-Health, Smart Grid, «умные дома» и других областях, основанных на технологиях CPS;
- активизация деятельности IEEE в сфере разработки международных стандартов для технологий CPS;
- концепция «ИНДУСТРИИ 4.0» разрабатывается как стратегическая инициатива Правительства Германии в рамках High Tech Strategy 2020 Action Plan;
- активность крупных международных технологических компаний в этой сфере, в т.ч. BOSCH, Siemens, SAP и др.

Ведущиеся в настоящее время инициативные разработки российских компаний в сферах CPS и «ИНДУСТРИЯ 4.0» нацелены на решение локальных задач, не системны, не скоординированы и поэтому не смогут обеспечить технологического прорыва и создания предпосылок для ускоренного перехода к «ИНДУСТРИЯ 4.0».

В итоге хотелось бы сказать о том, что необходимо разработать и последовательно проводить Государственную промышленную политику в сфере развития и внедрения в российскую экономику элементов «ИНДУСТРИЯ 4.0». Для этого при разработке концепции промышленной политики в сфере развития и внедрения в российскую экономику элементов «ИНДУСТРИЯ 4.0» необходимо ответить на такие вопросы как:

- выделение приоритетных отраслей и проектов для разработки и внедрения;
- определение органов, ответственных за координацию и проведение промышленной политики в этой сфере;
- выработка общей терминологии и направлений стандартизации, «эталонных» архитектур, совместимых с международными стандартами;
- разработка требований к инфраструктуре (сети связи, промышленные системы и др.);
- разработка требований к безопасности;
- определение направления развития существующей системы нормативно-правового регулирования и требований к нормативно-правовому обеспечению;
- определение направлений развития форм организации труда;
- определение требований к развитию системы образования;

- разработка «дорожной карты» развития и внедрения в российскую экономику элементов «ИНДУСТРИЯ 4.0»

Стоит отметить, что поиск ответов это прежде всего методика исследования (рис. 1.). Методика исследования представляет собой выведение так называемых «сред воздействий» и «рекомендаций к действию» на основании сопоставления технологических возможностей «ИНДУСТРИЯ 4.0» и потребностей государства и бизнеса. Для этого необходимо идентифицировать основные технологии «ИНДУСТРИЯ

4.0» и определить технологическую степень их реализации в России. Учесть и проанализировать текущие Российские и зарубежные программы исследований и стимулирования.

Параллельно необходимо идентифицировать потребности и проблемы государственных и частных предприятий. Анализ требований рынка послужит локализации и оценке возможностей, потенциала и рисков «ИНДУСТРИЯ 4.0» для государственных предприятий и частного бизнеса.



Рис. 1. Методика исследования

Путем сопоставления технологического предложения и рыночного спроса необходимо провести анализ дефицитов, учитывающий актуальное состояние реализации «ИНДУСТРИЯ 4.0». Из анализа дефицитов будут выведены среды воздействий для введения «ИНДУСТРИЯ 4.0» на государственных и частных предприятиях. Затем среды воздействий необходимо сопоставить с уже существующими программами стимулирования. В результате сформулировать рекомендации к действию для деятелей политики, науки и экономики.

Выводы исследования должны быть оценены широким кругом экспертов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цветаев С.С., Логачев К.И. Актуальные проблемы автоматизации промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 87–89.
2. Цветаев С.С. Бюджетирование как часть стратегического управления. Информационные системы и модули бюджетирования, практики и подходы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова 2010. №1. С. 122–125.
3. Дорошенко Ю.А., Лебедев О.В. Живые вложения. Человеческий капитал как приоритетный объект инвестиций // Креативная экономика. 2007. № 5. С. 11–18.

Tsvetayev S.S., Shapovalov S.M.

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF INDUSTRIAL POLICY AND IMPLEMENTATION OF THE RUSSIAN ECONOMY CELL TECHNOLOGY PLATFORM (STRATEGIC INITIATIVE, THE CONCEPT OF) "INDUSTRY 4.0".

The problems that the rapid development of Internet technologies and their active implementation in the management and production processes led to the beginning of the fourth industrial revolution (after mechanization, electrification and information industry), which will operate in real time as the vertical relationships of the production process of the product with the Internal production and economic processes, as well as horizontal relationships across production and the supply chain of value creation.

Key words: *new forms of value creation, resource-and energy-saving, investment process, a technological breakthrough, information and communication technologies.*

Цветаев Сергей Сергеевич, кандидат экономических наук, руководитель департамента информационных технологий.

ООО «Центр Современных Технологий Управления».

Адрес: Россия, 123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, дом 32А

E-mail: tcvetaev@gmail.com

Шаповалов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: seregashap@yandex.ru

Беспалова В.В., канд. экон. наук, доц.
Полянская О.А., канд. экон. наук, доц.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА НА ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

weronika2002@yandex.ru

Кризис на мировом рынке непосредственно сказывается и на экономической ситуации российского лесопромышленного комплекса. Для выхода из кризиса, с учетом имеющейся на данный момент политической ситуации, касающейся вопросов применяющихся санкций, довольно актуальное значение имеет готовность отрасли к ее инновационному развитию. И в первую очередь, это касается возможности производить конкурентную продукцию для потребления на внутреннем рынке, а также возможность расширения ее доли присутствия и на внешних мировых рынках. Способствовать этому позволит совершенствование качества выпускаемой продукции, ее низкая себестоимость, эффективная маркетинговая деятельность и другие факторы.

Ключевые слова: инновационная деятельность, деревоперерабатывающие производства, конкурентоспособность продукции, инновационная система производства, индекс активности.

Введение. К сожалению, в настоящий момент существуют ряд факторов, сдерживающих развитие лесной отрасли. К таким факторам можно отнести: недостаточный уровень инвестиций при высокой степени изношенности основных производственных фондов и низком их технологическом уровне; низкую конкурентоспособность продукции; ориентацию многих предприятий на выпуск продукции с низкой степенью переработки, а иногда и вовсе отсутствием ее (предприятия ориентированы на лесозаготовку); недостаточность лесовозных дорог круглогодичного действия; увеличением доли затрат на энергетические ресурсы и железнодорожные тарифы, что связано с непростой экономической ситуацией в стране; расходование значительных средств на содержание объектов социальной сферы, в основном находящихся на балансе у градообразующих предприятий и других факторов.

Что касается деревоперерабатывающих производств, то практически все из перечисленных факторов, сдерживающих рост отрасли, относятся и к ним: большая изношенность оборудования (до 80 %), как следствие – высокая себестоимость производимой продукции; низкое качество; большое количество отходов и низкая степень их использования; низкая рентабельность производимой продукции и производства в целом; низкая платежеспособность и финансовая устойчивость; низкая конкурентоспособность.

Отраслевая специфика производств, прежде всего, заключается в отсутствии прогрессивных технологий по использованию древесного сырья и отходов, которые составляют в среднем около

45 % от объема, используемого древесного сырья.

К недостаткам в управлении производством так же следует отнести проблему формирования кадров и обеспечения их использования. Значительная дебиторская задолженность, так же во многом сдерживает рост и развития производств из-за отсутствия необходимых оборотных средств.

Методология. Для улучшения сложившейся ситуации необходимо внедрять инновационный подход к развитию отрасли как наиболее эффективному варианту по максимальному обеспечению внутреннего рынка продукцией собственного производства и укрепления позиций на внешнем рынке.

Результатом этого произойдет удовлетворение потребностей внутреннего рынка конкурентоспособной продукцией отечественного производства, снижение доли импортируемой продукции, повышение вклада отрасли в экономическое развитие регионов страны.

Основная часть. Инновационная деятельность – это совокупность мероприятий по обновлению факторов производства и процессов, сопровождающих их организацию и использование с целью совершенствования всей финансово-хозяйственной деятельности и повышения ее эффективности.

В рыночных условиях это – путь повышения конкурентоспособности предприятия через предметные и процессные инновации. Для деревообрабатывающих предприятий наиболее актуальные из предметных инноваций – обновление продуктово-ассортиментной политики, сырья, материалов, полуфабрикатов, фурнитуры, инструментов и т.п.; из процессных – обновление

технологий производства и управления ими, постоянное совершенствование менеджмента, в том числе – совершенствование сбытового маркетинга, форм и методов взаимодействия с внешней средой. При этом любая предпринимаемая инновация должна быть эффективной, например, в конечном итоге, должна повышаться конкурентоспособность предприятия.

Главной причиной сдерживания инновационной активности принято считать отсутствие инвестиций. Практически вся инновационная деятельность требует дополнительных инвестиционных вложений. Однако осуществление инновационной деятельности зависит не только от инвестиционных возможностей. Есть такие направления, которые осуществляются в рабочем порядке без особых дополнительных затрат, например, совершенствование маркетинговой деятельности, или организация управления, но дающие существенный экономический эффект в виде прироста объема производства и реализации продукции, а следовательно повышение прибыли и в целом конкурентоспособности предприятия.

Главный путь к успеху – инновационное развитие при наиболее глубоком использовании имеющего производственного потенциала.

Проводимые на предприятиях исследования по определению индекса их инновационной активности, показывают, что данный индекс в настоящее время достаточно низкий и колеблется в пределах от 0,298 до 0,395. Это свидетельствует о слабой готовности предприятий осуществлять инновационную деятельность. Казалось бы, ситуация не разрешимая. Но, выходом из сложившейся ситуации по инновационному развитию предприятий, целесообразно считать предлагаемую к формированию на предприятиях такой эффективной инновационной системы производства (ИСП), которая будет удовлетворять требованиям внешней среды.

Каждое предприятие индивидуально, по способностям должно осуществлять инновационную деятельность. Стратегические преимущества каждого предприятия будут обеспечиваться постоянным совершенствованием производственного потенциала на инновационной основе.

Основными задачами формирования модели ИСП будут являться:

- организация системного маркетинга, поиск новых направлений развития;
- совершенствование инфраструктуры для осуществления эффективных инноваций;
- развитие сложившихся направлений совершенствования продукции и поиск новых;

- обеспечение соответствующей прогрессивной материально-технической базы;
- обеспечение прогрессивного производственного потенциала и его мониторинг;
- обеспечение инновационного менеджмента.

Из множества факторов, характеризующих ИСП, определяющими являются следующие:

- производственный потенциал – возможность производства осуществлять те или иные инновации;
- кадровый потенциал – наличие творчески нацеленного менеджмента и рабочего коллектива;
- инвестиционный потенциал – возможность финансировать прогрессивные обновления.

Качественная и количественная оценка инновационных возможностей (деловой инновационной активности) характеризуют особенность предприятия осуществлять инновационную деятельность.

На основе собранных по деревообрабатывающим предприятиям технико-экономическим показателям, был выполнен соответствующий расчет инновационной активности по нескольким отраслевым предприятиям с использованием следующих показателей [1]:

1. Кадровая обеспеченность (U_k)

$$U_k = \frac{q_{\text{ниокр}}}{q_{\text{ппп}}} \quad (1)$$

где: $q_{\text{ппп}}$ – общая численность ППП; $q_{\text{ниокр}}$ – численность работников, связанных с выполнением НИОКР.

2. Доля оборудования, связанного с инновационным внедрением ($U_{об}$)

$$U_{об} = \frac{\Phi_{ин}}{\Phi} \quad (2)$$

где: $\Phi_{ин}$ – стоимость имущества экспериментального и исследовательского назначения; Φ – общая стоимость машин и оборудования.

3. Доля нематериальных активов в составе внеоборотных активов предприятия ($U_{на}$)

$$U_{на} = \frac{\Phi_{нм}}{\Phi} \quad (3)$$

где: $\Phi_{нм}$ – стоимость нематериальных активов.

4. Обеспеченность предприятия финансовыми средствами для развития ($U_{фс}$)

$$U_{фс} = \frac{U_c}{U_{общ}} \quad (4)$$

где U_c – обеспеченность предприятия собственными финансовыми средствами; $U_{общ}$ – общая сумма потребных инвестиций.

5. Индекс активности инновационного развития:

$$U_a = \sum (U_k + U_{об} + U_{на} + U_{фс}). \quad (5)$$

Выбор инновационной стратегии зависит от индекса активности инновационного развития [2]:

- 1) при $U_a = 1,41$ до 2 – наступательная стратегия;
- 2) при $U_a = 0,7$ до $1,4$ – оборонительная стратегия;
- 3) при $U_a = 0$ до $0,7$ – имитационная стратегия.

На основании предложенного авторами метода исследования, были обследованы ряд предприятий, условно представленные как А, В, С, Д, Е, F (А – мебельное производство; В – лесопильное производство; С – мебельное производство; Д – фанерное производство; Е – деревообрабатывающее (столярное) производство; F – лесопильное производство).

Из соображений конфиденциальности предприятия не называются.

Обследуемые предприятия являются типичными представителями отрасли, что позволяет рассматривать полученные результаты обследования как сложившуюся закономерность.

По итогам исследования и расчетов инновационной активности были определены интегральные индексы активности (табл. 1).

Таблица 1

Определение индекса активности предприятий

Показатели предприятия	Усл. Обозн.	А	В	С	Д	Е	Ф
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Численность ППП, чел.	$q_{ппп}$	88	62	615	471	43	47
2. Численность работников, связанных с выполнением НИОКР, чел.	$q_{ниокр}$	6	5	31	21	4	5
3. Стоимость внеоборотных активов, тыс. руб.	Φ	24517	8901	21001	17986	13272	10111
4. Стоимость имущества экспериментального и исследовательского назначения, тыс. руб.	$\Phi_{ин}$	213,8	73,6	195,3	180,9	437,8	1118,6
5. Стоимость нематериальных активов тыс. руб.	$\Phi_{нм}$	146,3	91,8	85,7	92,3	117,9	99,2
6. Сумма потребных инвестиций в год, тыс. руб.	$U_{общ}$	1015,5	916,0	1200,0	1315,7	2313,4	1417,3
7. Собственные финансовые средства, направляемые на инновационную деятельность, тыс. руб.	U_c	314,7	117,2	255,7	343,3	411,7	290,0
8. Кадровая обеспеченность инновационной деятельности	U_k	0,07	0,08	0,05	0,04	0,09	0,1
9. Доля оборудования, связанного с инновационными внедрениями	$U_{об}$	0,009	0,08	0,09	0,01	0,033	0,11
10. Доля нематериальных активов	$U_{на}$	0,06	0,01	0,004	0,005	0,009	0,01
11. Обеспеченность собственными источниками инвестиций	$U_{фс}$	0,31	0,128	0,213	0,261	0,178	0,2
12. Индекс инновационной активности	U_a	0,395	0,298	0,357	0,316	0,310	0,33

Выводы. Организация производства по типу инновационной системы развития производства может явиться основанием для сигнала по усилению инновационного потенциала предприятия и осуществлению эффективной инновационной деятельности.

В условиях рыночной конкуренции одним из важнейших рычагов управления является рыночная стратегия. Существующий сравнительно

низкий инновационный потенциал деревообрабатывающих предприятий позволяет им всего лишь придерживаться имитационной стратегии.

Внедрение инновационной системы производства (ИСП) позволит перейти к оборонительной и даже наступательной стратегиям, обеспечивающим наиболее высокую эффективность хозяйствования и конкурентоспособности деревообрабатывающих предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ле Ван Тхань, Дикая З.А. Анализ и оценка состояния инновационного потенциала промышленных предприятий (на примере мебельного производства) // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2008. № 6(65), с.55-56.
2. Ле Ван Тхань, Дикая З.А. К вопросу об инвестиционной политике мебельных предприятий // Современные аспекты экономики. 2007. №10(123), с.15-20.

Bespalova V.V., Polyanskaya O.A.**PROBLEMS OF INNOVATIVE ACTIVITIES AND THE NEED OF INTRODUCTION INNOVATIVE SYSTEM OF PRODUCTION ON WOOD PROCESSING INDUSTRIES**

The crisis in the global market has a direct impact on the economic situation of the Russian timber industry. To overcome the crisis, taking into account the currently available political situation relating to the issues to apply sanctions, quite relevant is the readiness of the industry for its innovative development. First and foremost, this concerns the ability to produce competitive products for consumption in the domestic market, as well as the opportunity to expand its presence and share in the external world markets. Contribute to this will allow the improvement of the quality of products, its low cost, efficient marketing activity and other factors.

Key words: innovative activity, wood processing industries, competitive products, innovative system of production, activity index.

Беспалова Вероника Валерьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления деревоперерабатывающих производств
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова.
Адрес: Россия, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д.5.
E-mail: weronika2002@yandex.ru

Полянская Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления деревоперерабатывающих производств
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова.
Адрес: Россия, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д.5.
E-mail: polyanskaya_78@mail.ru

Безуглый Э.А., канд. экон. наук,
Кутергин Н.Б., канд. пед. наук, доц.,
Алексеев Н.А., проф.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина
Ковалева Е.Г., канд. техн. наук, ст. преп.,

Радоуцкий В.Ю., канд. тех. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ФАНДРАЙЗИНГ: ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЕ

zchs@intbel.ru

В настоящее время в России фандрайзинг активно развивается и ориентирован на перераспределение ресурсов, источников финансирования со стороны физических и юридических лиц, государственных и местных органов власти, а также на разработку новых современных форм привлеченного финансирования некоммерческих организаций. Деятельность некоммерческих организаций (НКО) направлена не на получение прибыли, а на решение социально-значимых задач общества. В статье проведен анализ истории возникновения и развития такого понятия как «фандрайзинг» который постепенно входит в такие сферы экономической деятельности как: менеджмент, социальный менеджмент, реклама, PR и маркетинг.

Ключевые слова: фандрайзинг, благотворительность, донор, инвестирование, финансирование, грант, некоммерческие организации.

Введение. Социальные противоречия, обострившиеся в российском обществе в конце XX – начале XXI века, отказ от практики государственного патернализма в пользу либеральной идеологии индивидуализма повлекли за собой минимизацию социальных функций государства [1]. В социальной структуре общества по уровню доходов проявилась резкая дифференциация. В стране, где более семидесяти лет в массовом сознании главенствовала идея равенства людей, резко углубилось социальное расслоение, во многом связанное с новыми подходами к решению социальных проблем, что и стало мощным фактором нестабильности в обществе [2].

Выход из создавшегося кризиса на мировоззренческом и социальном уровнях просматривается в разработке модели социальной помощи, максимально соответствующей специфике и традициям российской истории. Решить эту задачу невозможно без обращения к истокам формирования традиций российской и европейской благотворительности.

Следует отметить, что по мере становления новой формы экономических отношений, приведшей к росту социальной дифференциации в обществе, возникла необходимость в возобновлении благотворительной деятельности, но уже под обобщающим названием – социальная работа [3].

Если обратиться к современной интерпретации благотворительности, то мы сможем изучить такое понятие, которое связано с поиском финансовых ресурсов для решения социальных вопросов как «фандрайзинг».

Методология: Фандрайзинг – как социальное явление, представляет собой привлечение материальных и денежных ресурсов из различных источников для поддержки некоммерческой организации или финансирование специального социального проекта. Изучая данное явление, мы исследуем, из каких источников финансирования НКО может найти выход из создавшейся ситуации.

Основная часть. Существует огромное количество толкований значения термина «фандрайзинг» и в нашей статье мы хотели бы привести некоторые из них [4] (табл. 1).

Термин «фандрайзинг» исторически возник в США, где он используется многие десятилетия преимущественно в области привлечения финансирования в так называемый «третий сектор». Третий сектор Соединенных Штатов Америки развивается с конца XIX – начала XX веков и функционирует наряду с частным и государственным секторами. Данная область экономики объединяет некоммерческие негосударственные организации, призванные реализовывать задачи, которые игнорируются частным и государственным структурами экономики.

Во второй половине XX века активное развитие фандрайзинга связано с возрастанием роли «третьего сектора» в США и удельный вес которых в общей численности занятых в некоммерческом секторе возрастает в геометрической прогрессии.

Если рассматривать частный инвестинг с позиций прошлого столетия, то можно отметить, что новым толчком в развитии европейского фандрайзинга послужило то, что во времена

правления Рональда Рейгана некоммерческая сфера переживала финансовый кризис в связи с сокращением бюджетного финансирования на социальные нужды. Несмотря на то, что некоммерческий сектор Америки во все времена в большей степени ориентировался на привлеченные и собственные источники финансирования, чем на финансирование со стороны государства, то это и стало причиной финансового кризиса некоммерческого сектора экономики. Фандрайзинг с 1980-х годов стал ориентироваться на

активную диверсификацию (перераспределение ресурсов) источников финансирования со стороны физических и юридических лиц, государственных и местных органов власти, а также на разработку новых форм привлеченного финансирования некоммерческих организаций. Помимо традиционных благотворительных, спонсорских и членских взносов, грантов, пожертвований, появились новые формы взносов, которые не облагались налогом.

Таблица 1

ФАНДРАЙЗИНГ — ЭТО ...	ПРИВЛЕЧЕНИЕ И АККУМУЛИРОВАНИЕ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ.
	ПОИСК РЕСУРСОВ (ЛЮДЕЙ, ОБОРУДОВАНИЯ, ИНФОРМАЦИИ, ВРЕМЕНИ, ДЕНЕГ И ДР.) ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ И/ИЛИ ПОДДЕРЖАНИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ.
	ПРОЦЕСС СБОРА СРЕДСТВ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ КАК ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ПРОГРАММ, ТАК И ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ НКО.
	ПРИВЛЕЧЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ДЕНЕЖНЫХ РЕСУРСОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ОРГАНИЗАЦИИ ИЛИ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОЕКТА.
	НЕ ТОЛЬКО ПОИСК И ПРИВЛЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ. ЭТО ЕЩЕ И ПОИСК И ПРИОБРЕТЕНИЕ ДРУЗЕЙ И ПОМОЩНИКОВ, КОТОРЫЕ РАЗДЕЛЯЮТ МИССИЮ ВАШЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ, ХОТЯТ ПОМОЧЬ ЕЙ В ДОСТИЖЕНИИ ЦЕЛЕЙ И ДАЖЕ ИНОГДА УЧАСТВУЮТ В ЭТОМ.
	ИСКУССТВО ПОЛУЧАТЬ ОТ ЛЮДЕЙ ТО, ЧТО ВЫ ХОТИТЕ, КОГДА И ГДЕ ХОТИТЕ, ДЛЯ ТОЙ ЦЕЛИ, КОТОРУЮ ВЫ ОПРЕДЕЛИЛИ (TONY M. ELISCHER).
	РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ В ТАКОМ НАПРАВЛЕНИИ, КОГДА ОНА ПРИГЛАШАЕТ К УЧАСТИЮ И ПРИВЕТСТВУЕТ ВСЕХ, КТО РАЗДЕЛЯЕТ ЕЕ ЧАЯНИЯ И НАДЕЖДЫ.
	ЛЮДИ, КОТОРЫЕ ВЕРЯТ В ТО, ЧТО ОНИ ДЕЛАЮТ, И КОТОРЫЕ ПРОСЯТ ДРУГИХ ЛЮДЕЙ ПРИСОЕДИНИТЬСЯ К ЭТОЙ ВЕРЕ.
	УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, НАПРАВЛЕННАЯ НА СОГЛАСОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ, СИСТЕМА НЕКОММЕРЧЕСКОГО МАРКЕТИНГА.
	ОТВЕТСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИВЛЕЧЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ.

