

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

№ 2, 2017 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

Строкова В.В., Губарева Е.Н., Огурцова Ю.Н. ОЦЕНКА СВОЙСТВ КРЕМНЕЗЕМНОГО СЫРЬЯ КАК ПОДЛОЖКИ В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	6
Дроков А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИБРОБЕТОНОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЫРЬЯ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА	13
Барковский Д.В., Высоцкая М.А. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫХ СТЫКОВОЧНЫХ ЛЕНТ ДЛЯ ДОРОЖНОГО И АЭРОДРОМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	18
Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Золотых С.В., Канева Е.В. ПОЛУЧЕНИЕ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАСТВОРОВ В ВИХРЕВОЙ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ	25
Антохин П.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ И РАЗМЕРОВ НАКЛАДКИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА	36
Шеховцова С.Ю., Высоцкая М.А., Холопов В.С. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА	43
Стародубцев В.Г., Делова М.И. ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРНЫХ И МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	49
Кочергин Ю.С., Попова О.С., Григоренко Т.И. СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, НАПОЛНЕННЫХ КАРБОНАТОМ КАЛЬЦИЯ	53
Юшков Ф.Д., Высоцкая М.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЧИСЛЕННОЙ ОЦЕНКИ СЦЕПЛЕНИЯ МЕЖДУ СЛОЯМИ АЭРОДРОМНЫХ И ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ	57
Сергеев С.В., Воробьев Е.Д., Фролов Н.В. ОБСЛЕДОВАНИЕ СТВОЛА ШАХТЫ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	63
Рыбникова И.А., Рыбников А.М. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ БУРОНАБИВНЫХ КОНИЧЕСКИХ СВАЙ	68
Жунин А.А. ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД УСТРОЙСТВА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	73
Лысикова Э.А., Лебедев В.М., Беликова Г.В. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЯ ПОЛА СПОРТКОМПЛЕКСА	79
Лунёв А.А., Сиротюк В.В., Иванов Е.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ В МАССИВЕ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ	85
Зрнзевич Невенка, Цветкович Раиса, Зрнзевич Йована СПОРТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ГОРОДА	90
Иванова О.А. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗА АСТАНЫ – НОВОЙ СТОЛИЦЫ КАЗАХСТАНА	97
Горожанкин В.К. ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ	106
Ладик Е.И. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИЙ ОТДЫХА И ТУРИЗМА В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	111
Перькова М.В. ФОРМИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНО-УЗЛОВОЙ СТРУКТУРЫ РАССЕЛЕНИЯ	120

Альфажр Мохамад Абдул Карим ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ЗАПАДНЫХ РАЗРАБОТОК	126
Буток О.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ПЯТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ БЕЛГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ	129
Браковенко М.В. ДИЗАЙН СРЕДЫ БОКСОВ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ В ЭКЗОТАРИУМЕ БЕЛГОРОДСКОГО ЗООПАРКА НА ПРИМЕРЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РОСПИСЕЙ И ОФОРМЛЕНИЯ ИНТЕРЬЕРОВ	135
Рыбалкина Н.А. ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ХРАМА В ЧЕСТЬ ЗАЧАТИЯ ИОАННА ПРЕДТЕЧИ В П. ВЕРХНЯЯ БАРАНЧА, СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ	140
Салямова К.Д., Руми Д.Ф. ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВЛАЖНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	143
Крюков И.В. СНИЖЕНИЕ ОБЪЕМОВ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ОБЕСПЫЛИВАЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ МАТЕРИАЛА ЗА СЧЕТ ОРГАНИЗАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОЗДУХА	149
Аверкова О.А., Гольцов А.Б., Здесенко В.А., Киреев В.М., Логачев К.И., Ходаков И.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИЛИНДРА-ОТСОСА ПРИ АСПИРАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ	154

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Володченко А.Н. РАЗРАБОТКА СОСТАВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ	162
Андронов С.Ю., Задирака А.А. ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПОЗИЦИОННОГО ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА	168
Володченко А.Н. АЛЮМОСИЛИКАТНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АВТОКЛАВНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	172

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РОТОРНЫХ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ	178
Москвитин А.А., Губанов А.Е., Дуюн Т.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ	183
Семикопенко И.А., Булгаков С.Б., Вялых С.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ДЕЗИНТЕГРАТОРА С УЗЛОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ	191
Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Герасимов Д.М. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА	195
Дуганов В.Я., Сумской А.М. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ИХ ДЕФОРМАЦИИ	202

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Бабичев Р.П., Клабуков А.Д., Родионов К. В.

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ
ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ПОЧАСОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НАГРУЗКИ 208

Северин Н.Н., Радоцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Шаптала В.В.

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ 213

Пестерев П.В.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАНЖИРОВАНИЯ НА ПОЗИЦИИ САЙТОВ
В РЕЗУЛЬТАТАХ ПОИСКОВОЙ ВЫДАЧИ 219

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Климашевская А.А.

ОСОБЕННОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 222

Балдынюк А.И.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА
УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННО-АКТИВНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ 228

Карамышев А.Н.

АЛГОРИТМ ЗАВЕРШЕНИЯ МНОГОЦИКЛИЧНОГО ОТНЕСЕНИЯ СТОИМОСТИ
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПОДПРОЦЕССОВ НА ОСНОВНЫЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 233

Мишланова М.Ю., Патрина Т.К., Чекунова А.С.

МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ 236

Трунова Е.В.

МОТИВАЦИЯ ПО КРИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ: ПРИНЦИПИАЛЬНЫЙ
ПОДХОД И ТРЕБОВАНИЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ 242

Слабинская И.А., Бендерская О.Б.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ
В 2014–2015 ГОДАХ 248

Трошин А.С. Носов С.М.

БИРЖЕВЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ФОНДЫ ETF – КАК ИНСТРУМЕНТ АКТИВИЗАЦИИ
РАЗВИТИЯ РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ 255

Азаренко Н.Ю., Ковалевский В.В., Серова Е.Д.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КАК ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ
БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ 260

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/23819

Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Губарева Е.Н., аспирант,
Огурцова Ю.Н., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНКА СВОЙСТВ КРЕМНЕЗЕМНОГО СЫРЬЯ КАК ПОДЛОЖКИ В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА*

43448504@mail.ru

В работе рассмотрен один из способов повышения эффективности процесса самоочищения поверхности строительных материалов за счет применения фотокаталитического композиционного материала. Данный материал представляет собой систему «фотокатализатор – носитель», где носителем может выступать кремнеземное сырье различного генезиса. Проведена оценка свойств кремнеземного сырья природного и техногенного происхождения, таких как химический и минеральный состав, кислотно-основные свойства поверхности, гранулометрический состав, пористость и микроструктурные особенности. Определены наиболее эффективные кремнеземные материалы для применения в качестве носителя в составе фотокаталитического композиционного материала.

Ключевые слова: кремнеземное сырье, диоксид титана, фотокатализ, композиционные материалы, самоочищение.

Введение. Проблема загрязнения атмосферы, характеризующаяся высоким содержанием сложных загрязняющих веществ различной природы, благоприятными условиями для развития микроорганизмов, в частности, повышенными влажностью и температурой, отрицательно сказывается не только на здоровье населения, но и на состоянии зданий и сооружений, что выражается снижением декоративных и эксплуатационных характеристик используемых строительных материалов [1–4]. В этой связи особое внимание исследователи уделяют: вопросам повышения долговечности строительных материалов; поиску путей получения специальных свойств с вовлечением достижений фундаментальных наук: химии, физики, минералогии, нанотехнологии в процесс создания современных строительных композитов; достижению возможности регулирования структуро- и формообразования на различных размерных уровнях материалов; разработке подходов к оптимизации выбора и использования сырья, в том числе нетрадиционного [5–8]. В частности, применение в составе строительного композита полупроводникового материала, такого как диоксид титана, способно обеспечить протекание реакций фотоокисления адсорбируемых на его поверхности органических соединений, что обеспечивает способность поверхности к самоочищению от загрязнителей органической природы, а следовательно, помогает сохранить эстетический вид зданий и сооружений [9–12]. Актуальным в данном направлении является вопрос увеличения активности фотокатализатора, а, следовательно, процесса

фотокаталитического разложения на поверхности строительного композита под действием ультрафиолетового излучения. Одним из методов повышения эффективности данного процесса является использование композиционных фотокаталитических материалов «фотокатализатор – носитель», где носителем может выступать кремнеземное сырье различного генезиса. Выбор в качестве носителя сырья преимущественно кремнеземного состава базируется на его основных характеристиках, таких как высокие пористость и содержание аморфной фазы, активная кислотно-основная поверхность, широкая распространенность и применимость в строительных композитах [13–16]. В связи с тем, что физическое и химическое взаимодействие в системе «фотокатализатор – носитель» оказывает влияние на активность процесса самоочищения и долговечность данного фотокаталитически активного слоя строительного композита, важным является этап выбора сырьевых компонентов и условий синтеза композиционного фотокаталитического материала. Подход основывается на том, что применение наиболее дисперсного, высокоаморфного кремнеземного сырья с высокой концентрацией кислотно-основных центров адсорбции способно обеспечить увеличение фотокаталитически активной поверхности композиционного материала с устойчивыми связями Ti–O–Si.

Методология. Определение химического и минералогического состава кремнеземного сырья производилось с использованием метода рентгеновской дифракции с целью установления

содержания SiO₂ в составе сырьевых материалов, а также степени их аморфности.

Кислотно-основные свойства поверхности кремнеземных сырьевых материалов исследовались с помощью спектрофотометрического метода адсорбции индикаторов.

Для определения характеристик дисперсности кремнеземного сырья различного генетического типа использованы методы определения удельной поверхности, лазерной гранулометрии, порометрии. Особенности микроструктуры кремнеземных материалов оценивалась с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Основная часть. В связи с тем, что состав и структурные особенности кремнеземных сырьевых материалов определяют характер взаимодействия веществ в системе «фотокатализатор – носитель», в работе исследовались кремнеземные материалы различного генезиса: природные – осадочные биогенно-хемогенные

породы (опока Алексеевского месторождения, республика Мордовия), осадочные биогенные (трепел Хотынецкого месторождения, Орловская область; диатомит Инзенского месторождения, Ульяновская область)[17]; техногенные хемогенные (микрокремнезем ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», г. Липецк).

Содержание SiO₂ в составе сырьевых материалов различно (табл. 1), но достаточно высоко, колеблется от 73 % (опока) до 93 % (микрокремнезем), что подтверждает возможность их использования в качестве носителя фотокатализатора и позволит в дальнейшем ранжировать их по степени эффективности использования в системе «фотокатализатор – носитель», с позиции влияния состава на фотокаталитическую активность композита и долговечность фотокаталитически активного слоя.

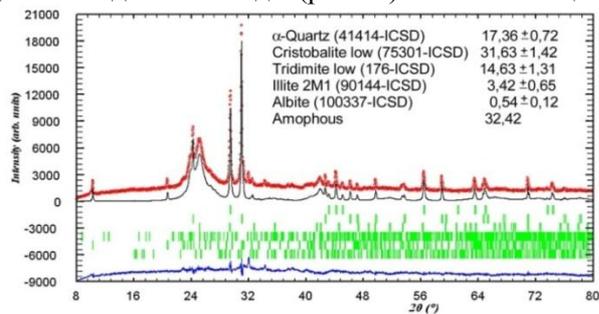
Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

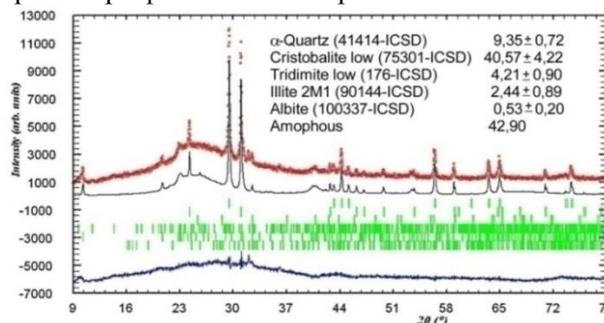
№ п/п	Сырьевой материал	Содержание оксидов, мас. %								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO+CaO	K ₂ O+ Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	п.п.п
1	Опока	73,46	13,26	4,32	6,007	1,903	0,086	0,666	0,064	0,234
2	Трепел	81,99	10,33	1,69	3,775	1,682	0,014	0,355	–	0,164
3	Диатомит	86,81	5,91	2,67	2,76	1,457	0,007	0,278	0,040	0,068
4	Микрокремнезем	93,09	4,00	0,78	0,425	0,542	0,073	0,065	1,025	93,09

Анализ дифракционных профилей с помощью метода Ритвельда (рис. 1) позволил оце-

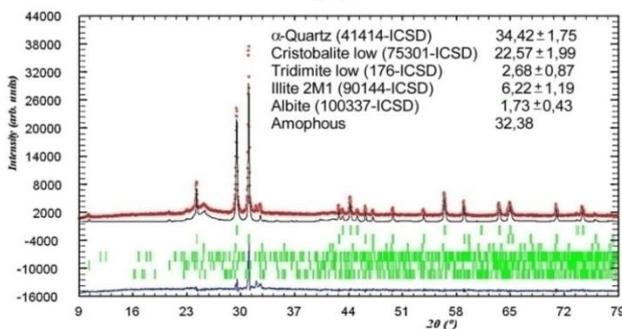
нить фазовое состояние SiO₂, как активного промотора фотокатализатора.



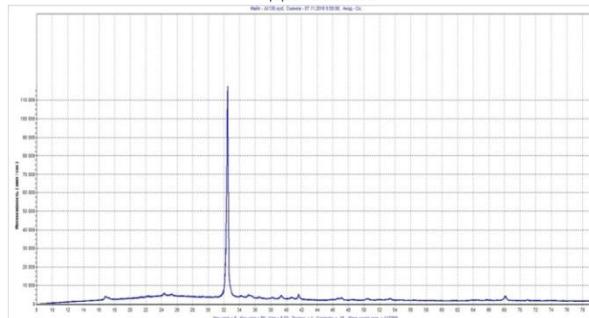
а – опока



а – диатомит



а – трепел



б – микрокремнезем

Рис. 1. Дифрактограммы кремнеземного сырья различного генезиса:

а – природного; б – техногенного

Значительная часть сырьевых компонентов представлена рентгеноаморфной фазой, выраженной скрытокристаллическими α -кristобалитом, α -тридимитом. Высокая степень аморфизованности материала служит положительной качественной характеристикой, поскольку кремнеземному носителю необходимо иметь достаточно высокую дефектную актив-

ную поверхность, способствующую увеличению количества образования связей Ti–O–Si.

Метод адсорбции индикаторов для твердых веществ позволяет оценить качественный состав и концентрацию активных центров на поверхности кремнеземных материалов различной генетической принадлежности, а также распределение активных центров по силе (рис. 2).

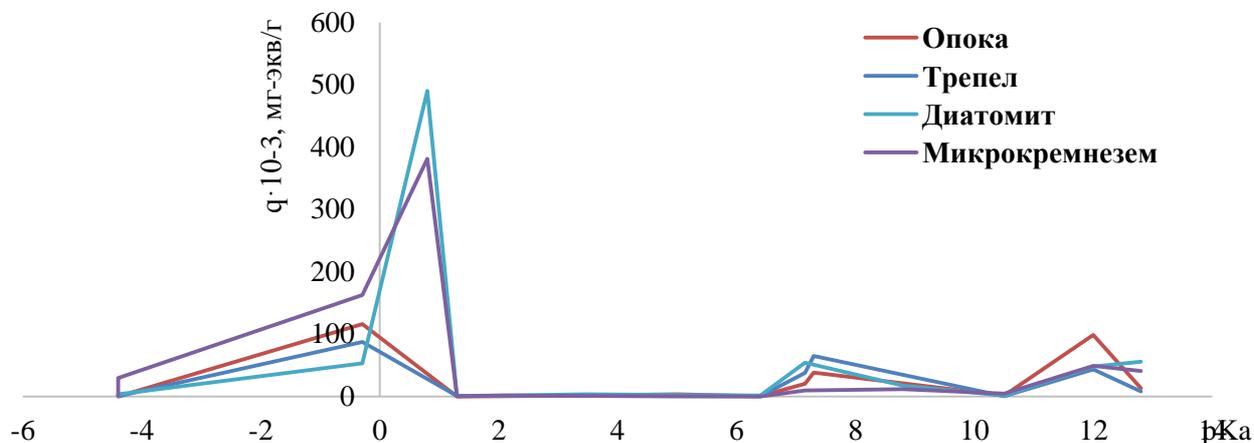


Рис. 2. Распределение центров адсорбции на поверхности кремнеземного сырья

Поверхность исследуемого сырья представляет собой совокупность активных центров преимущественно основной природы, характеризующихся присутствием центров с $pK_a = -0,29; +0,80; +7,15; +12,80$. Образование льюисовских кислотных центров объясняется наличием в составе сырьевых материалов алюминия, атомы которого частично замещают атомы кремния в кристаллической решетке SiO_2 . Наличие не только кислотных, но и основных центров объясняется существованием на поверхности твердых веществ аутогенных пленок оксидов, основным центром которых является ион O^{2-} кристаллической решетки.

При сравнении концентрации кислотно-основных центров кремнеземного сырья природного и техногенного происхождения установлено, что концентрация активных центров выше у диатомита и микрокремнезема.

Определялись характеристики дисперсности кремнеземного сырья различного генезиса, а именно, проводились исследования удельной поверхности (рис.3), степени полимодальности частиц твердой фазы минеральных систем (рис. 4), а также, размеров и распределения пор (рис. 5). Сырьевые материалы исследовались в исходном состоянии, без применения дополнительной механической активации.



Рис. 3. Удельная поверхность кремнеземных материалов, m^2/kg

На основе полученных результатов удельной поверхности следует отметить, что кремнеземное сырье природного происхождения отличается между собой незначительно. Наибольшую величину удельной поверхности имеет микрокремнезем — сырье техногенного проис-

хождения, что может быть обусловлено как меньшим размером частиц, так и повышенной пористостью.

Результаты определения распределения частиц кремнеземного сырья по размерам показывают, что по степени возрастания крупности ча-

стиц материалы можно ранжировать в следующем порядке: опока (0,1–40 мкм, пик 10 мкм), диатомит (0,1–100 мкм, пик 10 мкм), микрокремнезем (0,2–105 мкм, пик 40 мкм), трепел (0,1–120 мкм, пик 90 мкм). Сравнивая данные результаты с результатами определения удельной поверхности можно предположить, что наибольшей пористостью характеризуются диатомит и микрокремнезем, так как, обладая повышенными значениями удельной поверхности, размер их частиц при этом является средним в сравнении с другим кремнеземным сырьем.

Поскольку важным фактором при рассмотрении возможности использования кремнеземных сырьевых материалов в качестве носителя фотокатализатора является наличие пор, способствующих закреплению частиц диоксида титана, существует необходимость исследования мезопористости. В силу своего размерного уровня мезопоры кремнеземных материалов позволяют свободно закрепиться фотокатализатору без угрозы вымывания его в процессе эксплуатации композиционного фотокаталитического материала.

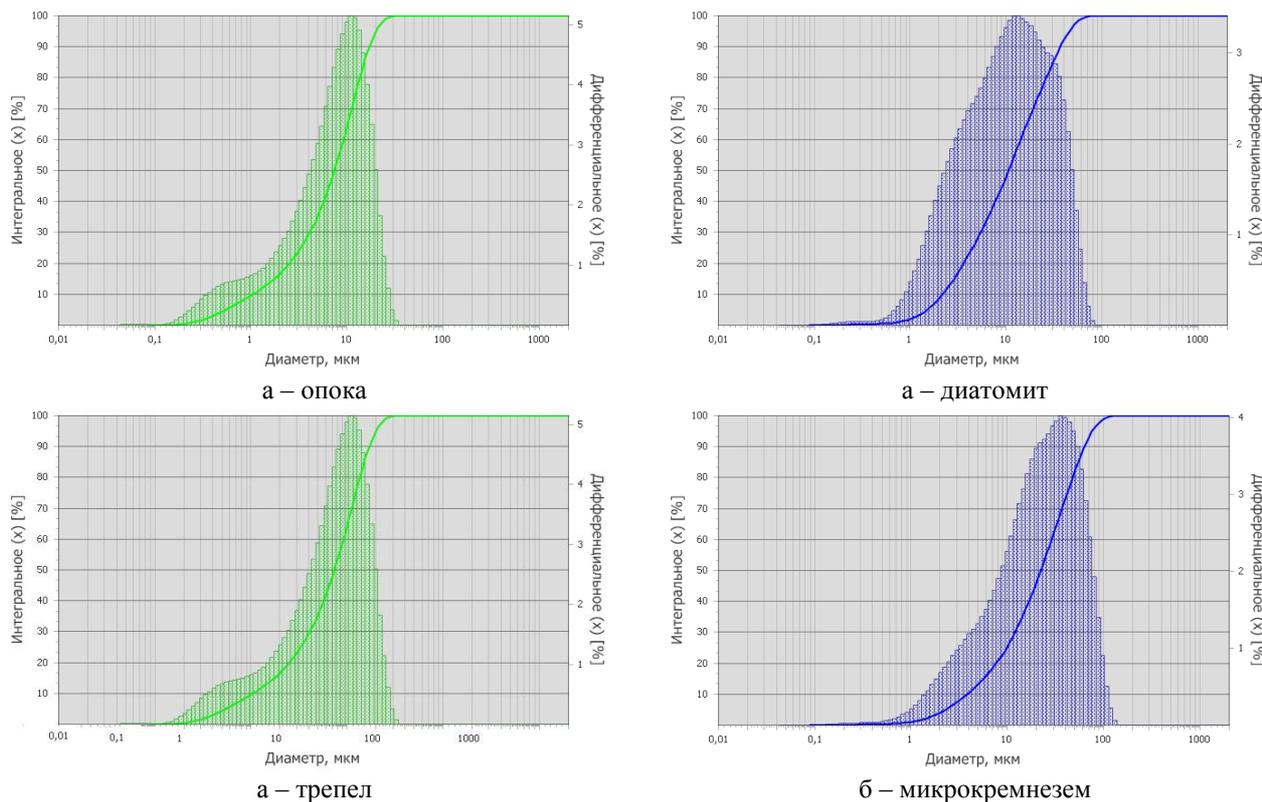


Рис. 4. Результаты гранулометрического анализа кремнеземных материалов различного генезиса: а – природного; б – техногенного

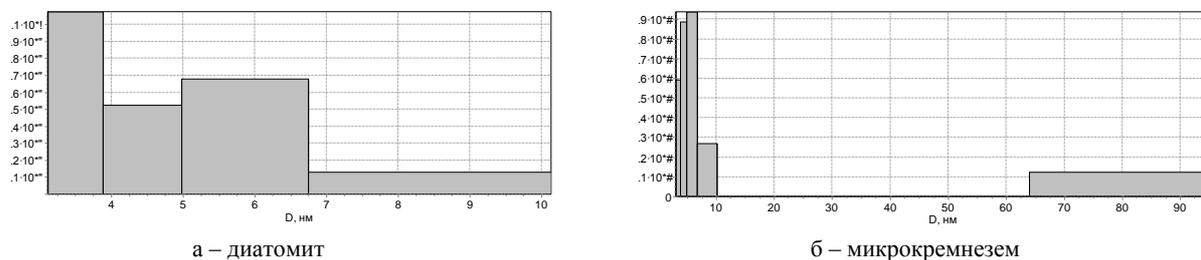


Рис. 5. Распределение пор кремнеземных материалов

Среди изученных кремнеземных материалов различной генетической принадлежности поры, размеры которых не превышают 100 нм, присущи диатомиту и микрокремнезему.

Учитывая величину удельной поверхности кремнеземных материалов и распределение частиц и пор по размерам, необходимо отметить, что диатомит (природного происхождения) и

микрокремнезем (техногенного происхождения) в большей степени удовлетворяют требованиям для использования в качестве носителя фотокатализатора в составе композиционного фотокаталитического материала.

Были изучены структурные особенности природного сырья, представленного на рассмот-

рение в качестве носителя фотокаталитического композиционного материала (рис. 6).

Согласно полученным результатам структура кремнеземного сырья имеет гетеродисперсный характер с размерами частиц 5–12 мкм. Опока и диатомит вследствие своего происхождения имеют в составе включения остатков скелетов биологических микроорганизмов.

Структура сырья техногенного происхождения – микрокремнезема – характеризуется би-

модальным распределением частиц (агрегаты большого и малого радиуса) с преобладанием частиц размером более 250 нм и менее 100 нм. В промежутке от 100 до 250 нм выявлено незначительное количество частиц, что может свидетельствовать об особом режиме синтеза, при котором частицы попадают в зоны различного давления. Частицы микрокремнезема представляют собой сферические образования вследствие своего происхождения.

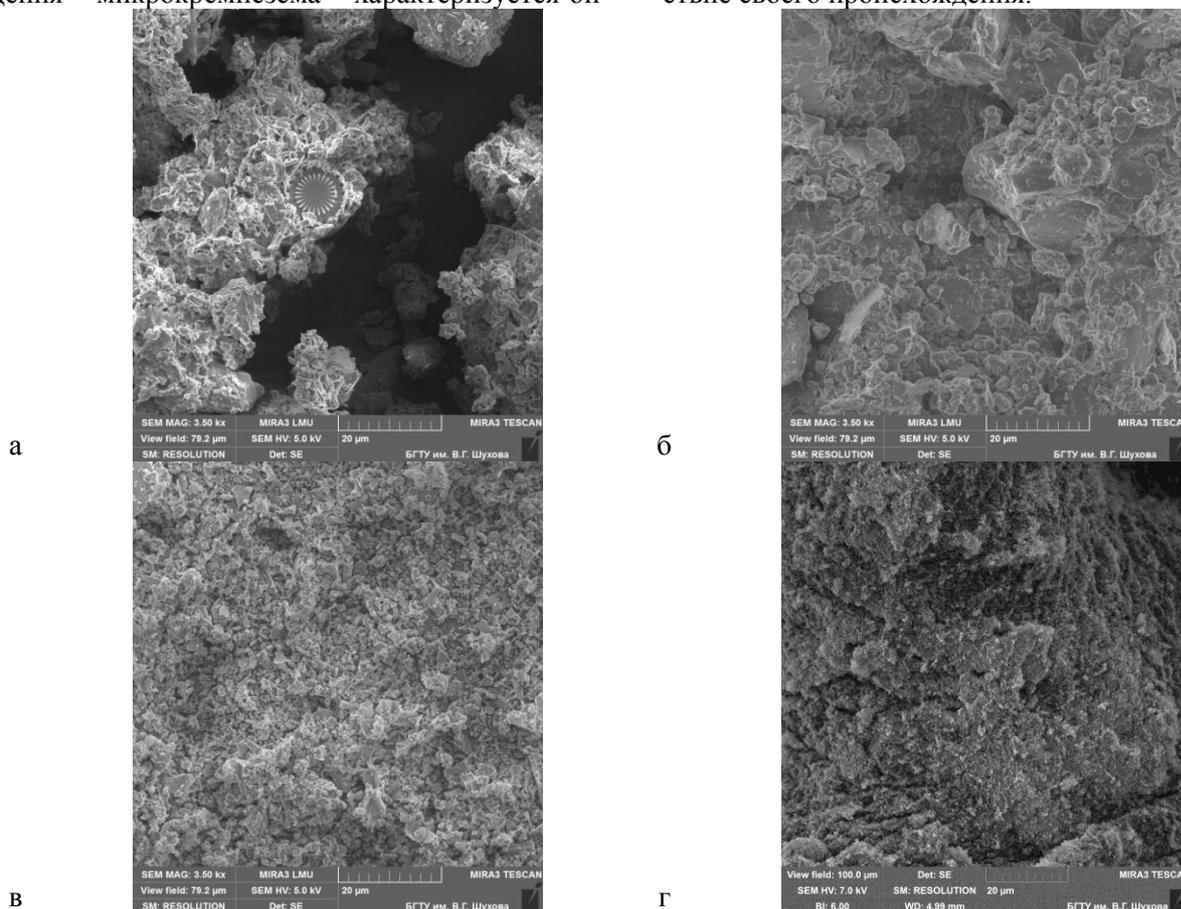


Рис. 6. Микроструктура: а – опока, б – трепел, в – диатомит, г – микрокремнезем

Выводы. Среди исследованных кремнеземных материалов природного происхождения в наибольшей степени требованиям удовлетворяет диатомит, характеризующийся высоким содержанием аморфной фазы, способной к активному взаимодействию с фотокатализатором, кислотно-основных центров адсорбции, наличием мезопор. Микрокремнезем, как представитель техногенного сырья, по химическому составу, количеству активных кислотно-основных центров, удельной поверхности, пористости и структурным характеристикам является более предпочтительным по сравнению с изученным сырьем природного происхождения, таким как трепел и опока, но незначительно уступает диатомиту.

На основе полученных результатов для использования в качестве носителя фотокатализатора для производства самоочищающихся стро-

ительных материалов рекомендуется использование диатомита и микрокремнезема.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-3-50071.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строкова В.В., Калатози Э.К., Нелюбова В.В. Разработка биостойкого материала строительного назначения / Образование, Наука, Производство: сб. трудов конф. VII Междунар. молодеж. форума, Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 604–608.
2. Гончарова Е.Н., Василенко М.И., Нарцев В.М. Роль микроскопических водорослей в процессах повреждения городских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 192–196.
3. Лесовик В.С., Фомина Е.В., Хотомченко

О.В. Исследование условий эксплуатации строительных материалов с учетом возрастающих экологических нагрузок / Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докладов междунар. научно-техн. конф., Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 409–414.

4. Василенко М.И., Гончарова Е.Н. Биоповреждение зданий и сооружений / Наукоемки технологии и инновации: сб. трудов Юбилейной междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения), Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 144–148.

5. Нелюбова В.В., Строкова В.В., Павленко Н.В., Жерновский И.В. Строительные композиты с применением наноструктурированного вяжущего на основе сырья различных генетических типов // Строительные материалы. 2013. №2. С. 11–15.

6. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю. Высокопрочные бетоны на композиционных вяжущих с применением техногенного сырья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. №2(17). С. 174–180.

7. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Влияние составов материалов на формирование структуры строительных композитов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). 2015. №4. С. 69–79.

8. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Головин С.Н., Боровик Е.Г. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №10. С. 16–20.

9. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Соболева Г.Н., Ротарь Д.В., Оглоблина Е.В. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана // Строительные материалы. 2015. №11. С. 5–8.

10. Sanjay S. Latthe, Shanhu Liu, Chiaki Terashima, Kazuya Nakata and Akira Fujishima. Transparent, Adherent, and Photocatalytic SiO₂-TiO₂ Coatings on Polycarbonate for Self-Cleaning

Applications // Coatings. 2014. №4. P. 497–507.

11. Постникова О.А., Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Тужикова М.Ю. Самоочищающиеся покрытия на основе нанодисперсного диоксида титана / Эффективные строительные композиты: сб. трудов научно-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, акад. РААСН, д-ра техн. наук Баженова Ю.М. // Белгор. гос. технолог. ун-т им. В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 523–530.

12. Bin Wang, Fernanda Condide Godoi, Zhiming Sun, Qingcong Zeng, Shuilin Zheng, Ray L. Frost. Synthesis, characterization and activity of an immobilized photocatalyst: Natural porous diatomite supported titania nanoparticles // Journal of Colloid and Interface Science. 2015. 438. P. 204–211.

13. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 101–109.

14. Алфимова Н.И., Калатоци В.В., Карацупа С.В., Вишневская Я.Ю., Шейченко М.С. Механоактивация как способ повышения эффективности использования сырья различного генезиса в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 85–89.

15. Вешнякова Л.А., Айзенштадт А.М., Жерновский И.В. Оценка качества кремнеземного компонента композиционного вяжущего / Эффективные строительные композиты: сб. трудов научно-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, акад. РААСН, д-ра техн. наук Баженова Ю.М., Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 72–78.

16. Жерновский И.В., Кожухова Н.И. Механоактивационное управление активностью кремнеземного сырья различного генезиса // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 4(183). С. 52–53.

17. Кремнистые породы СССР (диатомиты, опоки, трепелы, спонголиты, радиоляриты). Казань: Татарское книжное изд-во, 1976. 412 с.

Stroкова V.V., Gubareva E.N., Ogurtsova Yu.N.

EVALUATION OF THE PROPERTIES OF THE SILICA RAW MATERIALS AS A SUBSTRATE AS COMPONENT OF COMPOSITE PHOTOCATALYTIC MATERIAL

The paper discusses one of the ways to increase the efficiency of the process of self-cleaning surface of building materials due to the use of the photocatalytic composite material. This material is a system of «photocatalyst–carrier» where the carrier may be silica raw materials of different Genesis. The evaluation of the properties of the silica raw materials of natural and anthropogenic origin, such as the chemical and mineral composition, acid-base surface properties, particle size distribution, porosity and microstructural features. Determine the most effective silica materials for use as the carrier in the composition of the photocatalytic composite material.

Key words: silica raw materials, titanium dioxide, photocatalysis, composite materials, self-cleaning.

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: vvstrokova@gmail.com

Губарева Екатерина Николаевна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: 43448504@mail.ru

Огурцова Юлия Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: ogurtsova.y@yandex.ru

DOI: 10.12737/24424

Дроков А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИБРОБЕТОНОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЫРЬЯ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

opasni1@mail.ru

Наиболее перспективным направлением в современной науке и строительном производстве являются нанотехнологии. Посредством лабораторных испытаний материалов, имеющих в своём составе такое вещество как многослойные углеродные нанотрубки, было доказано, что даже небольшое количество введенного наноматериала увеличивает прочностные характеристики испытуемого образца. В ходе исследования было доказано, что при введении в образцы фибробетона на основе сырьевых ресурсов Северного Кавказа и содержащих в себе фибру различных видов, небольшого количества многослойных углеродных нанотрубок увеличиваются прочностные характеристики фибробетон. Данное направление является актуальным в условиях использования на территории Северного Кавказа применительно к строительству и реставрации зданий санитарно-оздоровительных комплексов потому, как фибробетон является тонкостенным материалом, который осуществляет нагрузку на несущую часть и основание здания значительно меньше, чем железобетон. А такое свойство, как способность принимать разнообразные формы придаст зданиям и сооружениям помимо положительных эксплуатационных качеств ещё и эстетическую привлекательность.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, фибробетон, нанотрубки, фибра.

Введение. В связи с растущими темпами строительства на протяжении многих лет по всему миру идёт поиск долговечного и не требующего дополнительных затрат на улучшение тех или иных положительных свойств строительного материала [1]. Не исключением является и территория Северного Кавказа. Главной отличительной особенностью при возведении зданий и сооружений, а также производстве строительных материалов для эксплуатации в условиях приведенной выше территории являются агрессивные грунтовые воды и достаточно высокая сейсмическая активность [2]. В связи с этим, основными свойствами, которыми должны обладать строительные материалы, используемые на территории Северного Кавказа, являются химическая устойчивость к отдельным компонентам грунтовых вод и сохранение своих прочностных характеристик под действием вибрации [2].

Основная часть. Образцы фибробетона были заформованы класса В20 различного вещественно-количественного состава. Для исследования влияния многослойных углеродных нанотрубок на прочностные характеристики фибробетонных образцов были использованы нанотрубки DEALTOM, изготовленные и сертифицированные на базе НПП «Центр нанотехнологий» [3]. Данный материал представляет собой углеродные квазиодномерные наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита цилиндрической формы с внутренним ка-

налом. Эта разновидность наноматериала не требует очистки от других форм углерода (сажи), не имеет повреждений поверхности и предназначена для модификации композиционных материалов [4]. Многослойные углеродные нанотрубки без очистки DEALTOM представлены в виде порошка [3].