С 1980-х годов фандрайзинг окончательно перешел в самостоятельную управленческую дисциплину. Однако и в настоящее время проблемам развития фандрайзинга уделяется повышенное внимание. Несмотря на выход из кризиса 1980-х годов, некоммерческий сектор США вновь столкнулся с серьезными финансовыми проблемами начиная с середины 1990-х годов, так как многие некоммерческие организации в силу различных причин внезапно испытали существенную потерю своих клиентов. В результате резкое снижение объемов поступлений со стороны частных лиц привело к ощутимому финансовому дефициту бюджетов некоммерческих организаций.

Финансовые проблемы с одной стороны, связаны с сокращением государственной поддержки: объем федерального финансирования, выделяемый на социальные нужды, уменьшился; с другой стороны, финансовые проблемы некоммерческого сектора тесно связаны с со-

кращением темпов роста частных пожертвований. В начале 1990-х годов наблюдалась устойчивая тенденция снижения темпов роста пожертвований со стороны населения и коммерческого сектора. Таким образом, снижение темпов роста частных пожертвований не в состоянии компенсировать сокращение государственного финансирования на социальные нужды [5].

В настоящее время развитие фандрайзинга в США связывается с активным стимулированием роста частных пожертвований со стороны федеральных властей и властей штатов, прежде всего с помощью расширения налоговых льгот для доноров. Государство, таким образом, сможет компенсировать сокращение бюджетного финансирования на социальную сферу ростом непосредственного финансирования некоммерческих организаций со стороны физических и юридических лиц.

В России фандрайзинг также стал активно развиваться с 1990-х годов XX века в связи с

развитием некоммерческих организаций, деятельность которых нацелена не на получение прибыли, а на решение социально важных задач [6].

На сегодняшний день понятие «фандрайзинг» входит в такие сферы деятельности как: социальный менеджмент, маркетинг, PR и реклама.

Учитывая современные особенности экономики и российского менталитета в России пока еще низок процент участия населения и государства в формировании доходов российских некоммерческих организаций. В связи с этим, становится актуальна проблема привлечения новых форм поиска инвестиций, финансирования, планирования и организации процессов внешней поддержки НКО, а соответственно и развития фандрайзинга. С такими направлениями деятельности как менеджмент, маркетинг, реклама и PR Россия сможет быстро достигнуть уровня европейских стран и США.

Некоммерческие организации – это в первую очередь, организации, которые создаются для достижения социальных, благотворительных, образовательных, культурных, научных и управленческих целей, для охраны здоровья граждан, развития физической культуры и спорта, удовлетворения духовных и иных нематериальных потребностей граждан, защиты прав, законных интересов граждан и организаций, разрешения споров и конфликтов, оказание юридической помощи, а также в иных целях, направленных на достижение общественных благ. Однако всегда существует проблема дефицита средств и тогда на помощь приходит «фандрайзинг».

Понимание классического фандрайзинга может быть сформулировано как комплекс мероприятий, направленных на убеждение местного сообщества, общества или донора в необходимости объединить различные виды ресурсов и предоставить их для поддержки уже разработанного проекта, имеющего социально-экономическое значение в регионе, стране и создающего более благоприятные условия для социального и экономического развития общества.

Для убеждения в теории фандрайзинга в основном используются PR-технологии, которые позволяют наиболее эффективными и проверенными на российской действительности инструментами добиться поставленных целей быстрее и с наибольшей выгодой для самой некоммерческой организации. В качестве таких инструментов можно выделить: информационное обеспечение, контакты с потенциальными и реальными донорами (юридическое или физическое лицо, оказывающее материальную, финан-

совую, организационную и иную благотворительную помощь неприбыльным организациям на добровольной бескорыстной основе), а также проведение специальных мероприятий, конечной целью которых является привлечение ресурсов и формирования имиджа некоммерческой организации.

Можно выделить следующие методы фандрайзинга [7]:

- индивидуальный фандрайзинг (individual fundraising) – персональное обращение к донорам и благотворителям в личной беседе;
- телефандрайзинг (telefundraising) – обращение к потенциальным донорам и благотворителям по телефону и по факсу;
- почтовый фандрайзинг (mail fundraising) – обращение к потенциальным донорам и благотворителям по почте;
- солофандрайзинг (solofundraising) – приобретение поддержки;
- событийный фандрайзинг (events fundraising) – проведение различных мероприятий (аукционов, выставок, лотерей, презентаций, обедов и т.д.).

Основными понятиями, без которых не может существовать фандрайзинг, являются: спонсор (спонсорство), донор, благотворительность, меценатство, грант, заявка, грантодатели, заявитель, проект, пожертвование, патронаж, членство, государственные фонды, посреднические и частные фонды.

Выводы: Фандрайзинг – это поиск ресурсов (людей, оборудования, информации, времени, денег и др.) для реализации проектов и/или поддержания существования организации. Таким образом, поиск финансовых средств занимает в этом процессе важное, но не единственное место. Кроме того, фандрайзинг – это также наука об успешном убеждении других в том, что деятельность вашей организации заслуживает внимания и поддержки. В центре фандрайзинга стоит человек – фандрайзер или менеджер по фандрайзингу. Успешность привлечения финансовых средств во многом зависит от того, насколько он владеет профессиональными навыками и верит сам в то, в чем старается убедить других. Инструменты данного процесса различны, и подача заявки на грант – это лишь одна из возможностей получения ресурсов для реализации вашего проекта. Менеджеры по фандрайзингу полагают, что успешный фандрайзинг – это 90 % хорошей подготовки к запросам о финансировании, и 10 % собственно запросы.

Процесс поиска денег отнимает много времени и предполагает осуществление многих шагов. Тем не менее, старательно составленный, он

может привести к продуктивному и длительному сотрудничеству с фондами и корпоративными научно-исследовательскими и общественными программами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белокурова Е.В. Государство и благотворительные организации: трансформация моделей взаимодействия // Благотворительность в России. СПб. 2001. С. 675-681.
2. Пушенко С.Л. Идентификация факторов социально-экономического риска // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С 110–114.
3. Жуков Г.В. Благотворительность как инструмент фандрайзинга в социокультурном пространстве современного общества: Автореф. Диссертации канд. культурологи. Краснодар. 2002. С. 19.
4. Ковалев В.Н. Элементарные основы фандрайзинга: Учебно-методическое пособие. Севастополь: Севастопольский центр переподготовки и повышения квалификации. 2012. С.30.
5. Шевелев А.А. Роль частного капитала в финансировании инвестиций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С 110-114.
6. Шахов В.В. Благотворительная деятельность представителей дворянского сословия России во второй половине XVIII - начале XX в.в. на (материалах Центрального Черноземья). Монография / Шахов В.В. Белгород: ИПЦ «Политерра», 2013. 153С.
7. Радушинская А.П. Брендоориентированный фандрайзинг // Благотворительность в России. СПб. 2005. С.324-327.

Bezugly E.A., Alekseev N.A., Kutergin N.B., Kovaleva E.G., Radoutsky V.Yu.

FUNDRAISING: HISTORY OF THE APPEARANCE AND DEVELOPMENT

Nowadays fundraising is actively developing in Russia and is oriented to reallocation of resources, sources of financing from natural and legal persons, state and local government authorities, and to developing new up-to-date forms of the attracted funding of non-commercial organizations. The activity of non-commercial organizations (NCO) is aimed not on making a profit, but on solving the socially important tasks of the society. The article analyzes the history of the appearance and development of the concept of «fundraising» which is gradually entering such spheres of economic activity as: management, social management, advertisement, PR and marketing.

Key words: fundraising, charity, donor, investing, financing, grant, non-commercial organizations.

Безуглый Эдуард Александрович, кандидат экономических наук кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

E-mail: Eduardbezugly@mail.ru

Кутергин Николай Борисович, кандидат педагогических наук, доцент.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

Алексеев Николай Алексеевич, профессор.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

Ковалева Екатерина Геннадьевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

E-mail: Eduardbezugly@mail.ru

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

E-mail: zchs@intbel.ru

Антонова М.В., канд. экон. наук, доц.,
Полянская М.А., аспирант
Белгородский университет кооперации, экономики и права

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЛИКВИДНОСТЬ БАНКОВ

antonovamv@yandex.ru

В данной статье проведена оценка степени влияния внешних факторов на показатели ликвидности банков. В качестве результативных признаков были выбраны фактические значения нормативов ликвидности: норматива мгновенной ликвидности, норматива текущей ликвидности и норматива долгосрочной ликвидности. В качестве факторных признаков были выбраны макроэкономические факторы, которые для удобства анализа сгруппированы в три группы: факторы, характеризующие общеэкономическую ситуацию в стране; факторы, характеризующие социально-политическую ситуацию в стране и факторы, характеризующие состояние финансовой системы в стране. В первую группу внешних факторов вошли объем валового внутреннего продукта (ВВП), индекс промышленного производства и оборот розничной торговли. Вторая группа факторов включает в себя индекс потребительских цен и реальные располагаемые доходы населения. В третью группу вошли такие факторы, как: объем денежной массы, уровень ставки рефинансирования, индекс инфляции, индекс Московской межбанковской валютной биржи (ММВБ), индекс фондового рынка России (РТС). По результатам исследования сформулированы выводы о степени и характере влияния различных макроэкономических факторов на ликвидность банков.

Ключевые слова: банк, надёжность банка, ликвидность банка, макроэкономические факторы, корреляция.

Современная экономика не может обходиться без эффективно функционирующей банковской системы. Особую роль в стабильной работе кредитных организаций играет ликвидность банков. Именно благодаря банковской ликвидности происходят бесперебойные расчеты и платежи между различными хозяйствующими субъектами.

На ликвидность коммерческого банка оказывают влияние различные факторы, которые можно сгруппировать в две группы: макроэкономические (внешние) и микроэкономические (внутренние).

Предметом данного исследования является оценка макроэкономических факторов, влияющих на ликвидность банка, поэтому далее сосредоточим свое внимание на факторах данной группы.

Отметим, что изучение взаимосвязи является важным этапом любого анализа. «Чтобы правильно понять природу различных явлений, необходимо исходить из диалектико-материалистических принципов их взаимосвязи и развития. Согласно этим принципам общественные явления органически связаны между собой, зависят друг от друга и находятся в постоянном движении и развитии. Только раскрывая взаимосвязи и взаимозависимости между явлениями, можно познать их сущность и законы развития» [1].

Для изучения взаимосвязи необходимо определить результативный признак и фактор-

ный признак. В данном исследовании результативным признаком будут выступать показатели ликвидности банка: норматив мгновенной ликвидности (Н2), норматив текущей ликвидности (Н3) и норматив долгосрочной ликвидности (Н4), определяемые по методике ЦБ РФ (табл. 1).

В исследуемом периоде наблюдаются заметные колебания нормативов ликвидности, однако четкой тенденции в динамике не наблюдается. Так в 2007 году среднее значение норматива ликвидности по российским банкам составляло 49,0, а в 2009 году – 72,9 % (при минимально допустимом установленном значении 15 %). Фактическое значение норматива текущей ликвидности в исследуемом периоде изменялось в пределах 74,1 % - 100,1 % (при установленном минимальном значении 50 %). Норматив долгосрочной ликвидности в начале исследуемого периода оставался 62,6 %, а к концу периода возрос до 91,2 %. Стоит отметить, что увеличение нормативов мгновенной и текущей ликвидности связаны с ростом рисков банковской ликвидности, что обуславливает накопление ликвидных активов в кредитных организациях.

В качестве факторных признаков выберем внешние факторы, влияющие на ликвидность банка, по которым существуют официальные статистические данные, необходимые для анализа. Анализ и систематизация научных трудов [2–7] позволила нам выбрать для дальнейшего анализа макроэкономические факторы (табл. 2).

Таблица 1

Динамика нормативов ликвидности банков*

Годы	Нормативы ликвидности (%)		
	Н2	Н3	Н4
2004	56,9	81,3	62,6
2005	52,6	76,6	66,1
2006	50,3	74,3	75,6
2007	49,0	74,1	82,0
2008	49,8	75,4	79,8
2009	72,9	97,1	74,0
2010	70,1	100,1	76,2
2011	63,2	87,5	78,3
2012	59,0	81,9	83,5
2013	63,2	84,8	85,5
2014	58,3	77,3	91,2
Абсолютное отклонение за период	1,4	-4,0	28,6

* Источник: <http://www.cbr.ru>

Таблица 2

Макроэкономические факторы, оказывающие влияние на ликвидность банка*

Группа факторов	Название фактора	Условное обозначение фактора
Факторы, характеризующие общеэкономическую ситуацию в стране	Объем валового внутреннего продукта	$\Phi_{1,1}$
	Индекс промышленного производства	$\Phi_{1,2}$
	Оборот розничной торговли	$\Phi_{1,3}$
Факторы, характеризующие социально-политическую ситуацию в стране	Индекс потребительских цен	$\Phi_{2,1}$
	Реальные располагаемые доходы населения	$\Phi_{2,2}$
Факторы, характеризующие состояние финансовой системы в стране	Объем денежной массы	$\Phi_{3,1}$
	Уровень ставки рефинансирования	$\Phi_{3,2}$
	Индекс инфляции	$\Phi_{3,3}$
	Индекс ММВБ	$\Phi_{3,4}$
	Индекс РТС	$\Phi_{3,5}$

* Составлено авторами

Так как любой из перечисленных выше факторов оказывает частичное влияние на результирующий признак, то для определения степени их влияния будем использовать корреляцию. Использование метода корреляционного анализа изучения взаимосвязей обусловлено тем, что связь выбранных внешних факторов на показатели ликвидности банка проявляется

лишь в изменении средних величин результирующего признака. Следовательно, связи эти не жесткие и проявляются не в каждом отдельном случае, а лишь в массе, в среднем.

Далее произведем корреляционный анализ влияния выбранных макроэкономических факторов на показатели ликвидности банка (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции влияния макроэкономических факторов на мгновенную ликвидность банка*

Год	Факторы									
	($\Phi_{1,1}$)**	($\Phi_{1,2}$)**	($\Phi_{1,3}$)**	($\Phi_{2,1}$)**	($\Phi_{2,2}$)**	($\Phi_{3,1}$)***	($\Phi_{3,2}$)***	($\Phi_{3,3}$)**	($\Phi_{3,4}$)***	($\Phi_{3,5}$)***
2004	17027,2	108,0	113,3	111,7	110,4	3212,7	13,0	11,7	548,9	604,6
2005	21609,8	105,1	112,8	110,9	112,4	4363,3	12,0	10,9	1009,7	1235,9
2006	26917,2	106,3	114,1	109	113,5	6032,1	11,0	9,0	1596,7	1803,5
2007	33247,5	106,8	116,1	111,9	112,1	8970,7	10,0	11,8	1916,1	2314,2
2008	41276,8	100,6	113,6	113,3	102,4	12869	13,0	13,2	644,3	628,1
2009	38807,2	84,3	94,9	108,8	103	12975,6	8,75	8,8	1444,7	1553,0
2010	46308,5	107,3	106,5	108,8	105,9	15267,6	7,75	8,7	1747,9	1864,2
2011	55967,2	105	107,1	106,1	100,5	20011,9	8,0	6,1	1443,2	1427,5
2012	62176,5	103,4	106,3	106,6	104,6	24483,1	8,25	6,5	1515,4	1575,8
2013	66190,1	100,4	103,9	106,5	104	27405,4	8,25	6,4	1472,5	1394,2
2014	71406,4	101,7	102,7	111,4	99,3	31404,7	8,25	11,3	1517,4	768,4
Значение коэффициентов корреляции по результирующему признаку										
Н2	0,31	-0,52	-0,84	-0,55	-0,47	0,31	-0,55	0,21	0,09	-0,51
Н3	0,20	-0,41	-0,69	-0,49	-0,38	0,18	-0,49	0,24	0,21	-0,41
Н4	0,87	-0,12	-0,31	-0,21	-0,58	0,85	-0,22	0,55	0,15	-0,12

* Составлено авторами

** Источник: <http://www.gks.ru>.*** Источник: <http://www.cbr.ru>.

Следует отметить, что при показателях тесноты связи ниже 0,7 (что, в исследуемом примере, наблюдается в большинстве случаев) свидетельствует о том, что на долю вариации факторного признака приходится меньшая часть по сравнению с прочими признаками, влияющими на изменение общей дисперсии результативного признака. Синтезирование в таких условиях математической модели связи практического значения иметь не будет.

Используя шкалу Чеддока изучим вид и силу связи между исследуемыми факторами и результативным признаком (табл. 4).

Исследование влияния макроэкономических факторов на ликвидность банков позволяет сделать вывод, что при улучшении экономической ситуации в стране, выражающейся в увеличении индекса промышленного производства

и оборота розничной торговли, фактические значения нормативов ликвидности в российских банках снижаются. Данное обстоятельство, по нашему мнению, вызвано тем, что при стабилизации общеэкономической ситуации, уменьшаются риски, а это обуславливает банки увеличивать доходные активы, что и проявляется в снижении значения Н2, Н3 и Н4. Высокое влияние на значение норматива мгновенной ликвидности оказывает оборот розничной торговли (связь обратная), т.е. при росте торгового оборота банки уменьшают объемы высоколиквидных активов. Отметим, что объем ВВП оказывает прямое влияние на результативный признак, причем при наблюдается достаточно высокое влияние данного фактора на значение норматива долгосрочной ликвидности.

Таблица 4

Вид и сила корреляционной связи между факторами и результативным признаком*

Факторы	Показатель тесноты связи			Вид связи			Сила связи		
	Н2	Н3	Н4	Н2	Н3	Н4	Н2	Н3	Н4
Ф _{1,1}	0,31	0,20	0,87	прямая			умеренная	слабая	высокая
Ф _{1,2}	-0,52	-0,41	-0,12	обратная			заметная	умеренная	слабая
Ф _{1,3}	-0,84	-0,69	-0,31	обратная			высокая	заметная	умеренная
Ф _{2,1}	-0,55	-0,49	-0,21	обратная			заметная	умеренная	слабая
Ф _{2,2}	-0,47	-0,38	-0,58	обратная			умеренная	умеренная	заметная
Ф _{3,1}	0,31	0,18	0,85	прямая			умеренная	слабая	высокая
Ф _{3,2}	-0,55	-0,49	-0,22	обратная			заметная	умеренная	слабая
Ф _{3,3}	0,21	0,24	0,55	прямая			слабая	слабая	заметная
Ф _{3,4}	0,09	0,21	0,15	прямая			слабая	слабая	слабая
Ф _{3,5}	-0,51	-0,41	-0,12	обратная			высокая	заметная	слабая

* Составлено авторами

Факторы, характеризующие социально-политическую ситуацию в стране (индекс потребительских цен, реальные располагаемые доходы населения) оказывают довольно умеренное обратное влияние на результат.

Факторы, третьей группы, характеризующие состояние финансовой системы в стране, оказывают различное влияние. Достаточно заметное влияние на величину норматива мгновенной ликвидности оказывает размер ставки рефинансирования (связь обратная) и индекс РТС (связь обратная). Высокое влияние на значение норматива долгосрочной ликвидности оказывают размер денежной массы и уровень инфляции в стране.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод, что исследуемые макроэкономические факторы оказывают различное влияние на результат. Вид связи одного и того же фактора одинаков для всех показателей ликвидности, однако теснота связи отличается. Высокая теснота связи наблюдается между показателем мгновенной ликвидности и такими факторами как: оборот розничной торговли (-0,84) и

индекс РТС (-0,51); заметная связь на данный показатель оказывает индекс промышленного производства, индекс потребительских цен и уровень ставки рефинансирования. На норматив текущей ликвидности высокого влияния не оказывает ни один из выбранных нами факторов, заметное влияние оказывают такие факторы как: оборот розничной торговли (-0,69) и индекс РТС (-0,41). На норматив долгосрочной ликвидности высокое влияние оказывает объем ВВП (0,87) и объем денежной массы (0,85), кроме того довольно значительное влияние оказывают уровень реальных располагаемых доходов населения (-0,58) и индекс инфляции (0,55).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общая теория статистики: Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности: Учебник / Под ред. А.А. Спирина, О.Э. Башиной. М.: Финансы и статистика, 1994. 296 с.
2. Исаенко Е.В., Иголкина В.В. Факторный метод анализа в оценке экономических резуль-

татов деятельности организаций потребительской кооперации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2007. № 3 (23). С. 9–15.

3. Алёхина Е.С., Яблонская А.Е. Исследование факторов, влияющих на развитие долгосрочного банковского кредитования в России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 4 (52). С. 225–229.

4. Серова Е.Г. Основные аспекты формирования рациональной финансовой структуры предприятия // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 1. С. 253–258.

5. Гюнтер И.Н. Аутентификация в банковской системе // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 1. С. 169–173.

6. Антонова М.В., Чистникова И.В. Исследование факторов, препятствующих развитию кредитной кооперации в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 132–137.

7. Шеховцов В.В., Понкратов И.Н., Васильев К.А. Методические аспекты определения экономической эффективности социальных инвестиций // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2015. № 2 (54). С. 171–175.

8. <http://www.gks.ru> – официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Дата обращения: 10.11.2015.

9. <http://www.cbr.ru> – официальный сайт Центрального банка Российской Федерации. Дата обращения: 11.11.2015.