Порошок состоит из нанотрубок [5] двух размеров $D_{out} = 49,3 \pm 0,45$ нм $72,0 \pm 0,45$ нм – положение максимума функции распределения по внешнему диаметру нанотрубок, построенной на основании данных просвечивающего (трансмиссионного) электронного микроскопа (ПЭМ).

- $W_{out} = 27$ % – оценка полуширины функции распределения по внешнему диаметру (в процентах от D_{out}), сделанная на основании данных ПЭМ.

- $D_{in} = 13,3 \pm 0,45$ нм – положение максимума функции распределения по внутреннему диаметру нанотрубок, построенной на основании данных ПЭМ.

- $W_{in} = 74$ % – оценка полуширины функции распределения по внутреннему диаметру (в процентах от D_{in}), сделанная на основании данных ПЭМ.

- $L = 5$ мкм – грубая оценка верхней границы длины нанотрубок, сделанная на основании данных РЭМ. Высокая температура начала сгорания косвенно свидетельствует о малой степени дефектности нанотрубок $T = 517 \pm 2$ °С – аппроксимированная температура начала сгора-

ния углеродных нанотрубок. $\Delta T = 307 \pm 2$ °С – диапазон температур, в котором происходит полное сгорание углерода.

- $C_{\text{ash}} = 3,52 \pm 0,2$ % – массовый процент содержание несгораемого до 1000 °С остатка катализатора.

- $C_{\text{non}} = 0,65 \pm 0,08$ % – массовый процент содержание неструктурированных форм углерода, сгорающих до начала сгорания углеродных нанотрубок.

- $S = 97,55 \pm 0,02$ м²/г – удельная площадь поверхности, определенная методом ВЕТ.

Для чистоты эксперимента [6] все фибробетонные образцы были заформованы с применением в качестве вяжущего портландцемент без применения минеральных добавок марки 500, производства ГУП «Чеченцемент»; в качестве мелкого заполнителя – песок природный (тонкий), фракции 0-5 мм ГОСТ 8736-93, модулем крупности 2,5–3,0, полученный путем отсева природной гравийно-песчаной смеси, производства Малкинского Песчано-Гравийного Карьера,

находящегося на территории Ставропольского края. В качестве армирующего элемента были применены такие разновидности фибры, как:

- волокно строительное микроармирующее синтетическое (полипропиленовое);

- фибра стальная из листового проката ТУ 1231-001-25043944-2014;

- стеклянное фиброволокно;

- волокно базальтовое рубленное по артикулам: БС(13÷22) – (3,2(1/8') ÷ 90(3'))р. Тип замасливателей: КВ – (02;11;12;13;14;15;42); КВ – 05/1; Б1.5. ТУ 5952-002-13307094-2008.

Экспериментальным путём [8] был определен вещественно-количественный состав каждого фибробетонного образца (Табл.1), с учетом прогнозируемых положительных свойств [9], необходимых для территории Северного Кавказа. Содержание вяжущего, заполнителей и микроармирующих элементов, представленное в табл. 1, указано на 1 м³ фибробетонного элемента.

Таблица 1

Вещественно-количественный состав образцов фибробетона

№ образца	наименование по разновидности фибры	количественное содержание на 1 м ³ , кг (л)							
		цемент марки 500	песок	стальная фибра	ВСМ	базальтовая фибра	стеклянная фибра	МУНТ	вода
1	сталефибробетон	300	1200	85	-	-	-	-	820
2	базальтофибробетон	300	1200	-	-	2,4	-	-	400
3	базальтофибробетон	300	1200	-	-	2,4	-	-	250
4	полипропиленофибробетон	300	1200	-	0,75	-	-	-	250
5	стеклофибробетон	300	1200	-	-	-	1,25	-	250
6	стеклофибробетон	300	1200	-	-	-	1,25	1,5	250
7	полипропиленофибробетон	300	1200	-	0,75	-	-	1,5	250
8	сталефибробетон	300	1200	85	-	-	-	1,5	250
9	базальтофибробетон	300	1200	-	-	2,4	-	1,5	250

Все изготовленные образцы были выполнены размером 10×10×10, подвергались естественному твердению и набирали марочную прочность в течение 28 суток [11].

После набора марочной прочности [12] все фибробетонные образцы подверглись разрушаемому и не разрушаемому контролю, а именно:

- испытание на сжатие прессом гидравлическим;

- контроль прочности, однородности и класса фибробетона методом ударного импульса прибором ОНИКС-2.5;

- контроль прочности, однородности и класса фибробетона на основании измерения в нём времени и скорости распространения ультразвука прибором ПУЛЬСАР – 2.2.

Все полученные данные по разрушаемому и не разрушаемому контролю [13], указанных выше приборов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Фактические значения прочности на сжатие образцов фибробетона

№ образца	Вес образца, кг.	Показания приборов, МПа		
		Пресс гидравлический	ОНИКС – 2.5	ПУЛЬСАР – 2.2
1	1,825	10,45	9,86	13,4
2	1,740	11,4	10,57	14,61
3	1,640	8,46	10,84	13,97
4	1,650	11,07	9,32	13,23
5	1,780	13,21	11,50	15,87
6	1,805	15,21	12,02	17,23
7	1,710	13,67	11,33	14,00
8	1,865	14,58	12,12	13,57
9	1,775	8,65	11,20	14,83

По полученным данным были построены три диаграммы зависимости прочностных характеристик [14] от введения многослойных углеродных нанотрубок посредством разрушающего и неразрушающего контроля. На рис. 1

представлены показания, снятые с гидравлического пресса [15] при проведении испытаний образцов фибробетона посредством разрушающего контроля.

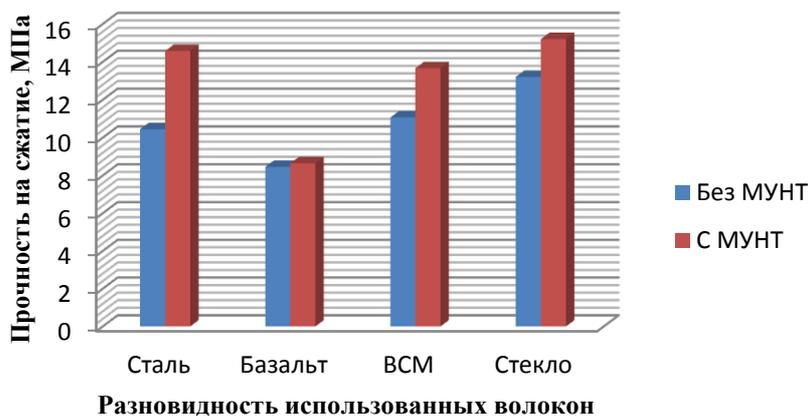


Рис. 1. Диаграмма зависимости прочности на сжатие фибробетона от введения МУНТ, методом разрушающего контроля прессом НП-1000

На рис. 2 представлены результаты лабораторных испытаний неразрушающего контроля,

методом ударного импульса, с помощью прибора ОНИКС-2.5.

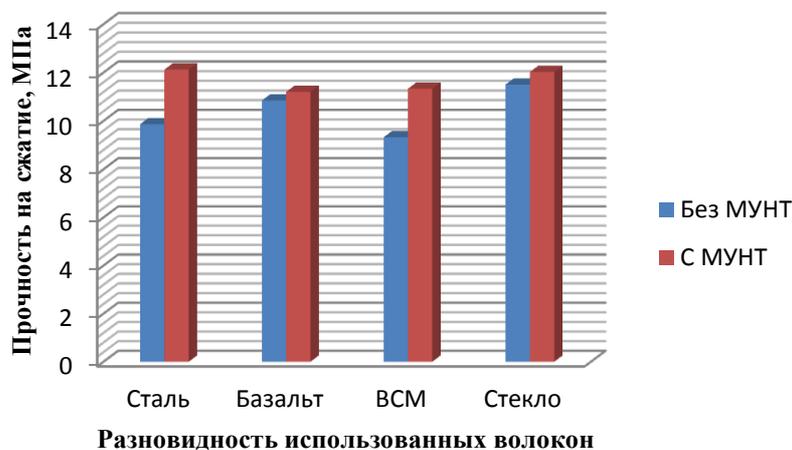


Рис. 2. Диаграмма зависимости предела прочности фибробетона от количества введенных МУНТ

На рис. 3 представлены результаты лабораторных испытаний неразрушающего контроля, методом измерения времени и скорости распро-

странения ультразвуковых волн в образцах фибробетона, полученные прибором ПУЛЬСАР-2.2.

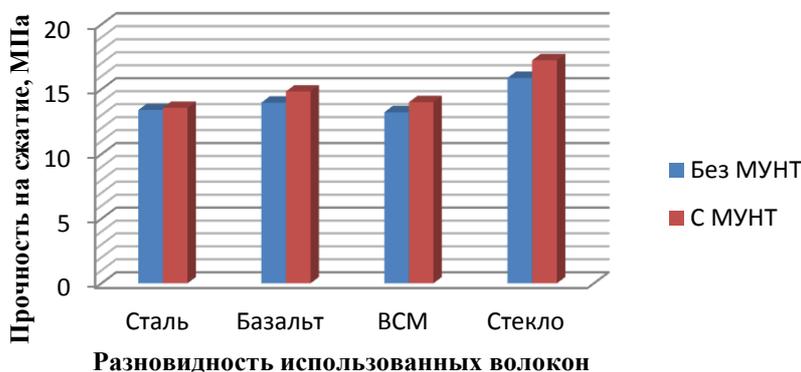


Рис. 3. Диаграмма зависимости $R_{сж}$ образцов от количества МУНТ на основе скорости и времени распространения ультразвука.

Выводы. Из полученных экспериментальным путём данных следует, что при введении небольшого количества многослойных углеродных нанотрубок в состав фибробетонных элементов, полученных с применением сырьевых ресурсов Северного Кавказа, прочностные характеристики увеличиваются у сталефибробетона на $\approx 21\%$, у базальтофибробетона на $\approx 4\%$, у полипропиленофибробетона на $\approx 17\%$, у стеклофибробетона на $\approx 9,5\%$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. М.: Высшая школа, 2008. 704 с.
2. Лаврищев В. А., Греков И. И. Тектонические покровы Западного Кавказа // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа. Новочеркасск, 1999. С. 57–64.
3. DEALTOM. Углеродные наноматериалы [Электронный ресурс]. URL: <http://dealtom.ru/content/production> (дата обращения: 10.01.2017).
4. Губанов Д.О., Комарова Н.Д. К вопросу модифицирования цементов и бетонов // Университетская наука. 2016. №2. С. 69–71.
5. Кондраков И.М.. Методологические подходы к поиску возможных путей развития нанометрических технологий // Сборник научных докладов №19 XIX-ой Международной научно-практической конференции. 2014. № 19. С. 139–143.
6. Курбатов В.Л., Данильян Е.А.. Свойства композиционных материалов в зависимости от физико-механических показателей фаз, гранулометрии и концентрации заполнителей // Science Time. 2014. №2. С. 35–41.

7. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С. М.. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат». 2002.387 с..

8. Волков И. В.. Фибробетон – состояние и перспективы применения в строительных конструкциях //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI в. 2004. № 5. С. 24–25.

9. Magu Madar A. Basalt fibre reinforced cement. London, 1991. С. 31–33.

10.J. Hannat. Fibre cements and fiber concretes. New York, 1998. С.16–17.

11.Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Изд. Ассоц. строит. вузов, 2006. 364 с.

12.Комарова Н.Д.. Аспекты модифицирования цементно-бетонных систем. Научные итоги: достижения, проекты, гипотезы. Сборник научных докладов №19 XIX-ой Международной научно-практической конференции. 2014. № 19. С. 20–24.

13. Курбатов В.Л., Дроков А.В. История фибробетона и его современное применение в России и за рубежом // Сборник научных докладов №21 XXI-ой Международной научно-практической конференции. 2014. № 21. С. 48–52.

14.Дроков А.В., Курбатов В.Л. Свойства и применение фибробетона на основе базальтовой фибры // Сборник научных докладов №22 XXII-ой Международной научно-практической конференции. 2014. №22. С. 7–9.

15. Литвинова Ю.В., Комарова Н.Д., Особенности процессов структурообразования при твердении мелкозернистых бетонов на многокомпонентных вяжущих // Актуальные вопросы

технических наук: теоретический и практический аспекты. Уфа: Изд. Общество с ограничен-

ной ответственностью «АЭТЕРНА», 2015. С. 20–34.

Drokov A.V.

STUDY OF MULTILAYER CARBON NANOTUBES ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE FIBER-REINFORCED CONCRETE, MANUFACTURED WITH RAW MATERIALS OF NORTH CAUCASUS

The most promising trend in modern science and the construction industry is nanotechnology. Through numerous laboratory tests of materials, having in its composition a substance as a multi-layer carbon nanotubes, it has been proven that even small amounts of nanomaterials entered increases the strength characteristics of the test sample. In the study, it was shown that when injected into fiber-concrete samples made on the basis of raw materials of the North Caucasus and containing a fiber of various types, a small number of multi-layer carbon nanotubes increases the strength characteristics of the fiber-reinforced concrete. This area is relevant to the conditions of use in the North Caucasus in relation to the construction and restoration of buildings of sanitary and recreation centers because, as the fiber concrete is a thin-walled material, which carries the load on the bearing part and the base of the building is much less than concrete. But such a property, as the ability to take many forms give buildings and facilities in addition to the positive performance of more and aesthetic appeal.

Key words: composite binders, fibrous concrete, nanotube fiber.

Дроков Алексей Викторович, аспирант.

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

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

E-mail: opasni1@mail.ru

*Барковский Д.В., аспирант,
Высоцкая М.А., канд. техн. наук*
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫХ СТЫКОВОЧНЫХ ЛЕНТ ДЛЯ ДОРОЖНОГО И АЭРОДРОМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

roruri@rambler.ru

В работе рассмотрен опыт по оценке технических параметров стыковочных лент для асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Предложены показатели, по которым целесообразно выполнять испытания лент для их эффективной работы.

Ключевые слова: битумно-полимерная стыковочная лента, шов сопряжения, покрытие, методики оценки качества, нормативная документация.

Введение. Современные технологии дорожного строительства предусматривают устройство асфальтобетонных покрытий из отдельных полос шириной, равной ширине захватки звена асфальтоукладчиков, а требуемая ширина покрытия достигается за счет стыковки горячих, вновь укладываемых полос, к холодным ранее уложенным и уплотненным. Образующиеся при этом стыки асфальтобетона подвержены интенсивному трещинообразованию и шелушению, что нарушает целостность покрытия и открывает доступ атмосферной влаге в нижележащие слои дорожной одежды.

Асфальтобетон в зоне холодного стыка характеризуется низкой плотностью и высокой пористостью [1–4], что приводит к постоянному содержанию избыточной влаги. Проведенные в 2016г. испытания показали, что водонасыщение кернов, отобранных на технологических стыках, в среднем в 3 раза превышает требования ГОСТ 9128 [5] и в 2,5 раза значение данного показателя в теле основного покрытия. Многократные циклы замораживания-оттаивания в осенний и, особенно, весенний период, оказывают негативное воздействие на структуру переувлажненного асфальтобетона. Результатом такого воздействия являются прогрессирующее трещинообразование и возникновение вторичных дефектов – сколов кромок трещин, выкрашивание зерен минерального материала, попадание влаги между слоями и, в конечном итоге, разрушение покрытия. Аналогичные дефекты возникают в местах примыкания асфальтобетонного покрытия к цементобетонным покрытиям и металлическим поверхностям, таким как бордюрный камень, водоотводные лотки, люки и решетки ливневой канализации, трамвайные рельсы.

Основная часть. В отечественной нормативной документации описанные выше конструктивные узлы не имеют четкого технического определения и обозначаются как сопряже-

ние полос [6], швы сопряжения [7], поперечные стыки (швы) [8], холодные стыки [9]. Наиболее часто применяемый термин «сопряжение», обычно трактуется как образование контакта между конструктивными элементами или деталями конструкций. Зарубежные источники [1, 2, 10] используют единый термин «Longitudinal Joint», или продольный шов. Однако, шов предполагает наличие полости заполняемой герметизирующим материалом, что не предусматривается традиционными технологиями устройства асфальтобетонных покрытий. Таким образом, здесь и далее будет использоваться понятие – «сопряжение» для определения плоскости контакта асфальтобетона с асфальтобетоном и прочими поверхностями (металлическими, цементобетонными), а дефекты, возникающие в этих зонах – технологическими трещинами, в силу того, что образование сопряжений вызвано объективными особенностями технологии устройства жестких покрытий. Участок асфальтобетона, расположенный на расстоянии 15-20 см от линии сопряжения смежных полос обозначается как зона сопряжения.

Возникновение дефектов в зонах сопряжений, является признанной проблемой эксплуатации асфальтобетонных покрытий во всех странах мира с развитой дорожной сетью. Особенность данной проблемы состоит в том, что в зависимости от ширины проезжей части, суммарная протяженность продольных сопряжений может в 4–5 раз превышать протяженность участка самого покрытия.

Принципиальным решением проблемы является устройство асфальтобетонных покрытий эшелонном асфальтоукладчиков на всю ширину проезжей части с максимальной протяженностью суточной захватки. Данные мероприятия направлены в первую очередь на формирование однородного монолитного покрытия и сведение к минимуму количества и протяженность хо-

лодных стыков. На территории Российской Федерации по такой «бесшовной» технологии в 2011г. построена гоночная трасса Moscow Raceway в Волоколамском районе Московской области общей протяженностью 4070 м. Однако, укладка асфальтобетонной смеси на всю ширину в местах значительного расширения проезжей части, например, на пунктах взимания платы, таможенных терминалах, парковках - затруднительна, а при строительстве аэродромов и проведении ремонтных работ на автомобильных дорогах – невозможна. В результате, наличие продольных и поперечных холодных стыков является неизбежной особенностью технологии устройства асфальтобетонных покрытий.

За последние 20 лет разработаны и рекомендованы к практическому применению ряд технологических и конструктивных решений по ликвидации проблемы устройства холодных стыков [4, 10], большая часть которых направлена на повышение коэффициента уплотнения асфальтобетонного покрытия в зоне сопряжения. Однако, было отмечено, что далеко не во всех случаях, сопряжения с большей плотностью асфальтобетона проявляли высокий уровень долгосрочной надежности. Было выдвинуто предположение, что определяющим фактором является величина водонасыщения непосредственно в зоне стыка. В общем, это хорошо согласуется с механизмом возникновения дефектов, согласно которому, именно воздействие избыточной влаги инициирует начало разрушения покрытия. На основании обобщенного опыта дорожных и аэродромных исследований, был сделан вывод о том, что в начальный период возникновения дефектов асфальтобетонного покрытия основную роль играет величина остаточной пористости и водонасыщение, тогда как интенсивность разрушений определяется коэффициентом уплотнения асфальтобетона. Так же отмечалось, что в районах с сухим жарким климатом проблема разрушения холодных стыков стоит не так остро, как в регионах с холодным и, особенно, влажным климатом.

Таким образом, долгосрочная эксплуатационная надежность стыков смежных полос и, в определенной степени, самого покрытия может быть достигнута путем уменьшения остаточной пористости (и, соответственно, значения водонасыщения) асфальтобетона в зоне холодного стыка. Очевидно, что данная задача может быть решена путем обработки холодной кромки ранее уложенной полосы битумным вяжущим, непосредственно в процессе устройства покрытия.

Ключевым параметром, определяющим эффективность данной технологии, является соответствие количества вяжущего материала объе-

му открытых пор или другими словами – обеспечение необходимого расхода вяжущего. Так, для смеси марки ЦМА 15, применяемой для устройства верхних слоев покрытий большинства федеральных автомобильных дорог, необходимый расход вяжущего составляет 0,35 кг на погонный метр. Разогретый битум и, тем более, битумная эмульсия, традиционно применяемые для обработки кромок, не могут обеспечить требуемый расход в силу недостаточной вязкости. Максимально достижимый расход битума составляет 0,07 кг/п.м., а битумной эмульсии – 0,02 кг/п.м., что совершенно недостаточно для устранения избыточной пористости. Попытка увеличить расход вяжущего приводит к его стеканию с наклонной кромки, что не только не обеспечивает качество устройства сопряжения, но и препятствует уплотнению устраиваемой полосы.

В связи с этим, наиболее эффективным решением задачи внесения необходимого количества, вяжущего и обеспечения целостности асфальтобетона в зоне холодного стыка является применение стыковочных лент, представляющих собой прямоугольный профиль, изготовленный из битумно-полимерного вяжущего, рис.1. Технология применения лент предусматривает разматывание рулона ленты вдоль уложенной полосы покрытия, фиксацию ее на кромке, снятие защитной пленки и последующие стандартные технологии по укладке и уплотнению асфальтобетонной смеси.



Рис. 1. Внешний вид стыковочной битумно-полимерной ленты

Основа метода состоит в том, что стыковочная лента, уложенная на кромку холодной полосы, рис. 2, до устройства сопряжения, плавится под воздействием высокой температуры укладываемой смеси и, в процессе уплотнения, заполняет поры асфальтобетона вдоль стыка,

снижая тем самым значение водонасыщения. Часть вяжущего при этом выдавливается на поверхность покрытия, формируя дополнительный защитный слой, непосредственно над холодным стыком. Особенностью технологии устройства стыков и примыканий с использованием лент, является то, что вдоль стыка формируется зона асфальтобетона, перенасыщенная битумно-полимерным вяжущим, а не физический «шов» между стыкуемыми поверхностями, рис.3.



Рис. 2. Стыковочная лента на холодной кромке, ранее уложенной полосы покрытия



Рис. 3. Керн, отобранный в месте сопряжения смежных полос покрытия

Стыковочные ленты, обозначаемые в зарубежной литературе как Joint Tape, известны и применяются в развитых странах более 30 лет. [11,12]. В Германии технология применения лент регламентируется стандартом ZTV Fug-StB 01 [13]. Наиболее широко известными продуктами являются ленты TOK-Band (Denso, Великобритания) и Bornit joint tape (BORNIT, ФРГ) Biguma Tape (DGA, ФРГ). В Республике Беларусь действует национальный стандарт [14], определяющий применение лент для сопряжения смежных полос при устройстве верхних слоев асфальтобетонных покрытий. В РФ государственный стандарт не разработан, а стыковочные ленты производятся рядом компаний по Стандартам организаций и применяются при устройстве продольных и поперечных технологических стыков, а также примыканий асфальтобетонных покрытий к цементобетонным и металлическим поверхностям. Наиболее широко на дорожно-строительном рынке представлены ленты торговых марок «БРИТ» (ООО «НОВА-Брит», г. Москва), «Лендор» (ООО «Техпрогресс», г.Тула), «Вейдор» (ООО «Вейдор», г.Владимир).

Анализ технических требований, представленных в различных стандартах, свидетельствует, что основное внимание уделяется качеству битумно-полимерного вяжущего, применяемого для изготовления лент, табл. 1 – 4, а не самому изделию.

В Республике Беларусь, лента изготавливается в соответствии с требованиями Национального Стандарта СТБ 1937, табл.2. В РФ стыковочные ленты производятся несколькими компаниями со следующими техническими характеристиками, табл. 3-4.

Таблица 1

Технические требования к стыковочным лентам в ФРГ

Наименование показателя	Норма по TL Fug-StB 01
Температура размягчения по КиШ, °С, не менее	90
Гибкость на брусе радиусом 20 мм, при температуре 0 °С	На поверхности образца не должно быть трещин
Пенетрация конусом при 25 °С, мм ⁻¹ не более	30
Плотность, кг/дм ³	1,10

Таблица 2

Технические требования к стыковочным лентам в Республике Беларусь

Наименование показателя	Норма по СТБ 1937
Температура размягчения по КиШ, °С, в пределах	80–90
Гибкость на брусе радиусом 20 мм, при температуре -5 °С	На поверхности образца не должно быть трещин
Растяжимость при температуре 25 °С, не менее	35
Геометрические размеры: ширина, мм толщина, мм	50±5 4±1

Таблица 3

Технические требования к стыковочным лентам в России, компания ЛЕНДОР

Наименование показателя	Норма для мастичного слоя ленты ЛЕНДОР
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С	30-50 25
Растяжимость, см, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С	25 20
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	80
Температура хрупкости по Фраасу, °С, не выше	-20
Эластичность, %, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С	80 70
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более (по абсолютной величине)	5
Температура вспышки, °С, не ниже	230
Сцепление с эталонным мрамором	Выдерживает по образцу № 2

Таблица 4

Технические требования к стыковочным лентам в России, компания БРИТ

Наименование показателя	Норма для мастичного слоя ленты «БРИТ-А»
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	80
Температура хрупкости по Фраасу, °С, не выше	минус 25
Глубина проникания иглы при 25 °С, мм ⁻¹ , не более	60
Водопоглощение, %, не более	0,3

Как видно, табл. 5, все стандарты на ленты стыковочные регламентируют пределы морозоустойчивости и теплостойкости битумно-полимерного вяжущего. Такой подход вполне обоснован, так как вяжущее ленты входя в структуру асфальтобетона должно быть совместимо с ним, и соответствовать интервалу пластичности вяжущего, применяемого для производства асфальтобетонной смеси.

Использование в ряде стандартов характеристик, традиционно применяемых для оценки качества битумных вяжущих, представляется излишним. Такие характеристики, как растяжимость, эластичность и водопоглощение важны для проектирования составов и производства асфальтобетонных смесей, но не влияют на способность стыковочных лент выполнять свою основную функцию – заполнять поры асфальтобетона.

В то же время, ни в одном стандарте не сформулированы такие важные технологические требования, как способность лент разматываться из рулона без растрескивания при минимально допустимых температурах укладки асфальтобетонных смесей и способность сохранять физическую форму без слипания рулона при транспортировке и хранении в условиях высоких летних

температур. Другая технологическая характеристика – типоразмер ленты, определяющий удельный расход вяжущего на погонный метр сопряжения, в стандартах приводится как справочная величина, без определенных рекомендаций для различных типов смесей и конструкций, что может приводить к произвольному выбору лент и снижению эффективности их применения.

Исходя из функционального назначения и технологии применения, можно сформулировать основные технические требования к стыковочным лентам и применяемым для их изготовления вяжущим, а именно: технологичность и совместимость с асфальтобетоном.

1. Технологичность. Так как, стыковочные ленты являются рулонными материалами, а технология предусматривает их применение непосредственно на месте устройства покрытия, к ним необходимо предъявлять следующие требования:

- сохранность геометрического профиля, и исключение слипания рулонов при транспортировке и хранении в условиях максимальных летних температур.

- способность рулонов ленты разматываться при минимальных температурах устройства асфальтобетонных покрытий.

- соответствие геометрических параметров типу применяемой смеси.

Таблица 5

Сравнение технических требований к стыковочным лентам

Характеристика	TL Fug-StB 01 Германия	СТБ 1937 Беларусь	СТО 77310225.001 БРИТ-А	Лендор СТО 18314696-005 Россия
Теплостойкость				
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	90	80–90	80	80
Пенетрация, мм ⁻¹ , не более	30		60	30 - 50
Морозоустойчивость				
Гибкость на брусе R = 20 мм, °С, не выше	0	минус 5		
Температура хрупкости по Фраасу, °С не выше			минус 25	минус 20
Эксплуатационные				
Сцепление с эталонным мрамором				По образцу № 2
Эластичность, %, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С				80 70
Растяжимость, см, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С				25 20
Технологические				
Основные типоразмеры, мм				
ширина	40	50	50	50
толщина	10	5	8	5

2. Совместимость с асфальтобетоном.

В связи с тем, что после укладки смежной полосы, вяжущее ленты плавится и фактически входит в состав асфальтобетона, оно должно обладать следующими физико-механическими характеристиками:

- теплостойкость - не ниже теплостойкости вяжущего, применяемого для изготовления асфальтобетонной смеси.

- морозостойкость - не выше морозостойкости вяжущего, применяемого для изготовления асфальтобетонной смеси.

- прочность сцепления со щебнем (адгезия к каменному материалу).

Рассмотрим более детально и проанализируем показатели, которые, по нашему мнению, необходимо учитывать при разработке стыковочных лент для дорожного и аэродромного строительства и работе с ними.

Теплостойкость. Абсолютный температурный максимум, зафиксированный на территории РФ составляет 45 °С, что и является максимальным значением теплостойкости для стыковоч-

ных лент. При этой температуре ленты не должны терять свои геометрические параметры, а рулоны лент и их витки не должны слипаться. В качестве характеристик теплостойкости принимается совокупность показателей температуры размягчения по КиШ и глубины проникновения иглы при 25 °С. Опытным путем установлено, что для обеспечения теплостойкости более 45 °С, значение температуры размягчения должно быть не менее 85 °С, а глубины проникновения иглы при 25 °С не более 60×10^{-1} мм.

Морозоустойчивость. В качестве характеристик морозоустойчивости вяжущего используются показатели гибкости на брусе, либо температура хрупкости на приборе Фрааса. Метод определения по значению гибкости на брусе традиционно применяется для оценки низкотемпературных свойств гидроизоляционных мастик и рулонных кровельных материалов, содержащих в своем составе значительное количество наполнителей. В то же время, оценить низкотемпературные свойства битумных и битумно-полимерных вяжущих, из которых изготавлива-

ются стыковочные ленты, позволяет метод определения хрупкости по Фраасу. Температура хрупкости фактически применяемых в РФ вяжущих во II и III дорожно-климатических зонах, обычно не ниже минус 25 °С, что, вероятно, и является обоснованным минимальным значением морозоустойчивости для стыковочных лент. Повышение температуры хрупкости вяжущего для южных регионов нецелесообразно, так как, не смотря на более высокие температуры эксплуатации покрытий, на данный показатель накладываются технологические ограничения по способности рулонов разматываться при минимальной температуре укладки смеси.

Гибкость. СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги» [15] допускает устройство асфальтобетонных покрытий при температурах не ниже 5 °С, что и является минимальным значением гибкости самой стыковочной ленты любого типоразмера. Гибкость, в отличие от температуры хрупкости битумно-полимерного вяжущего, может определяться методом изгибания на брусе диаметром 50 мм по ГОСТ 26589.

Совместимость. Учитывая, что после укладки смежной полосы покрытия, стыковочная лента плавится и входит в состав асфальтобетона в зоне сопряжения, вяжущее ленты должно быть совместимо с асфальтобетонной смесью. Качественно оценить такую совместимость можно по показателю адгезии битумно-полимерного вяжущего к поверхности щебня после кипячения в соответствии с [16]. Адгезия считается удовлетворительной, если после испытания не менее 80 % поверхности щебня остается покрытой пленкой вяжущего. Данная методика может быть взята за основу для оцен-

ки совместимости битумно-полимерного вяжущего из стыковочных лент с асфальтобетоном.

Типоразмер. В зависимости от типа применяемой смеси на кромке уложенной полосы формируется асфальтобетон различной пористости. Помимо этого, проектные решения могут предусматривать доуплотнение или вертикальную обрезку кромки, что в свою очередь изменяет структуру стыкуемой поверхности. Расход вяжущего для ленты профиля [50×5] мм составляет 230 гр/пм, а для профиля [50×10] – 460 гр/пм. Приведенные данные показывают, что для каждого типа асфальтобетонной смеси, а также конструкции, при сопряжении должны применяться индивидуальные типоразмеры лент, расход вяжущего которых соответствует пористости асфальтобетона в зоне холодного стыка. При этом, косвенным подтверждением максимального заполнения пор в зоне сопряжения, является выдавливание избыточного вяжущего на поверхность покрытия при уплотнении смеси. Таким образом, можно сформулировать минимальный перечень технических требований к стыковочным лентам, позволяющий обеспечить технологичность их применения и выполнение основной функции – заполнения пор асфальтобетона в зоне сопряжения, табл. 6.

Определение рекомендуемого типоразмера стыковочной ленты, а, следовательно, и количества вяжущего, вносимого на холодный стык, соответствующего данному типу смеси и применяемой конструкции, представляется темой отдельного исследования, которое может быть проведено только в рамках опытно-промышленных работ

Таблица 6

Технические требования и методы испытаний стыковочных лент

Наименование показателя	Значение показателя	Методы испытаний
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	80	ГОСТ 11506
Глубина проникания иглы при 25 °С, мм ⁻¹ , не более	60	ГОСТ 11501
Температура хрупкости по Фраасу, °С, не выше	минус 25	ГОСТ 11507
Адгезия вяжущего к щебню	4–5 балла	ГОСТ 9128
Гибкость ленты на брусе диаметром 50 мм, °С, не выше	5	ГОСТ 26589

Выводы. На основании выполненного анализа можно отметить следующее:

1. Нормативная база РФ касательно технических требований к стыковочным лентам для аэродромного и дорожного строительства и методов их испытаний практически отсутствует и нуждается в развитии, т.к. на сегодняшний день каждый производитель опирается на удобные для него показатели, в ряде случаев не отвеча-

ющие условиям работы ленты в дорожном конструктиве.

2. Исходя из функционального назначения и технологии применения стыковочных лент, необходимо сформулировать к ним и применяемым для их изготовления вяжущим основные технические требования, а именно: технологичность и совместимость с асфальтобетоном.

3. Необходимо внесение единообразия на территории РФ по типоразмерам стыковочной

ленты, используемой в аэродромном и дорожном строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Prithvi S. Kandhal, Timothy L. Evaluation of eight longitudinal joint, Ramirez. National Center for Asphalt Technology Auburn University. 2002.

2. HMA Longitudinal Joint Evaluation and Construction. Final Report. Stacy G. Williams, Department of Civil Engineering University of Arkansas. 2011.

3. Can Chen. Evaluation of Iowa asphalt pavement joint cracking, Iowa State University. 2014.

4. Барковский Д.В., Высоцкая М.А. Технология устройства продольных швов сопряжения асфальтобетонных покрытий. Мировой опыт// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 16–24.

5. ГОСТ 9128-2009 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Введен в действие 1 января 2011 г. 27 с.

6. ВСН 14-95 «Инструкция по строительству дорожных асфальтовых покрытий», Москва. 1995.

7. Технические рекомендации по устройству дорожных конструкций с применением асфальтобетона, Москва. 2007.

8. СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редак-

ция СНиП 3.06.03-85. Утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 272 и введен в действие с 1 июля 2013 г. 53 с.

9. http://www.russianhighways.ru/about/normative_base/standards-organizations/

10. Fleckenstein L. John. Compaction at longitudinal construction joint in asphalt pavement, Kentucky Transportation Center. 2002.

11. Информационные материалы компании DENSO NORTH AMERICA INC, США. 2009

12. Информационные материалы компании BORNIT, Германия. 2014.

13. TL Fug-StB 01 «Дополнительные технические условия и руководство по устройству швов дорожных покрытий», Германия. 2001.

14. СТБ 1937 «Лента битумная. Технические условия», Минск. 2009.

15. ОДМ 218.2.003-2007 Рекомендации по использованию полимерно-битумных вяжущих материалов на основе блоксополимеров типа СБС при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. Введен в действие 1 февраля 2007. № ОБ-29-р.

16. ОДМ «Методические рекомендации по устройству одиночной шероховатой поверхностной обработки техникой с синхронным распределением битума и щебня», Москва. 2001. Введен в действие 26 октября 2001 г. 78 с.

Barkovskii D.V., Vysotskaya M.A.

TECHNICAL REQUIREMENTS AND TEST METHODS OF BITUMEN-POLYMER JOINTING TAPES FOR ROAD AND AIRFIELD CONSTRUCTION

The paper discusses the experience of the evaluation of the technical parameters of connecting strips for asphalt coating of roads and airfields. Proposed indicators which it is advisable to perform the test strips for their efficient operation.

Key words: bituminous-polymeric connecting strip, the seam pairing, coating, methods of quality assessment, regulatory documentation.

Барковский Дмитрий Владиславович, аспирант.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент.

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

DOI: 10.12737/24488

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Сумской Д.А., аспирант,
Золотых С.В., аспирант,
Канева Е.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОЛУЧЕНИЕ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАСТВОРОВ В ВИХРЕВОЙ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

LHZ47@mail.ru

Приведены результаты исследований по измельчению отходов перлитового производства в вихревой струйной мельнице, установлены особенности их измельчения. Получены вяжущие композиции при различных соотношениях цемента и отходов производства перлитового песка в вихревой струйной мельнице при разных режимах измельчения. Изучены особенности процессов измельчения и определены технологические и физико-механические свойства полученных вяжущих композиций.

Ключевые слова: вяжущие композиции, вихревая струйная мельница, отходы производства перлитового песка, гранулометрический состав, физико-механические показатели.

Введение. Повышение энергоэффективности и энергосбережение являются на сегодняшний день приоритетными направлениями энергетической политики России. При проектировании энергоэффективного дома в первую очередь стоит побеспокоиться о предотвращении потерь тепла через ограждающие конструкции, а уже потом об оптимизации работ инженерных систем здания, о снижении затрат на освещение и внедрении альтернативных источников энергообеспечения. Теплоизоляционные материалы, чьей главной характеристикой является теплопроводность, играют решающую роль в обеспечении оптимальных условий микроклимата помещений. Задача создания теплоизоляционных растворов с улучшенными теплозащитными характеристиками является на данный момент весьма актуальной. Для снижения плотности теплоизоляционных растворов необходимо создать эффективное композиционное вяжущее, что явилось целью данной работы.

Методология. В качестве сырьевых материалов использованы: цемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2003) ЗАО «Белгородский цемент» и отходы производства перлитового песка. Композиционное вяжущее получали в помольном агрегате - вихревой струйной мельнице ВСМ-01. Гранулометрический анализ проводился на установке MicroSizer 201. Физико-механические свойства вяжущих композиций определяли в соответствии с нормативными требованиями.

Основная часть. В настоящее время широкое распространение получили композиционные вяжущие, которые широко применяют для рационального использования цемента в бетоне и для получения высококачественных строительных материалов различного назначения [1–25 и др.].

Композиционные вяжущие представляют собой продукт механохимической активации в регламентированных условиях портландцемента или другого вяжущего с химическими модификаторами, обеспечивающими водопонижающий эффект, и минеральными добавками различного генезиса.

При получении композиционных вяжущих различного назначения в качестве минеральных добавок активно используются различные природные материалы и отходы промышленного производства: золы, шлаки, шламы, хвосты мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, техногенные пески и т.д. Ранее проведенными исследованиями установлена высокая эффективность использования отходов перлитового производства при получении композиционных вяжущих для теплоизоляционных растворов. Так, введение в композиционные вяжущие, полученных в шаровой и вибрационной мельницах, отходов перлитового производства в пределах 5–10 % и пластификатора, обеспечило повышение прочности при сжатии почти в два раза [26]. В связи с этим нами была поставлена задача получения композиционных вяжущих в вихревой струйной мельнице и изучение особенностей процессов измельчения и исследования свойств полученных композиционных вяжущих.

Вихревая мельница представляет собой газодинамический измельчитель, в котором осуществляется каскадное ударное измельчение при низких скоростях соударений, близких к порогу разрушения материала (рис. 1). При этих скоростях затраты энергии на образование новой поверхности минимальны, но создаются условия для активации поверхностного слоя частиц.

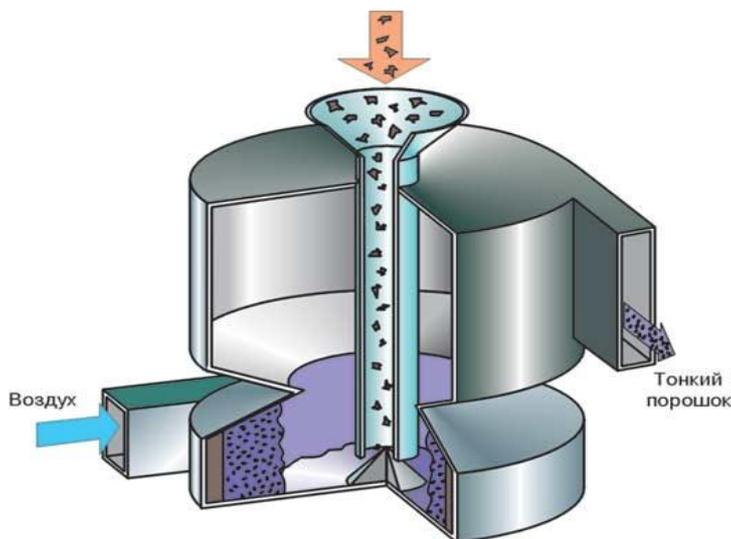


Рис. 1. Схема работы вихревой струйной мельницы

Вихревая струйная мельница (ВСМ-01) имеет следующие параметры: футеровка рабочей камеры – «лунная поверхность»; рабочее давление – 10 бар; расход воздуха – $1\text{ м}^3/\text{мин}$; производительность зависит от свойств конкретного материала. В мельнице эффективно измельчаются хрупкие и пластичные материалы, а также частицы в суспензии, текучие материалы. Технично-экономические преимущества: отсутствие локального разогрева; отсутствие движущихся элементов; малые габариты, простота обслуживания, безопасность и надежность; низкое давление воздуха на входе (если для распространенных струйных мельниц характерно использование сжатого воздуха при давлениях $0,7...1,4\text{ МПа}$, то в вихревой мельнице аналогичные результаты достигаются при $0,2...0,6\text{ МПа}$) [27].

В соответствии с поставленной целью на первом этапе исследованы особенности измельчения отходов перлитового производства в данной мельнице. Методом электронно-микроскопических исследований ранее установлены особенности измельчения вспученных перлитовых зерен в шаровой мельнице, приобретающих осколчато-пластинчатую форму при помоле, которая благоприятно влияет на создание высокодисперсной пространственной объемной структуры вяжущих композиций в создаваемой сухой теплоизоляционной смеси и растворе на ее основе [15]. Анализ измельченных перлитовых зерен в вибрационной мельнице показал, что зерна в процессе приобретают шаровидно-эллипсоидную форму, что сказывается на увеличении нормальной плотности вяжущих композиций, вследствие защемления и удержания воды шаровидными зернами перлита. В результате проведенных нами исследований помола перлитовых зерен в вихревой струйной

мельнице установлено, что зерна перлита имеют пластинчато-призматическую форму (рис. 2 а, б, в), что отчетливо видно на микрофотографиях. Как видно, помол в вихревой струйной мельнице повлиял на формирование частиц перлитовых отходов, которые приобрели вид «шоколадной крошки».

Таким образом, каждая помольная установка формирует определенную форму и структуру измельчаемого материала, свойства которого отразятся в композиционном вяжущем и в полученном композите.

Кривая исследования товарного цемента представленная на рис.3, показывает распределение частиц по размеру, в пределах от $0,1$ до 100 мкм с удельной поверхностью $12637\text{ см}^2/\text{см}^3$. Кривая распределения перлитовых отходов (рис.4) показывает распределение частиц от 1 до 100 мкм , при этом удельная поверхность частиц составляет $3099\text{ см}^2/\text{см}^3$. При примерно одинаковом распределении частиц, удельная поверхность цемента более чем в 4 раза превосходит удельную поверхность перлитовых отходов. Это объясняется тем, что частицы цемента имеют форму зерен, а частицы перлитовых отходов имеют пластинчатую форму (при значительной тонкости частиц они имеют большой размер по длине и ширине).

С целью установления оптимального состава композиционного вяжущего были исследованы составы вяжущих композиций (табл. 1). Вяжущие композиции пропускались через вихревую струйную мельницу один, два и три раза с различным процентным содержанием отходов перлитового производства 5 ; $7,5$ и 10% . Для сравнения исследовался товарный цемент при соответствующем пропуске через вихревую струйную мельницу.

Каждый состав вяжущих композиций после помола исследовали на приборе Analysette 22

NanoTec plus для определения гранулометрического состава (рис. 5-8 а, б, в, г).

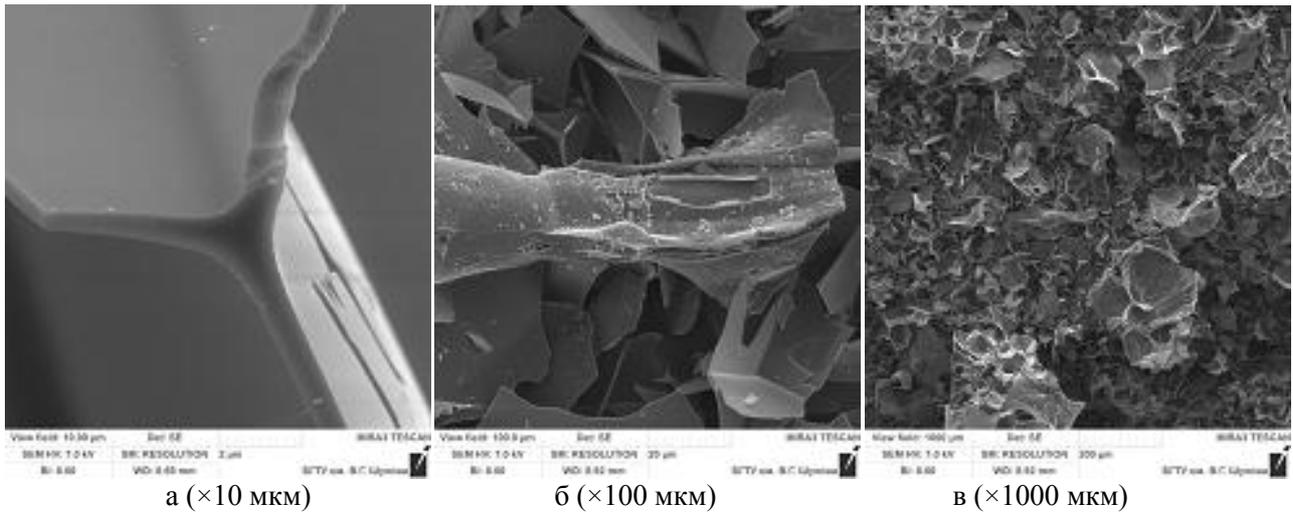


Рис.1. Исходные перлитовые отходы

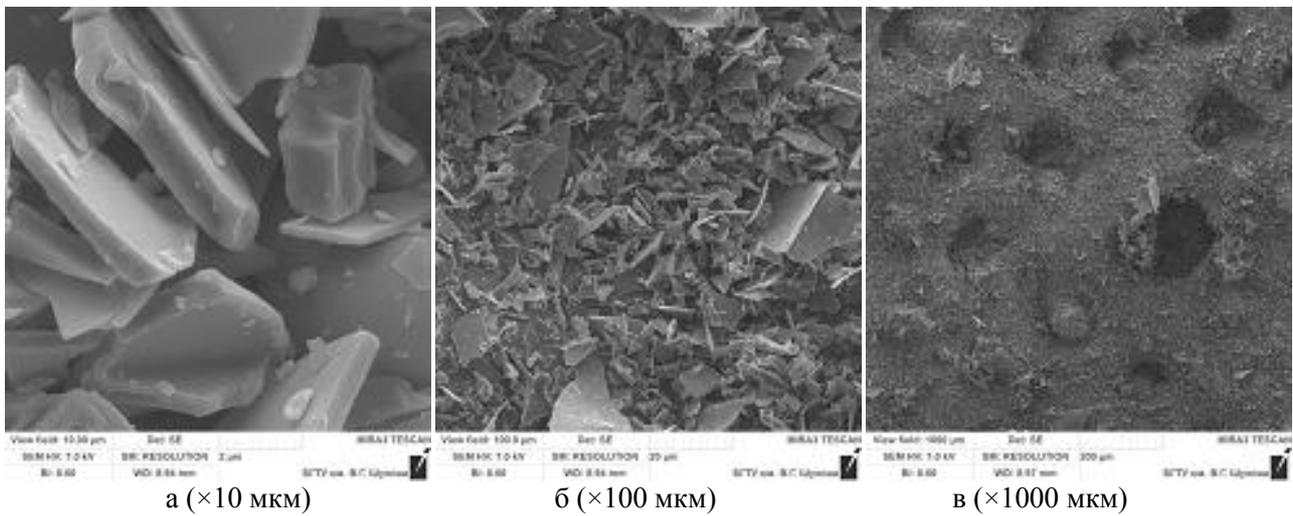


Рис. 2. Перлитовые отходы, измельчённые в вихревой струйной мельнице

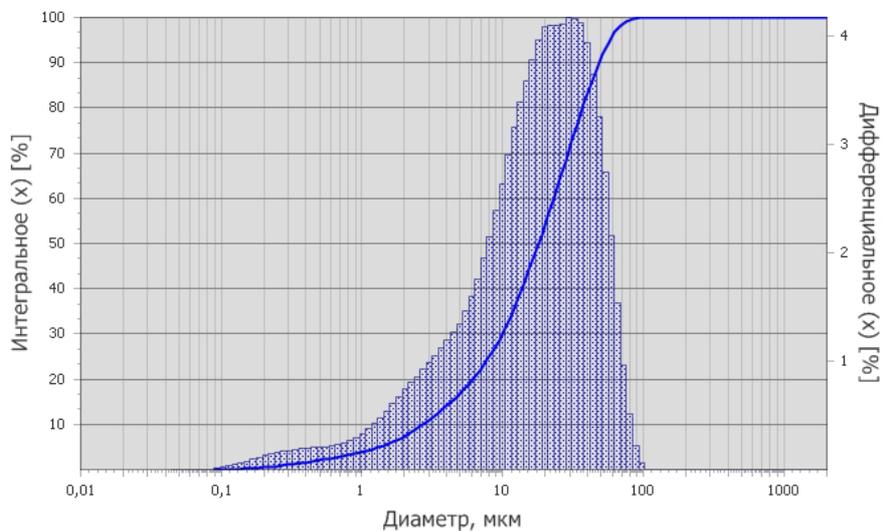


Рис. 3. Распределение частиц цемента по размерам

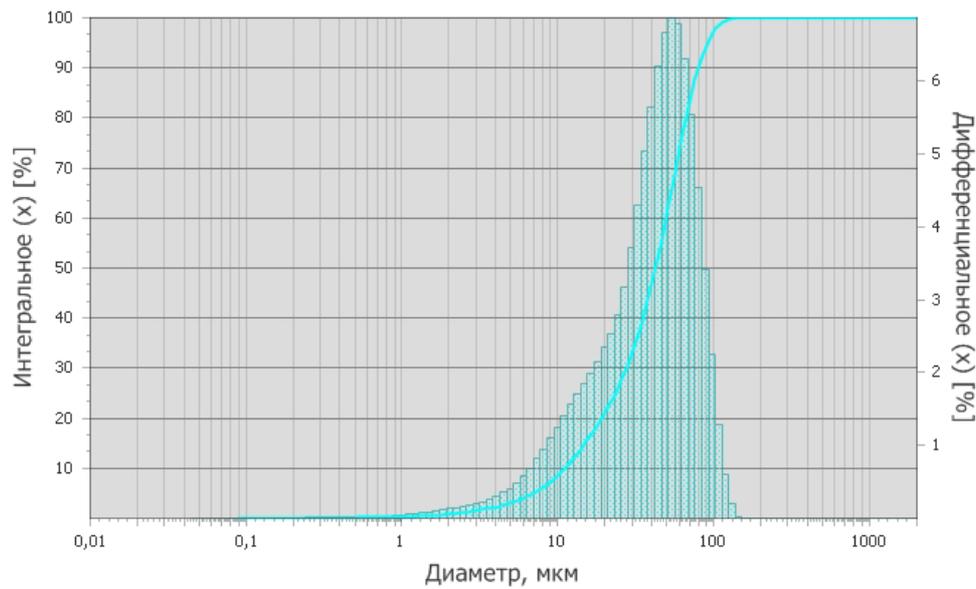


Рис. 4. Распределение частиц перлитовых отходов по размерам

Таблица 1

Составы вяжущих композиций

№ составов	Наименование	кол-во воды, мл	НГ, %	схватывание, мин		плотность, г/см ³	R _{сж} , МПа	
				начало	конец		через 3 сут	через 28 сут
1	ПЦ0	116	29	169	271	2,3	40,1	43,1
2	ПЦ1=>(1 проход)	128	32	121	199	2,1	46,3	47,2
3	ПЦ2=>(2 проход)	134	34	78	169	2,1	45,5	49,0
4	ПЦ3=>(3 проход)	168	42	124	191	2,1	48,4	50,1
5	КВ1.0=>ПЦ/ПП=95/5 %	203	41	252	378	1,8	13,6	25,8
6	КВ1.1=>ПЦ/ПП=95/5 % (1 проход)	165	44	146	260	2,0	41,9	51,6
7	КВ1.2=>ПЦ/ПП=95/5 % (2 проход)	177	45	172	267	2,0	34,8	38,1
8	КВ1.3=>ПЦ/ПП=95/5 % (3 проход)	180	51	157	244	2,0	42,2	52,0
9	КВ2.0=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 %	260	65	77	434	1,7	6,9	13,2
10	КВ2.1=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (1 проход)	175	44	84	278	1,9	31,9	38,0
11	КВ2.2=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (2 проход)	180	45	76	243	2,0	20,0	41,8
12	КВ2.3=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (3 проход)	185	46	137	251	2,0	23,4	31,6
13	КВ3.0=>ПЦ/ПП=90/10 %	250	63	30	406	1,6	5,8	13,2
14	КВ3.1=>ПЦ/ПП=90/10 % (1 проход)	180	45	20	275	1,8	23,8	45,5
15	КВ3.2=>ПЦ/ПП=90/10 % (2 проход)	184	46	20	168	2,0	15,3	53,3
16	КВ3.3=>ПЦ/ПП=90/10 % (3 проход)	186	47	20	140	2,0	21,8	47,8

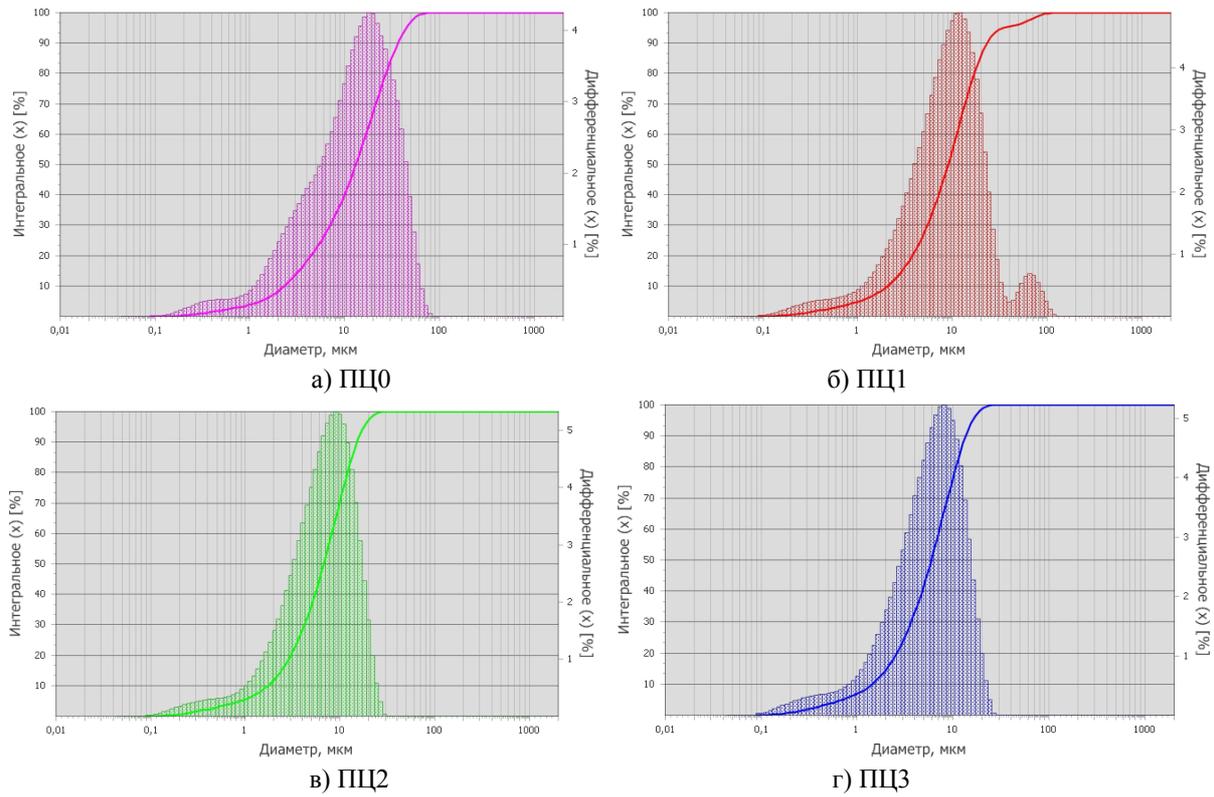


Рис. 5. Распределение частиц цемента по размерам

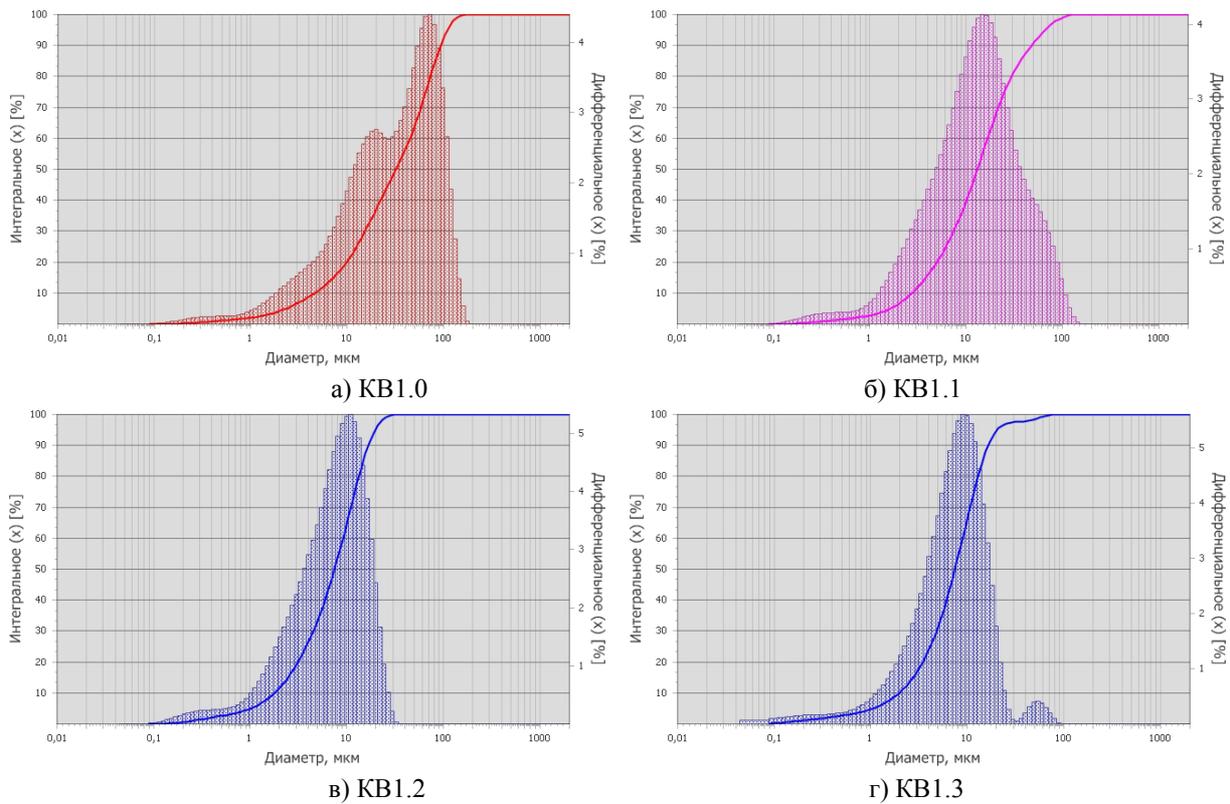


Рис. 6. Распределение частиц вяжущей композиции по размерам

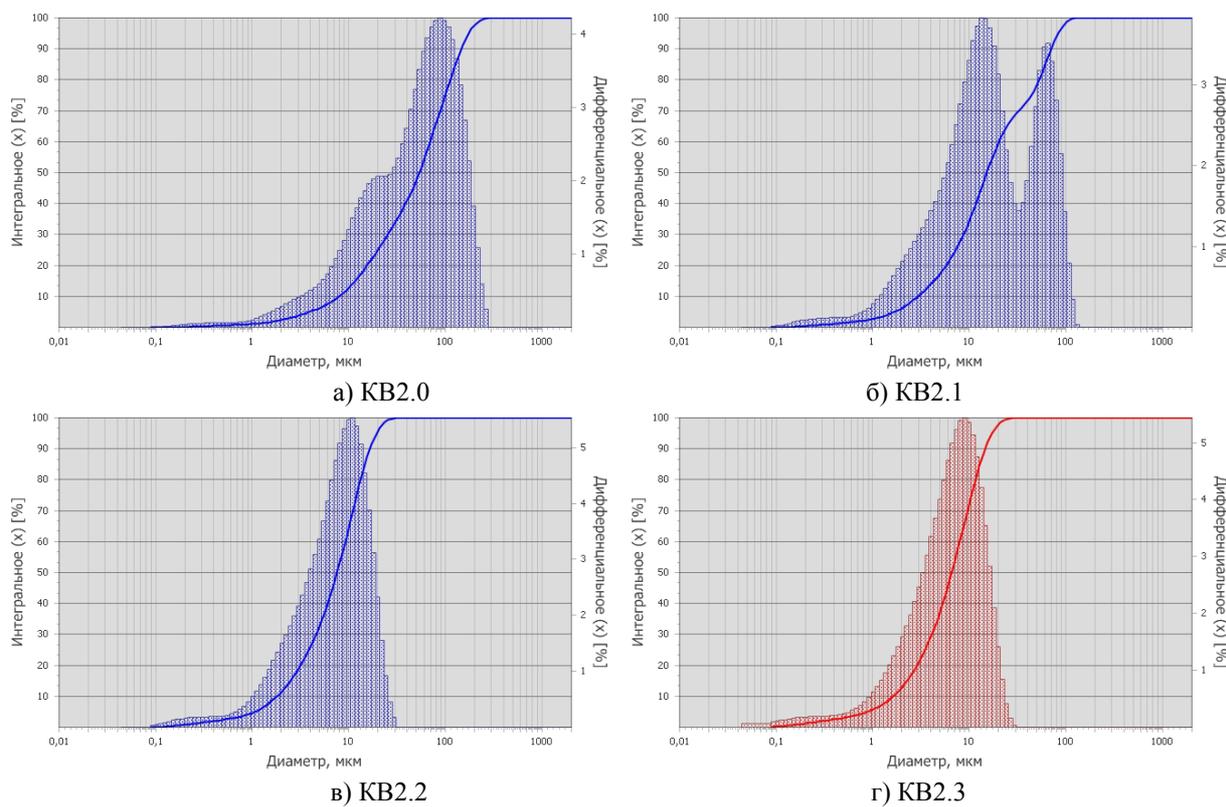


Рис. 7. Распределение частиц вяжущей композиции по размерам

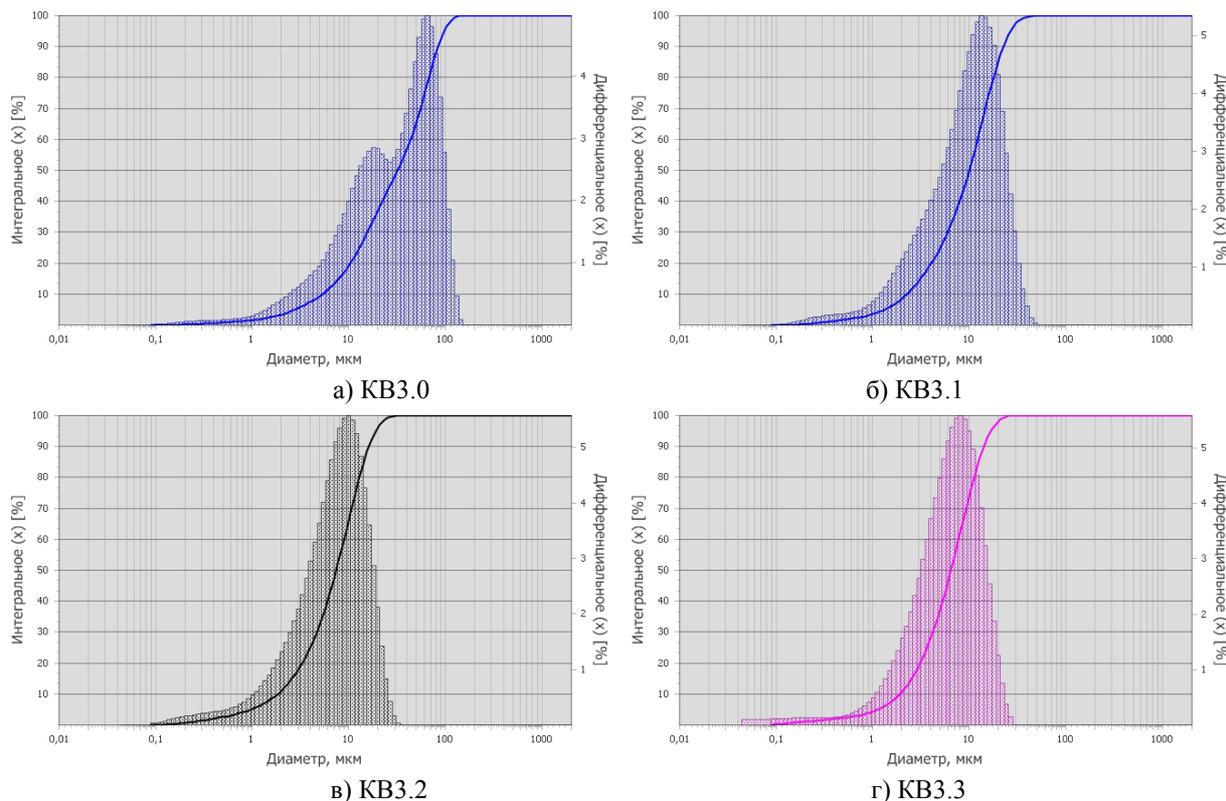


Рис. 8. Распределение частиц вяжущей композиции по размерам

Распределение частиц по размерам товарного цемента (исходного) находится в пределах от 0,1 до 100 мкм, их удельная поверхность составляет $13429 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис. 5а). Товарный цемент, пропущенный через вихревую струйную мельницу один раз, имеет распределение частиц

по размерам в пределах от 0,1 до 100 мкм и приобретает удельную поверхность $16945 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности составляет 26 % (рис. 5 б). Товарный цемент, пропущенный через вихревую струйную мельницу два раза, имеет распределение частиц в диапазоне

от 0,1 до 20 мкм с удельной поверхностью $20156 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что обеспечивает прирост удельной поверхности на 50 % (рис. 5в). Трехкратный пропуск товарного цемента через вихревую струйную мельницу показывает распределение частиц в пределах 0,1 до 20 мкм с удельной поверхностью $23520 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности составляет 75 % (рис. 5г).

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности многократного пропуска товарного цемента через вихревую струйную установку, что указывает на предпосылки для создания высокодисперсных систем для последующей гидратации и получения высокопрочных композитов.

Рассматривая кривые распределения частиц при приготовлении вяжущих композиций при соотношении компонентов: 95 % цемента – 5 % перлитовых отходов в вихревой струйной мельнице следует отметить, что исходная смесь имеет распределение частиц по размеру от 0,1 до 200 мкм с удельной поверхностью $7636 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис.6а). При однократном проходе через мельницу смесь вызывает распределение частиц от 0,1 до 180 мкм, при этом удельная поверхность составляет $11874 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности – 55,5 % (рис. 6б). При двукратном проходе через мельницу смесь имеет распределение частиц от 0,1 до 25 мкм с удельной поверхностью $18998 \text{ см}^2/\text{см}^3$, дает прирост удельной поверхности 148,8 % (рис.6в). При трехкратном проходе смеси распределение частиц от 0,04 до 100 мкм с удельной поверхностью $20206 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что обеспечивает прирост удельной поверхности 164,6 % (рис. 6г).

Данные результаты указывают на целесообразность многократного помола вяжущих композиций в вихревой струйной установке.

Анализ кривых распределения частиц при приготовления вяжущих композиций при соотношении компонентов: 92,5 % цемента – 7,5 % перлитовых отходов в вихревой струйной установке показывает, исходная смесь содержит частицы размерами от 0,1 до 300 мкм с удельной поверхностью $4860 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис. 7а). При однократном проходе через мельницу смесь содержит частицы от 0,1 до 110 мкм с удельной поверхностью $11172 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности составляет 130 % (рис.7 б). При двукратном проходе смесь содержит частицы от 0,1 до 30 мкм с удельной поверхностью $19195 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что дает прирост 295 % (рис.7в). Трехкратный проход в мельнице обеспечивает наличие частиц размером от 0,04 до 30 мкм с удельной поверхностью $22854 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост

удельной поверхности составляет 370 % (рис.7г).

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности помола данных композиций в мельнице.

Изучение кривых распределения частиц вяжущих композиций, приготовленных в вихревой струйной мельнице при соотношении компонентов: 90% цемента и 10% перлитовых отходов показало следующее. Исходный состав указанной композиции показал распределение частиц по размерам в пределах от 0,1 до 150 мкм, с удельной поверхностью $6833 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис.8а). При повторном помоле этой смеси распределение частиц изменилось с 0,1 до 50 мкм, с удельной поверхностью $14315 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что имеет прирост 109 % (рис. 8б). При двукратном проходе композиции через мельницу распределение частиц изменилось с 0,1 до 35 мкм, с удельной поверхностью $19231 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что дает прирост поверхности на 181 % (рис. 8в). При трехкратном проходе распределение частиц изменилось с 0,04 до 20 мкм, с удельной поверхностью $20954 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что обеспечило прирост удельной поверхности на 207 % (рис. 8г). Приведенные результаты свидетельствуют о высокой эффективности измельчения в вихревой струйной мельнице и получении значительных удельных поверхностей, что определенным образом повлияют на формирование структуры композита.

В соответствии требованиям ГОСТ 310.3-76 «Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема» определяли у вяжущих композиций нормальную плотность (табл. 1, рис. 9) и сроки схватывания (таблица 1, рис. 10).

Анализ полученных результатов по определению нормальной плотности и сроков схватывания вяжущих композиций свидетельствует о влиянии различного содержания перлитовых отходов в вяжущих композициях и условий их приготовления в вихревой струйной мельнице. Так введение в вяжущие композиции повышенного содержания перлитовых отходов увеличивает величину нормальной плотности. Сроки схватывания вяжущих композиций с повышенным содержанием перлитовых отходов сокращаются. Вяжущие композиции с содержанием перлитовых отходов – 5 % показывают наиболее поздние сроки начала и конца схватывания вяжущих композиций.

Из всех составов вяжущих композиций отформованы образцы-кубики $3 \times 3 \times 3 \text{ см}$ (по 6 шт), которые хранились в нормальных условиях. Физико-механические испытания образцов вя-

жущих композиций проводили в возрасте 3 и 28 суток (рис.11).