Antonova M.V., Polyanskaya M.A.

STUDY OF THE INFLUENCE OF MACROECONOMIC FACTORS ON THE LIQUIDITY OF THE BANKS

This article assessed the degree of influence of external factors on liquidity of banks. As effective signs were selected, the actual value of liquidity ratios: liquidity ratio, current liquidity ratio and long-term liquidity. The quality factor signs were selected macroeconomic factors, which for ease of analysis, grouped in three groups: the factors that characterize the economic situation in the country; factors that characterize the socio-political situation in the country and factors characterizing the state of the financial system in the country. The first group of external factors included gross domestic product, the index of industrial production and retail trade turnover. The second group of factors includes the consumer price index and real disposable income. The third group includes such factors as: the amount of money, the refinancing rate, inflation index, an index of the Moscow interbank currency exchange index of the Russian stock market. According to the research results the conclusions about the extent and nature of influence of different macroeconomic factors on the liquidity of the banks.

Key words: Bank, reliability of the Bank, the Bank's liquidity, macroeconomic factors, correlation.

Антонова Марина Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент.

Белгородский университет кооперации, экономики и права, кафедра финансов и таможенных доходов.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Садовая, д. 116 а

E-mail: antonovamv@yandex.ru

Полянская Марина Александровна, аспирант

Белгородский университет кооперации, экономики и права, кафедра финансов и таможенных доходов.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Садовая, д. 116 а

Глаголев С.Н., д-р экон. наук, проф.,

Моисеев В.В., д-р ист. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

din_prof@mail.ru

Проблемы импортозамещения в агропромышленном комплексе стали более актуальными в условиях западных санкций и деминации рубля. С установлением продовольственного эмбарго, введенного указом Президента Российской Федерации от 6 августа 2014 г. № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации», запрета ввоза в нашу страну сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, в том числе мяса и мясопродуктов, молока и молочной продукции, рыбы, овощей, фруктов и др. проблемы импортозамещения основных продовольственных товаров еще более обострились. Россияне оказалась в сложной продовольственной ситуации, вызванной кризисными явлениями, деминацией рубля, снижением объема поставок и роста цен на продовольственные товары. Отечественный агропромышленный комплекс в силу ряда причин не может пока удовлетворить насущные потребности, обеспечить продовольственную безопасность. В статье рассматриваются факторы, способные привести к развитию АПК, реальному воплощению разработанных программ собственного производства продовольственных товаров.

Ключевые слова: западные санкции, агропромышленный комплекс, проблемы импортозамещения.

Введение. Агропромышленный комплекс (АПК) – это важнейший сектор экономики страны, включающий отрасли по производству сельскохозяйственной продукции, ее переработке, а также отрасли экономики, обеспечивающие сельское хозяйство и перерабатывающую промышленность средствами производства. Основное предназначение агропромышленного комплекса заключается в удовлетворении потребностей населения в продуктах питания и снабжении сырьем перерабатывающую промышленность, поэтому он является важнейшим сектором национальной экономики.

Согласно статистике, в настоящее время лишь 18 субъектов Российской Федерации способны обеспечить населению минимальное потребление продуктов питания собственного производства. Лидером среди них стала Белгородская область, которая при населении в 1,541 млн человек производит сельскохозяйственную продукцию в объеме, достаточном для удовлетворения минимальной потребности в продуктах питания почти 4 млн жителей. Из других субъектов РФ могут обеспечить россиян продовольствием собственного производства Краснодарский и Ставропольский края, Воронежская, Курская и Тамбовская области, однако в остальных 69-ти субъектах Российской Федерации, включая присоединенную недавно Республику Крым, агропромышленный комплекс не в состоянии обеспечить граждан достаточным количеством продовольственных товаров собственного производства.

Таким образом, вследствие ряда причин, главная из которых заключается в недостатке финансирования, Российская Федерация имеет сегодня недостаточно развитый агропромышленный комплекс, который не в состоянии обеспечить продовольственную безопасность страны. Под продовольственной безопасностью государства понимается его способность стабильно обеспечивать население продовольствием по медицинским нормам и требованиям. Возможности российских аграриев ограничены и не могут в ближайшее время заменить продукцию из США, Канады, ЕС, Норвегии и Австралии, против которых президент ввел контрсанкции.

Не секрет, что в продовольственных товарах в российских магазинах сегодня львиную долю составляет импорт. По данным Росстата, импорт говядины в 2014 г. составлял уже 60 %, доля завезенной из-за рубежа свинины достигла 31 %, мяса птицы – 13 %, сыра импортировалось до 48 % от общего объема потребления россиянами, а доля импорта молока и молокопродуктов достигла 60 % [3].

Проблема импортозамещения в аграрном секторе стала более актуальной с введением западных санкций, существенной девальвацией национальной валюты, ростом цен на продукты питания, а также продовольственным эмбарго, введенным указом Президента Российской Федерации от 06 августа 2014 г. № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации» [2]. Указ президента устано-

вил запрет на сельскохозяйственный импорт из стран, которые ввели санкции в отношении России. В введении запрета на ввоз в Российскую Федерацию недостающего в стране продовольствия, в том числе мяса и мясoproдуктов, молока и молочной продукции, включая сыры и творог, рыбы, овощей, фруктов и др. обострились проблемы импортозамещения основных продовольственных товаров. И проблема не только в том, чтобы вырастить в короткие сроки недостающий объем сельхозпродукции, но и переработать и сохранить то, что производит сегодня отечественное сельское хозяйство. Эти и другие обстоятельства требуют пересмотра аграрной политики государства, переоценки ранее принятых программ и проектов развития АПК и его базовой отрасли – сельского хозяйства. Нужен объективный анализ состояния и развития агропромышленного производства и реальные меры по работе отечественного АПК в условиях импортозамещения.

Основная часть. Стратегия импортозамещения предполагает постепенный переход от производства простых товаров к наукоемкой и высокотехнологичной продукции путем повышения уровня развития производства и технологий. Сама по себе стратегия импортозамещения опирается на развитие производства, повышение качества производимого товара, технологий применяемых на предприятиях, развитие инноваций. Результатом импортозамещения должно стать повышение конкурентоспособности отечественной продукции посредством стимулирования технологической модернизации производства, повышения его эффективности и освоения новых конкурентоспособных видов продукции с относительно высокой добавленной стоимостью. Разумное решение этой проблемы позволит не только сократить импорт, сохранив в стране значительный объем валютных средств, но и удешевить товары народного потребления, поддержать отечественного производителя, создать новые рабочие места.

Многие экономисты и политологи утверждают, что нынешнее бедственное положение сельского хозяйства России, засилие импорта и взлет цен на продукты питания – это следствие аграрной политики, осуществленной в период ельцинских реформ. Результатом этих реформ стало массовое банкротство коллективных хозяйств (из 28 тыс., работавших в 1990 г., к 2008 г. осталось не более 3 тыс. сельхозпредприятий), отток из деревни активной части рабочей силы, сокращение посевных площадей на 41 млн гектаров. В итоге среднестатистическое производство зерна в России в 1990–1999 гг. снизилось более чем в 2 раза, мяса – в три раза, молока – в 1,5

раза; общий объем всей сельскохозяйственной продукции в результате ельцинских реформ снизился на 45 % [3].

Из-за недостатка финансирования за годы реформ поголовье крупного скота уменьшилось почти в три раза. Если в 1988 г. было 59,8 млн., то сегодня российское стадо крупного рогатого скота не превышает 20 млн. голов. Произошедший спад поголовья привел к снижению производства говядины с 4,3 млн т до 1,7 млн т, или в 2,5 раза [1]. Дальнейшее сокращение поголовья крупного рогатого скота привело к тому, что сегодня потребление говядины в расчете на душу населения сократилось в России с 29,3 кг до 11,9 кг [6], что значительно ниже рекомендованной нормы (25 кг в год) [8]. Особенно печально, что Россия в несколько раз сократила численность молочного стада. Если в 1990 г. в нашей стране насчитывалось 20,5 млн. коров, то в 2015 г., по утверждению председателя Совета Молочного Союза России А. Пономарева, осталось всего 8,8 млн коров [4]. Таким образом, за 25 лет реформ, благодаря новой аграрной политике, удалось сократить молочное стадо страны в 2,5 раза. Из 39,2 млн. свиней, насчитывавшихся в 1988 г., потери составили 23,1 млн [1]. Такого разорения наша страна не знала даже в годы Великой Отечественной войны: после опустошительных сражений, оккупации значительной части территории немецко-фашистскими захватчиками в СССР осталось в живых 12,9 млн коров, что на 4,1 млн больше, чем в Российской Федерации насчитывается в мирное время [5].

Для сравнения: в США насчитывается сегодня свыше 92 млн голов крупного рогатого скота. Применяя передовые технологии, эта страна ежегодно собирает урожай зерна в 4 раза больше нашей страны (по 340–350 млн т), производит мяса в 5 раз больше, чем россияне. США в интересах сельского хозяйства интенсивно используют 80 % своей земли, Российская Федерация – только 40 %. Десятки лет это развитое государство оказывает всемерную поддержку своему сельскому хозяйству, сохраняя курс на широкое субсидирование двухмиллионного сообщества фермеров за счет бюджетных средств. Закон США о продовольственной безопасности, действующий с 1985 г., подтвердил отношение государства к агропромышленному комплексу, как к особой отрасли экономики, имеющей стратегическое значение. Таким образом, успехи в развитии агропромышленного комплекса США стали возможным благодаря качественному государственному управлению, отлаженному взаимодействию между властью и бизнесом. Приоритетом аграрной политики

США остается обеспечение гарантированного доступа американцев к здоровой и питательной пище с усилением продовольственной помощи семьям с низким доходом [3].

В отличие от США, наша страна в обеспечении продуктами питания своих граждан до введения санкций делала ставку на импорт вместо развития собственного производства. «Практически все направления АПК-производства totally зависят от импорта, – заявил в интервью на тему импортозамещения в АПК член Комитета Государственной думы по аграрным вопросам, председатель Совета Молочного Союза России Аркадий Пономарев. – Говорить о стремительном замещении просто абсурд. Наверстывать нужно все: племенной, семенной, материально-технический фонд. Без технологий ведущих стран нам тоже не обойтись» [4].

Причиной резко возросшего импорта продовольствия в Российской Федерации стал развал российского сельского хозяйства в начале 1990-х годов. В начале 2000-х годов ещё можно было спасти от разорения большинство хозяйств и предприятий по переработке и планово заняться импортозамещением: в стране появились большие финансовые возможности. Как известно, Государственная дума в так называемые «тучные годы» принимала годовые бюджеты с профицитом в 1,5–1,8 трлн рублей, однако финансирование сельского хозяйства не превышало 1 % расходов госбюджета.

Справедливости ради следует отметить, что, начиная с 2005 г., государство предпринимало определенные шаги по развитию АПК. Весомый вклад в развитие животноводства внесла реализация национального приоритетного проекта «Развитие АПК». Программа приоритетных национальных проектов была сформулирована президентом России В.В. Путиным 5 сентября 2005 г. в обращении к правительству, парламенту и руководителям регионов. Напомним, что в качестве модных в то время «инвестиций в человека» глава государства выделил здравоохранение, образование, жильё и сельское хозяйство.

Национальный проект «Развитие АПК» был направлен на приоритетное развитие животноводства, преодоление демографического кризиса в отрасли, создание современного конкурентоспособного сельхозпроизводства, стимулирование развития малых форм агробизнеса. В ходе реализации в проект были включены дополнительные мероприятия, а именно: государственная поддержка племенного животноводства, овцеводства и козоводства, северного оленеводства и табунного коневодства, промышленного рыбоводства. На развитие агропромышленного комплекса в 2006 г. государ-

ство выделило немногим более 19 млрд рублей, что составляло 11 % от финансовых средств (186,8 млрд руб.), выделенных из федеральных источников на реализацию всех национальных проектов в 2006 г. В 2007 г. отношение к АПК изменилось в лучшую сторону. Министр сельского хозяйства, выступая с докладом о предварительных итогах реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК» в 2006–2007 гг. на заседании Президиума Совета при Президенте Российской Федерации 25 декабря 2007 г., участники Проекта привлекли более 191 млрд. рублей. Это позволило начать строительство, реконструкцию и модернизацию 2140 животноводческих комплексов на основе самых передовых технологий, которые «по своим масштабам и эффективности не только не уступают, но и зачастую превосходят зарубежные аналоги» [7]. По словам министра, в ходе реализации нацпроекта особое внимание уделялось малым формам хозяйствования, которые в то время производили около 60 % объема всей сельхозпродукции. По предварительным данным рост объема реализации товарной продукции, произведенной ЛПХ и КФХ в 2007 году к уровню 2005 г., ожидался на уровне 12 процентов, что вдвое превышает целевой показатель, установленной нацпроектом. Личным подсобным и фермерским хозяйствам, а также сельскохозяйственным потребительским кооперативам выдано 445 тыс. кредитов на сумму 87 млрд рублей, что в десятки раз больше, чем в 2005 г. Средний размер кредита для фермеров составил 1 млн, для ЛПХ – 135 тыс. рублей. Благодаря инвестициям в 2007 г. сельхозпредприятия приобрели тракторов больше в 1,7 раза по сравнению с 2005 г., а зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов – в 1,4 раза [7].

С 2008 г. нацпроект «Развитие АПК» трансформировался в Государственную программу развития сельского хозяйства на 2008–2012 годы. На реализацию программы из федерального бюджета планировалось выделить 551 млрд рублей или в 3 раза больше, чем в предыдущее пятилетие [7]. Однако объем реального государственного финансирования этой программы не был достаточным для ее реализации. Причина – очередной финансово-экономический кризис, который происходил в 2008–2009 гг.

После завершения в 2012 г. принятой ранее госпрограммы была разработана и утверждена постановлением Правительства РФ от 12 июля 2012 г. новая Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы [9]. 19 де-

кабря 2014 г. в нее были внесены коррективы, связанные с импортозамещением и обеспечением «продовольственной независимости России» в условиях западных санкций. Объем запланированного бюджетного финансирования впечатляет. Так, на 2015 г. предполагалось выделить из госбюджета 187,864 млрд, 2016 г. – 258,140 млрд, 2020 – 350,363 млрд рублей [9]. Не факт, что все запланированные финансовые средства будут выделены, но уже одно то, что государство стремится направлять всё больше ресурсов в агропромышленный комплекс страны, не может не радовать. Здесь следует заметить, что наряду с бюджетными ассигнованиями в АПК увеличивается приток заемных средств за счет кредитов и субсидирования процентных ставок заемщикам из агросектора. Только Россельхозбанк за время действия Государственных программ развития АПК выдал сельскому бизнесу кредитов, начиная с 2008 г. 2,3 трлн. руб. кредитных средств [10]. Из них более 34 % приходится на инвестиционные кредиты, выданные на строительство и приобретение основных средств, развитие животноводческих комплексов, предприятий птицеводства и другие цели.

Инвестиции в отечественный агропромышленный комплекс могли быть более весомыми, если бы руководству страны удалось убедить крупный бизнес отказаться от экспорта капитала и направить триллионы рублей на развитие сельского хозяйства, возвращение в оборот десятков миллионов гектаров пашни, производство новой современной техники для АПК, строительство откормочных комплексов, оснащенных новым оборудованием и т.д. Подсчитано: за восемь последних лет бизнесмены вывели из нашей страны свыше 700 млрд долларов США, что по курсу ЦБ РФ на 10 ноября 2015 г. превышает 45 трлн рублей или более трех годовых бюджетов Российской Федерации.

Следует отметить, что вложенные в животноводство инвестиции возвращаются в России не раньше чем через 10 лет, а рисков при засилии бюрократии и коррупции много. Поэтому эта ниша, хотя и привлекательна для бизнеса, но из-за нехватки «длинных» денег пока осваивается незначительными темпами, и четверть века подряд молочное стадо сокращалось, а мясное не росло. Не развивая специализированное скотоводство, Россия останется страной, ввозящей говядину, говорится в Стратегии развития мясного животноводства до 2020 года [11].

В результате реализации государственной программы развития АПК к 2020 г. планируется довести собственное производство зерна до 99,7 %, свекловичного сахара – до 93,2 %, рас-

тительного масла – до 87,7 %, картофеля – до 98,7 %, мяса и мясопродуктов – до 91,5 %, молока и молокопродуктов – до 90,2 % [11]. Эти показатели не только корреспондируются, но и несколько превышают рубежи, установленные Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента России от 30 января 2010 г., № 120, которая предусматривает самообеспечение основными продуктами питания на 80–95 %.

По утверждению нового министра сельского хозяйства Российской Федерации Александра Ткачева, Россия сможет полностью обеспечить свои потребности по мясу свинины и птицы в течение двух-трех лет, перейти на полное обеспечение российских потребителей отечественными овощами и фруктами – в течение трех-пяти лет. «А что касается молока, молочного животноводства, «то здесь ситуация посложнее, потому что тема более запущенная. На это потребуются при серьезных вложениях и дотациях порядка 7–10 лет, по нашим оценкам» [12]. Россиянам остается надеяться на обещания министра сельского хозяйства и ту же затягивать пояса при росте цен на импортную и отечественную говядину, сыр, молоко и другие продовольственные товары. По данным Росстата, продовольствие в 2015 г. по сравнению с 2014 г. подорожало в среднем на 20 %. Лидером по росту цен стали крупы и бобовые – за 9 месяцев 2015 г. они подорожали на 46,8 %; сахар-песок прибавил в цене 44,1 %. На 31,3 % подорожали овощи и фрукты, на 29,9 % – рыба и морепродукты, на 29 % – подсолнечное масло. Молоко и молочная продукция, в том числе сливочное масло подорожали на 14,1–14,4 %, на 16,5 % поднялась стоимость мяса и птицы [13]. В России в 2014 г. цены на товары росли в 23 раза быстрее, чем в среднем по странам ЕС, а если сравнивать цены только на продукты питания, то в 40 раз. Одной из главных причин столь существенного подорожания продуктов питания стала девальвации рубля, осуществленная Центробанком РФ в 2014–2015 гг.

Основным стимулом для российских сельхозпроизводителей, как известно, является гарантия сбыта выращенной продукции, а не само по себе участие в реализации программ и планов замещения импортной продукции. «Государству следовало бы установить закупочные цены выше рынка раза в два, – считает известный российский экономист В. Иноземцев, директор Центра исследований постиндустриального общества. – После этого по рыночным ценам и даже ниже продавать эти товары переработчикам. Разница – это реальные затраты бюджета на подъем отрасли. Фермер, зная, что у него все

купят, сам договорится о кредитах и о том, кто его профинансирует». С Владиславом Иноземцевым в этом вопросе трудно не согласиться: не вкладывая сегодня значительные средства в АПК, нельзя всерьез говорить об импортозамещении, о наполнении магазинов отечественными продуктами питания, обеспечении продовольственной безопасности нашего государства. Без серьезного наращивания собственного производства в современной России невозможно решить продовольственную проблему.

Для действительного возрождения отечественного сельского хозяйства, реализации программ импортозамещения, по нашему убеждению, требуется:

- списать все долги сельхозпредприятий, снизить налоги, освободив тем самым их от пудовых гирь на ногах;
- всячески развивать сельхозкооперацию, помогать кооперативам льготными кредитами и техникой;
- выплачивать дотацию на произведенную продукцию, как это принято в отношении фермеров в США и ряде стран Европы;
- компенсировать часть затрат на горючее, удобрения, новую технику, так как слишком большой стал диспаритет цен, ведущий к ограблению хозяйств, как в годы первых пятилеток;
- восстановить льготы для молодых специалистов, приступивших к работе на селе, в том числе по предоставлению им жилья;
- помочь начинающим фермерам и другим сельхозпроизводителям в вопросах маркетинга, в продвижении их продукции на рынок;
- инвестиции направлять не только на перевооружение сельскохозяйственного производства, модернизацию техники, строительство ферм, цехов и хранилищ, но и на обустройство села, создание человеческих условий для работы с тем, чтобы сделать сельский труд престижным, чтобы молодежь пошла работать в эту отрасль
- увеличить инвестиции в сельскохозяйственное производство, выделяя на поддержку села до 5 % ВВП ежегодно;
- возобновить госзаказ на сельхозпродукцию; государство в лице Минсельхоза должно гарантировать крестьянам реализацию не менее 75 процентов производимого ими зерна, молока, мяса по рыночным ценам через заготконторы и закупочные кооперативы и т.д.

Заключение. Таким образом, чтобы решить проблемы, связанные с развитием АПК и импортозамещением в новых политических и экономических условиях, вызванных очередным кризисом и западными санкциями, возникает

необходимость кардинального пересмотра аграрной политики российского государства.

На поддержку российского АПК в рамках планов по импортозамещению потребуется, как минимум, 250 млрд рублей в течение 5 лет, сообщил в августе 2014 г. вице-премьер Аркадий Дворкович [14]. Однако заместитель министра сельского хозяйства РФ Дмитрий Юрьев назвал другую сумму, требуемую на замещение импортного продовольствия, – 625,7 млрд рублей – и это только на замещение импорта по контрсанкциям [15]. Часть требуемых финансов можно компенсировать за счет сокращения общих закупок продовольствия по импорту. Если в 2000 г. совокупный импорт продовольствия в Российской Федерации не превышал 7,4 млрд долларов США, то через 13 лет, в 2013 г. он вырос в 6 раз до 43,5 млрд долларов (по курсу ЦБ – свыше 2,5 трлн рублей). Эти огромные деньги могли бы пойти на развитие отечественного сельского хозяйства, и тогда в выигрыше были бы все: и аграрии, и бюджет страны, и рядовые россияне. Но, к сожалению, нет пророка в родном Отечестве, и сотни миллиардов рублей в пересчете на валюту уходили иностранным производителям вместо поддержки отечественного производителя. В результате резко снизилось поголовье скота и ущербность такой аграрной политики стала видна даже не экономистам.