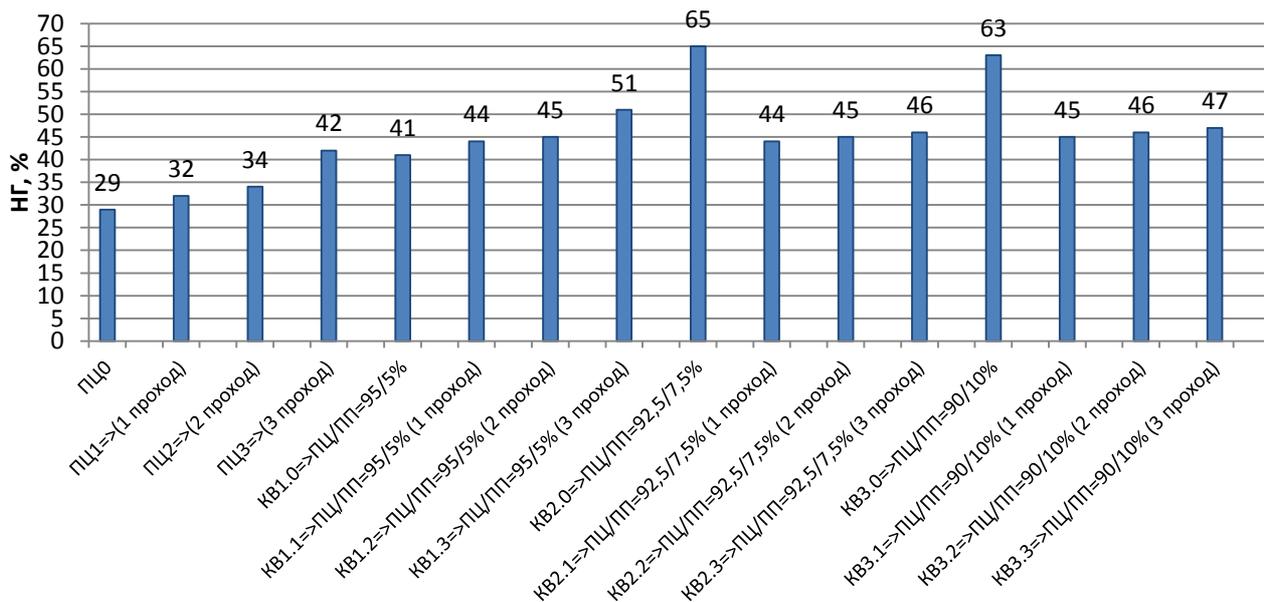


Рис. 9. Нормальная плотность вяжущих композиций

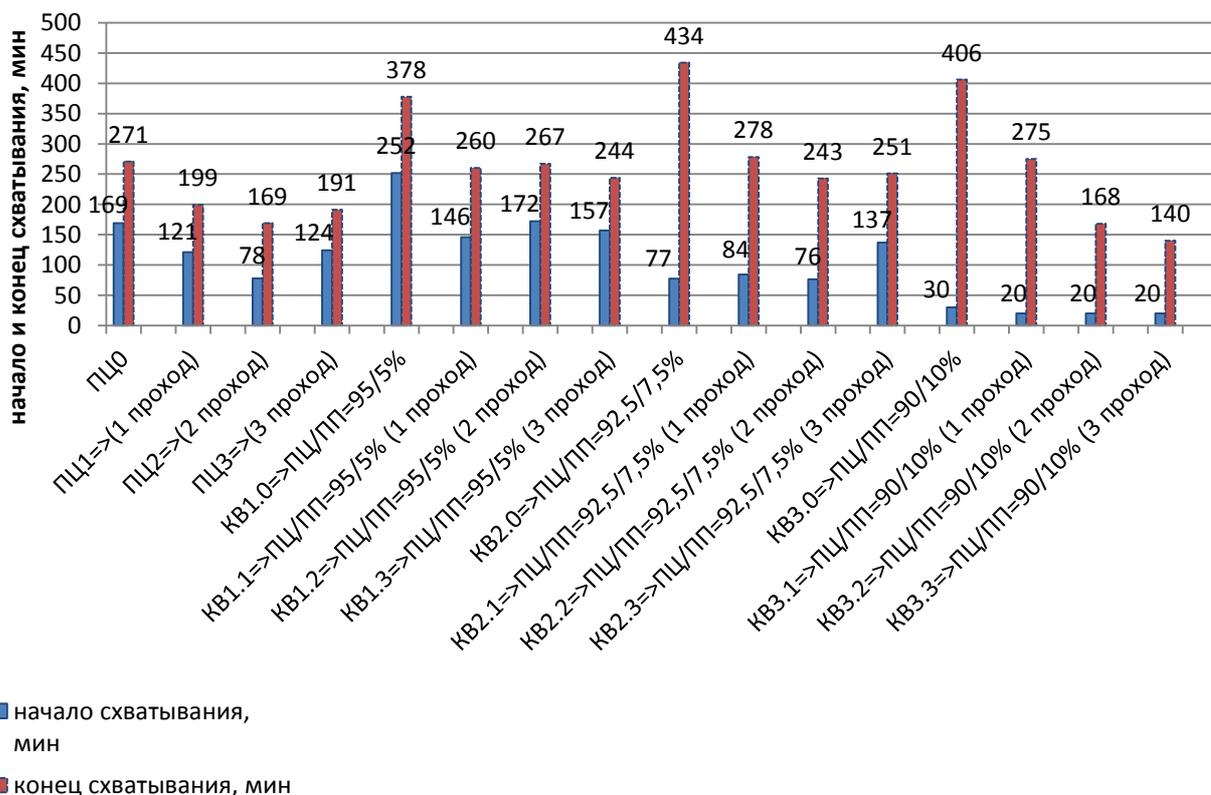


Рис. 10. Сроки схватывания вяжущих композиций

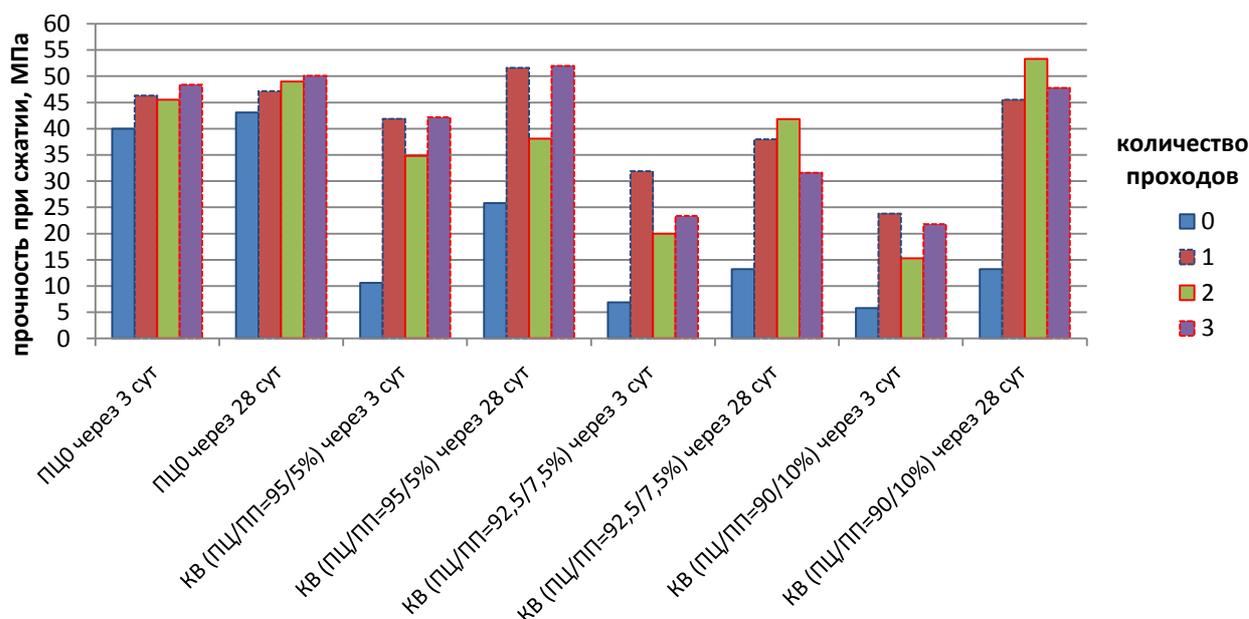


Рис. 11. Предел прочности при сжатии в возрасте 3 и 28 суток

Установлено, что при увеличении числа прогонов товарного цемента через вихревую струйную мельницу прочность вяжущих композиций увеличивается от 9 до 16 %. Для вяжущих композиций при сравнении с товарным цементом при содержании перлитовых отходов 5 % отмечается повышение предела прочности при сжатии до 20 % при 2 и 4 прогонах через вихревую струйную мельницу. Отмечается повышение прочности при сжатии образцов вяжущих композиций при 2-х и 3-х кратном прогоне через мельницу состава с содержанием отходов перлита 10 % до 25 %. Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения вяжущих композиций с повышенными показателями прочности.

На следующем этапе работы ставилась задача модификации вяжущих композиций с целью получения эффективных композиционных вяжущих для получения теплоизоляционных растворов.

Выводы. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что вяжущие композиции, полученные в вихревой струйной мельнице, при различных вариантах смешения исходных материалов показали, что полученные композиты имеют свои особенности, обусловленные формой и размером частиц и различными технологическими и физико-механическими свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строи-

тельства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10-20.

2. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. Energy-efficient concretes for green construction // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1087–1090.

3. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.

4. Алфимова Н.И., Никифорова Н.А. Оптимизация параметров изготовления композиционных вяжущих, изготовленных с использованием вулканического сырья // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4. С. 33–39.

5. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88). С. 95–99.

6. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2013. 127 с.

7. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Степень гидратации композиционных вяжущих как фактор коррозии арматуры в бетоне // Известие вузов. Строительство. 2013. №1. С. 28–33.

8. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные

материалы. 2013. №7. С. 56–58.

9. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С. Бетоны на композиционных вяжущих // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. 2012. № 2 (7). С. 99–101.

10. Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю., Трунов П.В. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2012. 197 с.

11. Строкова В.В., Гринев А.П., Алфимова Н.И., Огурцова Ю.Н. Мелкозернистые бетоны для монолитного строительства на основе сырья Ханты-Мансийского автономного округа. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 107 с.

12. Лесовик Р.В., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов алмазообогащения // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 30–31.

13. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2015. 132 с.

14. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2015. 75 с.

15. Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Shkarina A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. № 24 (11). С. 1496–1502.

16. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.

17. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.

18. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства // Вестник Центрального

регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.

19. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.

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

21. Kuprina A.A., Lesovik V. S., Zagorodnyuk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. № 9. С. 816–819.

22. Lesovik, V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.A., Popov, D.Y. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research journal of applied sciences 2104. №9(12). С. 1100–1105.

23. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research journal of applied sciences. 2015. № 10(12). С. 931–936.

24. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19 С. 40617–40622.

25. Ильинская Г.Г. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Применение отходов КМА при производстве сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. Шухова. 2012. № 4. С. 15–19.

26. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.

27. <http://dv.sartpp.ru/news.php?ID=206>

**Zagorodnyuk L.H., Sumskey D.A., Zolotyih S.V., Kaneva E.V.
OBTAINING BINDER COMPOSITIONS FOR THERMAL INSULATION SOLUTIONS
IN THE VORTEX JET MILL**

The results of studies on the crushing of waste perlite production in a vortex jet mill, features of grinding. The obtained binder compositions with various ratios of cement and waste production of perlite sand in the vortex jet mill at different grinding modes. The peculiarities of the processes of comminution and is determined by the technological and physico-mechanical properties of the cementitious compositions.

Key words: binding compositions, vortex jet mill, waste from the production of perlite sand granulometric composition, physico-mechanical parameters.

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: LHZ47@mail.ru

Сумской Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: pr9nik2011@yandex.ru

Золотых Сергей Викторович, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Канева Елена Вячеславовна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

DOI: 10.12737/23802

Антохин П.И., магистр

Национально исследовательский Московский государственный строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ И РАЗМЕРОВ НАКЛАДКИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА

pavel-antokhin@rambler.ru

В условиях больших объемов и высоких темпов изготовления монолитных конструкций особую остроту приобретают вопросы разработки и применения надёжных методов построения контроля температуры выдерживания и динамики нарастания прочности бетона и связанных с этим технологических приёмов выдерживания конструкций, подвергающихся ранней распалубке. Основная цель исследований – изучение особенностей совместной работы накладки и датчика температуры с палубой, подбор оптимального типа накладки и расчётной зависимости, оценка производственной точности метода. В основу экспериментальных исследований, как и при исследовании ИК измерений, заложен принцип идентичности проведения эксперимента производственным условиям. Выполнена проверка метода косвенных измерений с применением теплоизолирующих накладок в производственных условиях. Экспериментально установлены основные факторы, влияющие на точность расчёта температуры бетона, подтверждены случаи возможности корректного аналитического расчёта. Предложена оптимальная конструкция накладки малых размеров, получена экспериментальная корреляционная зависимость пересчёта температуры поверхности палубы в температуру бетона для наиболее распространенных палуб из фанеры и рекомендуемых накладок

Ключевые слова: контроль температуры бетона, технологические приемы выдерживания конструкций, теплоизолирующие накладки, конструкция накладки малых размеров, температурно-прочностной контроль, поверхность палубы.

Указанный МОТБ (метод определения температуры бетона), реализующий способ измерений температуры поверхности опалубки под теплоизолирующей накладкой посредством контактных датчиков представляет большой интерес, чем МОТБ с применением ИК (инфракрасной термометрии), поскольку позволяет устранить либо существенно уменьшить влияние дестабилизирующих факторов при определении температуры поверхности опалубки за счёт использования теплоизолирующей накладки.

Косвенный МОТБ с применением теплоизолирующих накладок известен уже более 10-ти лет [2, 4, 5, 6, 7], хотя широкого распространения не имеет. В виду отсутствия описания проведения подобных измерений в научно-технической литературе, вопросы об областях применимости такого метода, точности построения определения температуры бетона и характере распределения температуры под накладками являются актуальными с позиций более детальных исследований.

Анализ основ косвенного определения температуры бетона через опалубку с использованием теплоизолирующих накладок

Техника выполнения измерений температуры бетона через опалубку с применением теплоизолирующей накладки предполагает:

– размещение датчика температуры на палубе опалубки под теплоизолирующей накладкой на всё время проведения наблюдений;

– периодическое считывание показаний при помощи переносного прибора-регистратора;

– удаление накладки с датчиком при окончании температурного контроля или перед распалубкой конструкции.

Практически реализованный термометрический комплект для выполнения косвенных измерений в качестве теплоизолирующей накладки полагает использовать «штатные» накладки или накладки из пенополистирола со стороной 100...150 мм и толщиной 50 мм, а также специальные температурные датчики в мягком защитном кожухе.

Теоретические основы способа косвенного определения температуры бетона с применением теплоизолирующих накладок строятся на следующих предпосылках:

– накладка уменьшает ветровую температурную инварианту в зоне контакта с поверхностью опалубки;

– накладка сглаживает температуры в месте размещения (частично компенсируются неоднородности температурных распределений при обогреве бетона линейными нагревателями - греющими проводами, электродами);

– закрывая внешнюю поверхность опалубки утепляющей накладкой, можно достичь такого местного распределения температур в прилегающих к опалубке под ней слоях бетона, при котором произойдет

выравнивание температуры этих слоев с температурой бетона на некоторой глубине от поверхности (смещение изотермы).

Однако при этом много будет зависеть от геометрических параметров накладки:

– при *малых* её размерах не будет обеспечиваться должная адекватность температуры на поверхности бетона;

– при *больших* размерах накладки она будет работать как утеплитель, что приведет к более высокому разогреву бетона в зоне контакта с накладкой;

– при недостаточной *толщине* накладки температура на поверхности опалубки под накладкой может изменяться в зависимости от ветровой нагрузки в недопустимо больших пределах для точности измерений.

Исследования косвенного МОТБ направлены на поиск «универсальной» зависимости, позволяющей с достаточной степенью достоверности определять температуру бетона (t_{σ}) по изме-

1. Накладка 100×100×40мм:

$$t_{\sigma} = t_{\pi} + 2,694 + 0,594(t_{\pi} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 1,7^{\circ}\text{C}; n = 52 \text{ знач.} \quad (1)$$

2. Накладка 150×150×40мм:

$$t_{\sigma} = t_{\pi} + 2,151 + 0,348(t_{\pi} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 0,87^{\circ}\text{C}; n = 12 \text{ знач.} \quad (2)$$

3. Накладка 200×200×45мм:

$$t_{\sigma} = t_{\pi} + 1,184 + 0,212(t_{\pi} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 1,8^{\circ}\text{C}; n = 97 \text{ знач.} \quad (3)$$

4. Накладка 250×250×50мм:

$$t_{\sigma} = t_{\pi} + 0,73 + 0,153(t_{\pi} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 0,09^{\circ}\text{C}; n = 8 \text{ знач.} \quad (4)$$

Здесь указывается также, что при *малых* размерах накладок более точный результат дает *линейный* анализ (построение линейных корреляций), а при размерах накладки от 25×25см – анализ Фурье (решение стационарной (линейной) задачи теплопроводности).

Полученный результат позволяет сделать вывод, что обозначенные факторы влияний качественно верны, однако должного количественного обоснования применительно к построеным условиям выполнения работ не имеют. Например, при назначении «оптимальной» толщины накладки в качестве критерия оптимальности принята возможная ветровая температурная инварианта на поверхности палубы под накладкой, не превышающая 2 °С, тем не менее, характер изменения этой величины детально не исследовался. Эксперименты, проводимые на стенде, дают оценку лишь для конкретного случая применения рассматриваемых накладок и палубы, что не отвечает вопросам практического применения их в производственных условиях. К тому же, как указывалось вы-

ренной температуре под накладкой (t_n) при известной температуре наружного воздуха ($t_{\text{нв}}$). В ходе этих исследований выполнены:

– вычислительный эксперимент, на основе которого подбирались оптимальная толщина накладки (при которой влияние скорости ветра на температуру поверхности опалубки под накладкой минимально);

– стендовые испытания, посредством которых уточнялся характер влияния размера накладок в плане на расчётную зависимость определения температуры бетона по температуре палубы под накладкой.

В результате теоретических исследований указывается, что толщина накладки из пенополистирола должна составлять не менее 40мм. При выполнении эксперимента на стенде (палуба толщиной 21мм) были получены следующие расчётные зависимости для определения температуры бетона:

ше, к практическому применению рекомендуются накладки из пенополистирола со стороной 100...150 мм при толщине 40...50 мм, т.е. с вариацией размеров на одну расчётную зависимость, что может обуславливать существенные ошибки.

Таким образом, дальнейшие исследования рассматриваемого способа направлены на его теоретическое и экспериментальное уточнение с целью:

– установить характер возможных колебаний температуры поверхности палубы под накладкой от влияния скорости ветра (рекомендуемое термическое сопротивление накладки, исходя из требуемой точности определения температуры бетона, также назначается из условия, что ветровая температурная инварианта под накладкой не превышает 2 °С);

– исследовать работу накладок из различных материалов на ограждениях различной толщины и материала, в т.ч. при различной плотности контакта накладки и

датчика с палубой, установить величину смещения изотермы (локального увеличения температуры бетона под накладкой);

– установить величину суммарных ошибок (точность) косвенного МОТБ с применением теплоизолирующих накладок в производственных условиях.

Расчётное определение температуры бетона через опалубку

Определение температурной инварианты от влияния ветра.

Как и в случае пирометрических измерений, косвенные измерения с накладками могут выполняться преимущественно только по наружной поверхности палубы опалубки, плотно прилегающей к бетону. Это может быть не утепленная палуба переставной или несъемной опалуб-

ки, поверхность утепленной опалубки, когда возможно размещение датчика температуры на палубе под плотно прилегающим к ней утеплителем.

Расчёт температуры бетона по температуре палубы под накладкой и температуре воздуха признании значений коэффициентов теплопроводности материала палубы и накладки (утеплителя) выполнены, как и для ИК измерений. При этом температура бетона за плоской тонкой стенкой палубы определяется теоретически на основе стационарного уравнения Фурье теплопроводности первого рода при решении задачи равенства тепловых потоков (5) по закону сохранения энергии с определением теплоотдачи с поверхности накладки (температуры поверхности накладки t_n):

$$\frac{1}{R_{\text{огр}}} (t_{\text{б}} - t_{\text{п}}) = \frac{1}{R_{\text{нак}}} (t_{\text{п}} - t'_{\text{п}}) = \alpha (t'_{\text{п}} - t_{\text{нв}}) \quad (5)$$

$$\frac{(t_{\text{п}} - t'_{\text{п}})}{R_{\text{нак}}} = \left[\frac{\sigma \varepsilon [(273 + t'_{\text{п}})^4 - (273 + t_{\text{нв}})^4]}{(t'_{\text{п}} - t_{\text{нв}})} + \alpha_{\text{к}} \right] * (t'_{\text{п}} - t_{\text{нв}}); t'_{\text{п}} \quad (6)$$

$$t_{\text{б}} = \frac{R_{\text{огр}}}{R_{\text{нак}}} (t_{\text{п}} - t'_{\text{п}}) + t_{\text{п}} \quad (7)$$

где $R_{\text{огр}}$ – термическое сопротивление ограждения; $R_{\text{н}}$ – термическое сопротивление накладки; $\alpha = \alpha_{\text{н}} + \alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи воздуха; $t_{\text{б}}$ – температура бетона под ограждением; $t_{\text{п}}$ – температура ограждения под накладкой; $t'_{\text{п}}$ – температура наружной поверхности накладки; $t_{\text{нв}}$ – температура окружающего воздуха (среды).

При этом также принимается, что накладка в расчёте представляется в виде бесконечной плоской тонкой стенки, как и палуба. Из уравнения (7) видно, что температуру бетона при знании термического сопротивления ограждения и накладки можно определять по температуре под накладкой и температуре внешней поверхности накладки. Однако температуру внешней поверхности накладки вместо температуры воздуха в расчёте использовать не рекомендуется, поскольку на значение первой оказывает влияние скорость ветра, что будет приводить к дополнительным ошибкам.

Данные об отклонениях температуры на поверхности опалубки под накладками различной толщины от влияния скорости ветра получены, аналогично расчётам для ИК измерений, при решении задачи (5) с применением итерацион-

ного способа поиска t_n при определении теплоотдачи с поверхности накладки.

Количественные и качественные характеристики изменения температуры поверхности под накладками от действия ветра также показаны через температурное отклонение $\Delta t = [t_n(V=0) - t_n(V>0)]$ графически (рис. 1).

Очевидно, что для обеспечения точности измерений в 2 °С необходимо использовать накладки толщиной не менее 40 мм ($R_{\text{н}} > 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), как и указывалось в работе [3]. При этом дальнейшее увеличение толщины накладки не приводит к существенному снижению ветровой температурной инварианты (Δt).

На графике рис. 2 для того же ограждения показана зависимость величины Δt от скорости ветра при накладке 40мм и при различных величинах $t_{\text{б}} - t_{\text{нв}}$.

Показательно, что величина отклонений температуры на поверхности палубы стабилизируется по достижении ветром скорости 5м/с, то есть при дальнейшем его увеличении практически не изменяется. Таким образом, ошибка определения температуры палубы под рассматриваемой накладкой от действия скорости ветра может в среднем составлять 1...1,5 °С и не превысит 2 °С.

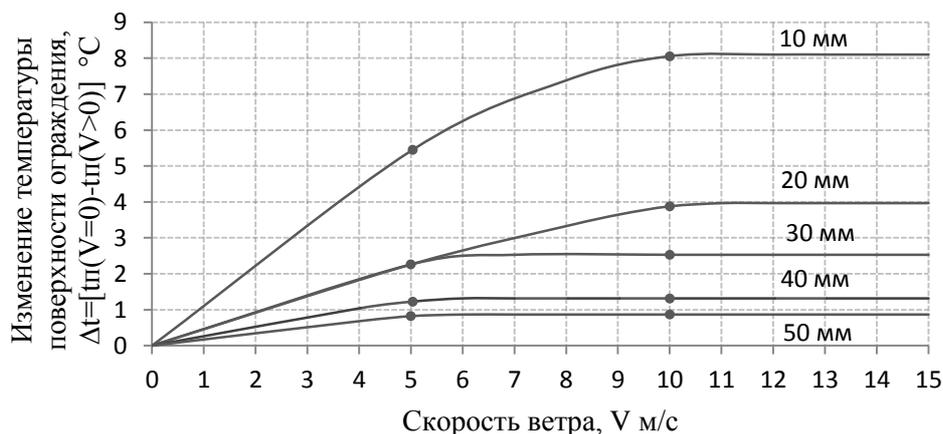


Рис. 1 Изменение температуры поверхности ограждения ($R=0,175\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$) под накладками толщиной 10, 20, 30, 40, 50 мм ($\lambda=0,049\text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{°C}$) от действия ветра $V=0\dots 15\text{ м}/\text{с}$ ($\alpha_k=3,25+(6V)^{0,8}$, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{°C}$) при $t_{\sigma}-t_{нв}=60\text{ °C}$; $\varepsilon=0,95$

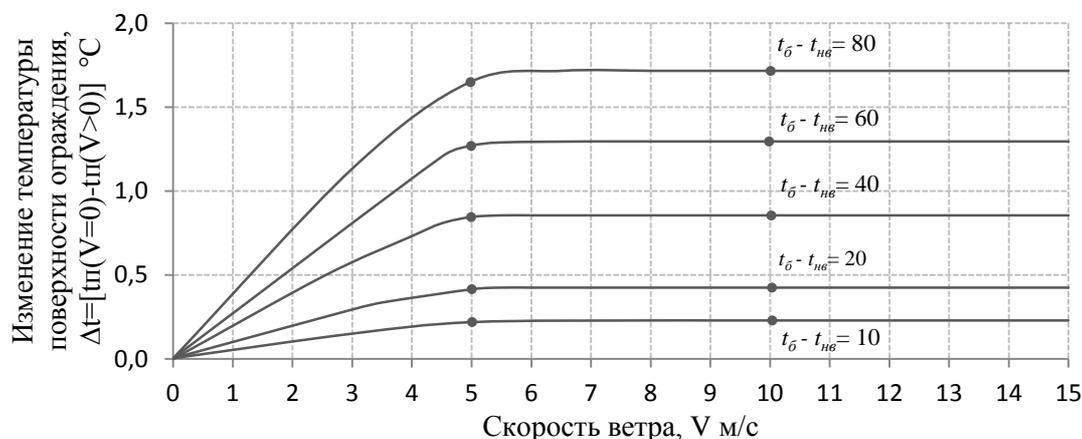


Рис. 2. Изменение температуры поверхности ограждения под накладкой толщиной 40мм от действия ветра при различных значениях температурной разности $t_{\sigma}-t_{нв}$

При решении задачи с бесконечной плоской пластиной применительно к накладке, не учитывалась ограниченность её геометрических размеров. Очевидно, что при технологических ограничениях размеров накладок в пределах до $200\times 200\text{ мм}$ в случае аналитического расчёта будут иметь место существенные неточности в определяемой температуре бетона (её занижение) из-за влияния краевых эффектов. В этом случае для расчёта температуры бетона и оценки точности исследуемого косвенного МОТБ такая простая аналитическая модель определения температуры бетона не годится - расчетные зависимости должны строиться по экспериментальным данным на основе *линейных корреляций*, как и в работе [3].

Влияние геометрии накладок и толщины палубы.

Полученные экспериментальные данные показывают, что изменение толщины накладки из пенополистирола в пределах 30...50мм практически не влияет на величину коэффициентов полученных уравнений, также как и изменение толщины фанерной палубы в пределах 18...21 мм.

Характер изменения расчётной зависимости при изменении размера накладок в плане в большей своей части подтверждает уже имеющиеся данные [3]. По сериям измерений на контрольных щитах для накладок из пенополистирола толщиной 30–50 мм со стороны от указанного -1/+2см на ламинированной фанере толщиной 18–21 мм выведены следующие расчётные уравнения:

а) Накладка $100\times 100\text{ мм}$:

$$t_{\sigma} = t_{п} + 2,564 + 0,525(t_{п} - t_{нв}); S_r = 1,48\text{ °C}; n = 34 \tag{8}$$

б) Накладка $150\times 150\text{ мм}$:

$$t_{\sigma} = t_{п} + 2,103 + 0,3(t_{п} - t_{нв}); S_r = 1,28\text{ °C}; n = 31 \tag{9}$$

в) Накладка 200×200 мм:

$$t_6 = t_n + 1,604 + 0,231(t_n - t_{нв}); S_r = 1,62 \text{ } ^\circ\text{C}; n = 34 \quad (10)$$

г) Сплошное утепление 300×1000 мм толщиной 50 мм:

$$t_6 = t_n + 1,121 + 0,138(t_n - t_{нв}); S_r = 0,14 \text{ } ^\circ\text{C}; n = 17 \quad (11)$$

Здесь также следует отметить, что при величине стороны накладки 250...300 мм ещё сохраняются достаточно большие расхождения с теоретическими уравнениями по Фурье, которые для накладок толщиной 30, 40, 45 и 50 мм имеют вид (для сравнения):

$$30 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,168(t_n - t_{нв}) \quad (12)$$

$$40 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,132(t_n - t_{нв}) \quad (13)$$

$$45 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,119(t_n - t_{нв}) \quad (14)$$

$$50 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,108(t_n - t_{нв}) \quad (15)$$

Совместная работа системы ограждение-накладка.

Стационарное распределение температур в системе ограждение-накладка устанавливается в течение 0,5...1,5 ч (1...2 ч) на фанере 18 мм (21 мм) в зависимости от величины температурной разности $t_n - t_{нв}$. Для металлической опалубки температура бетона практически равна измеренной на поверхности палубы под накладкой, независимо от размеров последней. При этом, для толстых металлических ограждений (толщина более 4 мм) при малом значении $t_n - t_{нв}$ (до 10 °C) установление теплового равновесия может занимать несколько часов, но в большинстве иных случаев не более получаса.

Величина локального увеличения температуры под накладкой как и величина смещения изотермы, зависит от множества непостоянных факторов, (например, от толщины палубы, толщины и размеров накладки, равномерности распределения температур в бетоне) и не может быть достаточно точно охарактеризована конкретным числом или выражением. Тем не менее, её можно, описать, частным выражением для конкретных условий проведения эксперимента.

Величина смещения изотермы определялась за мерами температур бетона под накладкой (t) и в 20 см на удалении от неё (точки $t_1...t_4$) в глубине бетона. Результаты расчёта показывают, что глубина, на которой накладка со стороной 100 мм позволяет определять температуру бетона, составляет около 1...2 см и возрастает пропорционально увеличению теплового потока через ограждение (рис. 3).

Согласно приведённым данным, зависимость смещения изотермы под накладкой со стороной 100 мм на ограждении из фанеры толщиной 18 мм приблизительно равна:

$$h = 0,897[t_{п(н)} - t_{нв}], \text{ мм.} \quad (16)$$

Влияние конструкции накладки

Применение накладок в построчных условиях из различного материала показало, что наиболее стабильные результаты на палубах из фанеры получаются при использовании жёстких накладок из обычного (типа «ПСБ») и экструдированного (типа «Пеноплекс») пенополистирола. При этом многое зависит от сплошности контакта накладки с палубой и степени прижатия датчика температуры к палубе.

Лёгкие накладки из обычного пенопласта с ровной контактирующей поверхностью за счёт выраженного статического притяжения создают благоприятные условия на контакте с ограждением даже при слабом креплении накладок, однако они недолговечны (5...10 оборотов). На поверхности накладок из экструдированного пенополистирола из-за их меньшей упругости быстро образуются неровности, препятствующие сплошности контакта накладки с палубой, на который также сильно влияют и неровности на самой палубе. Это обстоятельство требует наличия ровных контактирующих поверхностей и обеспечения достаточно плотного крепления накладок. Применение различных «уплотняющих вставок» в целом проблему не решает – при устранении сквозных продухов сплошность контакта не обеспечивается.

Практика использования на ограждениях из фанеры накладок из гибкого утеплителя (например, из 2-х слоев «Этафома» 150×150×20 мм) свидетельствует, что эти накладки дают нестабильные показания от серии к серии, не вызванные ветровой нагрузкой. Тем не менее, накладки такого типа надёжно работают на металлических палубах и позволяют выполнять измерения на криволинейных поверхностях, когда значение температуры под накладкой приравнивается к температуре поверхности бетона.

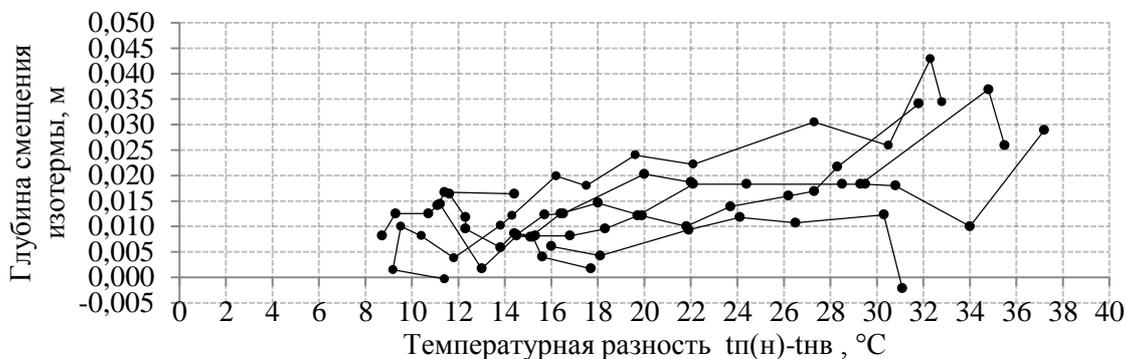
Наблюдения, показали, что плотность контакта поверхностей палубы и накладки, палубы и датчика, имеет большое значение. К дальнейшему исследованию (и оценке точности) были приняты двухслойные накладки 100×100×(40+10) мм – с несущей основой из жёсткого пенополистирола толщиной 30-40 мм и мягкой прослойкой «Этафома» толщиной 10 мм на границе контакта с палубой. Такая конструкция показала наиболее устойчивую работу в

производственных условиях (обеспечивает надёжный контакт датчика с палубой без образования зазоров, в том числе при неровностях палубы или жёсткой части накладки).

Также необходимо отметить, что для целей косвенных измерений под накладками должны использоваться малогабаритные температурные

датчики, которые, обеспечивая надёжный контакт с палубой, не препятствуют при этом плотности контакта утепляющей накладке с палубой. Так, например, в экспериментах использовались датчики в гибкой резиновой трубке диаметром 3мм.

а)



б)

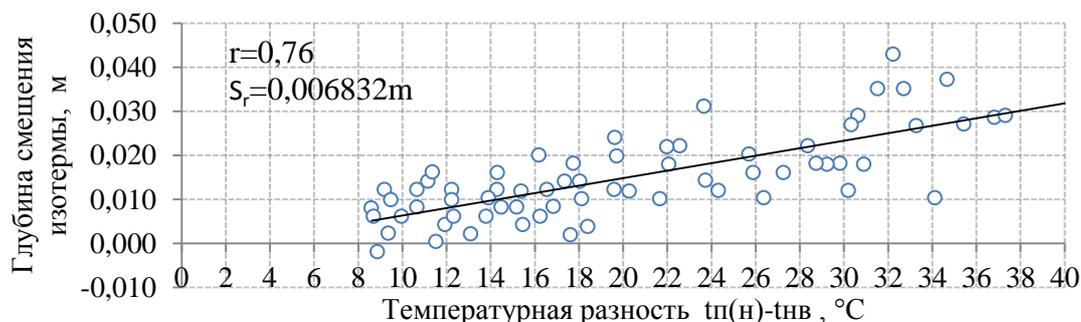


Рис. 3. Величина глубины смещения изотермы в зависимости от температурной разности $t_{n(n)}-t_{нв}$, где $t_{n(n)}$ – температура поверхности опалубки под накладкой, $t_{нв}$ – температура воздуха: а) для каждой из накладок; б) корреляционный анализ для всех накладок (со стороны 100 мм)

Сформулированы аналитические расчётные алгоритмы вычисления температуры бетона. Теоретически установлено количественное и качественное влияние основного дестабилизирующего фактора – скорости ветра на изменение температуры поверхности различных ограждений.

Экспериментально установлены основные факторы, влияющие на точность расчёта температуры бетона, подтверждены случаи возможности корректного аналитического расчёта. Предложена оптимальная конструкция накладки малых размеров, получена экспериментальная корреляционная зависимость пересчёта температуры поверхности палубы в температуру бетона для наиболее распространенных палуб из фанеры и рекомендуемых накладок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев А.А. Технологическая надёжность монолитного домостроения //

Промышленное и гражданское строительство. 2001. №3. С.24.

2. Афанасьев П.Г. Инженерная подготовка зимнего бетонирования // Строительная газета. 2002. №41 (11 октября). С. 5.

3. Волков В.Ю. Исследование температурных распределений в стеновой конструкции при обогреве нагревательными проводами: дисс. ... магистра; Москва, МГСУ, 2003. С. 422.

4. Журов Н.Н. Информационное обеспечение качества ответственных монолитных железобетонных конструкций при зимнем бетонировании // Справочник Строитель. 2002. №6. С. 57–61.

5. Комиссаров С.В. Система оперативного технологического обеспечения обогрева и выдерживания ответственных монолитных железобетонных конструкций // Строительные конструкции XXI века: сб. материалов по архитектуре и технологии строительного производства: к Международной научно-

практической конференции; Москва, 21-23 ноября 2001г. М., МГСУ, 2000.

6. Комиссаров С.В. Система температурно-прочностного мониторинга за состоянием бетона при устройстве монолитных конструкций // Обеспечение качества несущих конструкций при всесезонном монолитном домостроении: сб. статей по материалам семинара - совещания «Монолитное домостроение: отечественная и зарубежная опалубка, способы ведения работ»; Москва, 20 апреля 2000г. / Правительство Москвы, Московская лицензионная палата, ГУ «Мосстройлицензия». М., 2000.

7. Ремейко О.А. Технологическое сопровождение всесезонного монолитного строительства // Обеспечение качества несущих конструкций при всесезонном монолитном домостроении: сборник статей по материалам семинара совещания «Монолитное домостроение: отечественная и зарубежная опалубка, способы ведения работ»; Москва, 20 апреля 2000г. / Правительство Москвы, Московская лицензионная палата, ГУ «Мосстройлицензия». Москва, 2000.

8. Серых Р.Л. Нарастание прочности бетона во времени // Бетон и железобетон. 1992. №3. С. 19–21.

9. Титасв В.А. Прогнозирование прочности бетона на основе данных температурного

контроля // Технологии бетонов. 2007. №3(14). С.66-67.

10. Трёмбицкий С.М. Технические и организационные основы зимнего бетонирования монолитных железобетонных конструкций с прогревом бетона // Бетон и железобетон. 2007. №6(549). С. 20–24.

11. Трёмбицкий С.М. Условия достижения высоких темпов и качества строительства зданий из монолитного железобетона // Бетон и железобетон. -2008. -№5. -С.8-11; Строительный эксперт. -2009. -№1

12. Трёмбицкий С.М. Технические и организационные основы зимнего бетонирования монолитных железобетонных конструкций с прогревом бетона // Технологии бетонов. 2007. №5(16). С.59.

13. Хаютин Ю.Г. Монолитный бетон. Технология производства работ. -Изд. 2-е. -М.: Стройиздат, 1991. –С.576.

14. Malhotra, V.M. In-place evaluation of concrete // Journal of Construction Division, Proceedings of American Society of Civil Engineers. 1975. Vol.101. P. 23-26.

15. Rastrup. E. Heat of Hydration in Concrete // Magazine of Concrete Research. London, September 1954, Vol.6. №.17.

Antokhin P.I.

STUDY DESTABILIZING FACTOR AND SIZE LINING FOR CONCRETE ACCURACY OF TEMPERATURE

In terms of large volumes and a high rate of production of monolithic structures become especially acute issues of development and use of reliable methods of keeping control of as-built, and the dynamics of the temperature rise of concrete strength and related technological methods aging structures exposed to early stripping. The main purpose of research - the study of the features of teamwork lining and a temperature sensor to the deck, the selection of the optimal type and lining the estimated dependency evaluation accuracy of the method of production. The basis of the experimental studies, as well as at the IR measurement study, based on the principle of identity of the operating conditions of the experiment. Perform this test method, indirect measurements with the use of heat-insulating lining in a production environment. Experimentally established the main factors affecting the accuracy of the calculation of concrete temperature, confirmed cases of possible correct analytical calculation. The optimum design of lining of small size, obtained experimental correlation conversion deck surface temperature in the concrete temperature for the most common decks of plywood and recommended lining

Key words: control concrete temperature, processing methods of structural aging, heat-insulating lining, lining design of small size, temperature and strength control, the deck surface.

Антохин Павел Игоревич, магистрант кафедры технология и организация строительного производства. Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 308012, Москва, Ярославское ш.,26
E-mail: pavel-antokhin@rambler.ru

DOI: 10.12737/24131

Шеховцова С.Ю., асс.,
Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.,
Холопов В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Rusina.svetlan@yandex.ru

В работе рассмотрены различные технологии приготовления современных теплых асфальтобетонов (ТАБ). Подробно изучено влияние ряда химических добавок российского и зарубежного производства, представленных на российском рынке и используемых для приготовления ТАБ. Установлен принцип действия химических добавок, в соответствии с которым предложено разделение, изучено их влияние на физико-механические и технологические свойства битума и асфальтобетонов, приготовленных с их использованием.

Ключевые слова: *теплый асфальтобетон, разжижители, модификаторы, физико-механические свойства, динамическая вязкость*

Введение. Технологии теплового асфальтобетона, основанные на изначально более низкой температуре приготовления, дают множество преимуществ при устройстве дорожных покрытий с их использованием, начиная от экологического аспекта и заканчивая экономическим. Современная технология получения теплых асфальтобетонов основывается на применении физических и химических процессов, снижающих вязкость или изменяющих реологию битума.

Различают несколько возможных вариантов получения теплых асфальтобетонных смесей: вспенивание битума (вспенивающие добавки (цеолиты) или системы механического вспенивания); органические пластифицирующие добавки, содержащие воск и/или парафин; химические добавки (поверхностно-активные вещества (ПАВ)), комбинированные технологии, включающие в себя одновременное использование нескольких из перечисленных выше методов [1–8].

Вспенивающие технологии, где в качестве добавки к битуму выступает вода, считаются наиболее экономически эффективными. Но они связаны с высокими первоначальными затратами на оборудование, ограничены нижним порогом температурного режима работ, что обусловлено температурой конденсации водяного пара. Также возможен обратный переход пара в воду и попадание остаточной влаги в укладываемый асфальтобетон, что будет способствовать разрушению дорожного покрытия [1, 2].

Использование органических добавок или восков приводит к снижению температуры плавления битумов, что позволяет производить смеси при более низких температурах. Однако, использование воска в составе битума, снижает трещиностойкость, как вяжущего, так и асфаль-

тобетона, и может быть не таким эффективным [3].

Остановимся и рассмотрим более подробно действие химических добавок на процессы получения теплых асфальтобетонных смесей.

Химические добавки при введении в битум изменяют структуру вяжущего, что позволяет снизить температуру производства и укладки асфальтобетонной смеси примерно на 40–60 °С. Также они обеспечивают вытеснение влаги с границы раздела фаз «битум - каменный материал», что снижает риски при наличии остаточной влаги во вспененных низкотемпературных смесях [4, 5].

Использование химических добавок не требует дополнительных затрат на модернизацию оборудования и, как правило, добавки смешиваются с битумом в резервуарах смесительной установки, или вводятся посредством уже имеющегося автоматического оборудования для ввода обычных адгезионных добавок.

Основная часть. Ограниченность информации и динамично развивающийся отечественный рынок химических добавок требует постоянной их апробации в лабораторных и промышленных условиях для выявления наиболее экономичных и эффективных. Представленная работа посвящена оценке влияния различных добавок зарубежного и российского производства на свойства вязкого дорожного битума (БНД 60/90 Московского НПЗ) и асфальтобетонов, приготовленных с их использованием.

На отечественном рынке химических добавок для производства теплых асфальтобетонных смесей наиболее распространенными являются: Адгезол 3-ТД (ООО «Базис»), Азол 1007 (Котласский хим. завод), Сесабаз RT 945, Сесабаз RT Bio (Arkema), ДАД-ТА и ДАД-ТА2 (ООО «Селена»), Дорос-Т (ООО «Дорос»), Амдор ТС-

1 (ООО «Уралхимпласт-Амдор»), Evotherm 3G (MeadWestvaco INC), Rediset LQ (AkzoNobel). Их эффективность определяется способностью обеспечивать технологичность асфальтобетонной смеси при уплотнении при более низких температурах (в ряде случаев до 80 °С), увеличивать пластичность вяжущего, с сохранением физико-механических свойств асфальтобетонов.

По принципу действия добавки условно разделяются на: разжижители и модификаторы (рисунок 1). Разжижающие добавки снижают начальную вязкость битума и увеличивают ско-

рость ориентации молекул, что связано с увеличением дисперсной среды в объеме вяжущего. Тогда как модифицирующие добавки должны не значительно влиять на начальную вязкость битума, но способствовать увеличению скорости ориентации молекул ПАВ и вяжущего при меньшей сдвиговой нагрузке, что обеспечивает лучшее уплотнение асфальтобетона в покрытии при более низких температурах. При этом не будет происходить уменьшение толщины пленок битума на зернах минерального материала в отличие от разжижающих добавок.

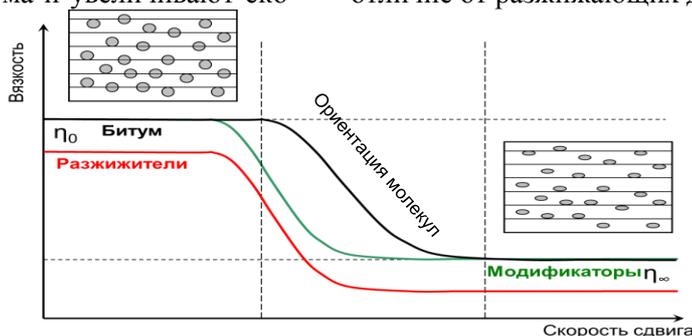


Рис. 1. Кривая вязкости вяжущих для теплых асфальтобетонов

Основным параметром, характеризующим технологичность теплой асфальтобетонной смеси при пониженных температурах, является ее способность с минимальными усилиями достигать необходимой плотности в процессе уплотнения. Максимально смоделировать процесс уплотнения асфальтобетонных смесей в покрытии в лабораторных условиях позволяет методика уплотнения образцов асфальтобетонной смеси (АБС) с применением прибора вращательно-гиратационного (гиратационного) уплотнения, которое достигается за счет сочетания усилия сдвига при вра-

щении и вертикальной результирующей силы. Прибор (Laboratory gyratory compactor Cooper CRT-GYR) фиксирует количество вращений (оборотов), необходимых для достижения заданной плотности асфальтобетона.

В исследованиях было принято: асфальтобетон типа Б, с заданной плотностью – 2380 кг/м³, расход добавки, в соответствии с рекомендациями производителей. Уплотнение смесей с различными температуропонижающими добавками производили при температуре 110 °С, таблица 1.

Таблица 1

Влияние различных добавок на гиратационное уплотнение АБС

Наименование добавки	Расход добавки, % от массы битума	Температура уплотнения	Количество оборотов вращательного уплотнителя
АБС на БНД 60/90 без добавки	-	150°С	53
АБС на БНД 60/90 без добавки	-	110 °С	110
АБС + Адгезол 3-ТД	1,0	110 °С	65
АБС + ДАД-ТА2	1,0	110 °С	66
АБС + Азол 1007	1,0	110 °С	65
АБС + Сесабазе RT 945	0,3	110 °С	50
АБС + ДАД-ТА	0,3	110 °С	53
АБС + Дорос - Т	0,6	110 °С	69
АБС + Амдор ТС-1	0,3	110 °С	62
АБС + Evotherm 3G	0,3	110 °С	50
АБС + Сесабазе RT Bio	0,3	110 °С	53
АБС + Rediset LQ	0,3	110 °С	50

Анализ результатов, представленных в таблице 1, позволил установить, что все рассматриваемые добавки снижают необходимое количество оборотов гиратора на 38–55 %, для дости-

жения заданной плотности асфальтобетона. Наиболее эффективными добавками с учетом соотношения, «расход ПАВ/уплотняемость», проявили себя: Сесабазе RT 945, ДАД-ТА, Ам-

дор ТС-1, Evotherm 3G, Cescabase RT Bio, Rediset LQ. Ввиду того, что согласно данным производителей, исследуемые зарубежные добавки аминного типа и оказывают идентичное влияние на уплотняемость асфальтобетонных смесей, таблица 1, в дальнейшем в работе рассматривались все добавки российских производителей и Cescabase RT 945 – как представитель импортных аналогов.

При оценке эффективности применяемых добавок немаловажной задачей является изучение их влияния на физико-механические свой-

ства вяжущего, как основного структурообразующего компонента асфальтобетона. Основными показателями, отражающими поведение вяжущего в эксплуатационных условиях, являются: интервал пластичности (температура размягчения и температура хрупкости) и глубина проникновения иглы (пенетрация при 25 и 0 °С). К показателю, характеризующему технологические характеристики вяжущего, относится динамическая вязкость, результаты исследования представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2

Влияние различных добавок на пенетрацию битума

Наименование добавки	Расход добавки, % от массы битума	Пенетрация при	
		25°С	0 °С
БНД 60/90	-	72	24
Адгезол 3-ТД	1,0	82	26
ДАД-ТА2	1,0	80	28
Азол 1007	1,0	89	28
Cescabase RT 945	0,3	76	29
ДАД-ТА	0,3	76	28
Дорос - Т	0,6	81	28
Амдор ТС-1	0,3	73	28

Как видно из таблицы 2, добавки оказывают пластифицирующее воздействие на битум, но не изменяют, в соответствии с ГОСТ, его марку. Модифицированный битум находится в диапазоне условной вязкости 60/90. Стоит отметить, что наибольший пластифицирующий эффект наблюдается у добавок с рекомендованной концентрацией 1% – в среднем 14 мм^{-1} , тогда как у добавок с концентрацией 0,3% – 4 мм^{-1} .

Более любопытные результаты были получены при изучении влияния добавок на интервал пластичности битума, рисунок 2. В ходе проведения эксперимента было установлено, что почти все добавки с концентрацией 0,6–1 % не

прошли испытания по температуре размягчения вяжущих, полученные показатели находятся на границе допуска. Также стоит отметить, что они не оказали влияния на температуру хрупкости. При этом все добавки с рекомендованным расходом 0,3 % – Cescabase RT 945, ДАД-ТА и Амдор ТС-1 по температуре размягчения показали результаты близкие к битуму, что говорит об отсутствии пластифицирующего эффекта в вяжущем в диапазоне эксплуатационных температур. Вместе с этим, у битумов с добавками наблюдается улучшение низкотемпературных характеристик, здесь, лучше себя проявили добавки Cescabase RT945 и ДАД-ТА.

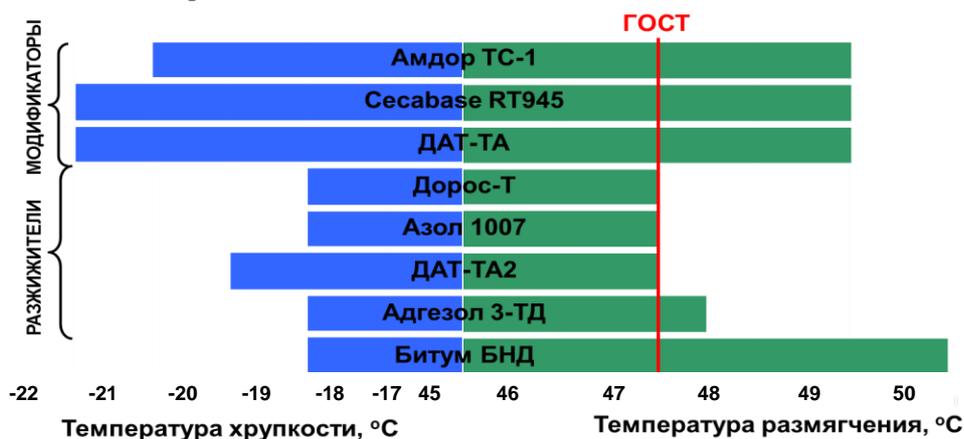


Рис. 2. Влияние добавок на интервал пластичности битума

Анализ результатов динамической вязкости модифицированных битумов, полученных на реометре Anton Paar Physica MCR 101, рисунок

3, свидетельствует, что Азол 1007, снижает вязкость битума во всем измеряемом температурном диапазоне ($t = 70\text{--}130 \text{ °С}$), что коррелирует с

данными по температуре размягчения, рисунок 2, и окажет негативное влияние на прочностные и деформативные показатели асфальтобетона, приготовленного с его использованием. Добавки Cescabase RT 945 и ДАД-ТА не значительно

влиять на начальную вязкость битума, сохраняя во всем температурном диапазоне технологичность вяжущего в процессе приготовления асфальтобетонной смеси и, в соответствии с таблицей 1, в процессе ее уплотнения

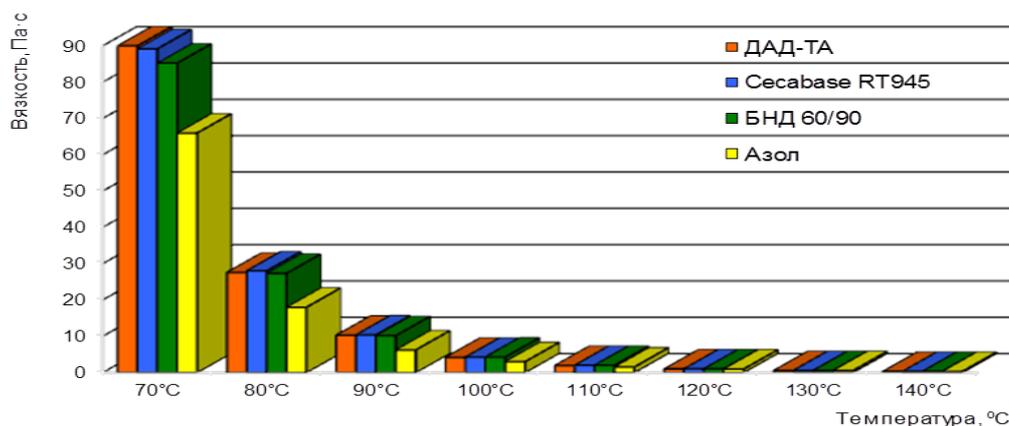


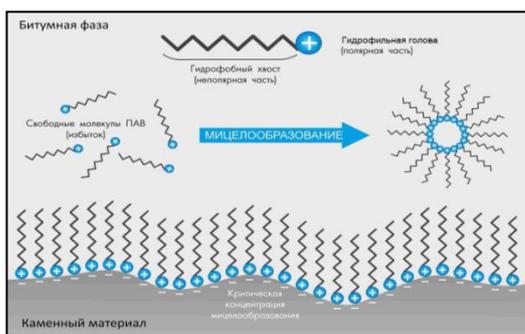
Рис. 3. Динамическая вязкость битума с добавками, при скорости сдвига 100 c^{-1} , на приборе Anton Paar Modular Compact Rheometer Physica MCR 101

И вот тут возникает логичный вопрос. За счет чего это происходит? Как функционируют эти температуропонижающие добавки?

Итак, молекула ПАВ состоит из длинного гидрофобного углеводородного хвоста и полярной функциональной группы. Полярные части гидрофильны – «любят воду» и все полярное, а гидрофобные хвосты ориентированы к битуму, рисунок 4. На рисунке 4(а) изображена граница раздела фаз «битум - каменный материал», как видно, положительно заряженные части ПАВ

притягиваются к отрицательно заряженной поверхности каменного материала и увеличивают к нему адгезию битума. Однако любое ПАВ имеет предел допустимой концентрации в растворе, с достижением которого граница раздела фаз полностью насыщается молекулами добавки. Дальнейшее увеличение концентрации ПАВ приводит к их самоорганизации в объеме раствора, в результате чего образуются так называемые мицеллы.

а)



б)



Рис. 4. Принципиальная схема работы химических добавок:

а) формирование мицелл; б) уплотнение асфальтобетонной смеси при пониженной температуре

При уплотнении асфальтобетонной смеси катком, рисунок 4(б), мицеллы не оказывают сопротивления. Под действием сдвиговой нагрузки они деформируются и меняют форму, а после снятия нагрузки принимают прежнюю, таким образом они не разрушаются, а ведут себя как плоскости скольжения, позволяя битуму и каменным материалам легче скользить относительно друг друга, при более низкой температуре.

Изучение физико-механических свойств асфальтобетонов, приготовленных на вяжущих, модифицированных добавками с рекомендованной концентрацией 0,3 % показало, что негативного влияния на его свойства они не оказывают. Образцы асфальтобетонов, уплотненные при температуре $110 \text{ }^\circ\text{C}$, соответствуют требованиям ГОСТ 9128-2013 для традиционных горячих асфальтобетонных смесей, таблица 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства асфальтобетонов, уплотненных при температуре 110 °С

Наименование показателя	ГОСТ 9128	Фактические показатели				
		БНД 60/90	ДАД-ТА	Cecabase RT945	Азол 1007	Адгезол 3-ТД
Средняя плотность, кг/м ³	-	2310	2380	2380	2340	2330
Водонасыщение, %	1,5...4,0	3,46	1,68	1,72	2,53	2,55
Предел прочности при сжатии, МПа	не менее 2,5	3,18	4,83	4,62	4,28	4,32
при температуре 20 °С						
при температуре 50 °С	не менее 1,2	1,18	1,75	1,63	1,37	1,38
Водостойкость	не менее 0,9	0,80	0,98	0,97	0,90	0,90
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,85	0,78	0,97	0,95	0,86	0,85

Асфальтобетоны с разжижающими добавками (Азол 1007, Адгезол 3-ТД), с рекомендованной концентрацией около 1% хуже уплотнились, что повлекло за собой логичное увеличение водонасыщения и снижение водостойкости образцов, что негативно отразится на работе дорожного покрытия, выполненного с их использованием.

Выводы. В результате проведенной работы было установлено, что использование химических добавок Cecabase RT 945, ДАД-ТА, обеспечивает технологичность асфальтобетона при более низких температурах уплотнения, без негативного влияния на свойства битума и асфальтобетонов на их основе.

Теплые асфальтобетонные смеси обладают рядом неоспоримых достоинств, главными из которых являются снижение энергозатрат на производство теплых смесей и уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу, а также возможность продления строительного сезона. Однако наряду с этим требуется провести еще достаточно большое количество исследований и опытно-экспериментальных работ, чтобы теплые асфальтобетонные смеси перестали быть диковинкой на российских дорогах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zumanis M. Warm mix asphalt investigation (Master of Science Thesis) / Technical University of Denmark. Riga Technical University In cooperation with Danish Road Institute, Kgs. Lyngby. Denmark. 2010.

2. Harrison T., Christodoulaki L. Innovative process in asphalt production and application — strengthening asphalt's position in helping build a better world // First International Conference of Asphalt Pavements. Sydney. 2000.

3. Diefenderfer K.K. McGhee B.M. Donaldson. Installation of warm mix asphalt projects in virginia. Final report. 2007. P. 1–34.

4. Koenders B.G., Stoker D.A., Bowen C., de Groot P., Larsen O, Hardy D., Wilms K.P. Innovative processes in asphalt production and application to obtain lower operating temperatures // Second Eurasphalt & Eurobitume Congress. Barcelona. Spain. September 2000.

5. Ядыкина В.В. Изменение свойств битума и асфальтобетона под влиянием добавок для теплого асфальтобетона / Научные технологии и инновации: сб. докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород, 9-10 окт., 2014 г.). Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. Ч.5. С. 125–129.

6. Радовский Б.С. Технология нового теплого асфальтобетона в США // Дорожная техника. 2014. №8. С 24–28.

7. Шабуров С.С., Кибирев В.Ю. Технология производства теплой асфальтобетонной смеси на вязком битуме // Четвертый всероссийский дорожный конгресс «Перспективные технологии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог»: сб. науч. тр. М.: МАДИ. 2015. С. 200–207.

8. Колесник Д.А. Выбор модификатора асфальтобетона для расширения строительного сезона // Мир дорог. 2013. №71. С. 45–47.

Shekhvtsova S.Yu., Vysotskaya M.A., Holopov V.S.
FEATURES TECHNOLOGII WARM ASPHALT MIXTURES

The paper discusses the various cooking techniques are modern, warm asphalt (WMA). Studied in detail the influence of some chemical additives of Russian and foreign production presented in the Russian market and used for cooking WMA. The principle of action of chemical additives, according to which a classification was proposed, studied their influence on physical-mechanical and technological properties of bitumen and asphalt, prepared with their use.

Key words: *warm asphalt, diluents, modifiers, mechanical properties, dynamic viscosity.*

Шеховцова Светлана Юрьевна, ассистент.

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

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

E-mail: Rusina.svetlan@yandex.ru

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент.

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

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

E-mail: rohuri@rambler.ru

Холопов Владимир Сергеевич, аспирант.

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

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

E-mail: vova.holopoff@yandex.ru

Стародубцев В.Г., канд. техн. наук, доц.,
Делова М.И., канд. техн. наук, доц.
Курский государственный университет

ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРНЫХ И МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

pgs@kursksu.ru

В данной статье представлены результаты оценки морозостойкости образцов бетона сборных и монолитных железобетонных конструкций изготовленных, как в заводских условиях, так и в условиях строительной площадки. Представлены результаты испытаний и рекомендации по обеспечению проектной марки.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, бетон, прочность, морозостойкость, оценка, испытания, заводское изготовление, монолитный бетон, контрольные образцы.

Строительство зданий и сооружений с использованием сборного и монолитного железобетона требует специальных мер для обеспечения высокого качества выполняемых работ и особенно если работы выполняются при отрицательных температурах. К строительным конструкциям возводимых объектов предъявляются требования по прочности и долговечности, включая морозостойкость, т. е. способность материала в насыщенном водой состоянии длительное время выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание. Морозостойкость – явление, способное постепенно разрушить структуру бетона. При замораживании происходит процесс образования льда как вокруг зерен крупного и мелкого заполнителей, так и вокруг арматуры. Происходит миграция воды из менее охлажденных зон, которая отжимает цементное тесто от заполнителя и арматуры и, как следствие, уменьшает адгезию этих компонентов.

Все эти процессы снижают прочность, морозостойкость и другие физико-технические свойства бетона. Величина критической прочности и морозостойкости нормируется в зависимости от класса бетона и условий эксплуатации, причем регламентируется как для ненапрягаемой арматуры, так и для конструкций с предварительно напрягаемой арматурой.

На долговечность железобетонных конструкций, работающих в условиях попеременного замораживания и оттаивания, влияют условия эксплуатации, а также степень их нагружения. При замораживании влажных, не предварительно напряженных конструкций, усиливается процесс образования трещин в растянутой зоне, размер которых увеличен в сопоставлении с конструкциями, работающими в нормальных условиях. Это объясняется тем, что влага из менее разрушенной сжатой зоны активно фильтруется в растянутую из-за различия давления пара

переохлажденной адсорбированной воды в мелких порах и кристаллического льда в крупных порах и трещинах [3].

В последние годы наряду с производством строительных железобетонных конструкций в заводских условиях получило широкое распространение изготовление их непосредственно на строительной площадке (монолитное домостроение).

Общеизвестно, что условия строительной площадки, а особенно при производстве работ в зимних условиях, вносят определенный вклад, зачастую понижающий качество, как бетонной смеси, так и затвердевшего бетона. В связи с этим необходимо осуществлять контроль качества бетона на каждом технологическом переделе производства строительной конструкции используя стандартные разрушающие и неразрушающие методы.

Нами была оценена морозостойкость бетона заводского изготовления сборных и монолитных железобетонных конструкций. Контроль качества бетона осуществлялся испытанием стандартных образцов в лабораторных условиях, изготовленных из той же партии бетонной смеси и тех же условиях, что и строительные конструкции.

Для оценки влияния на качество бетона технологии строительных конструкций, изготовленных в условиях строительной площадки и в заводских условиях, был проведен анализ изменения марки бетона по морозостойкости. С той целью были изготовлены образцы бетона в формах, соответствующих требованиям стандарта (в нашем случае формы 100×100×100 мм, имеющие сертификат о калибровке № 308-1). Все образцы изготавливались как для конструкций монолитного бетона, так и для конструкций, производимых в заводских условиях. Способ и режим твердения бетонных образцов принимался такой же, как способ и режим твердения бе-

тона строительных конструкций.

Для определения морозостойкости контролируемых образцов использовали второй метод по ГОСТу 10060-2012. Испытание проводили в камере-морозильные лари серии ЕК, изготовитель Derby A/S, DK-9620 Aalestrub Denmark.

Контрольные образцы бетона перед испытанием насыщали 5 % раствором соли при $t=18\pm 2$ °С. Для этого образцы погружали в жидкость на 1/3 их высоты на 24 часа, а затем уровень жидкости повышали до 2/3 высоты образца и выдерживали в таком состоянии еще 24 часа, после чего образцы полностью погружали в жидкость на 48 часов таким образом, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм. Число циклов испытания образцов бетона в течение одних суток должно быть не менее одного.

В случае вынужденного перерыва в испы-

тании образцы хранили на воздухе не более 5 суток. Перед продолжением испытания образцы вновь насыщали раствором соли.

Соотношение между числом циклов испытаний и маркой бетона по морозостойкости принимали по таблице 3 [1].

Для объемных балконов, изготавливаемых в заводских условиях, с маркой по морозостойкости F300 необходимо 75 циклов попеременного оттаивания и замораживания с промежуточным испытанием через 45 циклов, а для монолитного домостроения – F200 и 45 циклов.

В промежуточный срок испытания контролировали состояние образцов: появление трещин, отколов, шелушение поверхности. При появлении этих дефектов испытания прекращали. Образцы испытывали по следующему режиму: замораживание в течение 2,5 ч при $t=-18\pm 2$ °С, оттаивание – 2,0±0,5 ч при $t=+18\pm 2$ °С.

Таблица 1

Результаты испытания образцов бетона для монолитного домостроения на морозостойкость

Маркировка образца	Состав бетона	Осадка конусов, см	Режимы Термообработки, t °С. Теплопрогрев пушками	Масса в насыщенном состоянии, грамм	Прочность при сжатии, МПа	Результаты испытания итоговых образцов		Кол-во циклов	Марка по морозостойкости	Примечание
						Масса, грамм	Прочность при сжатии, МПа			
1	Ц=431кг П=590кг Щ5-20=1230кг В=170кг	17 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1490	31,8	1400	29,6	45	не со-отв. F200	снижение прочности на 7 %
2	Ц=431кг П=590кг Щ5-20=1230кг В=165кг	15 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1490	32,3	1420	30,8	45	F200	снижение прочности на 4,6 % или 5 % (на пределе)
3	Ц=431кг П=590кг Щ5-20=1230кг В=160кг	12 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1485	33,0	1455	32,0	45	F200	снижение прочности на 3 %
4	Ц=450кг П=700кг Щ5-20=1100кг В=180кг	17 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1500	30,9	1425	29,4	45	F200	снижение прочности на 4,8 % (на пределе)
5	Ц=450кг П=700кг Щ5-20=1100кг В=175кг	15 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1495	31,3	1460	30,4	45	F200	снижение прочности на 3 %
6	Ц=450кг П=700кг Щ5-20=1100кг В=170кг	12 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1495	32,0	1480	31,5	45	F200	снижение прочности на 1,5 %

Оттаивание образцов проводили в ванне с водой при $t=+18\pm 2$ °С. Образцы размещали таким образом, чтобы над верхней гранью был слой воды не менее 50 мм. Воду в ванне для оттаивания образцов меняли через каждые 100 циклов переменного замораживания и оттаивания. Основные образцы через 2-4 ч после извлечения из ванны испытывали на сжатие.

Марку бетона по морозостойкости принимали за соответствующую требуемой, если среднее значение прочности на сжатие основных образцов после установленных для данной

марки числа циклов переменного замораживания и оттаивания уменьшилось не более чем на 5% по сравнению со средней прочностью на сжатие контрольных образцов.

Результаты испытаний бетонных образцов на морозостойкость представлены в см. табл. 1, 2. Так же в таблица приведены составы бетона, режимы твердения образцов, которые соответствовали режимам и условиям твердения строительных конструкций, результаты испытания образцов на прочность.

Таблица 2

Результаты испытание образцов бетона конструкций заводского изготовления

№ п/п	Наименование изделия, маркировка	Расход цемента, щебня, песка и водоцементного отношения	Осадка конуса, см	Режим термообработки, °С	Масса до начала испытания	Прочность на сжатие контрольных образцов, МПа	Результаты испытания итоговых образцов			
							Масса, г	Прочность на сжатие, МПа	Число циклов	Марка по морозостойкости
1	Ограждение лоджий ОГЛ	Ц=394кг В/Ц=0,31 Щ5-20 =1232кг П=590кг	4	Щелевая камера $t_{max}=50$ °С	2450	36,0	2430	35,2	75	F300
2	Плита лоджии, ПЛ	Ц=452кг В/Ц=0,3 Щ5-20 =1232кг П=530кг	3	Ямная камера (2+2+3+10) $t_{max}=55$ °С	2460	40,9	2425	40,0	75	F300
3	Плита лоджии, ПЛ	Ц=452кг В/Ц=0,31 Щ5-20 =1232кг П=530кг	3	Ямная камера (2+2+3+10) $t_{max}=55$ °С	2480	41,4	2440	40,7	75	F300
4	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,47 Щ5-20 =1100кг П=630кг	15	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2460	30,8	2320	29,3	75	Не соотв. F300
5	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,47 Щ5-20 =1100кг П=630кг	14	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2460	31,0	2335	29,4	75	Не соотв. F300
6	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,4 Щ5-20 =1220кг П=520кг	10	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2485	33,0	2365	31,5	75	F300
7	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,45 Щ5-20 =1050кг П=670кг	12	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2475	31,7	2430	30,6	75	F300

Как видно из табл.1,2 основным критерием, оказывающим влияние на морозостойкость бетона заводского изготовления, является водоцементное отношение (В/Ц). Для монолитного исследуемого бетона В/Ц в среднем составляет 0,4, а для бетона конструкций заводского изготовле-

ния – 0,3, что объясняется технологией укладки и уплотнения бетона в разных условиях. Разное водоцементное отношение обусловлено при подборе состава бетонной смеси разной подвижностью (осадка конуса) и как следствие разных методов уплотнения (вибростенды в за-

водских условиях и глубинные вибраторы в условиях строительной площадки).

Оценка результатов на морозостойкость бетона для конструкций, изготовленных в условиях строительной площадки, табл. 1, образец бетона №1 имеет снижение прочности 7 % и не соответствует проектной марке по морозостойкости. Также на пределе допустимых значений находятся результаты испытания образцов №2 и №4.

Оценка результатов на морозостойкость бетона конструкций заводского изготовления приведены в табл. 2. Образцы бетона 4 и 5 не соответствуют требованиям по морозостойкости.

Выводы:

Экспериментальные исследования показали, что подбор составов бетона и его стандартные испытания производились в заводской лаборатории. Снижение значений марки бетона по морозостойкости произошло из-за не соблюдения требований к транспортированию, укладки и условиям твердения бетонной смеси.

Для обеспечения марки бетона по морозостойкости необходимо при транспортировании бетонной смеси принимать все меры к сокращению времени от момента приготовления бетонной смеси до момента укладки и уплотнения. Не допускать горизонтальных перемещений бетонной смеси и предохранять от вредных атмосферных воздействий (снег, дождь), что приводит к увеличению водоцементного отношения. Увеличенное В/Ц приводит к фильтрации бетона и не способствует образованию резервных пор, как объему по равномерному перераспре-

делению влаги. Несоблюдение правил уплотнения бетонной смеси приводит к неоднородности материала по высоте конструкций и к появлению недоуплотненных участков и пустот. При выполнении бетонных работ соблюдать условия твердения бетона по температуре и влажности, выбирать способы твердения бетона при отрицательных температурах.