Насколько эффективными окажутся новые планы и программы по развитию российского агропромышленного комплекса в условиях западных санкций, покажет время. На наш взгляд, реализация программ импортозамещения в России, несмотря на отмеченные сложности, имеют все шансы на успех.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев, С.Н., Моисеев В.В. Импортозамещение в экономике России. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 276 с.
2. Указ Президента РФ от 6 августа 2014 г. № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации». – URL: <http://base.garant.ru/70711352/#ixzz3sF9AOjBB> (дата обращения – 25.11.2015).
3. Продовольственная безопасность США и России (состояние и перспективы). – URL: <http://gendocs.ru/v1056/%D0%B0%D0%BA%B8?page=9> (дата обращения – 24.11.2015).
4. А. Пономарев о складывающейся ситуации с импортозамещением в АПК. – URL: <http://agroinfo.com/a-ponomarev-o-skladyvayushhejsya-situacii-s-importozameshheniem-v-apk-2608201> 502/ (дата обращения – 25.11.2015).

5. Поголовье коров в России и СССР. – URL: <http://wedmack.livejournal.com/644148.html> (дата обращения – 19.11.2015).
6. Ганенко И. Новая русская говядина. – URL: <http://www.agroinvestor.ru/markets/article/12128-novaya-russkaya-govyadina/> (дата обращения – 21.11.2015).
7. О предварительных итогах реализации приоритетного национального проекта "Развитие АПК" в 2006-2007 годах, мероприятиях и параметрах проекта в 2008 году, а также направлениях работы на долгосрочную перспективу. – URL: <http://mcx.ru/news/news/show/2657.182.htm> (дата обращения – 22.11.2015).
8. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 02.08.2010 № 593н «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_105725/ (дата обращения – 25.11.2015).
9. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы». – URL: <http://mcx.ru/navigationdocfeeder/show/342.htm> (дата обращения – 22.11.2015).
10. Россельхозбанк направил 2,3 трлн. руб. на финансирование Госпрограмм развития АПК России. – URL: <http://www.anyfoodanyfeed.com/ru/news/id/50473/> (дата обращения – 25.11.2015).
11. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 10 августа 2011 г. № 267 «Об утверждении стратегии развития мясного животноводства в Российской Федерации до 2020 года». – URL: <http://www.mcx.ru/documents/document/show/16974.133.htm> (дата обращения – 21.11.2015).
12. Перспективы импортозамещения в сельском хозяйстве России. – URL: <https://gov.spb.ru/static/writable/ckeditor> (дата обращения – 22.11.2015).
13. Росстат: продукты в России дорожают в 40 раз быстрее, чем в ЕС. – URL: <http://newsru.com/arch/finance/28apr2014/rufoodprices.html> (дата обращения – 25.11.2015).
14. На импортозамещение в АПК потребуется 250 млрд рублей. – URL: <http://www.tvc.ru/news/show/id/47553> (дата обращения – 19.11.2015).
15. На замещение импортных продуктов, попавших под российские контрсанкции, требуется более 600 млрд руб. – URL: <http://www.gazeta.ru/business/2014/10/04/6247581.shtml> (дата обращения – 20.11.2015).

Glagolev S.N., Moiseev V.V.

IMPORT SUBSTITUTION AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

Problems of import substitution in the agro-industrial complex become more relevant in terms of Western sanctions and denomination of the ruble. With the establishment of the food embargo imposed by the decree of the President of the Russian Federation dated August 6, 2014 № 560 "On the application of certain special economic measures in order to ensure the security of the Russian Federation", the prohibition of importation into our country of agricultural products, raw materials and food, including meat and meat products, milk and dairy products, fish, vegetables, fruits and others. The problem of import of basic food commodities have become more acute. Russians were in a difficult food situation caused by crises, denomination ruble decline in supply and a rise in prices for food products. The domestic agricultural sector for various reasons can not yet meet the urgent needs, to ensure food safety. The article examines the factors that could lead to the development of agriculture, the real embodiment of the developed programs of their own food production.

Key words: Western sanctions, agriculture, problems of import substitution.

Глаголев Сергей Николаевич, доктор экономических наук, профессор, ректор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: rector@intbel.ru.

Моисеев Владимир Викторович, доктор исторических наук, доцент, профессор кафедры социологии и управления.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: din_prof@mail.ru

*Колпина Л.В., канд. социол. наук, доц.,**Реутов Н.Н., канд. социол. наук, доц.**Белгородский государственный национальный исследовательский университет**Шаповалов С.М., канд. техн. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ ОРГАНИЗАЦИИ КАК ОБЪЕКТ ИННОВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ*

nic0301@rambler.ru

Стабильное развитие организации в течение длительного времени зависит не только от ресурсов, но и от характера, от размеров инновационной деятельности, связанной с разработкой, внедрением, применением нововведений, которая направлена на внедрение итогов научных исследований и разработок в практику, что обеспечивает ее конкурентоспособность, экономическую безопасность и дальнейшее развитие.

Социальный капитал инновационного типа объективируется в высокоэффективные социальные активы, такие, как деловая и творческая репутация организации и персонала, имидж и товарный знак продукта, высокая социальная ответственность и другие.

Ключевые слова: *социальный капитал, социальные связи, социальное доверие, инновация.*

Введение. Актуальность исследования социального капитала определяется необходимостью повышения эффективности управленческих решений в сфере труда и менеджмента современных российских организаций в условиях масштабной трансформации социальных и экономических отношений, важностью привлечения внимания научного сообщества и системы стратегического управления к проблеме формирования и эффективного использования социального капитала.

Целью данной статьи является изучение социального капитала организации как объекта инновационного управления.

Методология. Современное состояние исследований социального капитала характеризуется определенным противоречием между широтой охвата эмпирических явлений, разнообразием методологических подходов с одной стороны, и недостаточной согласованностью концептуальных определений социального капитала. Это обстоятельство приводит к проблемам интерпретации эмпирических данных, трудностям сопоставления сравнительных исследований, что все чаще ставится в центр теоретических дискуссий о социальном капитале [20].

Понятие «социальный капитал» было введено Л. Дж. Ханифан, дефинировавшего его через солидарность и социальные связи между теми, кто образует социальную группу [25]. В современных интерпретациях социальный капитал наиболее часто рассматривается как возможности, обусловленные включенностью индивидов в те или иные виды отношений, построенные на доверии (уверенности), соблюдении норм взаимности и реципрокном обмене. Такое понимание социального капитала обусловило тот факт, что теоретической основой его исследования

выступают как собственно концепции социального капитала [8, 9, 13, 17, 19, 27, 28], так и теории социального доверия [1, 8, 18, 21, 22, 23, 24, 26], обмена [18] и социально-сетевой подход [2, 3, 6, 7, 11, 12] и др.

Основная часть. Как справедливо отмечают исследователи, «один из парадоксов современного менеджмента в том, что, несмотря на всеобъемлющие перемены в технической и социальной сфере, происходящие так быстро, что кажутся не связанными с естественными темпами эволюции, человеческая натура на протяжении тысячелетий остается неизменной. Людям всегда были свойственны разные подходы к решению проблем. Почему же именно в наши дни понимание этих различий становится настолько важным? Потому что создание сложных современных продуктов невозможно без совместной работы индивидуумов, которые заведомо в силу естественных особенностей плохо понимают друг друга. Сегодняшняя жизнь требует умения быстро находить общий язык. Если не направлять возникающие трения в креативное русло, разногласия будут подавлять творческие импульсы, как отдельных индивидуумов, так и организации в целом. При умелом же обращении энергия, выделяемая при столкновении разных стилей мышления, будет подталкивать инновационный процесс». В связи с этим представляется очень важным исследовать то, как организации «спокойно» отвергают новые идеи. Важно задуматься о препятствиях для инноваций, которые (препятствия) существуют в корпоративной культуре самой организации.

В ряде исследований, в которых социальный капитал трактуется функционально, с точки зрения его влияния на динамику транзакционных издержек. В частности, Ф. Фукуяма отмеча-

ет, что «социальный капитал важен для определенных секторов и определенных форм сложного производства именно потому, что обмен, основанный на неформальных нормах, может устранить внутренние расходы на координацию для больших иерархических организаций, так же как и внешние расходы на ведение переговоров при более удаленных рыночных взаимодействиях. ... Возрастающая важность социального капитала особенно заметна при переходе от производства, основанного на низком доверии, к производству, основанному на высоком доверии» [21].

Социальный капитал не просто «свойствен структуре связей между акторами и среди них», а, очевидно, является самой этой связью, самой «тканью» противоречивого взаимодействия индивидов (их культур, мотивов, ценностно-смысловых ориентиров, ментальных моделей, профессиональных знаний и компетенций и т.д.). Социальный капитал есть непосредственная мощь этого взаимодействия, а не его структура либо его нормы и правила; структура и нормы могут лишь ускорить или замедлить скорость и интенсивность социального взаимодействия, то есть повлиять на его «мощность» и качественное содержание, но не стать им как таковым. То же самое относится и к феномену доверия, которое может лишь интенсифицировать действенность механизма социальных взаимодействий, но не подменять его. Очевидно, что социальный капитал способствует сокращению не трансакционных, а социальных издержек функционирования организации (издержек, связанных с неполным использованием либо «консервацией» потенциала социальных взаимодействий субъектов деятельности).

Инновационный социальный капитал есть определенная форма социального капитала как такового; это «общее», проявляющееся в «особенном» и даже «единичном». Критерием разграничения качества отмеченной направленности является созидательный социально-экономический смысл функционирования человеческих взаимодействий, в связи с чем, можно выделить, как минимум, четыре таких направления [14]:

Во-первых, экономические взаимодействия хозяйственных агентов могут характеризоваться явной антисоциальной направленностью, что связано с деятельностью определенных социальных групп в сфере либо криминальных, либо внеправовых, хотя и юридически «безупречных» отношений. Здесь формируется и позиционируется крайняя, или маргинальная форма антисоциального капитала общества и соответствующих хозяйственных структур. Природа

этого капитала связана, прежде всего, с «проблемами» государства в области институциональной политики, а также с наличием определенных «благоприятных» психологических и ментально-смысловых предпосылок внеправовых форм и способов деятельности.

Во-вторых, экономические взаимодействия могут характеризоваться позитивной социальной направленностью, но функционировать фрагментарно, несистемно, сталкиваясь с институциональными «завалами» или институциональным «вакуумом». Здесь формируется анти-социальный капитал «поневоле», поскольку хозяйственные агенты хотели бы осуществлять социально-экономические взаимодействия в созидательном, полезном ключе, однако существующая институциональная система этому не способствует. Примером может служить сектор отечественного малого бизнеса, где социально-экономические взаимодействия носят фрагментарный, краткосрочный, несистемный, неадекватный (с точки зрения использования человеческого капитала и компетенций хозяйственных агентов) характер. Существующая и воспроизводящая здесь «институциональная эклектика» отнюдь не способствует созданию отношений доверия и честности, доброжелательности и высокой экономической нравственности.

В-третьих, социальный капитал может характеризоваться позитивной направленностью, функционируя, однако, в режиме ранее принятых, и сегодня устаревающих научно-практических концептов и технико-технологических решений. Человеческий капитал субъектов экономики здесь вполне адекватен требованиям существующих правил экономической «игры», однако характеризуется традиционными, отживающими свой воспроизводственный «век» качественными характеристиками. Это может относиться к организациям и предприятиям, создающим традиционные виды продукции, которые пока еще востребованы, но все менее являются объектом потребительских предпочтений.

В-четвертых, социально-экономические взаимодействия хозяйственных агентов могут характеризоваться, одновременно, созидательной, то есть инновационной направленностью. В этом случае, действует социальный капитал инновационного, или созидательного типа, обеспечивающий реальный социально-экономический прогресс общества и всестороннее развитие личности и домохозяйств. Примером социального капитала созидательного типа в отечественной экономике могут быть лишь отдельные структуры в сфере экономики знаний.

Функциональный смысл приведенной выше схемы общей классификации форм социального капитала заключается в формировании и реализации императива инвестирования в развитие именно социального капитала инновационного типа. Менеджмент решения данной задачи может заключаться в организации управленческой практики, как минимум, в четырех ракурсах: во-первых, предстоит трансформация внеправовых форм функционирования социального (антисоциального) капитала в ракурс созидательного функционирования; во-вторых, необходимы управленческие решения в сфере преодоления институциональных «завалов» в области дисфункций малого и среднего бизнеса, где уже много лет «законсервировано» недоверие хозяйственных агентов власти и государству; в-третьих, требуются решения в рамках функционирования традиционного социального капитала «индустриальной эпохи» с целью его качественной, хотя и эволюционной модернизации; в-четвертых, необходимы масштабные инвестиции по наращиванию сектора уже сформировавшегося инновационного социального капитала; этот сектор призван стать ключевым аттрактором всех планируемых и реализуемых управленческих решений в сфере расширенного воспроизводства социального капитала инновационного типа. При этом важно понять, что «...инновация – это не только уникальный творческий акт, требующий «величия». Это – атака на сложившийся «порядок вещей» и на тех, кто его защищает».

Социальный капитал инновационного типа, или инновационный социальный капитал – это созидательно направленные, целевые взаимодействия хозяйственных агентов (собственников интеллектуального капитала), обеспечивающие создание таких социальных активов, знаний, компетенций и продуктов, которые на деле способствуют всестороннему развитию личности и общества.

Управление инновационным социальным капиталом есть процесс сознательного, целенаправленного воздействия определенных субъектов (менеджеров, креативных лидеров, различных сообществ) на формирование и развитие социально-экономических взаимодействий созидательного типа. Управление социальным капиталом – это, прежде всего, производство и использование знаний о том, как создавать и актуализировать требуемые социально-экономические взаимодействия. Такое управление невозможно без соответствующих инвестиций. Инвестиции в социальный капитал инновационного типа – это поток определенных ценностей в форме затрат времени, энергии, финансо-

вых и иных ресурсов и факторов производства с целью формирования созидательных основ социально-экономических взаимодействий хозяйственных агентов. В более конкретном плане речь идет о затратах человеческого капитала хозяйственных агентов на решение следующих задач: а) знания, энергия и время хозяйственного агента расходуется на изучение научно-практических основ социально-экономических взаимодействий; б) энергетические и временные ресурсы используются, далее на практическую организацию социальных сетей и их дискурсивную апробацию; в) определенные ценности «жертвуются» и для формирования доверительных отношений между субъектами социальных взаимодействий (здесь инвестиции могут принять форму недополученной выгоды, поскольку ради формирования доверия собственник может сознательно ограничить свой доход в пользу тех, с кем он выстраивает доверительные отношения); г) существенная часть времени, духовно-смысловой и умственно-рациональной энергии требуется для того, чтобы осуществить производство и внедрение новых институтов, координирующих все формы социальных взаимодействий. Таким образом, сущность инновационного социального капитала как объекта управления «развертывается» в следующих его содержательных характеристиках.

Во-первых, рассматриваемый социальный капитал обуславливает соответствующий интеллектуальный состав участников взаимодействий. Формирование и развитие инновационного социального капитала имеет своим основанием воспроизводство интеллектуального капитала предполагаемых участников, причем интеллектуального капитала с психологическими характеристиками предпринимательского типа.

Во-вторых, процесс взаимодействия собственников интеллектуального капитала следует направить в соответствующие организационные конструкты, способствующие высокоэффективному функционированию социальных транзакций при минимизации транзакционных и социальных издержек. Современной экономической науке уже известны преимущества так называемых «горизонтальных сетей», относительно традиционных «вертикальных» взаимодействий. Между тем, существует немало проблемных вопросов и противоречивых аспектов в сфере формирования таких социально-экономических сетей, и здесь требуется новая научно-практическая концепция высокоэффективных социально-экономических сетей, обеспечивающих, с одной стороны, непрерывность воспроизводства требуемых инноваций, а с другой сто-

роны, способствующих сокращению социальных и транзакционных издержек.

В-третьих, инновационный социальный капитал экономической организации может быть высокоэффективным, с точки зрения конечного результата, но оставаться при этом низкоинтенсивным (как высокопроизводительный «тугодум»). Можно представить наличие в организации собственников интеллектуального капитала высокого качества, а также наличие современных форм социальных дискурсов (горизонтальных социальных сетей), но при этом «на выходе» получать весьма «урезанный» инновационный продукт лишь по причине того, что участники организованных взаимодействий не испытывали глубокого доверия друг другу. Издержки неполного доверия либо недоверия хозяйственных агентов друг другу связаны, во-первых, с сокрытием неявного знания каждым участников взаимодействий; во-вторых, с затратами на взаимные проверки и перепроверки реальных намерений и планов действий.

В свете отмеченных положений, «рефреном» звучит положение о том, что «порядок, надежность, пунктуальность, добросовестность, точность, честность – вот первостепенные экономические факторы, именно потому, что управление материальными вещами связано с весьма реальными ценностями и отношениями, которые не терпят обмана и жестоко наказывают за всякий беспорядок. Наказание не всегда приходит сразу. Но в экономической жизни еще более зримо, нежели в других сферах, над фальсификаторами и людьми, страдающими легкомыслием, довлеет некая сила мести. Она охватывает то одного, то другого, подвергая обманщика в ледящий кровь ужас, лишая его покоя и отравляя чувство триумфа даже самым удачливым мошенникам».

В-четвертых, формирование интеллектуального капитала требуемого качества, разработка и внедрение прогрессивных форм социально-экономических взаимодействий, а также поиск и применение «интенсификатора» функционирования этих форм взаимодействий требует соответствующего управленческого механизма, представляющего собой набор определенных институциональных решений, обеспечивающих высокую результативность социального капитала экономической организации. Принятие научно обоснованных институциональных решений, в свою очередь, предполагает осуществление соответствующих инвестиций в проектирование, разработку и внедрение институтов. Отсюда формируется потребность в подготовке институциональных предпринимателей в сфере расширенного воспроизводства инновационного

социального капитала. Следовательно, «функции бывших линейных менеджеров меняются: вместо того чтобы давать указания, они теперь ликвидируют внутрикорпоративные барьеры, направляют ресурсы, проводят исследования и выступают в роли консультантов. Они помогают создавать новую культуру управления и функционирования организации. В сущности, эти менеджеры становятся рядовым персоналом».

Таким образом, практический ракурс решения задачи формирования инновационного социального капитала экономической организации непосредственно связан с инвестициями в институты, обеспечивающие решение следующих задач: а) создание норм и правил, регулирующих развитие интеллектуального капитала предполагаемых участников целевых дискурсов; б) воспроизводство институтов, координирующих формирование и функционирование «правильных», то есть реально продуктивных горизонтальных социально-экономических сетей; в) институционализация отношений и действий, производящих и поддерживающих необходимый уровень доверия между хозяйственными агентами, как внутри, так и вне определенной экономической организации; г) подготовка соответствующих субъектов, способных формировать и поддерживать институциональный баланс в области воспроизводства и функционирования инновационного социального капитала экономического агента.

Выводы. Итак, в структуре воспроизводственного содержания инновационного социального капитала ключевую роль играют инвестиции в решение «триединой» задачи: первое – это инвестиции в расширенное воспроизводство реальных и предполагаемых участников социально-экономических взаимодействий; второе – это инвестиции в создание, внедрение и мониторинг форм социальных взаимодействий; третье – это инвестиции в прочные и устойчивые доверительные отношения между всеми участниками социально-экономических взаимодействий. Наконец, интегральным фактором осуществления рассматриваемых институциональных инвестиций является новая система управления, как социальным капиталом в целом, так и подготовкой соответствующих субъектов управления социальными инновациями.

Очевидно, что в предложенной общей схеме управления воспроизводством социального капитала инновационного типа показаны лишь ключевые звенья формируемой новой концепции соответствующей управленческой парадигмы. При этом, «за кадром» остается ее когнитивная основа, требующая самостоятельного исследования и собственной управленческой

концепции. Интеллектуальный капитал участников социально-экономических взаимодействий, развитие наиболее эффективных «горизонтальных» социальных сетей, формирование устойчивых форм доверительных отношений, являясь объектами управленческого воздействия, объективно предполагают формирование и развитие знания о том, как осуществлять решение соответствующих задач, а также знание о том, какие при этом требуются формальные и неформальные институты.

Предложенная общая схема концепции управления инновационным социальным капиталом организации закономерно подводит к выводу о необходимости формирования самостоятельного менеджмента социального капитала определенного хозяйственного агента и нации в целом. При этом важно рассматривать социальный капитал не только как доходную ценность, но и как объект индивидуального, корпоративного или общественного присвоения.

**Работа выполнена в рамках гранта РГНФ «Специфика социального капитала работников вуза и его роль в развитии высшего профессионального образования в регионе» (проект №14-13-31012).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеева А. Уверенность, обобщенное доверие и межличностное доверие: критерии, различия // Социальная реальность. 2008. № 7. С. 85–98.
2. Барсукова С.Ю. Сетевая взаимопомощь российских домохозяйств: теория и практика экономики дара // Мир России. 2003. №2. С. 81–122.
3. Градосельская Г.В. Анализ социальных сетей: дис. ... канд. социол. наук. М., 2001. 22 с.
4. Дорошенко, Ю.А. Методика оценки и способы повышения эффективности использования инновационного потенциала организации / Ю.А.Дорошенко, С.М. Бухонова, И.А. Слабинская, Т.Л. Шаповалова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 133 с.
5. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Томила Э.И., Табурчак А.П. Обеспечение реализации стратегий инновационного развития // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2007. №1. С.130–133.
6. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. Пер. с англ.; под науч. ред. О.И. Шкаратана. М.: ГУ ВШЭ, 2000. 608 с.
7. Кастельс М., Киселева Э. Россия и Сетевое общество: доклад на конференции «Россия в конце XX века», Стэнфорд, США, 05-07.11.1998
8. Козырева П.М. Межличностное доверие в процессе формирования социального капитала // Социологические исследования. 2009. №1. С. 43–54.
9. Козырьков, Р.В. Классификация и способы стратегического управления вузом / Р.В. Козырьков // Актуальные вопросы современной экономической науки: материалы Международной научной конференции (г.Астрахань, 19-20 апреля 2011 г.). – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2011. – С.165-169.
10. Коулмен Дж. Капитал социальный и человеческий // Общественные науки и современность. 2001. № 3. С.121–139.
11. Новинская М.И. Поиск «новой социальности» и утопическая традиция (Проблема человеческого общежития в актуальном срезе) // Политические исследования. 1998. №5. С. 59–78.
12. Пригожин И.Г. Сетевое общество // Социологические исследования. 2008. № 1. С. 24–27.
13. Радаев В.В. Этническое предпринимательство: мировой опыт и Россия // Политические исследования. 1993. № 5. С. 79-87.
14. Салихов Б.В. Корпоративный социальный капитал как фактор воспроизводства новых знаний // Режим доступа: <http://bv-salikhov.ru/sotsialnyj-kapital.html>
15. Сомина И.В. Методология и методические аспекты оценки экономической эффективности в сфере инновационной деятельности // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2013. №4. С.142–145.
16. Сомина И.В. Оценка инновационной деятельности экономических систем на основе процессного подхода // Социально-гуманитарные знания. 2012. №8. С. 294–301.
17. Социально-экономическое неравенство и его воспроизводство в современной России / О.И. Шкаратан и коллектив. М.: Изд-во «Олма Медиа Групп», 2009. 555 с.
18. Хоманс Дж. Социальное поведение как обмен // Современная зарубежная социальная психология. М.: Изд-во Московского ун-та, 1984. С. 82–91.
19. Штомпка П. Социология социальных изменений / Пер. с англ.; под ред. В.А. Ядова. М.: Аспект-Пресс, 1996. 441 с.
20. Farr J. Social Capital: A conceptual History // Political Theory. – 2003. Vol. 31. Woolcock M., Narayan D. Social Capital: Implications for Development Theory, Research, and Policy // The

World Bank Research Observer. – 2000. - Vol. 15. – № 2.