Организация бетонных работ в условиях строительной площадки требует соблюдение правил производства работ. Обеспечение марки бетона по морозостойкости может быть достигнуто при контроле качества на всех стадиях: подбор состава, приготовление бетонной смеси, транспортирование на объект, укладка в конструкцию и условия твердения [2, 4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования. М.: «Стандартинформ», 2014, 19 с.
2. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004, М.: 2011. 21с.
3. Подвальный А.М. Стратегия обеспечения морозостойкости и долговечности бетонных и железобетонных конструкций. Технологии бетонов, информационный научно-технический журнал // ООО ЦНТИ "Композит". М.: Композит, 2007. С. 62–64
4. Стародубцев В.Г., Поветкин С.В. Производство бетонных работ в зимних условиях: учеб. Пособие; Курск ГТУ. Курск, 2007. 167 с.

Starodubtsev V.G., Delova M.I.

EVALUATION FROST CONCRETE FACTORY-BUILT MODULAR AND MONOLITHIC CONCRETE CONSTRUCTIONS

This article presents the results of the frost-evaluation of samples of concrete prefabricated and monolithic concrete constructions manufactovlennyyh, both in the factory and in the conditions of the building place. The results of tests and provide recommendations on the design of the brand-NIJ.

Key words: reinforced concrete constructions, concrete, strength, frost-resistance, evaluation, testing, factory production, monolithic concrete control samples.

Стародубцев Владимир Гаврилович, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства.

Курский государственный университет

Адрес: Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, д. 33

E-mail: pgs@kursksu.ru

Делова Маргарита Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства.

Курский государственный университет

Адрес: Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, д. 33

E-mail: pgs@kursksu.ru

DOI: 10.12737/24427

*Кочергин Ю.С., д-р техн. наук, проф.,
Попова О.С., ст. препод.
Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского
Григоренко Т.И., канд. техн. наук*

СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, НАПОЛНЕННЫХ КАРБОНАТОМ КАЛЬЦИЯ

OMango@yandex.ru

Исследовано влияние молотого карбоната кальция на комплекс адгезионных и физико-механических свойств композиционных материалов на основе эпоксидных полимеров в зависимости от марки наполнителя, наличия модификатора, химической природы отвердителя и режима отверждения. Показано, что наполнение композиции способствует повышению модуля упругости, когезионной и адгезионной прочности при незначительном снижении температуры стеклования и деформационной способности.

Ключевые слова: эпоксидные композиционные материалы, молотый карбонат кальция, наполнители, физико-механические свойства, адгезионная прочность.

Введение. В последнее время производство и потребление молотого карбоната кальция (МКК) растут очень быстрыми темпами. Среди областей применения МКК лидируют целлюлозно-бумажная промышленность (41 % суммарного спроса), производство пластмасс (38 %) и красок (7 %). Опережающий рост потребления МКК обусловлен практически неисчерпаемыми запасами этого природного сырья, малой стоимостью, нетоксичностью, белым цветом и низким показателем преломления [1–3]. Вместе с тем в литературе отсутствуют сведения о применении МКК в эпоксидных композициях. В связи с этим нами предпринята попытка восполнить этот пробел. Целью настоящей работы явилось исследование влияния МКК на ком-

плекс адгезионных и физико-механических свойств композиционных материалов на основе эпоксидных полимеров (ЭП).

Методология. В качестве эпоксидного олигомера использовали промышленную диановую смолу ЭД-20 и продукт ее сополимеризации с жидким карбоксилатным каучуком СКН-30КТР (молекулярная масса 3200, концентрация акрилонитрила 27,3 %, содержание карбоксильных групп 2,97 %). В качестве молотого карбоната кальция использовали следующие продукты: омиакарб-5КА, нормкаль-2, нормкаль-5, прокаль, сай-карб и сомкаль, основные свойства которых приведены в таблице 1. Для сравнения в составе композиций использовали также финтальк и микробарит.

Таблица 1

Свойства порошков карбоната кальция

Марка карбоната кальция	Содержание CaCO ₃ , %, не менее	Значение pH	Средний размер частиц, мкм	Твердость по Мозу	Белизна, усл. ед.
Омиакарб-5	98,0	9,5	6,00	3	93,0
Нормкаль-2	99,2	7,5	2,21	3	98,5
Нормкаль-5	99,2	7,5	4,24	3	98,5
Прокаль	98,0	10,5	8,50	3	95,0
Сай-карб	98,0	7,5	6,00	3	98,5
Сомкаль-5	99,0	7,5	4,50	3	98,5

Отверждение композиций проводили диэтилентриамином ДЭТА, полиоксипропилен-триамином Т-403, полиоксипропилендиамином Д-230, тетраэтиленпентамином ТЭПА, моноцианэтилированным диэтилентриамином УП-0633М и аминоксенолом УП-583Д по двум режимам: I –25 °С/240 ч (холодное отверждение) и II –25 °С /24 ч + 120 °С /3 ч (отверждение с термообработкой).

Предельные механические свойства при одноосном растяжении (разрушающее напряжение

σ_p и деформацию при разрыве ϵ_p) изучали на динамометре типа Поляни при скорости растяжения $3,8 \cdot 10^{-5}$ м / с.

Модуль упругости (E) рассчитывали по наклону начального участка кривой растяжения $\sigma - \epsilon$. Мерой работы разрушения (A_p) служила площадь под кривой $\sigma - \epsilon$. Температуру стеклования (T_c) определяли на установке, обеспечивающей поддержание постоянного растягивающего напряжения 1 МПа. Объекты исследования представляли собой пленки толщиной ~ 100

мкм. Прочность клеевых соединений при сдвиге (τ_v), отрыве ($\sigma_{отр}$) и сжатии ($\sigma_{сж}$) определяли согласно ГОСТ.

Тепловой эффект реакции отверждения (Q) и характерные температуры начала отверждения (T_n) и максимальной скорости отверждения (T_m) определяли на блоке ДСК термоаналитического комплекса Du Pont 9900. Образец массой ~ 10 мг помещался в алюминиевый поддон в открытом виде и подвергался нагреванию до 230 °С со скоростью 10 °С/мин.

Водостойкость (W) определяли по изменению массы пленок в зависимости от времени пребывания в воде.

Показатель истирания (I) определяли по ГОСТ 11012-69. Сущность метода состоит в измерении уменьшения объема образца в кубиче-

ских миллиметрах в результате износа на 1 м пути истирания шлифовальной шкуркой. Испытания проводили на машине AGPI (Германия). Нагрузка на образец составляла 1 кг, длина пути истирания образца – 10 м (25 оборотов цилиндра машины).

Основная часть. В таблице 2 приведены обобщенные результаты исследования влияния омиакарба на теплофизические свойства. Видно, что при введении наполнителя несколько снижается тепловой эффект реакции, что может быть связано с уменьшением объемной доли полимера при наполнении. Температуры T_n и T_m , наоборот, несколько возрастают, что может быть обусловлено препятствиями, создаваемыми частицами наполнителя для контакта реакционноспособных групп смолы и отвердителя.

Таблица 2

Зависимость теплофизических свойств от количества наполнителя «Омиакарб-5»¹⁾

Содержание омиакарба ²⁾	Q , Дж/г	T_n , °С	T_m , °С	T_c ³⁾ , °С	T_c ⁴⁾ , °С
0	297	78	124,0	84	80
10	293,3	83,9	127,1	82,7	80
50	220,3	83,8	126,3	77,2	79
100	155,6	83,8	127,2	75,4	77

Примечания:

¹⁾ эпоксидные полимеры на основе смолы ЭД-20, отвержденной Т-403;

²⁾ масс. ч. на 100 масс. ч. смолы ЭД-20;

³⁾ по данным ДСК;

⁴⁾ по данным термомеханического анализа

Наполнение приводит к небольшому уменьшению температуры стеклования, более заметному при измерении методом ДСК. Объяснение эффекта уменьшения температуры стеклования при введении наполнителя может быть сделано на основании работы [4], согласно которой для композиционных материалов на основе ЭП может наблюдаться эффект пластификации, обусловленный избирательной адсорбцией компонентов неотвержденной системы наполнителем. В результате вблизи наполнителя возможно образование в структуре композита участков с недостатком (если адсорбируется преимущественно отвердитель) или избытком (если адсорбируется смола) отвердителя. Эти участки будут обладать меньшей величиной T_c и тем самым оказывать пластифицирующее действие на всю полимерную матрицу.

Отметим также, что наблюдаемое различие в величинах T_c , определенных методами ДСК и термомеханического анализа, может быть связано с различными условиями отверждения образцов. В эксперименте с ДСК образец нагревается и отверждается в режиме линейного подъема температуры до 150 °С, а при термомеханическом анализе используются образцы, отвержденные по режиму II (т.е. прогретые при 120 °С).

Как следует из данных таблицы 3, введение МКК как в исходную, так и модифицированную каучуком смолу приводит к увеличению когезионной прочности σ_p и модуля упругости. Деформационная способность и работа разрушения при этом понижаются: в наибольшей степени это проявляется для эпоксидно-каучуковой композиции. Адгезионная прочность при сдвиге (τ_v) возрастает для немодифицированной смолы и незначительно снижается для смолы, модифицированной СКН-30КТР. Несущественно влияние наполнителя и на водопоглощение ЭП.

В сравнении с другими дисперсными наполнителями (табл. 3) МКК обеспечивает большие значения σ_p , ϵ_p и E . Благодаря довольно значительному увеличению σ_p при введении 50 масс. ч. омиакарба, даже несмотря на снижение ϵ_p , параметр A_p , характеризующий работу разрушения материала, хотя и уменьшается, но значительно слабее, чем при применении других наполнителей. По этому показателю ЭП, содержащие омиакарб-5, превосходят в 1,5 и 3,5 раза эпоксиды, наполненные соответственно микробаритом и финнтальком.

Рассмотрим, как влияет тип отверждающего агента на деформационно-прочностные свойства и истирание эпоксидно-каучуковых систем, наполненных омиакарбом. Видно (табл. 4), что

среди исследованных отвердителей лучший комплекс деформационно-прочностных свойств обеспечивают полиоксипропилентриамин Т-403 и дицианэтилированный диэтилентриамин УП-0633М. По величине модуля упругости преимущество имеют образцы, отвержденные ТЭПА и

полиоксипропиленаминами Т-403 и Д-230. Образцы, отвержденные ТЭПА, отличаются большей сопротивляемостью износу. Среди изученных отверждающих агентов наименьший комплекс показателей свойств имеют ЭП, отвержденные УП-583Д.

Таблица 3

Влияние наполнителей на свойства эпоксидных полимеров¹⁾

Состав ЭП	Содержание наполнителя ²⁾	σ_p , МПа	ϵ_p , %	E, ГПа	τ_b , МПа	A_p , кДж/м ²	W, %
ЭД-20 + ДЭТА	0	36,6	3,8	1,2	10,3	1,11	0,38/1,25 ³⁾
	омиакарб-50	44,3	2,5	1,7	15,5	0,89	0,46/1,36
	микробарит – 50	32,8	2,3	1,4	14,9	0,60	-
	финнтальк- 50	19,8	1,5	0,7	12,4	0,24	-
ЭД-20 + Т-403	0	42,9	7,6	1,0	20,2	2,61	0,17/0,35
	омиакарб-100	43,8	3,1	1,2	23,4	1,09	0,19/0,34
(ЭД-20-80 СКН-30-20) + Т-403	0	34,3	8,7	0,6	28,1	2,54	0,40/1,2
	омиакарб-100	58,5	3,1	1,8	26,8	1,54	0,16/1,1

Примечания:

¹⁾ образцы отверждены по режиму I;

²⁾ масс. ч. на 100 масс. ч. смоляной части;

³⁾ до черты – после экспозиции в воде в течение 24 ч, после черты – 72 ч.

Таблица 4

Влияние химической природы отвердителя на свойства эпоксидных полимеров¹⁾

Отвердитель	σ_p , МПа	ϵ_p , %	E, ГПа	I , мм ³ /м	$I^* \cdot 10^6$, кг/м
Т-403	76,1 / 89,3 ³⁾	5,1 / 3,8	1,5 / 2,0	13,5 / 11,9	18,1 / 16,0
Д-230	57,9 / 72,2	3,3 / 2,3	1,3 / 1,8	14,1 / 13,3	19,0 / 17,9
ТЭПА	40,5 / 73,6	2,8 / 2,3	1,1 / 2,0	13,0 / 10,6	18,3 / 14,8
УП-0633М	69,1 / 80,2	4,6 / 4,3	1,2 / 1,6	15,8 / 14,5	22,0 / 20,1
УП-583Д	39,5 / 48,7	3,8 / 1,6	1,0 / 1,2	17,1 / 11,8	23,5 / 16,2

Примечания:

¹⁾ состав смоляной части: 80 масс. ч. ЭД-20 + 20 масс. ч. СКН-30КТР + 62,5 масс. ч. омиакарба;

²⁾ $I^* = I \cdot \rho$, где ρ – плотность полимера;

³⁾ до черты – образцы отверждены по режиму I, после черты – по режиму II.

Таблица 5

Зависимость свойств эпоксидных полимеров от марки молотого карбоната кальция¹⁾

Марка наполнителя ²⁾	T_c , °C	$\sigma_{отр}$, МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	a , кДж/м ²	I , мм ³ /м	ρ , кг/м ³	σ_p , МПа	ϵ_p , %	E, ГПа	A_p , кДж/м ²
Без наполнителя	35 ³⁾	34,3	84,1	10,2	17,5	1,145	42,9	7,6	1,00	2,61
	80	42,2	88,2	12,8	11,8	1,155	54,2	6,1	1,20	2,82
Омиакарб-5	33	38,1	89,4	4,7	13,5	1,340	43,8	3,1	1,20	1,09
	77	44,1	104,7	5,3	11,9	1,343	45,8	2,7	1,30	1,00
Нормкаль-2	35	39,3	88,3	3,6	16,2	1,570	30,7	3,8	1,30	0,93
	78	40,4	105,7	4,7	12,4	1,565	35,7	2,8	1,30	0,81
Нормкаль-5	35	35,8	86,1	3,6	18,1	1,540	29,7	3,7	1,30	0,86
	77	40,1	92,4	4,1	13,0	1,545	40,5	2,7	1,30	0,87
Сомкаль-5	31	36,4	93,2	3,8	12,3	1,555	29,5	2,8	1,07	0,66
	73	38,9	111,3	5,1	10,3	1,555	37,8	2,4	1,18	0,72
Сай-карб	32	39,4	87,3	2,6	13,7	1,354	29,1	3,1	0,96	0,71
	74	44,8	112,9	3,6	10,1	1,555	36,4	2,6	1,05	0,74
Прокаль	32	35,7	95,0	6,0	16,6	1,540	32,6	3,2	1,30	0,86
	73	45,1	129,0	7,9	11,4	1,545	36,5	2,5	1,30	0,87

Примечания:

¹⁾ эпоксидные полимеры на основе смолы ЭД-20, отвержденной Т-403;

²⁾ содержание наполнителя – 100 масс. ч.;

³⁾ числитель – образцы отверждены по режиму I, знаменатель – по режиму II.

Сравнительное влияние различных марок карбоната кальция представлено в таблице 5. Видно, что существенного различия в значениях параметров температуры стеклования T_g , прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ и адгезионной прочности при отрыве $\sigma_{отр}$ при изменении марки МКК не наблюдается.

Выводы. Обобщая результаты исследований можно заключить, что молотый карбонат кальция является достаточно эффективным наполнителем для эпоксидных полимеров. Он позволяет существенно снизить стоимость материалов без заметного ухудшения их физико-механических и адгезионных характеристик. Полученные результаты были использованы нами при доработке рецептуры праймера, применяемого при получении защитного трехслойного полимерного покрытия в трубах большого диаметра, а также составов, используемых в качестве монолитных покрытий полов и клеев [5–8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наполнители для полимерных композиционных материалов: Справочное пособие. Пер. с англ./ Под ред. П.Г. Бабаевского. М.: Химия, 1981. 736 с.
2. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. М.: Энергия, 1973. 416 с.
3. Азиатско-тихоокеанский рынок молотого карбоната кальция // Химия Украины. № 9 (111).2004. С. 43–45.
4. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров. Казань: ПИК «Дом печати». 2004. 446 с.
5. Кочергин Ю.С., Григоренко Т.И., Шологон В.В. Эпоксидные клеи: свойства и опыт применения // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2006. Вип. 5 (61). С. 161–169.
6. Кочергин Ю.С., Кулик Т.А., Григоренко Т.И. Клеевые композиции на основе модифицированных эпоксидных смол // Пластмассы. 2005, № 10. С. 9–16.
7. Кочергин Ю.С., Григоренко Т.И., Кулик Т.А. Клеи на основе модифицированных каучуками эпоксидных смол // Клеи, герметики, технологии. 2005. № 12. С. 5–9.
8. Кочергин Ю.С., Кулик Т.А., Григоренко Т.И. Эпоксидные клеи специального назначения // Клеи, герметики, технологии. 2006. № 3. С. 3–7.

Kochergin Yu.S., Popova O.S., Grigorenko T.I.

PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITE MATERIALS FILLED WITH CALCIUM CARBONATE

It is researched the influence of ground calcium carbonate for adhesive and physico-mechanical properties of composite materials based on epoxy polymers depending on the brand of filler, the presence of modifier, the chemical nature of the hardener and cure mode. It is shown that the content of the compositions enhances the elastic modulus, cohesive and adhesive strength with a slight decrease in glass transition temperature and deformation ability.

Key words: epoxy composites, calcium carbonate fillers, mechanical properties, adhesion strength.

Кочергин Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор.

Адрес: 86114, г. Макеевка, Донецкой обл., д.80, кв.189

E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua

Попова Оксана Сергеевна, старший преподаватель кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров

Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»

Адрес: 83117, Донецк, ул. В. Терешковой, д.32, кв. 62.

E-mail: OMango@yandex.ru

Григоренко Татьяна Ильинична, кандидат технических наук.

Адрес: 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 97

E-mail: grigorencot2013@mail.ru

DOI: 10.12737/24133

Юшков Ф.В., нач. отд. аэродромного строительства
АО УК «Аэропорты Регионов»
Высоцкая М.А., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЧИСЛЕННОЙ ОЦЕНКИ СЦЕПЛЕНИЯ МЕЖДУ СЛОЯМИ АЭРОДРОМНЫХ И ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

roruri@rambler.ru

В работе предложен метод численной оценки сцепления слоями аэродромных и дорожных покрытий. Выполнены натурные исследования, подтверждающие эффективность предложенной методики.

Ключевые слова: *слои наращивания из асфальтобетона, геосетка, сцепление между слоями, методика численной оценки сцепления.*

Введение. Повышение безопасности полетов воздушных судов, обеспечение авиационной безопасности и надежности при эксплуатации ИВПД, улучшение качества обслуживания авиапассажиров и увеличение пропускной способности аэропортов – приоритетные направления развития авиации каждого цивилизованного государства.

Это выдвигает высокие требования к аэродромным покрытиям, которые должны отвечать показателям: безопасности выполнения взлетно-посадочных операций воздушных судов, а также комплексу требований, таких как: прочность, надежность и долговечность конструкции в целом и ее составных элементов. При этом под совокупностью прочностных характеристик аэродромных покрытий понимают способность сопротивляться процессу развития деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях, на границах сопряжения (сращивания) слоев многослойных конструкций.

Максимальное разрушающее силовое воздействие испытывают верхние слои, особенно нежестких аэродромных покрытий, непосредственно воспринимающие нагрузки от колес воздушного транспорта. Воздействия природных факторов (переменного температурно-влажностного режима, многократного замораживания и оттаивания, влияния солнечной радиации, ветровой эрозии), тепловые и механические воздействия газоздушных струй авиационных двигателей и механизмов, предназначенных для эксплуатации аэродрома, а также воздействие антигололедных химических средств – также оказывают негативное влияние на работу аэродромного покрытия. Совокупность этих факторов инициирует на бетонных покрытиях такие дефекты как сплошное шелушение плит, выбоины и раковины, уступы в швах, которые существенно не снижают несущую способность

покрытия, но значительно влияют на безопасность выполнения взлетно-посадочных операций. На нежестких покрытиях влияние негативных факторов отражается в виде появления хаотично расположенных трещин, эрозий несущего слоя различного вида, выкрашивание материала асфальтобетона с дальнейшим образованием выбоин и очагового разрушения. Необходимо понимать, что любые разрушения покрытия с появлением на поверхности полосы посторонних предметов являются предпосылками к летным происшествиям, влияющим, прежде всего, на безопасность полетов.

Для устранения указанных дефектов широко применяется технология устройства асфальтобетонных слоев усиления, устраиваемых как на существующих покрытиях нежесткого типа, так и на покрытиях жесткого типа, в том числе и на сборных покрытиях из плит типа ПАГ.

В этом случае актуальной становится проблема повышения сдвигоустойчивости и трещиностойкости асфальтобетона в аэродромных покрытиях. Кроме того, важен вопрос оценки качества совместной работы слоев нового покрытия. К сожалению, асфальтобетонные покрытия взлетных полос не могут быть абсолютно ни трещиностойкими, ни сдвигоустойчивыми. Это обусловлено их чувствительностью к колебаниям температуры внешней среды, служащей источником непрекращающихся структурных изменений, протекающих в совокупности с большими механическими воздействиями при взлете и посадке воздушных судов. Под влиянием этих воздействий практически непрерывно изменяется пластичность асфальтобетона и его вяжущей части. В сочетании с переменным (постоянно меняющимся) напряженным состоянием от механических и динамических усилий это приводит к нарушению сплошности структуры - трещинообразованию, которое, также является

следствием отраженных трещин нижележащих жестких слоев покрытия, наблюдается также потеря деформационной устойчивости – сдвиги, колейность и наплывы и т.д.

Одним из эффективных методов борьбы с трещинообразованием и сдвиговыми деформациями в асфальтобетонных слоях сегодня считается использование геосеток [1–4]. Однако, в аэродромных покрытиях, состоящих из жесткого нижнего слоя, в том числе из сборных железобетонных плит и нарощенных асфальтобетонных слоев, помимо повышенных требований к трещиностойкости и сдвигоустойчивости, важно обеспечить сцепление конструктивных слоев покрытия между собой, не допускающее отрыва асфальтобетона под действием газодинамических струй от воздушных судов.

Анализ нормативной базы РФ показал, что сегодня отсутствует методика численной оценки качества сцепления слоев между собой в аэродромных и дорожных покрытиях.

Это вносит определенное недопонимание, а в ряде случаев провоцирует конфликтные ситуации между заказчиком и подрядчиком при приемке работ и в течение гарантийного срока объекта.

Основная часть. В России сцепление асфальтобетонных слоев определяется в соответствии с пунктом 12.5.2 СП [5]. В соответствии [5] предусматривается контроль качества сцепления слоев асфальтобетонного покрытия, при этом метод контроля, а также численные показатели не оговариваются. Можно предположить, что это визуальный контроль монолитности извлеченного керноотборником керна без определения численного значения силы сцепления. С помощью данного метода можно визуально констатировать отсутствие сцепления, но при наличии сцепления оценить его качество невозможно. Еще один немало важный момент, в течении какого нормативного времени должно сохраняться сцепление между слоями? Должна ли монолитность слоев фиксироваться только при приемке-сдаче объекта, или сцепление между слоями дорожных или аэродромных покрытий должно сохраняться в течение всего нормативного срока службы? Ответа на эти вопросы пока не существует.

Как альтернатива, для определения качества сцепления асфальтобетона с армирующим материалом предлагается методика испытания адгезии защитных покрытий бетонных и железобетонных конструкций по ГОСТ 28574-90 [6]. Результаты испытаний позволяют количественно определить адгезию защитных лакокрасочных покрытий по силе отрыва от бетонной поверхности с помощью металлического диска и дина-

мометра. Применительно к армирующему материалу в асфальтобетонном покрытии данные результаты испытания лишь косвенно говорят о качестве «прилипания» геосинтетического материала или непосредственно слоя усиления (наращивания) асфальтобетона к нижнему слою покрытия и не отражают совместную работу армирующего материала в покрытии в целом.

Методику исследования на сдвигоустойчивость на границе асфальтобетонных слоев при армировании образцов различными материалами предложили в Технологическом университете г. Дельфта, Голландия [7]. Полученные по данной методике результаты позволяют оценить прочность на сдвиг образцов из покрытия без армирующего геосинтетического материала и с ним.

Как отмечалось выше, при использовании асфальтобетона определяющую роль играет сдвигоустойчивость покрытия, особенно в случае его армирования. Поэтому, в Европе, при использовании геосинтетических материалов в слоях покрытия, одним из основных является испытание на срез асфальтобетонного керна по армирующему материалу. В России на сегодняшний день не существует нормативных документов, регламентирующих данное лабораторное испытание. Исходя из этого, в случае крайней необходимости, ссылаются на способ определения сцепления, используемый в Германии, который показывает величину сопротивления сдвигу. Но, как показала практика, лаборатории данным оборудованием не оснащены и не владеют данной методикой.

В соответствии с немецким стандартом DIN1996 T7 [8] сцепление слоев асфальтобетонного покрытия определяется по величине сопротивления на сдвиг керна диаметром 0,15 м, численное значение которого должно составлять не менее 15 кН. Общий вид установки в момент проведения эксперимента и схема нагружения представлены на рис. 1.

Требования к сопротивлению асфальтобетонного керна на сдвиг также предъявляются нормативным документом FGSV Nr 69 [9]. В случае изменения диаметра испытываемого керна требование к минимальному значению сопротивления образца на сдвиг коррелируется с учетом пропорциональности значения квадрату диаметра керна [10].

Опыт работы на аэродромах РФ показал, что проблема в невозможности численной оценки сцепления между слоями покрытий как нежесткое–нежесткое, так и нежесткое–жесткое носит массовый характер, а отсутствие нормативной базы существенно ее усугубляет. Подоб-

ное положение вещей обусловило необходи-



Рис. 1. Испытание керн из асфальтобетонного покрытия на сопротивление сдвигу по стандарту DIN

Разработанная методика численной оценки сцепления заключается в следующем. Предварительно в покрытии аккуратно делается кольцевой надрез на глубину, превышающую толщину асфальтобетона. Эта операция выполняется с использованием керноотборника при пониженной подаче коронки и повышенном расходе воды для того, чтобы не повредить керн, в нашем случае использовался керноотборника Gölz KB-200. Если керн отрывается в процессе сверления, то сцепление исследуемых слоев считается неудовлетворительным.

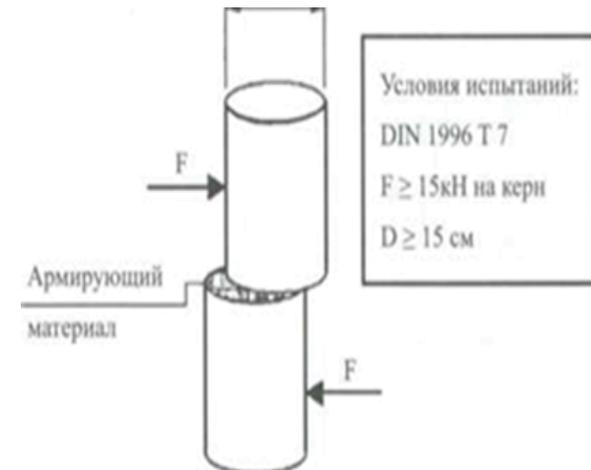
После засверливания коронки на глубину большей, чем проектная толщина исследуемых слоев (определяется по характерному изменению цвета пульпы или трудности прохождения засверливания) на керн устанавливается захват, который подсоединяется к предварительно оттарированному гидроцилиндру. Медленно повышается давление в гидроциindre на уборку штока. По максимальному давлению в гидроциindre определяется усилие в момент отрыва керна. Схема испытания представлена на рис. 2.

Для измерения усилия отрыва асфальтобетонного керна по разработанной методике необходимо оборудование:

- специальный разработанный цанговый захват керна $\varnothing 97$ мм,
- гидроцилиндр, шарнирно подвешенный к треноге и соединенный с захватом,
- насосная станция с образцовым манометром, для определения давления в гидроциindre.

Для экспериментальной апробации предложенной методики и оценки влияния геосинтетических материалов между асфальтобетонными слоями усиления и сборным покрытием из плит

ПАГ-18 напесчаном основании толщиной 0.15 – 0.20 м на полигоне 26 ЦНИИ МО РФ было выполнено наращивание асфальтобетоном в двух вариантах:



1. вариант – двухслойная конструкция с верхним слоем из мелкозернистого асфальтобетона толщиной 0.05 м и с нижним слоем толщиной 0,07 м из крупнозернистого плотного асфальтобетона, рис. 3а;

2. вариант – двухслойная конструкция со сплошным армированием георешеткой Амдор между слоями аналогичными 1 варианту, рис. 3б.



Рис. 2. Оценка сцепления слоев асфальтобетона в покрытии

Прочность сцепления асфальтобетонных слоев при армировании геосинтетическим материалом значительно зависит от ряда факторов и, в первую очередь, от температуры укладываемого

мой асфальтобетонной смеси. При строгом соответствии технологии выполнения работ добиться сцепления асфальтобетонных слоев в конструктиве – посильная задача. В этом случае керны отбираемых слоев покрытия должны из-

влекаться монолитом, а прочность сцепления будет соответствовать или превышать величину не менее 1 кгс/см^2 или 0.1 МПа , и определить качество сцепления таких слоев возможно только в лабораторных условиях.

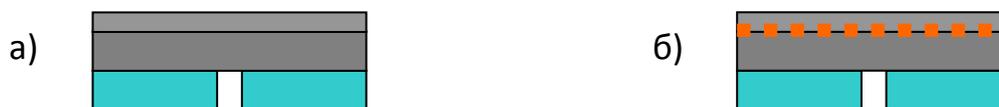


Рис. 3. Конструктивные решения опытного участка

Наибольший интерес представляют спорные случаи. Когда образец извлекается целостным керном из покрытия, а при незначительной нагрузке (падении, ударе) разделяется на составные части. В эту категория довольно часто попадают керны, извлеченные из смешанного покрытия с наращенными слоями из асфальтобетона, слабым местом которых является плоскость сопряжения разнородных материалов (бетон-асфальтобетон).

Интерпретация результатов по определению сцепления в этом случае может быть спорной, особенно если учесть, что подобной манипуляции, с извлечением кернов для определения сцепления, в подавляющем большинстве предшествует какая-нибудь история, связанная с проблемами при эксплуатации покрытия летного поля (отрыв слоев при выполнении взлетно-посадочных операций, поднятие-просадка нижележащих жестких слоев (плит) и т.д.). То есть, это случаи, чаще всего связанные с нарушением или отклонением в технологии производства работ или эксплуатации.

Из устроенного покрытия был отобран 21 керн на участках с армированием асфальтобетонных слоев и без него. Все они подвергались извлечению по разработанной методике с определением усилия отрыва между слоями.

Результаты по определению толщины, сцепления конструктивных слоев покрытия приведены в табл. 1 и 2, соответствующих вариантам конструкций слоев усиления.

При отборе кернов из покрытия фиксировалось значение сцепления асфальтобетонного слоя усиления с бетонными плитами. Как видно из результатов таблицы 1 керн №3 первоначально оторвался на границе сращивания верхнего и нижнего слоев асфальтобетона, достигнув величины сцепления 25 кПа . Завершение отрыва оставшейся части керна составило величину отрыва 42 кПа . В виду отсутствия методики определения сцепления между слоями асфальтобетона принято следующее допущение – в случае если керн из двухслойного покрытия был извлечен полностью, величина сцепления между слоями, пересчитанная без учета веса керна, принималась не менее, чем величина сцепления асфальтобетона и бетона.

Необходимо отметить, что при выполнении эксперимента по определению усилия отрыва между слоями асфальтобетонного слоя и плитой ПАГ, в подавляющем большинстве наблюдалось недостаточное сцепление или его отсутствие.

Таблица 1

Результаты отбора кернов из покрытия с асфальтобетонными слоями наращивания на сборном покрытии без армирования

№ керна	Толщина, см.		Сцепление, кПа	
	общая	верх. слоя	а/б-ПАГ	верх. - ниж. сл. а/б
1	9,7	4,5	54	>54
2	12,2	5,6	17	>17
3	13,0	5,6	42	25
4	12,4	5,5	22	>22
5	14	6	57	>57
6	14	6	60	>60
7	12,7	5,3	62	>62
8	13,4	5	11	>11
9	14,2	5,8	48	>48
10	13,4	5	6	>6
11	9,5	4,3	94	94

Таблица 2

Результаты отбора кернов из покрытия с асфальтобетонными слоями наращивания на сборном покрытии с армированием между слоями

№ керна	Толщина, см.		Сцепление, кПа	
	общая	верх. слоя	а/б-ПАГ	верх. - ниж. сл. а/б
1	13.8	5.9	28	неуд.
2	12.6	5.4	102	неуд.
3	11.8	5.3	14	неуд.
4	13.2	6.0	25	>25
5	14.6	6	51	неуд.
6	14.6	6	39	неуд.
7	11.8	5.2	39	неуд.
8	13.3	5.5	>37	28
9	14,3	5,1	45	19
10	12,5	5,3	34	11

Как видно из представленных данных, наличие армирующей прослойки между слоями асфальтобетона значительно снизило сцепление этих слоев: почти 70% кернов с армирующей прослойкой имели неудовлетворительное сцепление.

Также, выполненные исследования позволили в первом приближении характеризовать прочностью сцепления слоев следующими значениями:

до 15 кПа – отдельные слои (отсутствие сцепления);

15 – 50 кПа – отделение при легком ударе (недостаточное сцепление);

50 – 70 кПа – отделение в лаборатории при нагреве (удовлетворительное сцепление для эксплуатации покрытия);

более 70 кПа – разделение только при механическом воздействии в лаборатории (гарантированное сцепление для эксплуатации покрытия в период срока эксплуатации).

Измеренная величина сцепления кернов находилась в диапазоне от 10 кПа до 110 кПа. При этом следует отметить, что для предотвращения отрыва слоев асфальтобетона от аэродромного покрытия из сборных плит горизонтальными реактивными струями от обычных воздушных судов необходимо, чтобы величина сцепления, соответствующая суммарной толщине слоев усиления 0,12 м, гарантированно превосходила отрывающее усилие, отнесенное к единице площади $R_{отр}$, равное 30 кПа [11].

Более интересная картина была зафиксирована при определении усилия отрыва между слоями асфальтобетонного наращивания при наличии и отсутствии армирования. Как видно из данных табл. 2 при наличии армирующей прослойки между слоями практически отсутствует сцепление, образцы извлекались, в основном, как отдельные слои. Отсутствие же ар-

мирующей прослойки позволило сохранить целостность извлекаемых кернов.

При устройстве слоев усиления на сборных покрытиях помимо основных несущих слоев из плотного асфальтобетона укладывают выравняющий слой из мелкозернистого или пористого асфальтобетонов, реже из черного щебня. Данные слои выполняют еще и роль трещинопрерывающей прослойки. В результате суммарная толщина нежесткой части покрытия составляет не менее 0,15 м, что делает неактуальным наличие сцепления слоя усиления с покрытием из плит ПАГ. В то же время, отсутствие сцепления между жестким и нежестким слоями позволяет сократить (или исключить на расчетный период времени в случае применения геотекстильных материалов) негативное воздействие горизонтальных перемещений сборного покрытия при сезонных перепадах температур, влияющих на величину раскрытия трещин и скорость их выхода на поверхность асфальтового слоя.

Основное внимание следует обратить на величину сцепления слоев асфальтобетона между собой, особенно при устройстве аэродромных покрытий. Т.к. минимальная толщина конструктивного верхнего слоя асфальтобетона должна составлять не менее 0,05 м [12], то, соответственно, для разрушения конструкции достаточно приложения отрывной нагрузки 12 кПа [11], что значительно ниже значений воздействия струй реактивных двигателей современных самолетов, составляющих 15-50 кПа для воздушных судов гражданской авиации и до 40 - 70 кПа для воздушных судов истребительной авиации. Сцепление асфальтобетонных слоев усиления достигается технологией укладки верхних слоев без остывания смесей нижнего слоя, приливом битумной эмульсии.

Выводы. При устройстве однослойного асфальтобетонного слоя, выполняющего роль слоя износа, в дорожных и особенно в аэро-

дромных покрытиях необходимо обеспечить надежное сцепление данного слоя с бетонной поверхностью существующего покрытия.

При устройстве двухслойных асфальтобетонных слоев усиления необходимо обеспечить сцепление между слоями асфальтобетона. При этом армирующие материалы укладываются непосредственно на бетонную поверхность. Толщина верхнего слоя на участках максимального силового и газовоздушного воздействия должна определяться в зависимости от величины отрывной нагрузки от нижележащих слоев (сцепление зависит от склейки слоев и веса конструкции).

При устройстве многослойных конструкций со слоем выравнивания армирующие слои необходимо укладывать на данный слой непосредственно перед укладкой верхних асфальтобетонных слоев. Наиболее целесообразной является сплошная укладка геосинтетических материалов.

Для уточнения численных показателей величины сцепления асфальтобетонных слоев усиления необходимо продолжить проведение экспериментальных исследований по отбору кернов для различных условий с целью набора статистических данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарева Э.Д. Применение геосинтетических материалов в дорожных конструкциях автомобильных и городских дорог и улиц. СПб.: ЦПО Информатизация образования, 2000. 56 с.
2. Бондарева Э.Д., Ладыженский И.С. Российские дороги осилит... наука! Армирование асфальтобетонных покрытий геосетками // Строительство и городское хозяйство в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. 2001. № 46. С. 106–107.
3. Высоцкая М.А., Денисов В.П., Кузнецов Д.А. Влияние геосетки и технологических фак-

торов при ее использовании на сцепление слоев асфальтобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 16–19.

4. ОДМ 218.5.001-2009 Методические рекомендации по применения геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтовых слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог. М.: Росавтодор. Введен 26.11.2009 № 502-р, 2010. 53 с.

5. СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. Утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 272 и введен в действие с 1 июля 2013 г. 53 с.

6. ГОСТ 28574 – 2014. Межгосударственный стандарт. Методы испытаний адгезии защитных покрытий. М.: Стандартинформ 2014. Введен 01.01.2015 12с.

7. De Bondt A. H. Anti-Reflective Cracking Design of (Reinforced) Asphalt Overlays. — Delft: Delft University of Technology, 1999. 411p.

8. DIN 1996 Teil 7. Prüfung von Asphalt. Bestimmung von Rohdichte, Raumdichte, Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad. — Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 1992. 10 S.

9. Verwendung von Vliesstoffen, Gittern und Verbundstoffen im Asphaltstraßenbau. FGSV-Arbeitspapier Nr. 2010. 14 S.

10. Быстров Н.В., Генералов Г.А. Оценка эффективности геосинтетических материалов при ремонте асфальтобетонных покрытий // Доркомстрой. 2005. № 1. С. 14-16.

11. Тригоны В.Е., Лещицкая Т.П., Юрченко А.И. Повышение долговечности асфальтобетонных слоев усиления при реконструкции аэродромов. Москва 1998.

12. СП 121.13330-2012 «СНиП 32-03-96 «Аэродромы», Минрегион России, Москва 2012. 98 с.

Yushkov F.V., Vysotskaya M.A.

INFLUENCE OF A GEOGRID AND TECHNOLOGY FACTORS AT ITS USE ON COUPLING OF LAYERS OF ASPHALT CONCRETE

This paper presents a method for numerical evaluation of the adhesion layers in airfield pavements. Completed field studies confirming the effectiveness of the proposed method.

Key words: building layers of asphalt concrete, geogrid, adhesion between the layers, the technique of numerical evaluation of the adhesion.

Юшков Федор Владимирович

АО УК «Аэропорты Регионов», начальник отдела аэродромного строительства
Адрес: Россия, 115054, г. Москва, ул. Валуевская, д. 26.

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: foruri@rambler.ru

Сергеев С.В., д-р техн. наук, проф.
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова
Воробьев Е.Д., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Фролов Н.В., ассистент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОБСЛЕДОВАНИЕ СТВОЛА ШАХТЫ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

frolov_pgs@mail.ru

Объект исследования – крепь вертикального ствола шахты. В процессе работы проведено обследование тюбинговой и бетонной крепи. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния крепи по измеренным напряжениям в тюбингах. Определены величины давлений на крепь в наиболее характерных интервалах по глубине. Дан прогноз ее конструктивной безопасности. Установлено, что крепь обладает необходимым уровнем эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: шахтный ствол, комбинированная крепь, бетон, тюбинг, оперативный контроль, деформометр, напряжение, деформация, нагрузка на крепь.

Введение. Рассматриваемый ствол шахты эксплуатируется с 40-х годов XX-го века в сложных инженерно-геологических условиях. При строительстве из-за повреждения ствола шахта была затоплена. Поэтому в интервале высотных отметок +108,5 м – +80,7 м выполнено усиление и произошло уменьшение диаметра с 4,0 до 3,4 м. По причине длительной эксплуатации ствола шахты в сложных инженерно-геологических условиях возникла необходимость определения его надежности в наиболее опасных интервалах. Состояние ствола шахты определялось по результатам комплексного обследования в интервалах, выполненных из кирпича, бетона, чугунных элементов и бетона. При обследовании применялась отработанная и проверенная ранее на стволах аналогичных шахт методика.

В процессе работы выполнено обследование ствола шахты из чугунных элементов и бетона. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния элементов ствола шахты по измеренным напряжениям. Определены величины давлений в характерных интервалах по глубине. Выполнен прогноз ее конструктивной безопасности. Определен уровень эксплуатационной надежности.

Основная часть. Оценка инженерно-геологических условий. В геологическом строении месторождения принимают участие докембрийские рудно-кристаллические метаморфические образования, перекрытые рыхлыми фанерозойскими осадочными породами.

Физико-механические свойства пород рыхлой толщ. Разрез по стволу в интервале отметок +180,140 м – +73,732 м приведен на рис. 1 и рис. 2. Породы представлены лессовидными суглинками, мелом, песками и песчаными глина-

ми. Их свойства определяются дисперсностью, плотностью сложения, плотностью минеральной части и естественной влажностью.

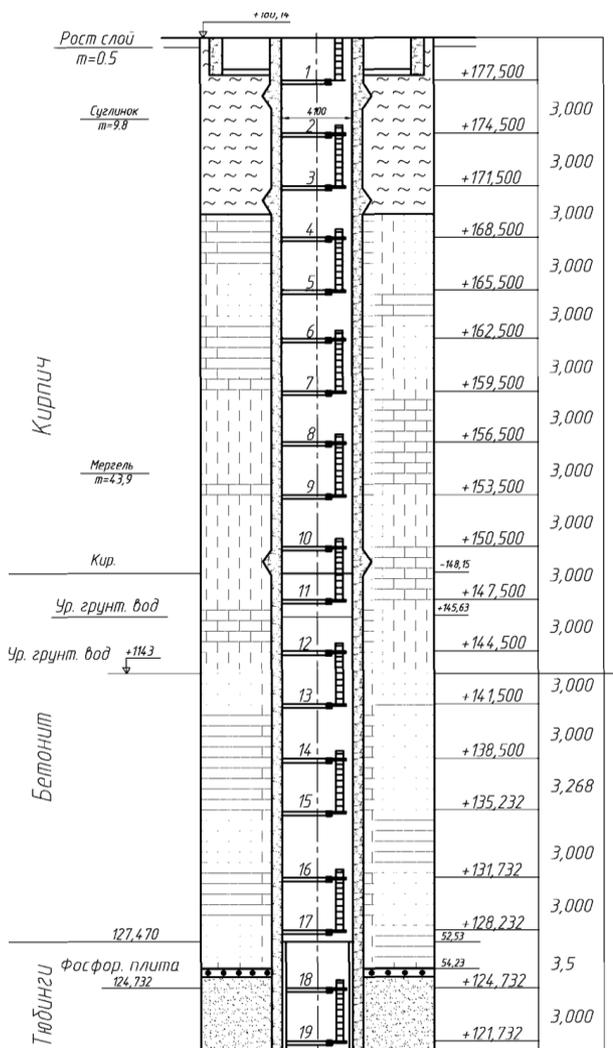


Рис. 1. Разрез по стволу в интервале отм. +180,140 м – +121,732 м

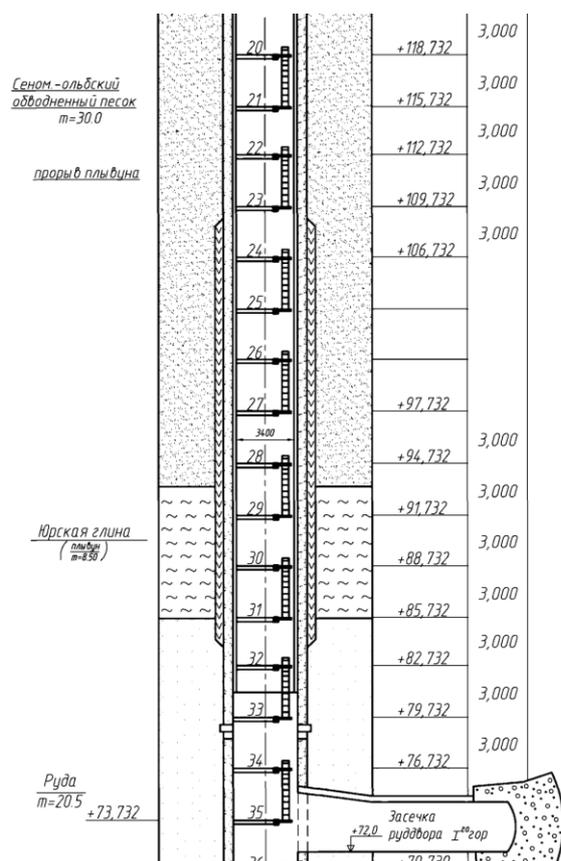


Рис. 2. Разрез по стволу в интервале высотных отметок +121,732 м – +73,732 м

Суглинки залегают в интервале высотных отметок +179,6 м – +169,8 м. Мощность составляет 9,8 м. Суглинки имеют следующие показатели физических свойств: плотность от 1,81 до 1,95 г/см³, естественная влажность от 19 до 23 %, пористость от 31 до 41 %. Нормативные значения прочностных показателей при сдвиговых испытаниях имеют следующие значения: угол внутреннего трения – 28°, удельное сцепление – 16,5 кПа. Модуль деформации при замоченном состоянии составляет – 24,6 МПа. Предел прочности суглинков на одноосное сжатие изменяется от 0,14 до 0,17 МПа.

Мел залегают в интервале высотных отметок +169,8 м – +125,9 м. Общая мощность составляет 43,9 м. Значения физических показателей следующие: плотность 1,96 г/см³, влажность 20 %, пористость 38,9 %. Прочностные и деформационные показатели имеют следующие значения: угол внутреннего трения – 20,7°, удельное сцепление – 53,14 кПа, модуль деформации при замачивании – 33,7 МПа. Прочность меловых пород по данному слою изменяется в пределах от 2,31 до 2,67 МПа при нормативном значении 2,46 МПа.

В основании меловых отложений в интервале высотных отметок +125,9 м – 124,9 м залегают фосфоритовая плита, представленная сильно трещиноватыми полускарльными породами.

Мощность фосфоритовой плиты составляет около 1,0 м. Физико-механические свойства характеризуются следующими показателями: плотность 2,23–2,30 г/см³, влажность 3–7 %, пористость 15–18 %. Прочностные показатели определены при испытаниях на одноосное сжатие и растяжение. Прочность пород имеет следующие значения: угол внутреннего трения – 33°, удельное сцепление – от 7,1 до 8,4 МПа.

Песок кварцевый буровато-серый мелкозернистый залегают в интервале высотных отметок +124,9 м – +94,9 м. Общая мощность песка составляет 30,0 м. Плотность песка изменяется от 1,75 до 1,86 г/см³, при нормативном значении 1,81 г/см³, влажность от 15 до 20 %, пористость 41–42 %, коэффициент фильтрации от 2,2 до 7,6 м/сутки. Нормативные значения прочностных свойств следующие: угол внутреннего трения – 30,5°, удельное сцепление – 0,5 кПа. Модуль деформации – 26,0 МПа. С учетом дисперсности гранулометрического состава и водонасыщения данной толщи пески склонны к оплыванию.

Глина темно-серая песчаная залегают в интервале высотных отметок +94,9 м – +86,4 м. Общая мощность глины составляет 8,5 м. Нормативные значения основных водно-физических показателей следующие: плотность 1,95 г/см³, влажность 20 %, пористость 39,7 %, коэффициент фильтрации – 0,007 м/сут. Нормативные значения прочностных и деформационных свойств имеют следующие значения: угол внутреннего трения – 9,3°, удельное сцепление – 40,67 кПа, модуль деформации – 26 МПа.

Физико-механические свойства пород скальной толщи. Руда маритовая залегают в интервале высотных отметок +86,4 м – +65,9 м. Мощность составляет 20,5 м. Основные нормативные физико-механические показатели имеют следующие значения: плотность – 3,21 г/см³, угол внутреннего трения – 37,8°, удельное сцепление – 6,33 МПа, модуль упругости – 43,0 ГПа, коэффициент Пуассона – 0,32, модуль всестороннего сжатия – 39,8 ГПа.

Кварцит залегают в интервале высотных отметок +65,9 м – –128,0 м. Мощность кварцитов составляет 193,9 м. Основные нормативные показатели имеют следующие значения: плотность – 3,36 г/см³, угол внутреннего трения – 41,3°, удельное сцепление 25,0 МПа, модуль упругости – 113,15 ГПа, модуль всестороннего сжатия – 67,4 ГПа, коэффициент Пуассона – 0,22.

Гидрогеологическая характеристика. Месторождение находится в зоне нарушенного режима подземных вод за счет осушения расположенных рядом карьеров и действующих водозаборов. Водоносными горизонтами являются: 1. Современный аллювиальный водоносный гори-

зонт; 2. Турон-коньякский водоносный горизонт (K_{2t-k}); 3. Альб-сеноманский водоносный горизонт ($K_{1,2al-s}$); 4. Юрский водоносный комплекс ($J_{2,3}$); 5. Архейско-протерозойский водоносный комплекс ($AR-PR_1$).

Методика обследования состояния ствола шахты. Вертикальные стволы шахт относятся к одним из самых сложных объектов горных предприятий. Это вызвано отсутствием прямой доступности для инструментального контроля их состояния. Работы по обследованию стволов шахт являются трудоемкими и сложными.

Обследование эксплуатируемых столов шахт производится, в основном, по косвенным признакам. Полнота обследования зависит от степени доступности. Обследование ствола шахты проводилось в следующем порядке: 1. Внешний осмотр участков; 2. Определение геометрических размеров конструкции; 3. Определение упругих характеристик материалов; 4. Определение коррозионной активности бетона; 5. Определение напряжений; 6. Прогноз надежности.

Внешний осмотр участков проводили с целью определения объема работ и выбора методик оценки напряжений.

Определение геометрических размеров конструкции включало в себя: измерение радиусов (диаметров), кривизны, выявление разрушений, профилировка стенки ствола. Наиболее полные данные получены исходя из значений радиусов. По ним определялась форма и величина средних радиальных нагрузок.

Определение характеристик материалов производилась исходя из марок бетона и чугуна. Марка чугуна определялась по проектной документации. Определение характеристик бетона производилось по отобранным образцам. При этом определялись тип заполнителя, связь заполнителя с цементом, наличие пор и микротрещин в цементном камне. Упругие характеристики определялись акустическим методом. Определение коррозионной активности бетона производили исследованием состояния цемента.

Напряжения в чугунных стенках определялись методом неполной разгрузки с применением тензодатчиков [6]. Сущность методики заключается в одностороннем распиле чугунной стенки на месте с приклеенным тензодатчиком (рис. 3). Исследования, проведенные нами показали, что при одностороннем распиле чугунной стенки с закрепленным тензодатчиком происходит его разгрузка равная 50–60 % от полной. Например, в ребре кольца при частичной разгрузке получено значение деформации равно $\varepsilon_{\theta} = 210 \times 10^{-5}$, а при полной разгрузке (распил с двух сторон) – $\varepsilon_{\theta} = 350 \times 10^{-5}$.

На рис. 4 показана методика распила, проведенная в стволе.

По измеренным тангенциальным деформациям определяются напряжения по закону Гука:

$$\sigma_{\theta} = E_{\text{чуг}} \cdot \varepsilon_{\theta}, \quad (1)$$

где $E_{\text{чуг}}$ – модуль упругости чугуна, МПа; ε_{θ} – измеренные относительные деформации.

Определение модуля упругости чугуна по зависимости $\sigma=f(\varepsilon)$ для серого чугуна см. рис. 5.

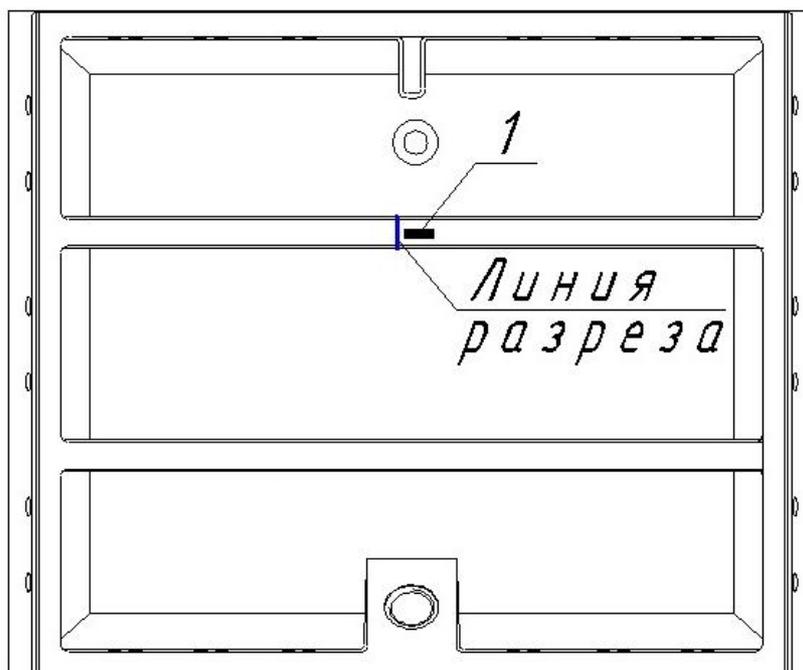


Рис. 3. Схема определения напряжений методом частичной разгрузки: 1 – тензодатчик



Рис. 4. Чугунная стенка ствола с тензодатчиком после применения метода частичной разгрузки

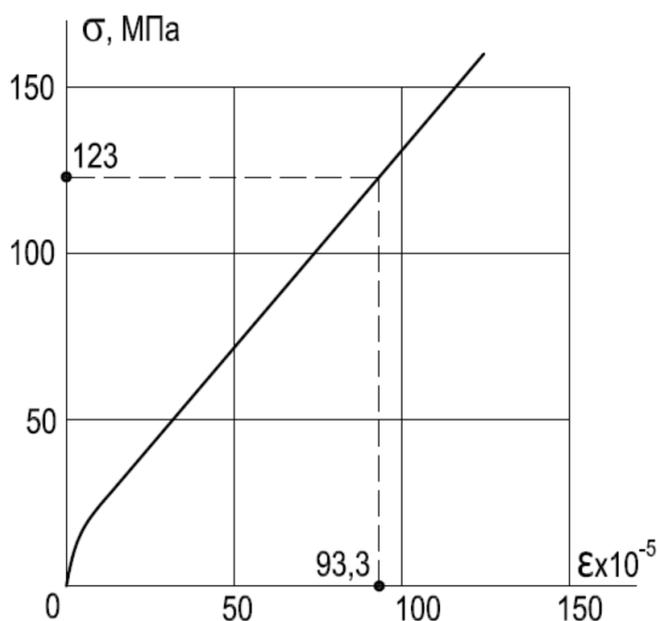


Рис. 5. Диаграмма «σ-ε» для серого чугуна

По измеренным напряжениям по методике проф. Н.С. Булычева определяются величины давления на внешний контур [4].

В стволе по этой методике проводилось определение напряжений на глубинах: 61,6 м – в обводненных меловых породах; 76,6 м – в песках, насыщенных водой; 84,0 м – в глинах.

Выводы. В процессе работы проведено обследование вертикального ствола шахты. Анализ результатов обследования и оценки технического состояния позволил сделать прогноз уровня его конструктивной безопасности с учетом напряженно-деформированного состояния. По итогам работы были разработаны рекомендации, применение которых обеспечит необхо-

димый уровень безопасности и уменьшит влияние природных и техногенных факторов на надежность крепи ствола при его эксплуатации в сложных горно-геологических условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крупенников Г.А., Булычев Н.С., Козел А.М., Филатов Н.А. Взаимодействие массивов горных пород с крепью вертикальных выработок. М.: Недра, 1966. 314 с.
2. Обручев Ю. С., Очнев В. К., Поппель Н. В. и др. Исследование проявлений горного давления в вертикальном стволе на большой глубине // Шахтное строительство. 1983. № 9. С.

18-19.

3. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. М.: Недра, 1982. 272 с.

4. Казикаев Д.М., Сергеев С.В. Диагностика и мониторинг напряженного состояния крепи вертикальных стволов. М.: Горная книга, 2011. 245 с.

5. Влох Н.П. Напряженное состояние обделки из чугунных тубингов // Метрострой. 1990. № 1. С. 17–19.

6. Черныш А.С. Исследование закономерностей депрессионных деформаций толщи осадочных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 1999. № 4. С. 219–220.

7. Сергеев С.В., Мишедченко А.Д. Причины разрушения крепи стволов в соляных породах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2004. № 11. С. 215–217.

8. Ильин С.Р., Трифанов Г.Д., Воробель С.В. Повышение безопасности эксплуатации шахтных стволов путем динамического мониторинга систем «сосуд-армировка» портативными

измерительными станциями // Горное оборудование и электромеханика. 2013. № 3. С. 2–8.

9. Сентябов С.В. Анализ современного состояния строительства вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 7. С. 415–420.

10. Масленников С.А. Методика определения рационального модуля деформации бетона в комбинированной чугунно-бетонной крепи // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. № 4. С. 205–210.

11. Прокопов А.Ю., Масленников С.А., Шинкарь Д.Н. К ВОПРОСУ О влиянии технологических факторов на деформационные характеристики бетона в многослойной крепи // Научное обозрение. 2013. № 11. С. 97–101.

12. Плешко М.С., Плешко М.В. Инновационные подходы к проектированию конструкций крепи глубоких вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 7. С. 223–227.

Sergeev S.V., Vorobyev E.D., Frolov N.V.

MINE SHAFT INSPECTION THE TRUNK OF MINE OPERATED IN DIFFICULT ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS

Object of research-shoring the vertical trunk of mine. In the course of work survey tubing and concrete shoring. The analysis of the mode of deformation shoring on the measured strain in tubing. Defined values compressions the shoring in the most specific depth intervals. Shows the forecast its constructive safety. Revealed that shoring has the necessary level of maintainability.

Key words: shaft, combined shoring, concrete, tubing, compulsory checking, extensometer, strain, deformation, load on the shoring.

Сергеев Сергей Валентинович, доктор технических наук, профессор.

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова.

Адрес: Россия, 428015, г. Чебоксары, пр-т Московский, д. 15.

E-mail: sergey.sergeev.v@mail.ru

Воробьев Евгений Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной геологии и горного дела.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: vorobev@bsu.edu.ru

Фролов Николай Викторович, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: frolov_pgs@mail.ru

DOI: 10.12737/24

*Рыбникова И.А., ст. препод.
Белгородский государственный технологический университета имени В. Г. Шухова
(Новороссийский филиал)
Рыбников А. М., канд. техн. наук, доц., ст. научн. сотр.
Государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова (г. Новороссийск)*

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ БУРОНАБИВНЫХ КОНИЧЕСКИХ СВАЙ

a.ribnikov@novoroskhp.ru

Один из способов повышения несущей способности буронабивных свай – придание им конусности по типу забивных свай, сужающихся к острию. Особенность работы таких свай (клиновидных) состоит в том, что под нагрузкой они работают «в распор», подобно объёмному клину и передают часть нагрузки за счёт нормальной составляющей по наклонной боковой поверхности. Результаты экспериментов на моделях буронабивных конических свай в грунтовом лотке показали, что с увеличением угла конусности несущая способность моделей конических свай существенно возрастает, хотя площадь острия (торца) у них одинаковая, а площади боковых поверхностей различаются незначительно. Это явление можно объяснить отпором грунта по стволу при вдавливающей нагрузке, то есть так называемым расклинивающим эффектом. Выявлено, что доля острия в общей несущей способности сваи составляет 12,8...25 %, из чего можно сделать следующий вывод. Применение буронабивных конических свай будет наиболее эффективным, при залегании с поверхности прочных грунтов, а заглубление острия в плотные грунты не является обязательным.

Ключевые слова: буронабивная свая, конусность сваи, модель сваи, грунтовый лоток, статические испытания, несущая способность, эффективность.

Введение. В России имеется значительный опыт применения буронабивных свай в различных грунтах и практически для любых зданий и сооружений. Принципиальная особенность буронабивных свай состоит в том, что они изготавливаются из товарного (жидкого) бетона непосредственно на строительной площадке в пробуренных скважинах. Разрабатываемый грунт (шлам) из скважин извлекается на поверхность непрерывно или периодически, при этом структура окружающего скважину грунта основания считается ненарушенной.

Буронабивные сваи по сравнению с забивными сваями обладают рядом преимуществ: при их устройстве используется более дешёвый товарный бетон, не требуются опалубочные работы, уменьшается расход арматуры (используется в основном короткий арматурный каркас в голове с выпусками для связи с ростверком), исключается необходимость в срубке голов свай. Кроме того, применение буронабивных свай освобождает производственные мощности заводов железобетонных изделий для изготовления других конструкций.

Для буронабивных свай существенную роль играет относительная длина, то есть отношение длины сваи l к её диаметру d . Обычно короткими (неглубокого заложения) считают сваи с отношением $l/d \leq 20$, длинными при $l/d > 20$ [1]. По диаметру ствола буронабивные сваи можно разделить на сваи малого диаметра $d < 0,4$ м, среднего $0,4 < d < 0,8$ м и большого диаметра d

$> 0,8$ м. Для стволов буронабивных свай в зависимости от их длины рекомендуются следующие диаметры [2]: d не менее 0,4 м при $l \leq 8$ м; d не менее 0,5 м при $8 < l \leq 15$ м; d не менее 0,6 м при $l > 15$ м. Условное разделение свай по длине объясняется различным сопротивлением их боковой поверхности и нижнего торца (острия) ствола при нагрузке.

Экспериментально установлено, что у коротких буронабивных свай усилия на торец передаются при первых ступенях вертикальной нагрузки [3]. Боковая поверхность сваи в начальный период загрузки воспринимает большую часть нагрузки и почти одновременно по всей длине ствола. По мере роста осадки сваи нагрузка на торец значительно возрастает, а сопротивление по боковой поверхности, в зависимости от сжимаемости грунта, исчерпывается при осадке на 6...8 мм. При дальнейшем увеличении нагрузки усилие, воспринимаемое боковой поверхностью, остаётся постоянным, а каждая из последующих ступеней нагрузки воспринимается только торцом. То есть несущая способность по боковой поверхности при определённой осадке исчерпывается и остаётся постоянной величиной.

Натурные эксперименты ряда исследователей выявили следующее: несущая способность коротких буронабивных свай находится практически в линейной зависимости от длины, диаметра и площади поперечного сечения ствола сваи. Это связано с тем, что исчерпание несущей

способности по боковой поверхности таких свай происходит в результате перехода в предельное состояние грунта непосредственно по боковой поверхности сваи или некоторого примыкающего к ней массива. Доля торца в восприятии общей нагрузки составляет не менее 50 %. С увеличением длины сваи соответственно возрастают силы трения по боковой поверхности.

У длинных буронабивных свай торец воспринимает нагрузку не сразу после приложения первых её ступеней, так как участки ствола вступают в работу постепенно [4]. За счёт упругого сжатия материала ствола, в первую очередь мобилизуются силы трения по боковой поверхности верхних участков. С увеличением нагрузки мобилизуются силы трения также нижележащих участков ствола, а незначительная часть нагрузки передаётся на торец сваи.

Граница предельного сопротивления сил трения с ростом нагрузки опускается вниз, и на всех участках, где она уже достигнута, сопротивление остаётся постоянным. В итоге сопротивление грунта по боковой поверхности длинных буронабивных свай увеличивается по мере возрастания вертикальной нагрузки, но только до определённого предела, после чего прирост его не наблюдается. Соотношение между площадью опирания торца длинных свай и площадью боковой поверхностью ствола невелико. Поэтому несущая способность таких свай определяется в основном силами бокового трения по стволу.

Приведенные результаты исследований показывают, что отношение сопротивления грунта под торцом к трению по боковой поверхности буронабивных свай по мере возрастания нагрузки зависит от относительной длины сваи. Как у длинных, так и у коротких свай несущая способность находится практически в линейной зависимости от длины и диаметра ствола. Силы трения по боковой поверхности реализуются полностью при определённой нагрузке и остаются постоянными до исчерпания несущей способности сваи. Отсюда можно сделать вывод, что несущую способность буронабивных свай можно повысить путём конструктивного изменения формы цилиндрического ствола, изготавливаемого в пробуренной скважине.

Методология. Анализ возможностей увеличения несущей способности буронабивных свай выявил следующие способы:

- зачистка шлама (осыпавшегося и разбуренного грунта) в забое (торце) скважины;
- упрочнение грунта под торцом сваи (механическим уплотнением или химическим закреплением);

- устройство уширений в основании и/или по стволу сваи;

- развитие боковой поверхности шероховатостью или винтовыми выступами.

Одним из путей повышения несущей способности буронабивных свай является придание скважине конической формы по типу забивных свай, сужающихся к острию (пирамидальные, трапецеидальные, ромбовидные, биклинарные, плоско – и объёмнопрофилированные) или по типу конусных набивных свай в выштампованном ложе. Результатами натурных экспериментов разных исследователей доказана эффективность применения свай клиновидной формы почти во всех грунтовых условиях. Их несущая способность значительно выше чем обычных призматических свай того же объёма. Особенность работы свай, сужающихся к острию (клиновидных) состоит в том, что под нагрузкой они работают «в распор», подобно объёмному клину, и передают часть нагрузки за счёт нормальной составляющей по наклонной поверхности.

Известно, что прочность материала ствола цилиндрических буронабивных свай используется лишь на 25–45 %. В тоже время забивные и набивные сваи, сужающиеся к острию, отличает высокая удельная несущая способность. На основе этого и была предложена конструкция буронабивной конической сваи, сочетающая в себе основные преимущества забивных клиновидных и буронабивных свай. В нормативном документе [5] такая конструкция сваи не приведена.

Для применения любой новой конструкции необходимо получение положительных результатов экспериментальных исследований и создание надёжной методики её расчёта. В связи с этим в данной работе рассматривались следующие вопросы:

- выбор оптимальной конструкции буронабивной конической сваи и установление зависимости их несущей способности от угла конусности;

- исследование несущей способности буронабивных конических свай на моделях при действии вдавливающей нагрузки.

Размеры буронабивных конических свай приняты из опыта применения фундаментов из коротких буронабивных цилиндрических свай. Такие сваи обычно имеют диаметр 0,4...0,6 м, поэтому диаметр голов конических свай принят таким же: 0,4; 0,5; 0,6 м. Для удобства укладки бетонной смеси и последующего её уплотнения в суженной части скважины минимальный диаметр нижнего торца принят одинакового размера для всех трёх свай – 0,2 м. При заданных углах конусности свай, то есть углах между обра-

зующей сваю и её осью, равными $1^{\circ}20'$, 2° , $2^{\circ}40'$, длина ствола всех свай составила 4,5 м.

Основная часть. Экспериментальные исследования проводились на моделях одиночных свай в 1/10 натурной величины в грунтовом лотке. Для сравнительных данных исследовались также модели буронабивных цилиндрических свай также 1/10 натурной величины диаметром 40 мм и 60 мм, длиной 45 см. Были приняты

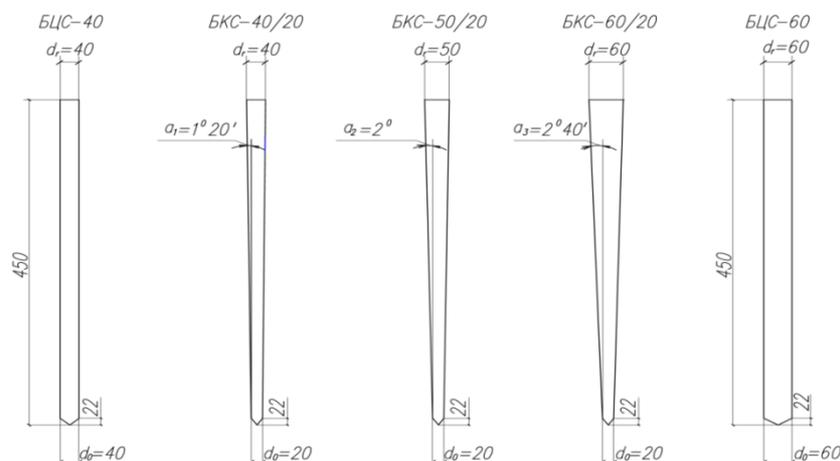


Рис. 1. Типоразмеры опытных моделей буронабивных свай

В качестве материала для моделей свай была принята древесина твёрдых пород – бук. Свай вытачивались механическим способом на станке, что позволило наиболее точно выдержать заданные размеры. Для придания шероховатости, которая образуется при устройстве буронабивных свай в натуральных условиях, поверхность всех моделей свай покрывалась слоем эпоксидного клея ЭД-5 и обсыпалась песком. Модели вытачивались с цилиндрическими фиксаторами высотой 10 см в верхней части – для установки на головы специальных оголовков диаметром 10 см под гидродомкрат.

Для раздельного замера сопротивления острия и боковой поверхности свай из стали были выточены модели конических свай-штампов (БКСШ) также трёх приведенных типоразмеров. По оси моделей-штампов были просверлены сквозные отверстия, в которые вставлялись стержни с наконечником (остриём). Таким образом их конструкция во время испытаний позволяла отделять остриё от ствола. С помощью специальных оголовков первоначально загружалось остриё свай-штампов, затем нагрузка с острия полностью снималась и отдельно определялось сопротивление ствола по боковой поверхности. Общая несущая способность свай-штампа складывалась как сумма из сопротивления по боковой поверхности ствола и под его остриём.

Исследования проводились на лабораторном экспериментальном стенде, состоящим из

следующие обозначения: буронабивные цилиндрические сваи БЦС-40, БЦС-60 и буронабивные конические сваи БКС-40/20, БКС-50/20, БКС-60/20 (рис.1). Цифры обозначают диаметр головы сваи d_r и через дробь – диаметр острия d_o в мм. Длина всех опытных свай равна 45 см. Отношение l/d_{cp} у всех принятых свай находится в пределах 8-15, то есть сваи относятся к коротким, где $d_{cp} = (d_r + d_o):2$.