21. Fukuyama F. Trust. The Social Virtues and the Creation of Prosperity. New York, «The Free Press», 1995. 457 p.

22. Giddens A. Beyond Left and Right: The future of radical politics. Cambridge: Polity Press, 1994. P. 440.

23. Giddens A. Modernity and self-identity: Self and society in the Late Modern Age. Cambridge: Polity Press, 1991. 380 p.

24. Giddens A. The consequences of modernity. Cambridge: Polity Press, 1990. 360 p.

25. Hanifan L.J. The Community Center. Boston, 1920. 230 p.

26. Luhman N. Familiarity, Confidence,

Trust: Problems and Alternatives // Trust: Making and Breaking Cooperative Relations (electronic edition) / Ed. by D. Gambetta. Oxford: University of Oxford, 2000. Ch. 6. P. 94–107.

27. Portes A. Social Capital: Its Origins and Application in Modern Sociology // Annual Review of Sociology. 1998. Vol. 24. P. 1–24.

28. Putnam R. Making Democracy Work. Civic Tradition in Modern Italy. Princeton: Princeton University Press, 1993. 410 p.

29. Колпина Л.В. Эмпирический анализ социального капитала работников ВУЗа / Колпина Л.В., Реутов Н.Н., Шаповалов С.М. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, № 1, 2015. – С. 239 – 244.

Kolpina L.V., Reutov N.N., Shapovalov S.M.

SOCIAL CAPITAL OF ORGANIZATION AS AN OBJECT OF SOCIAL MANAGEMENT

The urgency of the research of social capital is defined by necessity of increasing the efficiency of administrative decisions in the field of work and management in modern Russian organizations under the conditions of widespread transformation of social and economic relations.

The management of innovative social capital is considered as the process of conscious targeted impact of some concrete agents (i.e. managers, creative leaders, various communities) on formation and development of social and economic interactions of the creative type. The management of social capital is primarily the manufacture and the use of knowledge how to create and update the required social and economic interactions.

Social capital of the innovative type is objectified in highly effective social assets, such as business and creative reputation of organization and personnel, image and trade mark of a product, high social responsibility and others.

Key words: social capital, social relations, social trust.

Колпина Лола Владимировна, канд. социол. наук, доц. кафедры социальных технологий.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: nic0301@rambler.ru

Реутов Николай Николаевич, канд. социол. наук, доц., начальник управления по развитию персонала и кадровой работе.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: nic0301@rambler.ru

Шаповалов Сергей Михайлович, канд. техн. наук, доц. кафедры городского строительства и хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: aspirantura-bgtu@yandex.ru

Ткаченко Ю.А., канд. экон. наук, доц.,

Тупикин П.Н., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ АДЕКВАТНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ

tkach_y@mail.ru

Всеобъемлющий внутренний контроль за ходом финансово-хозяйственной деятельности экономического субъекта, который хотелось бы иметь, в современных условиях его функционирования невозможен. Российские компании, на сегодняшний день, активно внедряют системы внутреннего контроля, состоящие в предвидении и уменьшении негативных последствий, а также неопределенность ожидаемых результатов деятельности. Система внутреннего контроля в той или иной форме существует в каждом экономическом субъекте. Тем не менее, приходится констатировать, что практика формирования в России полноценных внутренних контрольных систем только начинает складываться. Имеется ряд факторов ограничивающих полномочия и контрольные процедуры системы внутреннего контроля. В статье проведен критический анализ факторов, препятствующих адекватному взаимодействию системы внутреннего контроля.

Ключевые слова: внутренний контроль, система внутреннего контроля, риск, фактор, контрольная процедура.

Введение. Функционирование системы внутреннего контроля – это непрерывный процесс обоснования и реализации наиболее рациональных форм, методов, способов и путей создания и развития системы [1]; рационализация ее отдельных сторон, контроль на основе непрерывной оценки соответствия системы контроля внутренним и внешним условиям деятельности экономического субъекта [3].

Система внутреннего контроля – комплекс взаимосвязанных утвержденных процедур, методов и соответствующих инструментов управления рисками компании, реализуемых на основе регламентированного взаимодействия структурных подразделений и подразделений аппарата управления [5].

Существуют сложно поддающиеся управлению внутренние и внешние риски, когда экономический субъект не может воздействовать на источники и факторы риска, и, следовательно, не может оказывать влияние на вероятность и последствия реализации риска [7]. Правильно функционирующая система внутреннего контроля не возникает случайно [6].

Методология. В деятельности службы внутреннего контроля выделяются несколько этапов:

1. Выработка внутрифирменных стандартов;
2. Внедрение контрольных процедур;
3. Сопоставление текущей ситуации со стандартами (мониторинг);
4. Принятие необходимых корректирующих действий [1].

Определим ряд мероприятий, обеспечивающих эффективность внутреннего контроля с позиций его отдельных элементов.

Рассмотрим в первую очередь влияние контрольной среды на качество внутреннего контроля. Она отражает условия работы механизмов внутреннего контроля. Ее определяют как внутренние факторы, т.е. особенности организации деятельности конкретной компании (организационная структура, степень формализации процедур, управленческая философия руководства, ресурсная база), так и внешние факторы.

Для обеспечения эффективной работы внутреннего контроля необходим качественный уровень формализации деятельности организации [9].

Причем, чем больше организация и сложнее ее структура, тем существеннее влияние данного фактора на результаты ее деятельности. Формализация деятельности начинается с утверждения организационной структуры предприятия.

Как показало исследование, зачастую документ, описывающий, организационную структуру утвержден, но степень детализации информации в нем недостаточна. Это является серьезным препятствием для эффективного распределения функций между структурными подразделениями.

В итоге, неправильно выстроены функциональные связи по вертикали управления, имеют место дублирование и пропуски в выполнении службами определенных функций, невозможность возложения ответственности за результат работы на конкретных лиц [4].

В ходе исследования так же было установлено что, в большинстве экономических субъектов часть регламентов не разработана и не утверждена, отсутствует единообразие в стандартах изложения информации, регламенты не увязаны между собой [2].

Руководство, стремясь направить усилия на управление и обеспечение развития экономического субъекта, делегирует часть выполняемых контрольных функций службе внутреннего аудита.

Основная часть. Существенным препятствующим фактором, влияющим на эффективность контроля, следует назвать сложившаяся в российской практике догма, что общие принципы аудита (независимость, объективность) не являются обязательными нормами для внутреннего аудита.

Считается, что внутренний аудитор непосредственно подчиняется руководителю организации и говорить о независимости неуместно. Статус внутреннего аудитора, подлинно, ставит его в прямую зависимость от руководства экономического субъекта. Руководитель, принимающий решение о создании отдела внутреннего аудита, в первую очередь, руководствуется необходимостью и предполагаемой эффективностью от деятельности службы внутреннего аудита.

Чтобы цели и задачи были достигнуты, именно руководство должно проявить ответственность и осмотрительность при подборе кадров для службы внутреннего аудита, определяющим должны быть общие требования к независимости – отсутствие имущественной, финансовой и личной зависимости.

Чтобы избежать формального функционирования аудиторских служб, необходимо обозначить основные принципы деятельности внутреннего аудита. Такими принципами могут быть:

1. Принцип независимости - имущественная, финансовая и личная независимость структурного подразделения;

2. Принцип осмысления деятельности – понимание деятельности внутреннего аудитора руководством и сотрудниками экономического субъекта в целом, т.е. осознание того, что деятельность аудитора направлена на достижение целей субъекта;

3. Принцип профессионализма - внутренний аудитор должен знать особенности бизнеса экономического субъекта, иметь опыт и знания таких дисциплин как «Бухгалтерский финансовый учет», «Бухгалтерская (финансовая) отчетность», «Бухгалтерский управленческий учет», «Финансы», «Экономический анализ», «Налоги и налогообложение», «Менеджмент»;

4. Принцип ответственности и эффективности – служба внутреннего аудита должна качественно выполнять задачи, поставленные руководством экономического субъекта.

Кадровый состав службы внутреннего

аудита должен быть способен организовать эффективный контроль и обеспечить руководство информацией для принятия обоснованных управленческих решений.

На эффективность системы внутреннего контроля экономического субъекта влияет ряд неперенных условий, среди которых:

1. Качество менеджмента, т.е. способность руководства эффективно планировать и контролировать работу;

2. Квалификация персонала и его способность четко следовать внутрифирменным стандартам;

3. Наличие квалифицированных трудовых ресурсов (необходимое условие для разделения и ротации обязанностей);

4. И, как было отмечено нами ранее, наличие службы внутреннего аудита.

Выше перечисленные факторы взаимосвязаны и позволяют сделать вывод о том, что для контрольных действий необходим высококвалифицированный персонал, способный осознать необходимость планирования и проведения контроля [8].

При отсутствии одного из вышеперечисленных факторов эффективность внутреннего контроля не будет достигнута.

Как показывает практика, многие экономические субъекты не приспособлены к анализу рисков и не имеют единой, взаимоувязанной системы выявления, оценки рисков и управления ими.

Имеется ряд факторов, ограничивающих проведение мероприятий по внутреннему контролю:

1. Ограничение осведомленности о финансово-хозяйственной деятельности объекта проверки рамками проводимых исследований;

2. Наличие некоторых фактов неопределенности в интерпретации событий финансово-хозяйственной деятельности и их оценке;

3. Субъективность решений, связанная с компетентностью, опытом, профессионализмом контролера;

4. Невозможность применения на всех участках контроля сплошного метода контроля;

5. Защищенность бухгалтерского учета или его отсутствие;

6. Наличие давления со стороны руководителя субъекта или других заинтересованных, в результатах контроля, лиц;

7. Невозможность в некоторых аспектах однозначно толковать законодательные акты, неясности и нечеткости в нормативно-правовых актах;

8. Ограничения доступа к документам или службам, отделам, цехам, не позволяющие осу-

ществить объективный контроль, либо отсутствие документов.

Одной из острейших проблем в области внутреннего контроля является то, что серьезное влияние на уровень и качество управления рисками компаний оказывает также нехватка квалифицированных специалистов в области контрольной деятельности или же риск-менеджмента.

При этом необходимо отметить, что в настоящее время подготовка специалистов указанного профиля не является частью университетского образования.

На практике многие экономические субъекты в Положение о внутреннем контроле обособленно выделяют пункт «Ограничения системы внутреннего контроля и управления рисками».

Отметим некоторое содержание данного пункта, которое снижает эффективность системы внутреннего контроля:

1. Субъективность суждения;
2. Принятие ошибочных решений в отношении выбора средств контроля и мероприятий, направленных на управление рисками;
3. Неточное истолкование требований законодательства и/или локальных правовых документов;
4. Отсутствие достаточных статистических данных для осуществления оценки рисков с требуемой для экономического субъекта степенью точности;
5. Недобросовестные действия одного или нескольких сотрудников, сговор двух и более человек, предполагающие преднамеренное нарушение процесса функционирования средств контроля;
6. Ошибки сотрудников по причине небрежности и/или недостаточности уровня их компетенции [4].

Выводы. Таким образом, выделим некоторые ограничения функционирования системы внутреннего контроля:

1. Требование рациональной экономичности - затраты на осуществление контрольных мероприятий должны быть меньше экономических выгод, которые дает внутренний контроль;
2. Большинство средств контроля имеет своей целью выявление нежелательных фактов хозяйственной жизни, в отличие от необычных операций. Это означает, что процедуры внутреннего контроля разрабатываются для предотвращения тех нарушений, которые либо можно предположить, либо они уже случались;
3. Нарушения, которые совершает лицо, знакомое со всеми применяемыми в экономическом субъекте процедурами контроля, и не будут обнаружены этими процедурами;

4. Свойство человека делать ошибки по небрежности, из-за рассеянности, неправильного толкования или недопонимания инструктивных материалов, внутрифирменных стандартов;

5. Умышленное нарушение системы внутреннего контроля в результате сговора сотрудников экономического субъекта между собой и с третьими лицами;

6. Нарушение системы внутреннего контроля вследствие злоупотреблений со стороны представителей руководства, ответственных за выполнение определенных процедур контроля;

7. Изменение условий ведения хозяйственной деятельности или правил учета, не сопровождающееся изменением состава и содержания контрольных процедур.

Планирование и осуществление мероприятий системы внутреннего контроля должно осуществляться с учетом вышеприведенных обстоятельств с тем, чтобы в достижимой мере соответствовать стратегии развития экономического субъекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурцев В.В. Организация системы внутреннего контроля коммерческой организации. М.: Экзамен, 2000. 320 с.
2. Соколов Б.Н. Внутренний контроль в коммерческой организации (организация, методики, практика). М.: Альянс Пресс, 2006. 132 с.
3. Слабинская И.А., Ткаченко Ю.А. Формирование системы внутреннего контроля российских компаний в условиях мирового экономического процесса // Белгородский экономический вестник. 2009. № 2 (54). С. 58–67.
4. Слабинский Д.В. Способы выявления мошенничества и их диагностика // Белгородский экономический вестник. 2010. №2 (58). С. 71–74.
5. Ткаченко Ю.А., Сухорученко Е.А. Специализированные подразделения системы внутреннего контроля // Белгородский экономический вестник. 2014. № 1 (73). С. 108–111.
6. Ткаченко Ю.А. Документирование внутреннего контроля // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 192–202.
7. Тупикин П.Н. Методика бюджетирования как инструмент учетно-аналитического обеспечения экономической безопасности организации // Інформаційна та економічна безпека: матеріали I Міжнародної наук.-практ. інтернет-конференції. Х.: ХІБС УБС НБУ, 2014. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). Систем. вимоги: Pentium; 512 Mb RAM; Windows XP, 7, 8; Adobe Acrobat Reader 5.0 -10.0;. Назва з екрану.
8. Тупикин П.Н., Чиждова Е.Н., Слабинская И.А. Система бюджетирования промышленного

предприятия и ее эффективность: монография. СПб.: Химиздат, 2008.

9. Чижова Л.П., Слабинская И.А., Ткаченко Ю.А. Учет расходов на содержание службы

внутреннего контроля // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2015. № 3. С. 64–67.

Tkachenko Y.A, Tupikin P.N.

RESTRICTIONS FOR ADEQUATE FUNCTIONING OF SYSTEM OF INTERNAL CONTROL

Comprehensive internal control of financial and economic activity of the economic subject which it would be desirable to have, in modern functioning conditions of the subject is impossible. The Russian companies, today, actively introduce the systems of internal control consisting in anticipation and reduction of negative consequences, and also uncertainty of the expected results of activity. The system of internal control in this or that form exists in each economic subject.

Nevertheless, it should be noted that practice of formation in Russia of full-fledged internal control systems only starts developing. There is a number of factors limiting powers and control procedures of system of internal control. In article the critical analysis of the factors interfering adequate interaction of system of internal control is considered.

Key words: internal control, system of internal control, risk, factor, control procedure.

Ткаченко Юлия Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: tkach_y@mail.ru

Тупикин Павел Николаевич, кандидат экономических наук, доцент, кафедры бухгалтерского учета и аудита.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: zavum@rambler.ru

*Бабичев А.А., сотрудник
Пограничное управление УФС по Курской области ФСБ России
Мешечкина Р.П., профессор
Белгородский университет кооперации, экономики и права*

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛИТИКИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

ftd-dekan@bukep.ru

В статье излагаются меры, направленные на реализацию модели импортозамещающего развития экономики России, обеспечение национальной экономической безопасности страны. Приводятся критерии выбора импортозамещающей модели экономического развития. Предпринимается попытка обоснования необходимости социально-экономического развития России на основе стимулирования импортозамещающего производства. Излагаются возможности использования модели импортозамещающего производства. Раскрываются фискальные механизмы, рекомендуемые для развития производства в России. Обосновывается необходимость применения инструментов таможенно-тарифного регулирования внешнеторговой деятельности и инновационного развития производства в России.

Ключевые слова: *национальная экономическая безопасность, финансово-промышленная политика, импортозамещающее производство, таможенный тариф, внутренние и внешние угрозы.*

Введение. Одним из основополагающих факторов возникновения угроз и вызовов безопасности страны является потеря способности экономики и государства энергично действовать в направлении достижения поставленных целей. Наиболее яркими примерами подтверждения этого является попытка удвоения ВВП, активизации инновационных процессов, осуществления модернизации экономики и общества и др. [4].

Новые угрозы и вызовы безопасности России в большинстве своем имеют пока метафизическую форму выхода за пределы практики, опыта в отличие от реальных угроз.

Для того, чтобы угрозы не нанесли ущерба национальной экономической безопасности, не привели к экономическим потерям, следует активно развивать социально - ориентированное производство, основанное на многообразии различных форм собственности, включая коллективную собственность хозяйствующих субъектов, а также обеспечивая приоритет национальных и общественных интересов над корпоративными интересами [1].

Одной из исторических задач любого общества является обеспечение сбалансированности спроса и предложения товаров широкого потребления. В России эта задача в основном решена, но её решение достигнуто, в последние годы, преимущественно за счет увеличения импорта, высокого уровня потребительских цен и высоких темпов их роста [9].

Однако насыщение товарами потребительского рынка не является для России решением социально-экономических проблем, что подтверждается наличием угроз её экономической безопасности.

Глубина противоречий и угроз настолько

велика, что необходимо рыночные инструменты саморегулирования дополнить инструментами государственного стратегического планирования с использованием целевых показателей и заданий, балансов, программ и планов, включая стимулы их реализации и меры ответственности за невыполнение.

Методология. Стратегическое планирование без плана, в котором представлена система будущего видения страны в виде интегрированных и взаимосвязанных показателей, балансов и программ, не сможет выполнить функции государственного регулирования. Основным звеном стратегического плана должно стать создание ядра структурной модернизации высокотехнологичных отраслей, а также ряда традиционных отраслей, обслуживающих повседневные потребности общества и обеспечивающих проведение политики импортозамещения в экономическом развитии страны.

Одним из путей решения проблем обеспечения экономической безопасности в условиях применения США, скандинавскими странами и странами ЕС к Российской Федерации экономических санкций может стать использование импортозамещающей модели экономического развития. Выбор и разработка импортозамещающей модели должна производиться исходя из специфических особенностей и возможностей страны (природно-климатических условий, географического расположения страны, уровня развития отечественного производства, насыщенности страны факторами производства, реального потенциала отраслей национальной экономики).

По своей природе импортозамещение является способом защиты от проявления негатив-

ных факторов мирового рынка и мирового экономического сообщества.

Практика использования импортозамещения показывает, что некоторые страны, принявшие на вооружение импортозамещающую стратегию, рассматривали ее как конечную цель продолжения независимости (страны Латинской Америки). Другая группа стран развивала импортозамещение с целью повышения конкурентоспособности экономики и ее экспортной ориентации (Азиатские страны). В первом случае для реализации стратегии импортозамещения широко применялись инструменты протекционизма. В азиатских новых индустриальных странах, которые преследуют экспортоориентированное развитие, к протекционистским мерам относятся более осторожно [1].

Опыт использования импортозамещающей стратегии в различных странах указывает на то, что грамотное и научно обоснованное дополнение процесса импортозамещения протекционистскими мерами защиты и поддержки внутреннего производства позволяет достичь определенных положительных результатов.

Основная часть. В условиях всемерного развития системы экономических отношений, расширения глобализационных процессов, различных внутренних и внешних угроз экономической безопасности, обеспечение и поддержание социально-экономического развития на достаточном уровне немыслимо без поддержки развития отечественного производства. Именно поэтому импортозамещение как стратегия самообеспечения страны необходимыми товарами и услугами должна приобретать формы государственных программ.

При разработке научно обоснованных программ по реализации импортозамещающей стратегии необходимым условием является принятие во внимание всей совокупности особенностей национальной экономики, и только после этого можно успешно реализовать механизмы импортозамещения в сочетании с протекционистскими мерами.

Для российской экономики характерным является высокая степень импортозависимости от мирового рынка. За прошедший год условия воспроизводства ухудшились, о чем свидетельствует сокращение в многих отраслях объемов производства, обострение инвестиционного кризиса, снижение уровня занятости трудоспособного населения России.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что страна нуждается в собственной модели импортозамещающего развития, которая одновременно предполагала бы стимулирование высо-

ких темпов экономического роста и обеспечивала ее экономическую безопасность.

Для осуществления стратегии импортозамещения необходима разработка научно обоснованной модели импортозамещающего экономического развития. Логическим смыслом данной модели является то, что она носит системный и комплексный характер.

Системность и комплексность модели импортозамещающего экономического развития заключается в том, что положительный эффект возможен только при условии одновременного использования всех предусмотренных программой мер экономического развития.

Обеспечить наибольший эффект использования импортозамещающей модели экономического развития может лишь комплексный подход. Необходимость его использования объясняется тем, что в отдельности предусмотренные программой экономического развития меры не способны дать положительный результат.

В целях успешного использования импортозамещающей стратегии развития целесообразно акцентировать внимание на производстве тех товаров, по которым страна располагает определенными возможностями, позволяющими стимулировать развитие отечественной промышленности и производство сельскохозяйственной продукции.

В целях стимулирования импортозамещающего экономического развития, способствующего обеспечению экономической безопасности, необходима координация бюджетной и денежно-кредитной политики на основе определения объема эмиссии рубля с учетом важнейших бюджетных программ и «длинных денег» в виде государственных ценных бумаг различного рода (включая региональные). [6].

При этом должны быть введены налоговые льготы для развивающихся компаний, осуществляющих модернизацию и производство экспортной продукции. Это позволит повысить уровень инвестиций в промышленность и снизить отток капитала из страны.

Для развития импортозамещения следует использовать прогрессивную шкалу налогообложения для субъектов бизнеса. Введение прогрессивной шкалы будет стимулировать внедрение новых технологий и использование инновационных разработок для внедрения в производство, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, что будет способствовать повышению качества выпускаемой продукции, росту её конкурентоспособности, востребованности на мировом рынке, и, в конечном итоге, увеличению валютной выручки и поступлению налоговых отчислений в феде-

ральный бюджет [4].

В настоящее время банковские кредиты остаются недостаточно доступными для предпринимательского сектора экономики, несмотря на то, что их доступность для производственных предприятий, по своей природе, выступает в качестве косвенного фактора стимулирования импортозамещающего экономического развития.

При переходе к модели импортозамещающего развития возможно использование мер селективного протекционизма, которые в разумных пределах обеспечат возможность поддержки и стимулирования развития отечественного производства определенных товаров, по увеличению выпуска которых и поставки на мировой рынок Российская Федерация имеет всевозможные предпосылки.

Для этого необходимо определить объем внутреннего спроса на эти товары, увеличить долю отечественного производства в удовлетворении этого спроса, а недостающую часть покрывать за счет импорта, объем которого в перспективе должен сокращаться. Такой подход к квотированию импорта продукции, по которой осуществляется импортозамещение, с другими применяемыми мерами, позволит поддержать отечественного производителя и укрепить его позиции на внутреннем рынке с последующим выходом на международные рынки.

Для развития производственной деятельности отечественных предприятий необходимо предоставление фискальных механизмов стимулирования импортозамещающего производства.

Фискальные механизмы стимулирования импортозамещающего производства должны носить краткосрочный или среднесрочный характер.

С целью развития импортозамещающего производства следует использовать адекватные таможенно - тарифные ставки в соответствии со стадией переработки сырья, что будет способствовать стимулированию его переработки от более глубокой обработки до готовой к потреблению продукции. В этом направлении необходимо применить инструменты таможенно-тарифного регулирования, как для экспорта, так и для импорта продукции. При этом следует устанавливать более высокие тарифные ставки в отношении импорта готовой продукции (по тем товарам, по которым применяется стратегия импортозамещения), а для импорта продукции производственно-технического назначения – более низкие ставки таможенных тарифов (возможно и освобождение от таможенных тарифов первичного сырья), что не противоречит правилам ВТО, членом которой является Российская Федерация, предусматривающим защиту нацио-

нальной экономики в условиях применения экономических санкций со стороны других государств. Такие меры, как нам представляется, в условиях низкого уровня отечественного производства дадут возможность увеличить производство ранее импортируемых товаров. В результате применения различных таможенно-тарифных ставок в отношении экспорта и импорта сырья, материалов, производственной техники и готовой продукции, в национальной экономике будут созданы и использованы предпосылки воспроизводства с относительно большой добавленной стоимостью [5].

Приоритетность экспорта готовой продукции и импорта сырья, материалов и производственной техники послужит дополнительным стимулом для преимущественно инновационного развития промышленности и создания новых производств с использованием передовой техники и технологии, что позволит существенно снизить уровень безработицы, будет способствовать тем самым не только снижению импортной зависимости, но и обеспечению экономической безопасности страны.

Выводы. Предлагаемая модель импортозамещающего производства, как следует из вышеизложенной логической схемы и форм проявления национальной экономической безопасности, предусматривает преимущественно обеспечение продовольственной безопасности. Это связано с тем, что потенциал аграрного сектора экономики страны используется не достаточно, не все сельскохозяйственные культуры имеют высокую урожайность по причине недостаточного соблюдения элементарных агротехнических норм, поэтому интенсификация аграрного сектора может сыграть важную роль во взаимосвязи с преимущественно инновационным развитием и стимулированием импортозамещающего производства, направленного на обеспечение экономической независимости страны и ее продовольственной безопасности [3].

Следует подчеркнуть, что предлагаемая модель импортозамещающего производства, как любая модель развития, носит комплексный и системный характер. Предлагаемые в этой модели меры взаимосвязаны и взаимозависимы между собой в процессе их использования. Только комплексное их использование может обеспечить получение синергетического эффекта. Так, применение фискальных механизмов стимулирования без применения инструментов таможенно-тарифного регулирования и квотирования объемов импорта импортозамещающей продукции не позволит получить желаемый результат.

Таким образом, для сложившейся в экономике России ситуации, при условии ее членства в ВТО и значительной зависимости от импортных поставок сырья, комплектующих изделий и оборудования, одним из оптимальных путей обеспечения экономической безопасности выступает развитие импортозамещающего производства.

Модель развития импортозамещающего производства, представленная выше, позволит снизить уровень безработицы, повысить уровень материального благосостояния населения, преодолеть импортную зависимость России от зарубежных стран, повысить национальную и экономическую безопасность государства. При этом особое внимание необходимо уделить обеспечению продовольственной безопасности как важнейшему элементу экономической безопасности России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.Алиджанов Д.А. Модель импортозамещающего экономического роста переходной экономики // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 4(52). С. 340–347.
- 2.Матвеева О.П., Прушковская Е.Е. Повышение жизненного уровня населения на основе развития внутреннего рынка продовольственных товаров стран Таможенного союза // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 3(51). С. 264–272.
- 3.Мешечкина Р.П. Необходимость защиты и предпосылки развития продовольственного рынка России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 1. С. 29–35.
- 4.Мешечкина Р.П. Оценка влияния внешнеэкономической деятельности на экономику России // Вестник Белгородского университета потребительской кооперации. 2007. № 2. С. 101–106.
- 5.Мешечкина Р.П. Продовольственная безопасность ЕАЭС и роль России в ее обеспечении // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2015. № 3(55). С. 79–85.
- 6.Мешечкина Р.П. Совершенствование внешнеторгового регулирования продовольственного рынка. Белгород : Издательство БУК-ЭП, 2010. 87 с.
- 7.Мешечкина Р.П., Пидоймо Л.П. Внешняя торговля как индикатор реализации политики импортозамещения в России // Современная экономика: проблемы и решения. 2015. № 6(66). С. 90–100.
- 8.Миргородская О.А., Нарожная Г.А. Система продовольственного обеспечения как сложное социально-экономическое формирование // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2013. № 2(46). С. 249–252.
- 9.Терновский Д.С., Кадацкая Д.В., Пьянкова М.Г. Потенциал предприятий розничной торговли в решении проблемы импортозамещения в современных условиях развития экономики России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2015. № 1(53). С. 66–73.

Babichev A.A., Meshechkina R.P.

THE STRATEGIC DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN ECONOMY UNDER THE POLICY OF IMPORT SUBSTITUTION

The article outlines the measures aimed at the realization of import-substitution model of development of the Russian economy, ensuring national economic security. Criteria of selection of import-substituting model of economic development. Attempts to justify the need for socio-economic development of Russia on the basis of import-substituting production incentives. Sets out the possibility of using the model of import substitution production. Disclosed fiscal mechanisms that are recommended for the development of production in Russia. The necessity of the use of tools of customs and tariff regulation of foreign trade and the development of innovative production in Russia.

Key words: national economic security, the financial and industrial policy, import-substituting production, customs tariff, internal and external threats.

Бабичев Алексей Александрович.

Пограничное управление УФСБ по Курской области ФСБ России
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Садовая, д. 116 а.
E-mail ftd-dekan@bukep.ru

Мешечкина Раиса Петровна, профессор.

Белгородский кооперации, экономики и права, кафедра таможенных операций и таможенного контроля
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Садовая, д. 116 а.
E-mail ftd-dekan@bukep.ru

Винник А.Е., аспирант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

КЛЮЧЕВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ КАК ОСНОВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

vinnik@bsu.edu.ru

В статье обоснована возможность применения положений ресурсной теории фирмы и понятия стержневых компетенций к экономике региона. Дано авторское определение понятия стержневой (ключевой) компетенции региона. Обоснована актуальность проблемы выявления и развития ключевых компетенций как основы региональной конкурентоспособности. Выявлены основные конкурентные преимущества, которые можно развивать как компетенции, определяющие наиболее перспективные направления развития региональной экономической системы.

Ключевые слова: ключевая компетенция, конкурентоспособность, конкурентное преимущество, нематериальные активы, регион.

Введение. Долгосрочная стратегия социально - экономического развития Российской Федерации предполагает решение ряда ключевых задач, приоритетными из которых являются обеспечение устойчивого экономического роста на основе процесса модернизации национальной экономики, смены вектора ее экспортно-сырьевого развития на инновационный путь, что позволит обеспечить устойчивый рост уровня и качества жизни населения регионов Российской Федерации при существенном снижении территориальной дифференциации основных социально-экономических индикаторов. Однако, эффективное решение поставленных задач возможно только посредством учета комплекса внешних и внутренних факторов и условий, оказывающих влияние на региональную экономику, что предопределяет возможность и необходимость проведения всестороннего анализа потенциала российских регионов, выявление благоприятных предпосылок их устойчивого экономического роста и определения имеющихся ограничений в их эффективном социально-экономическом развитии.

Методология. Основанием для исследования проблемы выявления и развития ключевых компетенций региона послужили классические работы по экономической теории прибыли и конкуренции, управлению организациями и стратегии фирм, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам функционирования и развития региональных социально-экономических систем. Методология основана на использовании общенаучных методов логического и ретроспективного анализа, а также конкретизирована совокупностью специальных методов - сравнение, синтез, экспертные оценки и др.

Основная часть. В настоящее время наметчена тенденция формирования новой пространственной структуры российской экономики с выделением регионов как самостоятельных со-

циально – экономических субъектов, обладающих собственными ресурсами и социально – экономическими преимуществами. В результате происходит изменение способа их вхождения в мировые конкурентные процессы, а также концептуальной трактовки: на смену концепции регионов – квазигосударств приходит концепция регионов-квазифирм или квазикорпораций. При этом, по мнению А.Г. Гранберга, роль «менеджеров квазифирмы» выполняют региональные органы власти, осуществляя стратегическое управление в целях привлечения инвестиций, создания регионального продукта, а также рационального использования ресурсов региона [5]. Такая новая роль регионов оказывает существенное влияние на преобразование форм и инструментов конкуренции, приводя, по сути, к формированию особой ее формы – межрегиональной, которая, в свою очередь, предъявляет новые требования к конкурентоспособности региональной экономической системы как полноправного субъекта рыночной экономики.

На данный момент у исследователей нет единой позиции в отношении совокупности факторов, формирующих конкурентоспособность региона. Так, например, П. Кресл выделяет два типа факторов конкурентоспособности территории: экономические детерминанты и стратегические детерминанты. По мнению П. Фишера, наиболее важными факторами, оцениваемыми в отношении региональных рынков, являются: наличие водных ресурсов, обеспечение электроэнергией, наличие сырьевой базы, инфраструктура и легкость доступа на основные рынки, снабжение, транспорт и коммуникации, квалифицированные рабочие и инженеры, а также информация, трудовые отношения и законодательство [17].

А.Г. Гранберг в качестве основных составляющих успешного продвижения регионов к конкурентоспособности выделяет такие факторы как человеческий, технико-технологический,

природно-ресурсный, институциональный, организационный и информационный, формирующие «ядро развития» [14].

Безусловно, регионы, сосредотачивающие хорошие природные и другие ресурсные возможности, имеют определенные преимущества в развитии. Однако конкурентоспособность не связана напрямую с природными и другими материальными ресурсами. Более того, исследователи проблемы под названием «проклятие ресурса» показывают, что имеется устойчивая тенденция к застою стран, которые наделены богатыми ресурсами. Новая экономика предполагает вовлечение в ресурсную сферу новых факторов, прежде всего информационного плана, поиск устойчивых преимуществ, соответствующих логике глобализации и экономике, основанной на знаниях. Устойчивость конкурентных преимуществ определяется тем, насколько трудно их копировать конкурентам. Поэтому источником современной конкурентоспособности являются трудно копируемые, трудно разрушаемые и трудно воспроизводимые нетривиальные активы, к которым относятся навыки, умения, квалификация, а также методы выполнения и действия, что можно объединить общим понятием — компетенции, которое впервые было введено К.К. Прахаладом и Г. Хамелом, основоположниками ресурсной теории фирмы.

Новое направление в концептах науки управления, известное как ресурсный подход или ресурсная теория фирмы (RBV – resource – based view), получило свое развитие с начала 1990-х годов. И если традиционные концепции стратегического управления основной областью исследований выделяли внешнее окружение организации, то ресурсная теория отражала противоположные взгляды и концентрировалась на анализе сильных и слабых сторон самой компании, а также поиске ключевых компетенций, составляющих ее конкурентное преимущество. Сущность ресурсного подхода заключается в том, что различия в экономических результатах фирм, действующих на одном товарном рынке, связаны с различиями в составе ресурсов, которыми фирма располагает и использует в своей деятельности. И именно наличие у фирмы неких особых ресурсов обеспечивает ей конкурентное преимущество, т.е. возможность получения сверх нормальной прибыли или ренты [15].

Интеллектуальные корни ресурсной теории обнаруживаются в классических работах по экономической теории прибыли и конкуренции Эдит Пенроуз [11], Й.А. Шумпетера [18], Д. Рикардо [12], управлению организациями

(Ф. Селзник) и стратегии фирм (А. Чандлер, К. Эндрюс). Значительное влияние на формирование ресурсного подхода оказали работы Р. Сайерта и Д. Марча, Р. Нельсона и С. Уинтера [9], а также Джорджа Ричардсона [13]. В начале 1990-х годов ресурсный подход оформился в новое направление теории стратегического управления и получил мощный импульс в фундаментальных работах Дж. Барни, Р. Гранта, И. Дикерса, Д. Коллиза, К. Кула, С. Монтоммери, Д. Тиса и Р. Рамелта. Среди отечественных ученых наиболее известными являются научные публикации В. Катькало, Г. Клейнера, В. Ефремова, И. Ханыкова, И. Гуркова и других [6].

Одной из первой в рамках ресурсного подхода была опубликована в 1984 году статья «Ресурсная трактовка фирмы» Биргера Вернерфельта, в которой автор впервые предложил рассматривать фирму не как набор бизнес – единиц, а как совокупность ресурсов и компетенций и предположил, что данный подход может представлять самостоятельную парадигму теории стратегического управления [1]. Однако прорывом в развитии ресурсного подхода в 1990 году стала статья Г. Хамела и К. Прахалада «Ключевая компетенция корпорации», в которой авторы сделали вывод о том, что действительные источники конкурентного преимущества заключаются не столько в удачных инвестициях в привлекательные бизнесы, сколько в способностях менеджмента консолидировать рассредоточенные ресурсы в ключевые преимущества, наделяющие отдельные отрасли потенциалом быстрой адаптации к изменяющимся рыночным условиям.

Согласно одному из подходов, регион можно рассматривать как квазикорпорацию со свойствами экономической организации, т.е. как крупный субъект, участвующий в конкурентной борьбе за рынки товаров, услуг и капитала. Региональная экономическая система, так же как и любое предприятие выступает в роли хозяйствующего субъекта, т.е. имеет организационную структуру, ведет экономическую и хозяйственную деятельность, предполагает наличие клиентов (населения), имеет конкурентов в плане инвестиционной привлекательности и миграционной активности населения, занимает определенную территорию, имеет свою историю и культуру. Следовательно, по аналогии с конкурентоспособностью отрасли и экономики, лидирующее положение региона обеспечивается за счет конкурентных преимуществ элементов, входящих в его экономику, условий для их эффективного взаимодействия, а также его способности обеспечить устойчивое, динамичное

развитие региональной экономики, поддерживая при этом высокий и стабильный уровень жизни населения [7]. Поэтому, мы считаем возможным применение положений ресурсной теории фирмы и понятия стержневых компетенций к экономике региона. И, если по отношению к организации в современных рыночных условиях ресурсная теория теряет свою актуальность, что вызвано смещением акцентов и определяющим воздействием внешней среды на ее эффективность в конкурентной борьбе, то по отношению к региональным системам наибольшее влияние имеют внутренние источники, т.е. конкурентные преимущества более высокого порядка.

На современном этапе развития каждый регион Российской Федерации осуществляет целенаправленную социально-экономическую политику, при этом одной из актуальных проблем является неравномерность развития различных регионов, что обусловлено неравенством в обеспеченности природными ресурсами, различными природно-климатическими условиями и прочими объективными факторами. Частично проблема неравенства решается при помощи перераспределения дотаций из федерального бюджета в региональные, однако в большей степени подобные меры приводят к замедлению развития более сильных регионов, нежели к росту стабильности слабых.

Кроме того, в России за последние восемь лет в два раза сократилось количество регионов-доноров – субъектов, не получающих дотации на выравнивание бюджетной обеспеченности, но при этом растущая зависимость региональных и местных бюджетов от федерального финансирования остается очень высокой. Так, например, доходная часть бюджетов семи регионов (Республика Алтай, Дагестан, Ингушетия, Тыва, Карачаево-Черкесская и Чеченская республики, Камчатский край) сформирована за счет межбюджетных трансфертов на 60 %, а еще у 16 субъектов – более чем на 40 % [4].

Резюмируя вышеизложенное, приходим к выводу о том, что регионам необходимо самостоятельно находить источники дальнейшего роста и повышения конкурентоспособности за счет развития внутренних конкурентных преимуществ и их трансформации в стержневые компетенции. По своему происхождению конкурентные преимущества делятся на основные, или естественные (природные и климатические ресурсы, дешевая рабочая сила, выгодное географическое положение), и развитые, искусственные (высококвалифицированные кадры, передовые технологии, высокий уровень качества продукции, развитый менеджмент, высокоэффективные институты и др.), которые и могут перейти в стержневые компетенции региона.

Под ключевыми компетенциями региона мы предлагаем понимать его способности эффективнее других использовать имеющиеся и создавать недостающие ресурсы, необходимые для обеспечения расширенного воспроизводства основных сфер жизнедеятельности местного сообщества, обеспечивающие своеобразие и конкурентоспособность инвестиционной, социальной, политической, культурной и предпринимательской подсистем региональной экономики [2].

Как нами было уже отмечено, мы считаем целесообразным применять понятие «стержневая компетенция» как к фирме, так и к региону. При этом основная разница будет заключаться в том, что любая фирма концентрирует свои усилия на деятельности в сфере экономики, Регион же в лице государственных и муниципальных органов власти и коммерческих предприятий, осуществляет деятельность в различных сферах жизни общества, что обуславливает специфические отличия структуры ключевых компетенции региональной экономической системы от ключевых компетенций предприятия (таблица 1).

Таблица 1

Ключевые компетенции региона

Сфера деятельности региона	Ключевая компетенция	Индикаторы
Экономическая сфера	способность эффективно использовать производственные ресурсы	ведущие отрасли региона, вносящие наибольший вклад в ВРП
Политическая сфера	способность эффективно реализовывать политическую стратегию	политическая активность населения
Духовная сфера	способность обеспечить духовное развитие населения	культурные ценности
Социальная сфера	способность обеспечить высокий уровень жизни населения	показатели уровня жизни населения

В современных экономических условиях именно нематериальные ценности объективно

выступают в качестве доминанты конкурентоспособности, и конкурентные преимущества

достигаются, прежде всего, за счет знаний, умений и творческих решений, т.е. нематериальных активов, которые могут выступать в качестве стратегических ключевых факторов конкурентного успеха не только предприятий, но и целых регионов. К таким активам относятся:

- знания о продуктах, технологиях и рынках, которые являются собственностью компаний данных регионов;
- репутацию и имидж, которые они сформировали как лидеры по определенным видам продукции и технологий;
- отношения с каналами и конечными пользователями, отражающиеся в их рыночных долях, капитале бренда и высоких показателях удовлетворенности потребителей;
- организационную культуру и отработанные процессы, позволяющие компаниям этих регионов оставаться лидерами по разработкам и реализации стратегий;
- бизнес-климат, привлекающий крупных инвесторов;
- информационные активы, создающие образы процветания и надежности региона.

Важно сделать основной акцент именно на нематериальные активы региональной экономики, особенно в той их части, которая напрямую связана с человеческим капиталом, поскольку они не поддаются физическому и моральному износу, а наоборот, способны приобретать все большую ценность с течением времени и обеспечивать устойчивые конкурентные преимущества. При этом важно отметить, что в современных условиях одной из наиболее характерных тенденций глобальной экономики является стремительно возрастающая важность нематериальных активов в положении отдельных регионов мира и стран на мировом бизнес – ландшафте. Это наглядно продемонстрировано на примере таких стран как Япония, Китай, Южная Корея и Финляндия, конкурентоспособность которых определяется не наличием богатых природных ресурсов, а инвестированием в развитие нематериальных активов или интеллектуальный капитал. Поэтому одной из актуальных задач управления является идентификация имеющихся в регионе текущих запасов нематериальных активов, а также успешное стратегическое управление ими. Таким образом, ключевые компетенции региона, представляющие сочетание имеющихся ресурсов и интеллектуальных активов, позволяющих использовать их более эффективно, чем конкуренты, являются фактором, воздействующим на конкурентоспособность, позволяющим увеличить капитализацию региональных производителей товаров и услуг, что способствует привлечению внешних и внут-

ренних инвесторов и увеличению инвестиционной привлекательности территории.