грунтового лотка – металлического короба размером в плане $2,0 \times 1,4$ м высотой 1,6 м, реперной системы и гидрооборудования. Над лотком устанавливались две упорные стальные балки коробчатого сечения, которые с помощью подвижных креплений перемещались по тягам для обеспечения необходимой высоты их расположения над моделями. Тяги жёстко крепились к днищу лотка. Реперная система была выполнена из стального уголка. Для удобства работы в помещении лоток был заглублен на 60 см в обетонированный приямок.

Для моделирования работы буронабивных свай в грунте лотка специально изготовленными модельными буровыми ставами (шнеками) выбуривались скважины, в которые вставлялись модели. В качестве искусственного грунтового основания, однородного по глубине, использовался крупный песок. Лоток загружался на высоту 150 см, при этом расстояние между днищем и остриём моделей составляло 105 см. Песок укладывался слоями по 10 см, тщательно выравнивался и уплотнялся ручной трамбовкой по всей поверхности за три проходки. Перед укладкой он предварительно увлажнялся.

Особое внимание было уделено подбору плотности и влажности основания, так как при бурении стенки скважин не должны были осыпаться. Их оптимальное значение было подобрано опытным путём. В связи с тем, что в процессе экспериментов нарушалась структура и изменялась влажность песка, после каждой се-

рии опытов грунт из лотка извлекался и производилась новая его укладка по приведенной технологии. Для предохранения поверхности песка от быстрого высыхания, лоток в перерывах между испытаниями покрывался полиэтиленовой плёнкой. Эти мероприятия позволили провести все эксперименты практически в одинаковых условиях и получить наиболее достоверные результаты.

Методика лабораторных испытаний, требования к применяемому оборудованию и измерительным приборам соответствовали применительно к ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями». Усилия на модели создавались татированными грузами или гидравлическим домкратом грузоподъемностью до 50 кН, работающем от ручной насосной станции. Реактивные силы через упорную балку и тяги, воспринимались днищем загруженного лотка. Между домкратом и упорной балкой устанавливался шарнир для соосной передачи нагрузки. Масса домкрата учитывалась как первая ступень нагрузки. Измерения производились прогибомерами систем Аистова и Максимова. Осадка моделей определялась как средняя арифметическая величина показаний приборов.

Постановочные эксперименты показали, что модели свай сразу после приложения нагрузки резко оседают из-за наличия в забое скважины разрыхленного грунта. Поэтому при

рабочих испытаниях модели подвергались незначительному обжатию одинаковыми вертикальными нагрузками. Затем нагрузки полностью снимались, и только после этого модели считались подготовленными к экспериментам.

По результатам экспериментов строились графики зависимости «нагрузка – осадка», по которым определялась несущая способность моделей свай. Кривые зависимости имеют пологий вид без характерных точек перелома. Очень трудно в этом случае выбрать критерий, по которому можно было бы назначить несущую способность моделей. Поэтому предельная нагрузка была назначена условно – при перемещении свай на 10 мм. Это вызвано и тем, что объективнее и удобнее сравнивать работу свай при их осадке на одинаковую величину.

Анализ графиков позволил сравнить зависимости, а также технико-экономически обосновать расход материала свай по коэффициенту эффективности использования материала свай K_3 , равному отношению удельных несущих способностей исследуемых свай к удельной несущей способности эталонной, за которую была принята цилиндрическая свая диаметром 40 мм – БЦС-40. Дополнительно вычислялся коэффициент применения свай K_n , определяемый как отношение несущих способностей исследуемых свай к несущей способности эталонной сваи. Результаты экспериментов сведены в табл. 1 и 2

Таблица 1

Результаты статических испытаний моделей свай в масштабе 1/10 вертикальной вдавливающей нагрузкой

Марка модели сваи	Угол конусности сваи, α	Объем сваи V, $дм^3$	Несущая способность сваи Φ , кН	Φ/V , кН/дм ³	$K_n = \Phi/\Phi_{БЦС-40}$	$K_3 = \Phi/V : (\Phi/V)_{БЦС-40}$
БЦС-40	-	0,547	1,97	3,60	1	1
БКС-40/20	1°20'	0,316	1,37	4,34	0,70	1,21
БКС-50/20	2°	0,439	2,05	4,67	1,04	1,30
БКС-60/20	2°40'	0,585	2,68	4,58	1,36	1,27
БЦС-60	-	1,230	4,19	3,41	2,13	0,95

Таблица 2

Результаты статических испытаний моделей свай-штампов в масштабе 1/10 вертикальной вдавливающей нагрузкой

Марка модели сваи-штампа	Площадь острия, $см^2$	Площадь ствола, $см^2$	Сопrotивление острия сваи $\Phi_{остр}$, кН	Сопrotивление ствола сваи $\Phi_{ств}$, кН	Общее сопротивление сваи $\Phi_{общ}$, кН	$\Phi_{остр}/\Phi_{общ}$, %
БКСШ-40/20	3,14	403	0,338	1,01	1,35	25,0
БКСШ-50/20	3,14	471	0,338	1,64	1,98	17,0
БКСШ-60/20	3,14	538	0,388	2,30	2,64	12,8

Выводы. Результаты экспериментов показали, что с увеличением угла конусности несущая способность моделей конических свай возрастает, хотя площадь острия (торца) у них одинаковая, а площади боковых поверхностей раз-

личаются незначительно. Это явление можно объяснить отпором грунта по стволу при вдавливающей нагрузке, то есть так называемым расклинивающим эффектом.

При разных нагрузках модель сваи БЦС-60 имеет значительно меньшие осадки из-за развитого поперечного сечения и большой площади поверхности ствола. Поэтому эта модель имеет самый высокий коэффициент $K_n = 2,13$. Однако по объёму она в 2...4 раза превышает другие модели свай, и коэффициент эффективности использования материала у неё самый низкий $K_s = 0,95$. Из построенного графика пересечения зависимости коэффициентов K_n и K_s от угла конусности свай был определен оптимальный угол $\alpha = 2^\circ 31'$ для конусных свай данного типоразмера. С учётом этого из исследованных моделей конических свай предпочтение следует отдать модели БКС-60/20 с $\alpha = 2^\circ 40'$, $K_n = 1,36$ и $K_s = 1,27$.

Доля острия в общей несущей способности составляет 12,8...25 %, из чего можно сделать следующий вывод. Применение буронабивных конических свай будет наиболее эффективным, при залегании с поверхности прочных грунтов, а заглубление острия в плотные грунты не является обязательным.

Полученные данные дают основание для продолжения проведения исследований на моделях свайных фундаментов из буронабивных конических свай и таких сваях натурной величины в полевых условиях. Накопленные данные позволят предложить методику расчёта несущей способности такой конструкции свай.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нахмуrow А.Н. Экспериментальное обоснование буронабивных свай по предельным состояниям: Автореф. дис. канд. техн. наук. Одесса, 1974. 28 с.
2. Таланов Г. П., Лычев Л.П., Осадчий В.Т. О проектировании фундаментов из буронабивных свай // Вопросы проектирования и устройства фундаментов из набивных свай: сб. материалов конф. студентов, аспирантов и молодых учёных / Саратов: Изд-во СГУ, 1973. С. 7–12.
3. Жуков Н. В., Сажин В. С., Бейрит А. Г. Исследование работы коротких буронабивных свай в глинистых грунтах // Вопросы проектирования и устройства фундаментов из набивных свай: сб. материалов конф. студентов, аспирантов и молодых учёных / Саратов: Изд-во СГУ, 1973. С. 13–26.
4. Работников А. И. К вопросу о теории работы буронабивных свай высокой несущей способности // Проектирование и возведение фундаментов транспортных зданий и сооружений из свай и оболочек в сложных грунтовых условиях / Л.: Изд-во НТО Желдортранспорт, 1974. С 35–39.
5. Свод правил СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

Rvbnikova I.A., Rvbnikov A.M.

DEVELOPMENT OF DESIGNS OF BORED CONIC PILES

One of methods of increase in the bearing capability of bored piles – giving of conicity to them on type the zabivnykh of the piles which are narrowed to an edge. Feature of work of such piles (wedge-shaped) consists that under loading they work "in a raspor", like a volume wedge and transfer a part of loading at the expense of a normal component on an inclined side surface. Results of experiments on models the buronabivnykh of conic piles in a soil tray showed that with increase in a corner of conicity the bearing capability of models of conic piles significantly increases though the area of an edge (end face) at them identical, and the areas of side surfaces differ slightly. This phenomenon can be explained with repulse of soil on a trunk in case of the pressing loading, that is the so-called wedging effect. It is revealed that the edge share in the general bearing capability of a pile constitutes 12,8 ... 25% from what it is possible to draw the following conclusion. Application the buronabivnykh of conic piles will be the most effective, in case of a bedding from the surface of strong soil, and deepening of an edge in dense soil isn't obligatory.

Key words: *the bored pile, conicity of a pile, the pile model, a soil tray, static testing bearing a capability, efficiency*

Рыбникова Ирина Александровна, старший преподаватель, кафедры гуманитарных и естественнонаучных дисциплин.

Новороссийский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, Адрес: Россия, 353915, Краснодарский край, г. Новороссийск, ул. Мысхакское шоссе, д. 75.

E-mail: a.ribnikov@novoroskhp.ru

Рыбников Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник.

Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, кафедра «Подъёмно-транспортные машины и комплексы».

Адрес: Россия, 353918, Краснодарский край, г. Новороссийск, пр. Ленина, д. 93. E-mail:

a.ribnikov@novoroskhp.ru

DOI: 10.12737/24212

Жунин А.А., аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД УСТРОЙСТВА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

zhunin@bk.ru

В статье приводятся результаты исследований по созданию вентилируемых фасадных систем с использованием заводской технологии. Приводятся основные конструктивно-технологические решения по созданию и монтажу панелей вентфасадов в условиях строительной площадки, особенности применяемых средств механизации, контроля качества работ и надежности системы. Использование технологии в монолитном и крупнопанельном домостроении снижает трудоемкость и себестоимость работ.

Ключевые слова: вентилируемые фасады, стеновые панели вентфасадов, кронштейны, теплоизоляция, бесшпильный монтаж, фиксаторы, самобалансирующаяся траверса, монтажный горизонт, телескопические подкосы.

Введение. Сегодня наиболее распространенными являются конструкции наружных стен с использованием навесных вентилируемых фасадов. Традиционный метод возведения вентфасадов состоит в устройстве стенового ограждения в виде самонесущих стен из мелкоштучных изделий (кирпич, блок) с последующей поэлементной сборкой НВФ на формируемой плоскости фасада и предусматривающий наличие большого числа технологически-сложных рабочих операций, требующих инструментального контроля [1–12].

Выполнение рабочих операций по установке кронштейнов, монтажу утеплителя, направляющих и облицовочных элементов требует участия высококвалифицированных рабочих. Для производства комплекса работ по устройству подосновы и облицовки требуется выполнять технологический регламент и требования альбома технических решений на применяемую подсистему НВФ. Особое место в производстве работ отводится геодезическим работам, с помощью которых контролируется проектное размещение конструктивных элементов.

Основным технологическим документом является проект производства работ и технологические карты, которые устанавливают технологические параметры и контроль качества работ.

Выполнение рабочих операций по монтажу утеплителя, облицовке и регулированию ее проектного положения, возможно только с внешней стороны фасада. Следовательно, при производстве работ с помощью указанного метода возведения НВФ, необходимо применять фасадные подъемники, платформы, строительные леса, люльки и другие средства механизации и подмащивания, обеспечивающие возможность производства работ и доступ к конструктивным

элементам ограждающих конструкций с внешней стороны. Удельные трудозатраты по устройству 1м.кв. НВФ может составлять от 0,5 до 2 чел. дней. Стоимость работ по устройству 1м.кв. НВФ по состоянию на 2016 год составляет от 2000 до 5000 р/м. кв. Монтаж с подвесных люлек является наиболее трудозатратным, но, в то же время, наиболее дешевым вариантом устройства НВФ [13].

С увеличением высотности зданий усложняется контроль качества, возрастают трудоемкость рабочих процессов, связанных с транспортировкой материала и монтажом. Заделкой стыков и узлов [21, 22].

Методология. В результате оптимизации организационно-технологических и конструктивных решений при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций в гражданском строительстве, разработан метод устройства навесных вентилируемых фасадов путем укрупнительной сборки, предусматривающий существенное снижение трудоемкостей работ.

В основу заложенного метода принята технология заводского производства железобетонных ограждающих элементов шириной, равной осевому размеру между внутренними несущими стенами. Изготавливается несколько типов панелей с оконными и дверными проемами (для лоджий и балконов). Возможно также изготовление элементов эркеров.

Производство работ по устройству панелей вентфасада осуществляется на технологической линии с постами, на которых выполняются определенные типы операций.

Основная часть. После тепловой обработки бетона стеновых панелей и достиганием прочности не менее 70 % R_u осуществляют бурение отверстий для установки кронштейнов и распорных анкеров. Для обеспечения проектно-

го размещения анкеров, используются специальные шаблоны. Выбуривание производится специальными сверлами с режущей частью с алмазным напылением и ограничителями по глубине.

Весьма важным условием создания панелей вентфасада является высокая точность геометрических размеров, которая достигается фрезерованием отдельных участков. Подобную обработку панелей осуществляют в зоне опорных элементов на сборные, или монолитные перекрытия, где относительный горизонт (монтажный горизонт) достигается обработкой угловой шлифмашиной, либо фрезерным станком по бетону.

Кроме обработки торцевых элементов и опорных частей панелей, осуществляют установку выверочных винтов, предназначенных для окончательной фиксации панели в вертикальном положении. При этом, должно обеспечиваться совпадение швов облицовки как в горизонтальном, так и вертикальном направлении.

В процессе изготовления панели в заводских условиях, после выполнения фрезерных работ осуществляют продувку отверстий под анкера и устанавливают распорные анкера и кронштейны. Отклонение размещения кронштейнов относительно проектного положения должно удовлетворять требованиям технических условий на применяемую систему НВФ, либо проектным решениям на устройство соответствующей системы. Для различных подконструкций данные отклонения могут отличаться. В среднем, допустимые отклонения составляют от 5 до 20 мм.

Наличие кронштейнов дает основание для утепления поверхности минераловатными пли-

тами. Для обеспечения стабильного геометрического положения плит утеплителя требуется их проектное крепление полимерными анкерами с металлическим сердечником к основанию. Целесообразно использовать жесткие и полужесткие плиты утеплителя с расчетной толщиной для соответствующего города [22].

Заводская установка подсистемы производится на технологической линии с соблюдением последовательности монтажа и технологических операций.

В зависимости от конструктивного решения подсистемы, ее сборка производится на специально оборудованных постах. Обязательным условием является контроль качества работ и геометрических размеров [14].

Особое внимание уделяется разработке средств механизации для установки панелей в проектное положение. При возведении крупнопанельных зданий первоначально устанавливаются вертикальные несущие конструкции внутренних стен. При этом должен соблюдаться монтажный горизонт, положение панелей в соответствии с осями разбивки перекрытий с обязательным расчетом технологических допусков. С подобным допуском изготавливаются панели вентфасада.

Их монтаж осуществляется с использованием башенных кранов. Необходимо применять систему беспетлевого монтажа с траверсы. Такое решение позволяет получать единый монтажный горизонт и простое размещение панелей. При наличии возможных отклонений, доводка панелей производится с использованием выверочных домкратов и телескопических подкосов (рис. 1).

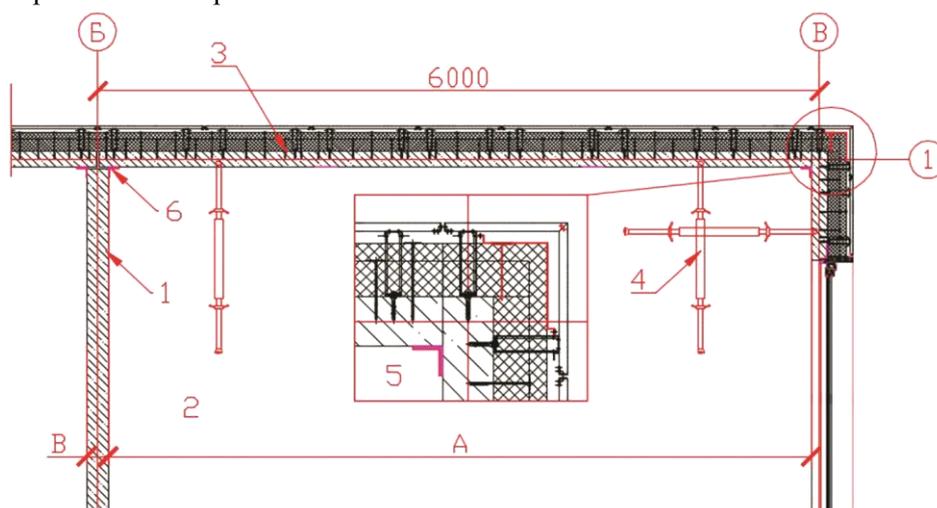


Рис. 1. Схема размещения вентфасадных панелей на фрагменте типового этажа панельного дома:

- 1 – внутренние стеновые панели; 2 – плита перекрытия; 3 – вентилируемые панели; 4 – телескопические подкосы; 5 – устройство для беспетлевого монтажа; 6 – болтовые, либо сварные соединения

Следует отметить, что использование фасадных вентилируемых панелей требует изготовления всех железобетонных конструкций с требуемыми допусками [19].

Для проектного закрепления вентфасадных панелей используются болтовые и/или сварные соединения закладных деталей. Предпочтение

отдается болтовым соединениям, т.к. они дают возможность более гибкой регулировки.

Экспериментальные исследования показали, что некачественная подготовка монтажного горизонта, как и отклонения вертикальности стеновых конструкций, приводят к трудно исправимым дефектам.

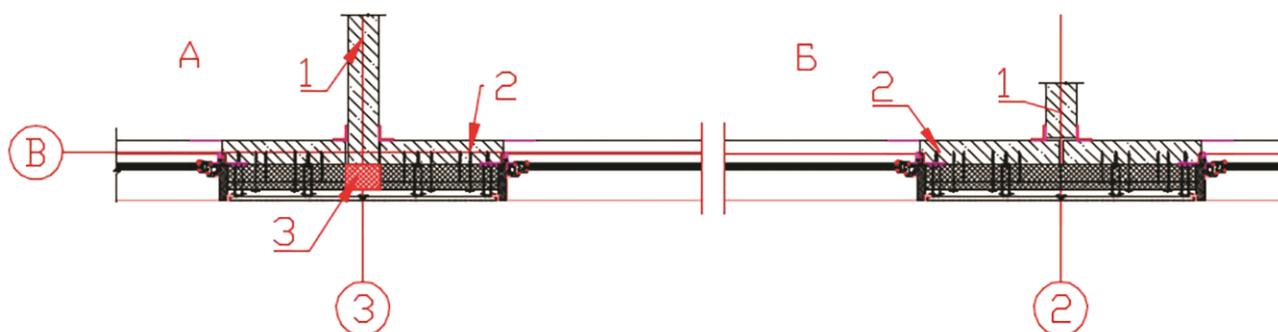


Рис. 2. Варианты размещения фасадных панелей между вертикальными несущими панелями (А) и на напольных частях перекрытия (Б). Причины: 1. Толщина панели уменьшена. 2. Осевое расстояние нарушено. Важный момент: в области торцов вертикальных конструкций нарушается теплоизоляция, которая требует специальных приемов восстановления, увеличивающих трудоемкость монтажа

На рис. 2 (а, б) приведен вариант монтажа панелей вентфасада с размещением несущей части между торцевыми элементами вертикальных конструкций и с установкой на консольной части перекрытий. Анализ результатов показал, что размещение на консольной части позволяет увеличить допуск в горизонтальном положении с последующей компенсацией за счет применения меньшей ширины панели.

Наибольшую технологическую сложность представляет вариант установки фасадных панелей при наличии монолитных несущих конструкций.

При возведении монолитных конструкций добиться требуемых геометрических размеров значительно сложнее, чем в крупнопанельном домостроении. Кроме соблюдения технологических допусков несущих конструкций, необходимо разработать технологию монтажа вентфасадных панелей с их размещением между нижней и верхней плитой перекрытия.

Для обеспечения безопасной технологии монтажа разработана специальная самобалансирующаяся траверса, позволяющая перемещать вентфасадную панель в проектное положение, за счет создания в перекрытии прорезей толщиной 1.5-2.0 диаметра строповочного троса и глубиной до 0.7-0.8 толщины несущей части вентфасадной плиты (рис. 3). После заведения панели устанавливаются выверочные телескопические подкосы. Панель освобождается от строповоч-

ных устройств после выверки в проектное положение и болтового крепления.

При выполнении выверки особое внимание уделяется совмещению горизонтальных и вертикальных швов между облицовочными плитами применяемых панелей.

В случае заметного отклонения швов, производят дополнительное смещение с использованием гидравлических мини-домкратов.

Геодезический контроль точности монтажа (возведения) вертикальных и горизонтальных конструкций (перекрытия):

Порядок расчета:

1) Вычерчиваются эскизы конструкций или отдельных узлов.

2) Устанавливается технологическая последовательность монтажа (возведения) несущих элементов.

3) В качестве ориентиров используются грани вертикальных конструкций или оси. Для стеновых панелей важно вертикальное положение и соответствие осевой линии.

4) Приводится анализ составляющих звеньев цепи погрешностей и разрабатывается схема полей допусков. Каждому допуску присваивается буквенный индекс (рис. 4).

5) Устанавливаются величины технологических допусков.

Рассматривается вариант, когда наружный торец вертикальных несущих конструкций находится на уровне перекрытия.

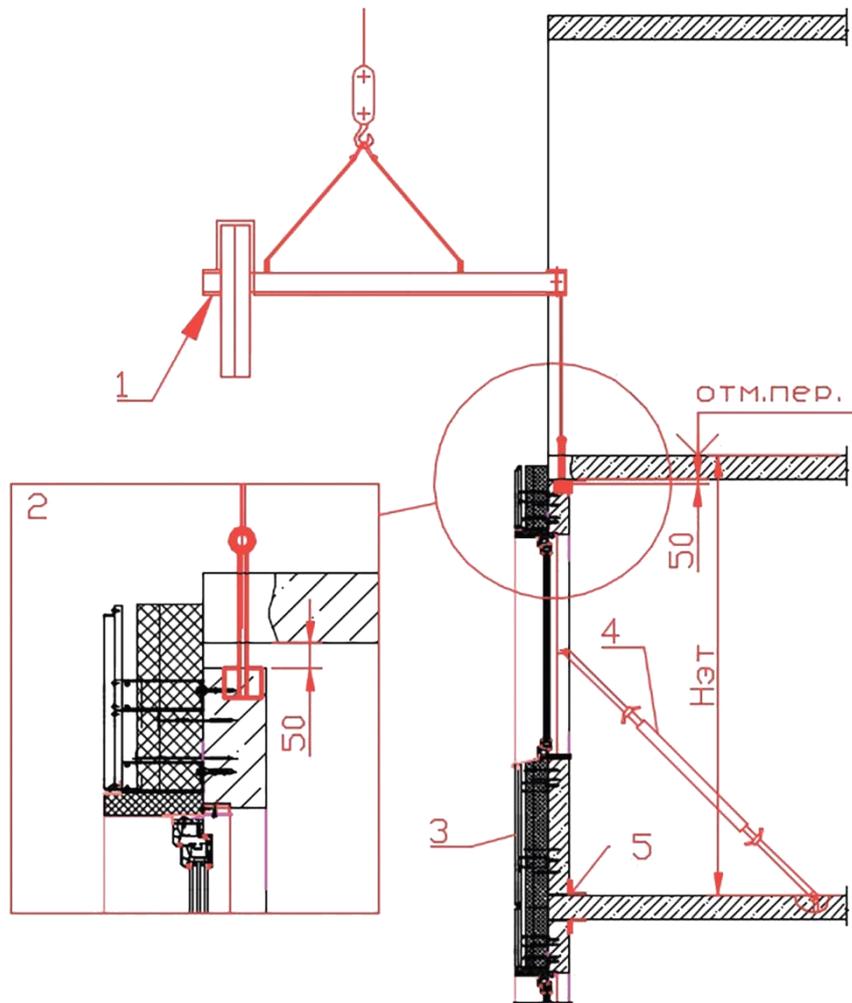


Рис. 3. Схема установки фасадной панели:
 1 – траверса с противовесом; 2 – беспетлевой монтаж панели;
 3 – панель ветфасада; 4 – телескопический подкос для выверки панели; 5 – выверочные домкраты

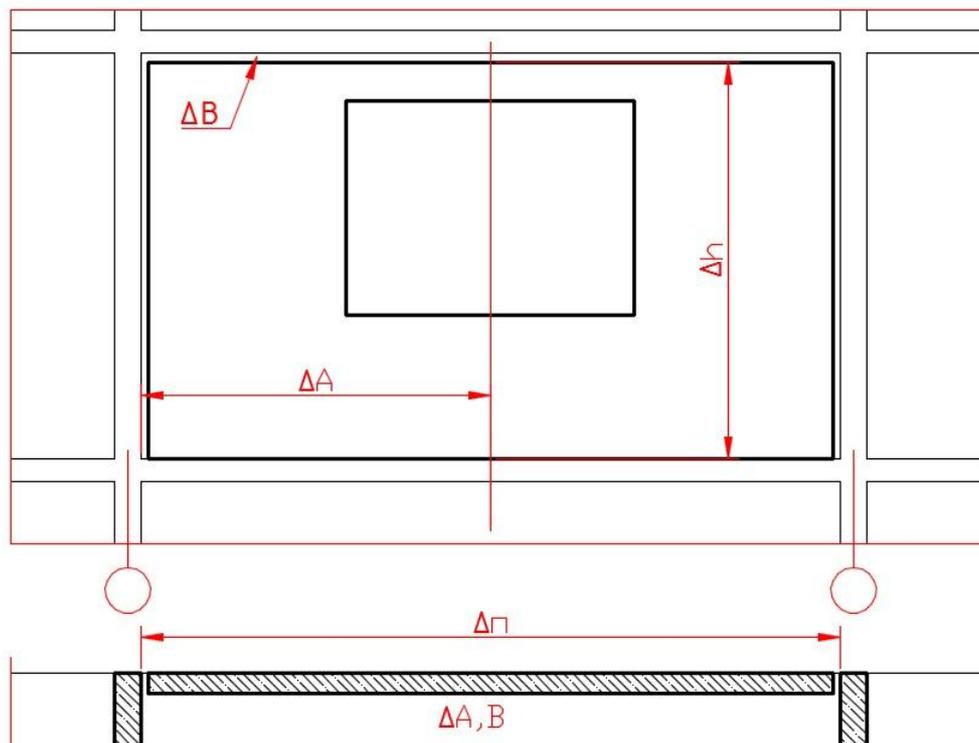


Рис. 5. Технологические допуски

Допуск зазора между вентилируемой панелью и вертикальными стенами определяется следующим образом:

$$\Sigma \Delta_{\Pi} = \sqrt{\frac{1}{2}(\Delta_p)^2 + \frac{1}{2}(\Delta_{вп})^2 + \frac{1}{2}(\Delta_{пвп})^2} \quad (1)$$

где Δ_p – допуск разбивки осей в плане; $\Delta_{вп}$ – допуск при изготовлении несущей части вентпанели; $\Delta_{пвп}$ – допуск погрешности установки панели вентфасада.

В случае, когда $\Delta_{пвп} < 0$, монтаж наружной вентфасадной панели не возможен без срезания части бетонной поверхности.

Как показали исследования, размещение несущих панелей на плитах перекрытия с выступами, равными по толщине несущей части вентфасадных панелей, существенно увеличивает допуск установки Δ_y .

При сочетании суммарного расчетного допуска обеспечивается проектная установка панели вентфасада с некоторым смещением в сторону монтажа.

Выводы. Результаты комплексных исследований показали, что использование вентфасадных панелей заводского производства позволяет снизить трудоемкости работ в 4-6 раз с обеспечением высокого качества фасадных работ.

При разработке схемы производства и приемки работ по устройству панелей были учтены требования СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», а также СП 48.13330.2011 «Организация строительства» [14, 15].

Разработана методика организации и производства работ по возведению предлагаемой системы ограждающих конструкций, обустройства строительной площадки и рабочих мест, отвечающих требованиям Федерального закона №384-ФЗ и №123-ФЗ [16, 17].

При разработке индустриального метода возведения энергоэффективных ограждающих конструкций были предусмотрены требования правил законодательства Российской Федерации, а также требования СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве» [18].

Конструктивное решение разработанной фасадной системы учитывает требования ГОСТ 11024-2012 и ГОСТ 13015-2012, а также требования сертифицированных альбомов технических решений на устройство элементов подсистемы и утеплителя [19, 20].

На основании существующих строительных норм и полученных опытным и аналитическим путем трудозатрат, а также на основании полученных стоимостных данных по различным кон-

структивным решениям навесных вентилируемых фасадных систем, путем регрессионного анализа были получены линии тренда зависимости удельных трудозатрат и стоимостей материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев А.А., Жунин А.А. Модульные фасады в высотном строительстве // Вестник МГСУ. 2011. № 1. Т. 2. С. 19–23.
2. Афанасьев А.А., Жунин А.А. Индустриальная технология возведения энергоэффективных ограждающих конструкций // Технология и организация строительного производства. 2014. № 2 (7). С. 28–30.
3. Ершов М.Н., Вильман Ю.А. Технология облицовки 25-этажного монолитного железобетонного жилого дома. Стройка глазами ученых // Механизация строительства. 2012. № 10. С. 24–31.
4. Ершов М.Н., Бабий И.Н., Меньлюк И.А. Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции // Технология и организация строительного производства. 2015. № 4-1 (9). С. 43–47.
5. Жуков А.Д. Технология теплоизоляционных материалов. Часть 2. Теплоэффективные строительные системы. М.: МГСУ, 2011. 248 с.
6. Жунин А.А. Методы сокращения трудозатрат и улучшения контроля качества работ при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 137–141.
7. Ивакина Ю.Ю. Повышение эффективности навесных вентилируемых фасадов. М.: Книга по требованию, 2011. 112 с.
8. Лapidус А.А., Говоруха П.А. Организационно-технологический потенциал ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 143–149.
9. Малявина Е.Г. Строительная теплофизика и проблемы утепления современных зданий // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика, 2009. № 1. С. 4–7.
10. Feng X., Yang Hua, Feng X., Jin F., Xia G. A review of research development of ventilated double-skin façade // Applied Mechanics and Materials. 2014. V. 587-589: 709–713.
11. Balocco C. A simple model to study ventilated facades energy performance // Energy and Buildings. 2002. V. 34(5): 469–475.

12. Lopez F.P., Jensen R.L., Heiselberg P., Santiago M.R.A. Experimental analysis and model validation of an opaque ventilated facades // Building and Environment. 2012. V. 56: 265–275.

13. Вайнштейн М.С., Ждановский Б.В., Синенко С.А., Афанасьев А.А., Павлов А.С., Ефименко А.З., Долганов А.И. Оценка эффективности организационно-технологических решений при выборе средств механизации производства строительно-монтажных работ // Научное обозрение. 2015. № 13. С. 123–128.

14. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.0301-87. М.: Госстрой, 2013. 203 с.

15. СП 48.13330.2011. Организация строительства. Актуализированная редакция СП 48.13330.2011. М.: Госстрой России, 2010. 21 с.

16. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ.

17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 23.06.2014).

18. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования. М.: Госстрой России, 2001.

19. ГОСТ 11024-2012. Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 19 с.

20. ГОСТ 13015-2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. М.: Стандартинформ, 2014. 40 с.

21. Альбом технических решений Конструкция навесной фасадной системы с воздушным зазором «РУСЭКСП» с облицовкой керамогранитными плитами. М.: ООО «Атлас Москва», 2012.

22. Альбом технических решений «ROCKWOOL»: Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2013. 388 с.

Zhunin A.A.

**INNOVATIVE METHODS OF INSTALLATION OF THE FACADE DESIGNS
IN THE CONSTRUCTION OF MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING**

The results of studies on the development of ventilated facade systems by using factory techniques are presented in this article. The basic construction and technological decisions for development and installation of panels of ventilated facades in conditions of construction area, the features of employed mechanization means, quality control work and system reliability are presented. The using of technology in monolithic and concrete panel building decreases the laboriousness and cost price of the work.

Key words: ventilated facades, wall panels of ventilated facades, brackets, thermal insulation, without loops installation, clamps, self-balancing traverse, mounting horizon, telescopic struts.

Жунин Андрей Алексеевич, аспирант кафедры технологии и организации строительного производства. Московский государственный строительный университет
Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26
E-mail: zhunin@bk.ru

DOI: 10.12737/23815

Лыскова Э.А., ст. преп.,
Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.,
Беликова Г.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЯ ПОЛА СПОРТКОМПЛЕКСА

uksbgtu.309921@yandex.ru

Проектирование строительных потоков с применением сетевых циклограмм – системоквантов строительных процессов дает наглядное отображение возведения объектов во времени и в пространстве.

Ключевые слова: технологическое моделирование, технологическая нормаль, сетевая циклограмма, системокванты.

Согласно исходных проектных данных (рис. 1) по конструктивным характеристикам полов (табл. 1) определяем в порядке производства работ по направлению снизу вверх перечень строительных процессов и производим подсчёт объёмов работ в единицах измерения применительно к ЕНиР.

Согласно ведомости подсчёта объёмов работ, используя ЕНиР, составляем ведомость затрат труда, машинного времени и заработной платы основных работ на возведении полов в спортивном зале, подбираем состав исполнителей.

При возведении конструктивных элементов пола, состоящего из 7 слоев, принимаем поточный метод производства работ, как наиболее научнообоснованный и проверенный на практике строительства. Для этого определяем пространственные, временные и технологические параметры. Площадь пола в плане разделяем (квантуем) на 8 участков по количеству на 1 больше числа процессов по устройству 7-ми конструктивных элементов пола (рис. 2)[1, 7–8].

Ритм потока принимаем равным двум дням, что подтверждается расчетами в технологической нормали производства работ на одном участке (табл. 2) в ней приводим:

- состав процессов, входящих в комплекс для получения готовой продукции на участке;
- степень расчленения процессов;
- последовательность их выполнения на участке;
- возможность совмещения отдельных процессов на одном участке без нарушения технологии и снижения производительности труда;
- необходимые технологические перерывы, их место и продолжительность;
- продолжительность каждого процесса на участке;

- квалификационный и численный состав исполнителей строительных процессов, принятый из условия минимально-необходимой достаточности;

- необходимые технические средства.

Производство бетонных работ на участке рекомендуется проводить по захваткам, которые рационально делить на делянки (рис. 3, 4). Выполнение технологических процессов (движение системоквантов) по делянкам и захваткам отображено на сетевых циклограммах последовательного бетонирования одним звеном одного участка и параллельного бетонирования тремя звеньями одного участка одновременно на трёх захватках по делянкам. Согласно технологической нормали устройства полов на одном участке (табл. 2) проектируем сетевую циклограмму - системокванты технологических процессов возведения полов на этом участке (рис. 5) [1–8].

Используя технологическую нормаль устройства полов на одном участке, проектируем технологическую нормаль поточного производства работ в спортивном зале на восьми участках (табл.3).

Согласно технологической нормали проектируем сетевую циклограмму – системокванты устройства полов спортивного зала (рис. 6).

Сетевая циклограмма – системокванты последовательного бетонирования одним звеном одного участка по захваткам и делянкам, сетевая циклограмма – системокванты параллельного бетонирования тремя звеньями одного участка одновременно на трёх захватках по делянкам сетевая циклограмма – системокванты устройства полов на одном участке (рис. 5) предназначены для нижнего уровня (рабочие, звеньевые, бригадиры, мастера) иерархии