Вывод. Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что ключевые компетенции региона это его способности эффективнее других использовать имеющиеся и создавать недостающие ресурсы, необходимые для обеспечения расширенного воспроизводства основных сфер жизнедеятельности местного сообщества, обеспечивающие своеобразие и конкурентоспособность инвестиционной, социальной, политической, культурной и предпринимательской подсистем региональной экономики. Эти способности представляют собой сочетание, с одной стороны имеющихся ресурсов, а с другой - нематериальных активов, позволяющих использовать данные ресурсы более эффективно, чем конкуренты. Идентификация ключевых компетенций позволяет определять конкурентные преимущества конкретного региона, использовать их в управлении его имиджем, а также служить обоснованием мероприятий государственной региональной политики по выравниванию уровня развития регионов страны. Поэтому задача выявления компетенций и управления ими особенно актуальна и имеет перспективные тенденции по мере перехода к экономике знаний, в которой доля интеллектуального труда в себестоимости товаров и услуг будет продолжать расти.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вернерфельт Б. Ресурсная трактовка фирмы // Вестник СПбГУ. 2006. Сер. 8. Вып.1. С. 103-117.
2. Винник А.Е. Концепция стержневых компетенций как основа конкурентоспособности региональной экономики // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика 2014. №8 (179). Вып. 30/1. С. 26-31.
3. Воцкий А.З. Регион в глобальной экономике: новый взгляд на конкурентные преимущества // Вестник Челябинского государственного университета. 2008. №19. С52 – 58.
4. В России исчезают регионы – доноры. Новости: экономика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.portal-investor.ru/news/economics/5938>.
5. Дондоков З. Б.-Д., Жигжитова И.В. Теоретические аспекты межрегиональной конкуренции [Электронный ресурс] // Экономист (электронный научный журнал). Забайкальский государственный университет. 2012. №4. URL: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fzabgu.ru%2Ffiles%2Feconomist_4.pdf&name=economist_4.pdf&lang=ru&c=5628e9a11f28&page=35.

6. Катъкало В.С. Место и роль ресурсной концепции в развитии теории стратегического управления // Вестник Санкт – Петербургского университета. 2003. №24. С.3-17.
7. Киченко Л.П., Попова Е.С. Роль системы высшего образования в повышении конкурентоспособности и развитии стержневых компетенций региона // Вестник Пермского университета. 2012. №3.1. С.13 – 21.
8. Кравчук А.Ю., Малахова А.И. Нематериальные активы как основа концепции стратегического регионального развития // Ярославский педагогический вестник. 2011. № 1. Том I (Гуманитарные науки). С.66-70.
9. Нельсон Р.Р. Эволюционная теория экономических изменений. 2002. 540 с.
10. Ощепков В.М. Нематериальные корпоративные активы субъекта Федерации как фактор повышения региональной конкурентоспособности: Автореф. дис. канд. экон. наук. Пермь. 2011. 24с.
11. Penrose E.T. The Theory of the Growth of the Firm. Oxford. 1959.
12. Рикардо Д. Принципы политической экономии и налогообложения. Сочинения. М. 1955. 353с.
13. Richardson G. The Organisation of Industry // Economic Journal. 1972. V. 82. pp. 883-896.
14. Стратегии макрорегионов России: методологические подходы, приоритеты и пути реализации. Под ред. А.Г. Гранберга. М.: Наука. 2004. 720 с.
15. Тамбовцев В.Л. Стратегическая теория фирмы: состояния и возможное развитие // Российский журнал менеджмента. 2010. Том 8. №1. С. 5–40.
16. Тхориков Б.А. Методология индикативного управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 10. С. 154-157.
17. Ханчук Н.Н. Региональная конкуренция: ключевые факторы успеха [Электронный ресурс] // Вестник – Экономист. 2012. №4. С.1-9. Забайкальский государственный университет. Электронный научный журнал. URL: <http://vseup.ru>.
18. Шумпетер И. Капитализм, социализм и демократия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bibliotekar.ru/capitalizm-socializm-demokratiya/index.htm>.

Vinnik A.E.

KEY COMPETENCES AS A BASIS OF COMPETITIVENESS OF ECONOMY OF REGION

The article justifies the possibility of applying the provisions of the resource based theory of the firm and the concept of core competencies to the regional economy. It is given the author's definition of core (key) competences in the region. Author explains the urgency of problems of the identification and development of key competences as the basis for regional competitiveness. It's identified the main competitive advantages that can be developed as competencies that define the most perspective directions of development of the regional economic system.

Key words: core competence, competitiveness, competitive advantage, intangible assets, region, resource theory.

Винник Алина Евгеньевна, аспирант, старший преподаватель кафедры менеджмента организации. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.
E-mail: vinnik@bsu.edu.ru

Никишина О.В., ст. препод.

Иркутский национальный исследовательский технический университет

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНВЕСТИЦИОННУЮ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Olga_nikishina_7@mail.ru

Вовлечение объектов незавершенного строительства в хозяйственный оборот представляет собой многоэтапный процесс, важнейшим шагом которого является оценка инвестиционной привлекательности таких объектов. Оценка инвестиционной привлекательности объектов незавершенного строительства важна для инвесторов при выборе наиболее перспективных объектов с целью инвестирования в них. В данной статье автором разработана классификация факторов, характеризующих инвестиционную привлекательность объектов незавершенного строительства. Определены качественные и количественные параметры, влияющие на инвестиционную привлекательность объектов незавершенного строительства. Для оценки количественных параметров используется экспертный метод, позволяющий получить результат за короткий период времени. Для выявления согласованности мнений экспертов предлагается использовать коэффициент конкордации Кендалла. Результатом проведенного анализа является расчет интегрального показателя инвестиционной привлекательности объектов незавершенного строительства, который позволит инвесторам принять правильное решение в отношении объекта и решить его дальнейшую судьбу.

Ключевые слова: незавершенное строительство, классификация, фактор, качественная характеристика, привлекательность.

Одним из наиболее важных качественных показателей инвестиций в недвижимость является состояние объектов незавершенного строительства. Незавершенное строительство можно рассматривать как неудачную реализацию инвестиционных проектов, в которых конкретные инвесторы, склонные к повышенным рискам, в условиях неблагоприятного инвестиционного климата не смогли реализовать свои проекты. Незавершенные строительством объекты повисли на балансах российских предприятий, большинство из которых не имело оборотных средств для ввода этих объектов в эксплуатацию. В такой ситуации строительным организациям пришлось приостановить работы и консервировать объекты. В ряде случаев консервация объектов не проводилась.

С экономической точки зрения недостроенные объекты представляют собой замороженные финансовые средства, требующие вовлечения в хозяйственный оборот. Решение данного вопроса является важным для развития территорий областей. Практически нет ни одного города, в котором бы не было приостановленных объектов строительства [2].

Чтобы вернуть хоть часть вложенных средств, многие предприятия готовы отказаться от начатых проектов и реализовать объекты незавершенного строительства (далее – ОНС) на открытом рынке более надежным собственникам.

ОНС имеют ряд преимуществ перед строительством новых объектов. В зависимости от степени строительной готовности некоторые объекты потребуют относительно небольшие

затраты для доведения строительства и ввода объекта в эксплуатацию. В условиях финансового кризиса многие инвесторы не располагают средствами, а доведение уже начатого строительства позволит реализовать данные объекты [3]. Данная методика позволит конкретному инвестору получить прибыль при небольших затратах, а для государства решится проблема недостроя, что обеспечит потребности населения в дополнительных рабочих местах, повысит доход от использования объекта.

Важнейшим шагом в процессе работы с ОНС является оценка их инвестиционной привлекательности, которая должна проводиться в обязательном порядке. Представление об инвестиционной привлекательности конкретного объекта необходимо как инвестору, так и собственнику для того, чтобы понимать экономический потенциал объекта, возможные выгоды от его завершения, сильные и слабые стороны инвестирования в объект [1].

На инвестиционную привлекательность ОНС влияют множество внутренних и внешних факторов. Комплексная оценка данных факторов позволит определить инвестиционную привлекательность ОНС. К факторам инвестиционной привлекательности ОНС следует отнести факторы привлекательности самого ОНС, факторы привлекательности прилегающей территории и факторы привлекательности региона, в котором расположен данный объект. Таким образом, разработка интегрального показателя инвестиционной привлекательности объекта незавершенного строительства ($ИПИП_{ОНС}$) является

актуальной, имеющей существенное значение в реализации данных объектов.

Данный показатель позволит определить наиболее привлекательные объекты для последующей реализации.

Для расчета интегрального показателя была разработана классификация факторов, характеризующих инвестиционную привлекательность ОНС.

Таблица 1

Классификация факторов, характеризующих инвестиционную привлекательность объектов незавершенного строительства

№	Фактор	Качественная характеристика
1.	Привлекательность объекта	
1.1.	Месторасположение объекта	Удобство расположения объекта в плане населенного пункта
1.2.	Потенциал земельного участка, на котором расположен объект	Состояние участка, плотность застройки, наличие возможности расширения объекта
1.3.	Степень готовности объекта к эксплуатации	Степень готовности низкая (до 30%), средняя (до 70 %), высокая (свыше 70%)
1.4.	Величина функционального (морального) износа	Соответствует современным требованиям, тенденциям рынка, архитектурной выразительности
1.5.	Величина физического износа	Физический износ объекта
1.6.	Величина внешнего износа	Рыночная ситуация, изменение функционального использования территории, рыночная ситуация
1.7.	Документы, удостоверяющие права на объект и земельный участок	Правообладание объектом и земельным участком (право собственности, аренда, постоянное бессрочное пользование и пр.)
2.	Привлекательность прилегающей территории	
2.1.	Инженерная инфраструктура	Обеспеченность всеми видами коммунальных услуг
2.2.	Геологические условия	Несущая способность грунтов, состояние грунтовых вод, возможность подтопления, заболоченность, высокое стояние грунтовых вод
2.3.	Транспортная инфраструктура	Связь с транспортными развязками города, состояние дорог, обеспеченность общественным транспортом, удобство размещения автотранспорта
2.4.	Степень развитости района	Социально-общественная значимость, инвестиционная привлекательность, перспективы развития района
3.	Привлекательность на уровне региона	
3.1.	Социальная значимость инвестирования в объект	Количество рабочих мест, которые возможно создать после введения ОНС в хозяйственный оборот, потенциальные отчисления налогов от объекта после введения его в хозяйственный оборот, количество объектов социальной инфраструктуры. Которые организуются после введения ОНС в хозяйственный оборот, количество жителей региона, которые потенциально смогут использовать ОНС как социальный объект в случае его соответствующего функционального применения (школа, спортивный, развлекательный комплекс и т.п.)
3.2.	Ситуация на рынке недвижимости	Рыночная стоимость объектов в районе, количество предложений и спрос на объекты, количество сделок купли-продажи объектов
3.3.	Социально-экономическая ситуация	Уровень жизни населения, уровень преступности, инвестиционная привлекательность региона
3.4.	Природные факторы	Экологическая ситуация, степень подверженности территории разрушительным воздействиям (сейсмика)

Для определения весовых коэффициентов, отражающих степень влияния факторов, на инвестиционную привлекательность объектов незавершенного строительства используется экспертный метод.

Экспертный метод часто применяется при решении экономических задач. Основное достоинство экспертного метода – универсальность, т.е. пригодность для решения любой задачи.

Вместе с тем для получения достоверных результатов (в случае его применения) целесообразно соблюдать следующие требования:

- обеспечить однозначность и четкость задаваемых экспертам вопросов, что обеспечит сопоставимость ответов;
- привлечь достаточное число экспертов высокой квалификации;

- обеспечить использование принципа независимости суждений.

Балльные значения по каждому фактору принимаются исходя из возможных качественных состояний факторов. Для оценки значимости каждого фактора проводится экспертный опрос экспертов (участников рынка недвижимости). Выступить в роли экспертов могут: страховые компании, агенты по недвижимости, оценщики, ипотечные кредиторы, девелоперы, менеджеры по управлению недвижимостью. По каждому фактору выставляется экспертная оценка по десятибалльной шкале ($K = 1-10$), при этом

максимальное значение характеризует максимальное соответствие заданного фактора ожиданиям инвестора относительно эффективного вложения инвестиций в анализируемый ОНС.

Информационной базой для формирования оценок экспертами служит показатели, характеризующие степень выраженности конкретного фактора, перечень и способы расчета которых будут анализироваться далее.

Важным также считается адекватное соотношение возможностей и желаний при реализации проекта.

Таблица 2

Количественные параметры качественных характеристик влияющих на инвестиционную привлекательность объектов незавершенного строительства

№	Фактор	Обозначение	Балльные значения	Весовой коэффициент
1.	Привлекательность объекта			
1.1.	Месторасположение объекта	K_1	q_1	w_1
1.2.	Потенциал земельного участка, на котором расположен объект	K_2	q_2	w_2
1.3.	Степень готовности объекта к эксплуатации	K_3	q_3	w_3
1.4.	Величина функционального (морального) износа	K_4	q_4	w_4
1.5.	Величина физического износа	K_5	q_5	w_5
1.6.	Величина внешнего износа	K_6	q_6	w_6
1.7.	Документы, удостоверяющие права на объект и земельный участок	K_7	q_7	w_7
2.	Привлекательность прилегающей территории			
2.1.	Инженерная инфраструктура	K_8	q_8	w_8
2.2.	Геологические условия	K_9	q_9	w_9
2.3.	Транспортная инфраструктура	K_{10}	q_{10}	w_{10}
2.4.	Степень развитости района	K_{11}	q_{11}	w_{11}
3.	Привлекательность на уровне региона			
3.1.	Социальная значимость инвестирования в объект	K_{12}	q_{12}	w_{12}
3.2.	Ситуация на рынке недвижимости	K_{13}	q_{13}	w_{13}
3.3.	Социально-экономическая ситуация	K_{14}	q_{14}	w_{14}
3.4.	Природные факторы	K_{15}	q_{15}	w_{15}

Для того, чтобы выявить согласованность мнений экспертов по нескольким факторам рассчитывается коэффициент конкордации Кендалла.

Коэффициент конкордации Кендалла рассчитывается по формуле [4]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где, m - число экспертов в группе, n - число факторов, S - сумма квадратов разностей отклонений между суммой оценок по каждому фактору и средней суммой рангов.

Сумма квадратов разностей рангов (S) находится по любой из следующих формул:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m R_{ij} \right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} \right)^2}{n}, \quad (2)$$

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m A_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2, \quad (3)$$

Значение коэффициента конкордации может находиться в диапазоне от 0 до 1. Если $W=0$, считается, что мнения экспертов не согласованы. Если $W=1$, то оценки экспертов полностью согласованы. Если же $W < 0.2 - 0.4$, значит слабая согласованность экспертов, если $W > 0.6 - 0.8$, то согласованность экспертов сильная.

При недостаточной согласованности мнений экспертов проводятся дополнительные опросы до получения достаточной согласованности ($W > 0.6 - 0.8$).

Далее производится расчет

$$K = (K(1), \dots, K(15)), \quad (4)$$

где K - вектор исходных факторов; $K(i)$ - факторы, характеризующие инвестиционную привле-

кательность ОНС; i - индекс фактора инвестиционной привлекательности ОНС ($i = 1, \dots, 15$); $i = 1, \dots, 7$ - факторы привлекательности самого ОНС; $i = 8, \dots, 11$ - факторы привлекательности прилегающей территории; $i = 12, \dots, 15$ - факторы привлекательности региона;

Строится вектор отдельных показателей, представляющих собой функции исходных факторов, позволяющих количественно оценить факторы привлекательности с использованием балльных оценок по формуле:

$$q = (q(1), \dots, q(15)), \quad (5)$$

где: $q(i)$ - функция соответствующей исходной характеристики, определяющая степень проявления анализируемого фактора, выраженная в виде балльной оценки $q(i) = q(K(i))$, согласно заданным условиям принимает значения – 1-10; $q(i) = 1$ соответствует минимальной степени проявления фактора; $q(i) = 10$ соответствует максимальной степени проявления фактора.

Строится синтезирующая функция, сопоставляющая вектору отдельных показателей q сводную количественную оценку, характеризующую общую оценку инвестиционной привлекательности объекта с учетом весовых коэффициентов значимости факторов по формуле:

$$Q(q; w) = q(1) \cdot w(1) + \dots + q(15) \cdot w(15), \quad (6)$$

где: Q – интегральный показатель инвестиционной привлекательности ОНС; $w(i)$ - весовой коэффициент, определяющий относительную значимость факторов инвестиционной привлекательности, определенный экспертным путем.

При этом по весовому коэффициенту приняты следующие ограничения:

$$w(i) \geq 0, \text{ и } \sum_{i=1}^{15} w(i) = 1, \quad (7)$$

Данная система может быть дополнена математическим и эмпирическим аппаратом, но, в то же время, является вполне самодостаточной для проведения оценки.

Расчет интегрального показателя инвестиционной привлекательности объекта незавершенного строительства позволит инвесторам принять правильное решение и определить наиболее интересный с точки зрения получения прибыли объект.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов, Эдуард Иванович Оценка эффективности инвестиций в условиях инфляции / Э.И. Крылов, С.Н. Медведева ; М-во образования Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения.- СПб. : СПбГУАП, 2003. 20 с.
2. Никишина О.В., Критерии, определяющие эффективность инвестиций в объекты незавершенного строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 5(10). С. 47–53.
3. Тарасевич Е.И. Ставка дисконтирования в концепции оценки недвижимости // Вопросы оценки. 2000. №2. С. 18–33.
4. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Изд. Статистика, 1980. 263 с.

Nikishina O.V.

FACTORS INFLUENCING THE INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE CONSTRUCTION IN PROGRESS

The involvement of construction in progress into business turnover is a multistage process, the most important step which is the estimation of investment attractiveness of such objects. Evaluation of investment attractiveness of objects of incomplete construction are important for investors when selecting the most promising sites for the purpose of investing in them. In this article, the author developed a classification of factors that characterize the investment attractiveness of the construction in progress. The qualitative and quantitative parameters that affect the investment attractiveness of the construction in progress. To assess the quantitative parameters used by the expert method, allowing to obtain results in a short period of time. To identify the consistency of experts' opinions is proposed to use the coefficient of concordance Kendall. The result of the analysis is the calculation of the integral index of investment attractiveness of objects of unfinished construction, which will allow investors to make the correct decision in relation to the object and to decide his fate.

Key words: construction, classification, factor, qualitative characteristics and appeal.

Никишина Ольга Валерьевна, старший преподаватель кафедры «Экспертиза и управление недвижимостью». Иркутский национальный исследовательский технический университет.
Адрес: Россия, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83.
E-mail: Olga_nikishina_7@mail.ru

Авилова И.П., канд. экон. наук, проф.,
Жариков И.С., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

igor_bgstu@mail.ru

В центральных частях современных городов новое строительство становится явлением достаточно редким в виду стесненности существующей городской застройки. На первый план выходят проекты в той или иной мере реконструктивные. В строительной практике в ближайшие годы намечается тенденция увеличения удельного веса реконструкции по сравнению с проектами нового строительства. Следовательно, вопросы идеологии, этики, технологии и экономической эффективности реконструкции будут приобретать со временем все большую актуальность. В статье предлагается алгоритм анализа экономической эффективности реконструкции объектов недвижимости.

Ключевые слова: Реконструкция, экономическая эффективность, экономический анализ, сравнительная эффективность.

Введение. Основной целью реконструкции является приведение объекта в максимально возможное соответствие современным требованиям, а также обеспечение соответствия все параметров реконструируемого здания действующим нормам правилам, при этом обязательным условием является то, что проект реконструкции должен предусматривать сохранение всего, что имеет историко-художественную ценность или создает исторический фон памятнику культуры [1].

Методология. Процесс определения экономической эффективности объектов реконструкции предполагает проведение ряда последовательных этапов. Первым из них является анализ сложившегося фонда зданий и сооружений, варианты приспособления реконструируемых объектов недвижимости для проектируемого вида недвижимости, а также анализ технико-экономических показателей сопоставимых вариантов объектов реконструкции. Экономическая эффективность затрат на реконструкцию объектов определяется сопоставлением показателей по вариантам проекта реконструкции с объемно-планировочными и прогнозируемыми функционально-эксплуатационными показателями данного объекта до реконструкции, а также с вариантами нового строительства аналогичного объекта [2]. К предпосылкам, определяющим экономический эффект от вложения средств в реконструкцию объектов следует отнести: максимальное сохранение существующих конструкций в целях экономии материальных, трудовых и финансовых затрат; обеспечение надежности эксплуатации без изменения, либо с социально и экономически обоснованным изменением функционального назначения объекта; мотивированный отказ от реконструкции, если по функциональным и техническим соображениям здание

соответствует современным требованиям или если его снос и строительство нового здания экономически эффективнее, чем реконструкция. Следует учитывать, что для осуществления реконструкции объектов необходимо привлечение дополнительных финансовых ресурсов. Стоимость реконструкции ряда объектов в некоторых случаях превышает затраты на новое строительство, однако в такой ситуации приоритетными являются экономические и функциональные параметры объекта [3].

Одним из основных этапов определения экономической эффективности реконструкции является учет социальных, экономических, эстетических целей с помощью критериев и единиц измерения для оценки оптимальности реконструируемого объекта и определение стоимости вариантов реконструкции, будущих эксплуатационных затрат, сроков работ по реконструкции объекта [4]. Особенности учета затрат объектов реконструкции определяются следующими факторами: невозможность обеспечения в некоторых реконструируемых объектах таких параметров помещений, которые соответствовали бы современным объемно-планировочным и функционально-технологическим требованиям; сложность и специфичность работ по реконструкции объектов сказывается на повышении затрат, направленных на осуществление работ более квалифицированными кадрами; необходимость применения индивидуальных конструктивных элементов и материалов, имеющих более высокую стоимость по сравнению с типовыми материалами и конструкциями; рост эксплуатационных расходов, связанных с амортизационными отчислениями на капитальный ремонт более дорогих реконструированных объектов [5]. При определении экономической эффективности инвестирования денежных средств в

проекты реконструкции должны быть приняты во внимание преимущества функционального и эксплуатационного характера. Также повышению экономической эффективности реконструкции объектов недвижимости способствует возможность организации строительных работ без остановки функционирования объекта. В рамках оценки реконструкции объектов недвижимости необходимо учитывать дифференцированные затраты и доход в зависимости от вклада этих объектов в урбанизированный потенциал города, удовлетворения основных потребностей населения, влияния на окружающую среду и др.

Основная часть. При оценке реконструкции необходимо в каждом случае определять экономическую эффективность мероприятий, проводимых в рамках проекта реконструкции. К факторам, способствующим повышению эффективности капитальных вложений в реконструкцию, можно отнести: применение более эффективной технологии и средств механизации; сокращение сроков наращивания мощностей по сравнению с новым строительством; больший масштаб внедрения научно-технических достижений [6]. Экономическим преимуществом реконструкции считается относительно небольшой разрыв между вложением средств и получением эффекта в виде дохода. Более того, экономический эффект обеспечивается при проведении работ по реконструкции объектов без полной или частичной остановки их функционирования, что обеспечивает предоставление услуг и поступление дохода в период осуществления мероприятий по реконструкции [7].

К факторам, снижающим эффективность инвестирования денежных средств в проекты реконструкции недвижимости, можно отнести: сложность проведения строительно-монтажных работ в условиях сложившейся застройки и эксплуатации объектов городской среды; невозможность применения типовых проектов реконструкции, что приводит к существенному увеличению затрат на проектирование; трудности использования средств механизации и необходимость использовать в ряде случаев нестандартное оборудование и технику в связи с объемно-планировочными и конструктивными особенностями исторических объектов; трудности в применении единой технологии, механизации и автоматизации производственных процессов в уже существующих объектах, различных по объемно-планировочным и конструктивным решениям [8].

Сложность реконструкции зданий и сооружений связана, в том числе и с тем, что первоначально необходимо определить техническое состояние существующих конструкций, начиная

с фундаментов и заканчивая кровлей [9]. Для этого специализированная организация должна произвести детальное обследование строения и выдать заключение, где будет сделан вывод о пригодности здания к реконструкции и мероприятия, которые необходимо выполнить для достижения регламентируемых показателей прочности, надежности и долговечности [10].

Для экономического анализа и оценки здания, сооружения и строительных комплексов, предназначенных для реконструкции, делятся на группы по степени их соответствия современным функциональным и техническим требованиям [11]:

1. Практически полностью соответствующие.
2. Требующие некоторого увеличения площади основных или вспомогательных помещений и соответствующей реконструкции.
3. Требующие значительных конструктивных работ и затрат.
4. Реконструкции не поддающиеся.

При выборе оптимального варианта проекта реконструкции соблюдается определенная последовательность экономического анализа:

- 1) анализ сложившегося фонда зданий и сооружений, по вариантам их приспособления и реализации для проектируемого вида объектов недвижимости;
- 2) анализ технико-экономических показателей при соблюдении сопоставимости проектных решений реконструкции по вариантам;
- 3) учет социальных, экономических, эстетических целей с помощью критериев, показателей и единиц измерения для оценки оптимальности реконструируемого здания, сооружения или комплекса;
- 4) определение стоимости вариантов реконструкции, будущих эксплуатационных затрат здания, сроков продолжительности работ по реконструкции [12];
- 5) возможности и объемы получения доходов от реализации объекта реконструкции.

При экономическом анализе эффективности реконструкции зданий и сооружений выделяют три группы показателей, определяющих целесообразность мероприятий:

1. Усредненные показатели, характеризующие уровень реконструкции.
2. Капиталовложения и их эффективность.
3. Показатели конкретного объекта для сравнения.

Учитывая некоторые особенности реконструкции объектов недвижимости, при определении сравнительной эффективности показателя реконструкции и нового строительства, необходимо определить затраты на реконструкцию и

новое строительство исходным данным для которых являются следующие характеристики объекта [13]:

а) данные объемно-планировочных и конструктивных характеристик;

б) значения технико-экономических показателей;

в) технического состояния несущих и ограждающих конструкций, инженерных сетей и коммуникаций;

г) геологическое, геодезическое и экологическое состояние площадки строительства;

д) юридические данные - анализ документов на объект и земельный участок, на котором расположен объект реконструкции;

е) исходные данные проекта строительства нового здания сопоставимых размеров.

Заключительным этапом определения экономической эффективности объектов реконструкции является выявление перспективы получения доходов от функционирования объекта после реконструкции и соизмерение натуральных показателей технико-экономического анализа, результатов оценки с учетом социальных, экономических и эстетических целей и затрат на осуществление реконструкции [14].

Выводы. В условиях современного отечественного рынка, когда во многих городах имеются неработающие предприятия, ветхие жилые объекты, нефункционирующие торговые или офисные здания, заброшенные складские сооружения, реконструкция таких существующих зданий в некоторых случаях оказывается значительно дешевле и эффективнее нового строительства. Безусловно, чтобы перепрофилировать существующий цех в торговое здание потребуется много сил и средств, но в любом случае это выгоднее строительства с нуля [15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черняк А. В. Проблемы формирования вариантов оценки и управления недвижимостью в строительстве // Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская Экономическая Академия имени Г.В. Плеханова. Москва. 2000. С. 496.

2. Коняхина Т.Б. Оценка инвестиционной привлекательности объектов реконструкции (на примере нежилой недвижимости) // Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. Новосибирск. 2009. С.156.

3. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Ипанов В.И. Реконструкция и реставрация объектов недвижимости: Учебник // Под ред. д. э. н.,

проф. А.Н. Асаула. СПб.: Гуманистика, 2005. С. 288.

4. Жариков И.С. К вопросу о необходимости совершенствования методики оценки объектов недвижимости с учетом технического состояния зданий (сооружений) // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2014. № 21. С. 26–30.

5. Жариков И.С. Методологический подход к учету технического состояния объектов недвижимости при определении их стоимостных характеристик // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2014. № 22. С. 100–104.

6. Авилова И.П., Жариков И.С., Товстий В.П. О содержательной основе ставки дисконтирования метода NPV // Экономика и предпринимательство. 2013. №12. Ч. 1. С. 641–643.

7. Авилова И.П., Товстий В.П., Шарапова А.В. Девелопмент как инструмент и форма развития рынка недвижимости. // Стратегия устойчивого развития регионов России: сборник материалов XX Всероссийской науч. практ. конф. Новосибирск. 2014. С. 44–48.

8. Жариков И.С. Развитие и будущее лофтов в России // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2013. № 18. С. 30–34.

9. Авилова И.П., Рыкова М.А., Хай Д.З. Модификация показателей экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта с использованием профилей риска неполучения доходов проекта. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова 2014. № 4. С. 133–137.

10. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. К вопросу о совершенствовании понятийно-методологического аппарата инвестиционной деятельности в недвижимости. // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12–4 (53–4). С. 588–590.

11. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12–4 (53–4). С. 594–596.

12. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта. // В сборнике: Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2014. С. 8–10.

13. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки экономической эффективности реконструкции действующего производственного предприятия, расположенного в черте города, посредством его перепрофилирования в здание

коммерческого назначения. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 138–141.

14. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки инвестиционной привлекательности реконструкции здания (сооружения) для последующей его реализации как объекта недвижимости коммерческого, жилого или социального назна-

чения. // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4–1 (57–1). С. 966–971.

15. Шарапова А.В. Специфика рынка жилой недвижимости белгородской области // Современные тенденции в образовании и науке. 2013. С. 140–141.

Avilova I.P., Zharikov I.S.

TO THE QUESTION OF DEFINITION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF RECONSTRUCTION OF REAL ESTATE OBJECTS

In the Central parts of modern cities new construction is becoming a rare phenomenon in mind cramped existing urban areas. To the fore projects in one way or another reconstructive. In construction practice in the coming years there is a tendency of increasing the share of renovation versus new construction projects. Consequently, questions of ideology, ethics, technology and economic efficiency of reconstruction will be to buy more and more important. The article proposes the algorithm of analysis of economic efficiency of reconstruction of real estate objects.

Key words: Reconstruction, economic efficiency, economic analysis, comparative effectiveness.

Авилова Ирина Павловна, кандидат экономических наук, профессор заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: avilova_irina@mail.ru

Жариков Игорь Сергеевич, старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: igor_bgту@mail.ru

*Ширина Н.В., канд. техн. наук, доц.,
Затолокина Н.М., канд. геогр. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Зенина Д.С.
Администрация Белгородского района*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ

schnv02@mail.ru

В настоящее время кадастровая оценка земель является одним из главных рычагов регулирования земельных отношений. В результате исследования было выявлено, что после вступления в силу результатов кадастровой оценки земель по состоянию на 1 января 2014г, удельные показатели кадастровой стоимости значительно увеличились, а соответственно изменилась налогооблагаемая база. Этот факт может как положительно, так и отрицательно повлиять на развитие территории.

Ключевые слова: кадастровая оценка, налог, земли населенных пунктов, кадастровая стоимость.

В связи с земельной реформой, проводимой в Российской Федерации с начала 90-х годов прошлого столетия в стране введена платность землепользования. Формами платы за землю являются земельный налог (до введения в действие налога на недвижимость) и арендная плата. В соответствии с Налоговым Кодексом Российской Федерации земельный налог определяется на основе показателей кадастровой оценки земель [1]. При этом кадастровая стоимость земель становится одним из главных рычагов регулирования земельных отношений между землепользователями (собственниками земель) и государством (муниципальными образованиями), поэтому актуальность рассматриваемой темы несомненна.

Организация и проведение государственной кадастровой оценки земель (ГКОЗ) в Российской Федерации регламентируется Федеральным Законом от 29.07.1998 №135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации». Данный Федеральный закон регламентирует основания для осуществления оценочной деятельности, условия её осуществления, регулирование оценочной деятельности и общие положения о государственной кадастровой оценке [2,3]. Правила и общие положения проведения государственной кадастровой оценки земель регулируются Постановлением Правительства РФ от 08.04.2000 №316 «Об утверждении Правил проведения государственной кадастровой оценки земель».

В рамках выполнения работ по государственной кадастровой оценке земель Белгородского района было проведено четыре тура ГКОЗ населенных пунктов. Первые 3 тура ГКОЗ проводились для Белгородской области в целом, но

5 марта 2014 года был принят закон Белгородской области №263 «О случае проведения государственной кадастровой оценки по решению органа местного самоуправления», согласно которому четвертый тур ГКОЗ населенных пунктов проводился отдельно для муниципального района Белгородский район.

Губернатору Белгородской области было направлено ходатайство о внесении на рассмотрение Правительства Белгородской области решения о самостоятельном проведении администрацией Белгородского района ГКОЗ населенных пунктов в пределах муниципального района «Белгородский район», был получен положительный ответ и принято решение о проведении ГКОЗ населенных пунктов Белгородского района.

Кадастровая стоимость земельных участков определялась по состоянию на 1 января 2014 года более чем для 90 тыс. участков.

Результаты ГКОЗ населенных пунктов были утверждены Постановлением администрации Белгородского района Белгородской области от 10 октября 2014 года № 130 «Об утверждении результатов определения кадастровой стоимости земельных участков в составе земель населенных пунктов на территории Белгородского района»

Нами было проведено исследование результатов ГКОЗ в разрезе видов разрешенного использования. Так, например, в Стрелецком сельском поселении Белгородского района максимальный средний удельный показатель кадастровой стоимости (УПКС) как в 2014г., так и в 2015г. имеют земельные участки с видом разрешенного использования «для размещения домов среднетажной и многоэтажной жилой застройки» (ВРИ 1). Сред-

ний УПКС по данному ВРИ увеличился в 22 раза. Максимально увеличился средний УПКС для ВРИ 17 (для размещения административных зданий, объектов образования, и т.д.) - больше чем в 40 раз, а минимально увеличился средний УПКС для ВРИ 15 (предназначенные для сельскохозяйственного использования) в 2 раза.

Так же на примере Стрелецкого сельского поселения был проведен сравнительный анализ УПКС за 2014г. и 2015г. по кадастровым кварталам сельского поселения (рис.1, рис. 2).

Из рисунков видно, что средние УПКС 2014 года находились в пределах от 100 до 300 руб./м², а в 2015 году средние УПКС значительно увеличились.

С вступлением в силу результатов новой кадастровой оценки изменилось соотношение долей

земельного налога по ВРИ. Наибольшую долю сбора земельного налога в 2014 г. составлял вид разрешенного использования 2 – для размещения домов малоэтажной застройки, в том числе индивидуальной жилой застройки (92 %), он же и занимает большую площадь (85 %). В 2015 г. наибольшую долю земельного налога так же составит ВРИ 2, но доля этого ВРИ уменьшится с 92 % до 76 %. Увеличатся доли налоговых поступлений таких ВРИ как: ВРИ 5 (для размещения объектов торговли, общественного питания и бытового обслуживания) с 2 % до 8 %; ВРИ 9 (для размещения производственных и административных зданий промышленности, коммунального хозяйства и т.д.) с 4 % до 9 %.

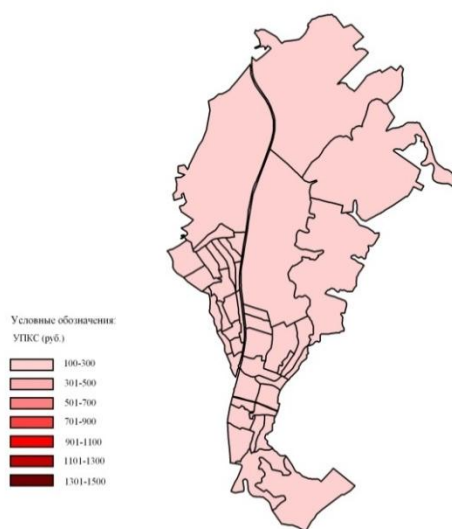


Рис. 1. Средние УПКС по кадастровым кварталам за 2014г.

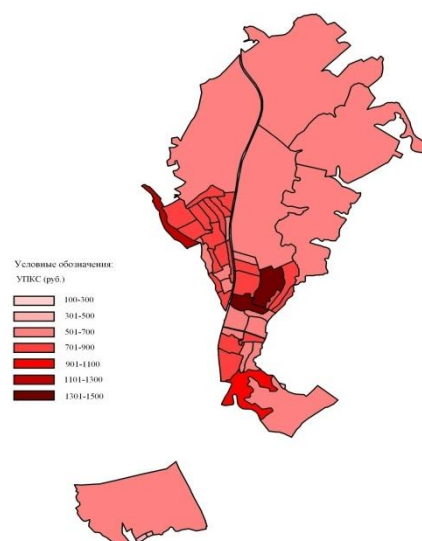


Рис. 2. Средние УПКС по кадастровым кварталам за 2015г.

Таким образом, сумма сбора земельного налога значительно увеличится с 9,6 до 62,5 млн.

руб. и изменится по основным ВРИ, приведенным на рис.3, рис.4.



Рис. 3. Действующие в 2014г. доли земельного налога

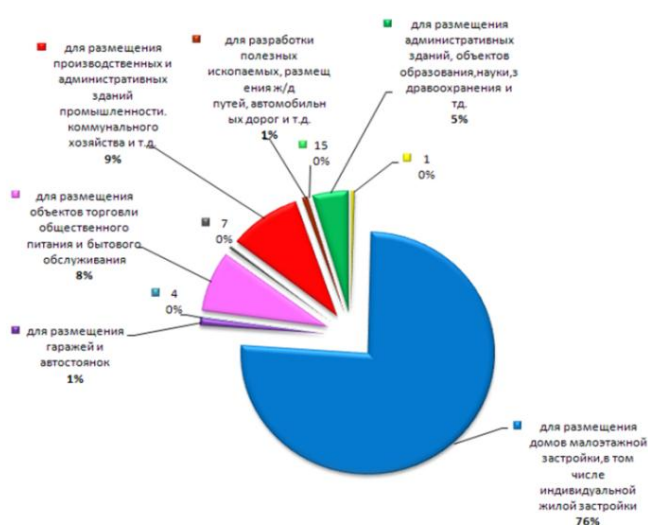


Рис. 4. Планируемые в 2015г. доли земельного налога

Также нами были произведены расчеты по возможному сбору земельного налога с учетом УПКС, действующих в 2014 г. и новых, вступив-

ших в силу в 2015 г. Результаты представлены на рис. 5–8.

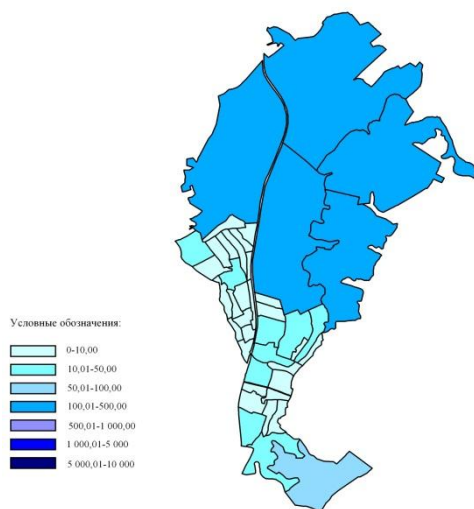


Рис. 5. Минимальный потенциальный сбор земельного налога с кадастровых кварталов в 2014 г.

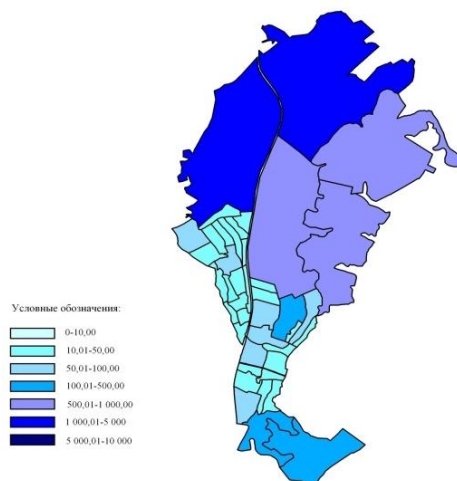


Рис. 6. Максимальный потенциальный сбор земельного налога с кадастровых кварталов в 2014 г.

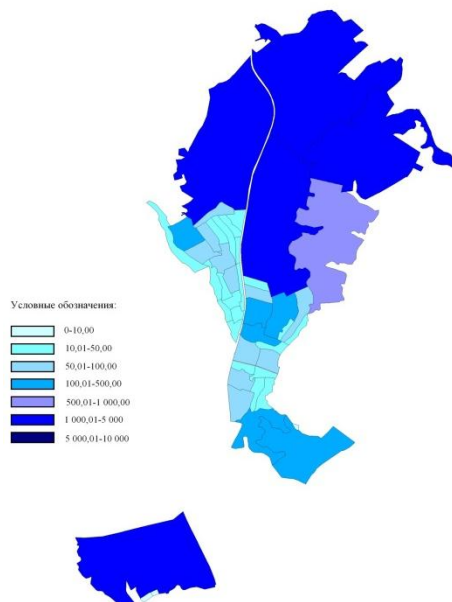


Рис. 7. Минимальный потенциальный сбор земельного налога с кадастровых кварталов в 2015г.

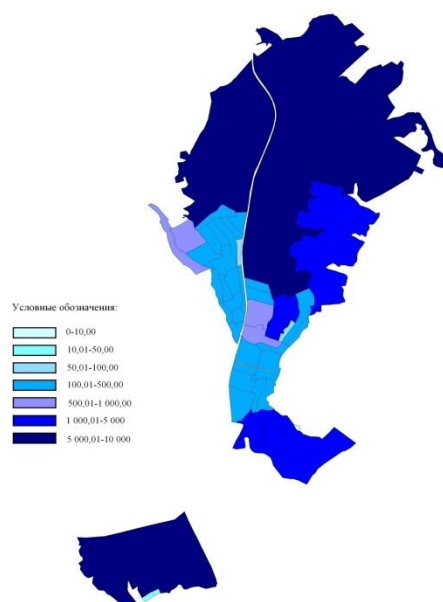


Рис. 8. Максимальный потенциальный сбор земельного налога с кадастровых кварталов в 2015г

Как видно из рисунков, максимальный налог планируется взимать с новых микрорайонов застройки. В данных микрорайонах земельные участки предоставляются АО «БИК», процент освоенности этих территорий очень мал. Поэтому одним из отрицательных моментов утверждения новой кадастровой оценки и применяемых налоговых ставок будет являться еще большее замедление темпов освоения и застройки данных микрорайонов.

Таким образом, в связи со значительным увеличением УПКС, увеличится налоговая нагрузка на налогоплательщиков и арендные платежи [4]. Утверждение новых результатов ГКОЗ повлечет за собой как положительные моменты, так и отри-

цательные. Положительным моментом явится увеличение планируемых поступлений в бюджет, а соответственно возможность муниципального образования вкладывать средства в инфраструктуру, благоустройство территории и в целом в развитие поселения. Отрицательными моментами явятся замедление освоения территорий новых микрорайонов застройки, так же возможны ситуации с судебными разбирательствами в связи со значительным увеличением кадастровой стоимости, а как следствие возможно не поступление средств в бюджет в полном объеме. Необходимо обязательно разработать и экономически обосновать корректирующие коэффициенты, которые

учитывали бы интересы, как плательщиков, так и муниципального образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Земельный Кодекс Российской Федерации» от 25 октября 2001 г. №136-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/>
2. Федеральный закон от 29 июля 1998 № 135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/>
3. Приказ Минэкономразвития РФ от 15 февраля 2007 г. № 39 «Об утверждении Методических указаний по государственной кадастровой оценке земель населенных пунктов» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/>
4. Смурова Н.С., Ширина Н.В., Калачук Т.Г. Кадастровая оценка и налогообложение объектов коммерческого назначения, расположенных на территории г. Белгорода // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://vestnik-nauki.ru/>

Shirina N.V., Zatolokina N. M., Zenina D.S.

A STUDY OF THE RESULTS OF STATE CADASTRAL VALUATION OF LAND SETTLEMENTS AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF TAXATION

Currently, cadastral valuation of land is one of the main levers of regulation of land relations. The study revealed that after the entry into force of the results of the cadastral valuation of land as of January 1, 2014, specific indicators of the cadastral value is significantly increased, and accordingly changed the taxable base. This fact can both positively and negatively influence the development of the territory.

Key words: *cadastral valuation, tax, earth of settlements, cadastral value.*

Ширина Наталия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: schnv02@mail.ru

Затолокина Наталья Михайловна, кандидат географических наук, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Зенина Дарья Сергеевна

Администрация Белгородского района.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Шершнева, д. 1.

Научное издание

«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 3, 2016 г.

Научно-теоретический журнал

Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка А.В. Федоренко
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 1.01.16. Подписано в печать 15.03.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 26,85. Уч.-изд. л. 28,88

Тираж 1000 экз. Заказ 492. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 336 Лк.
Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».
Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова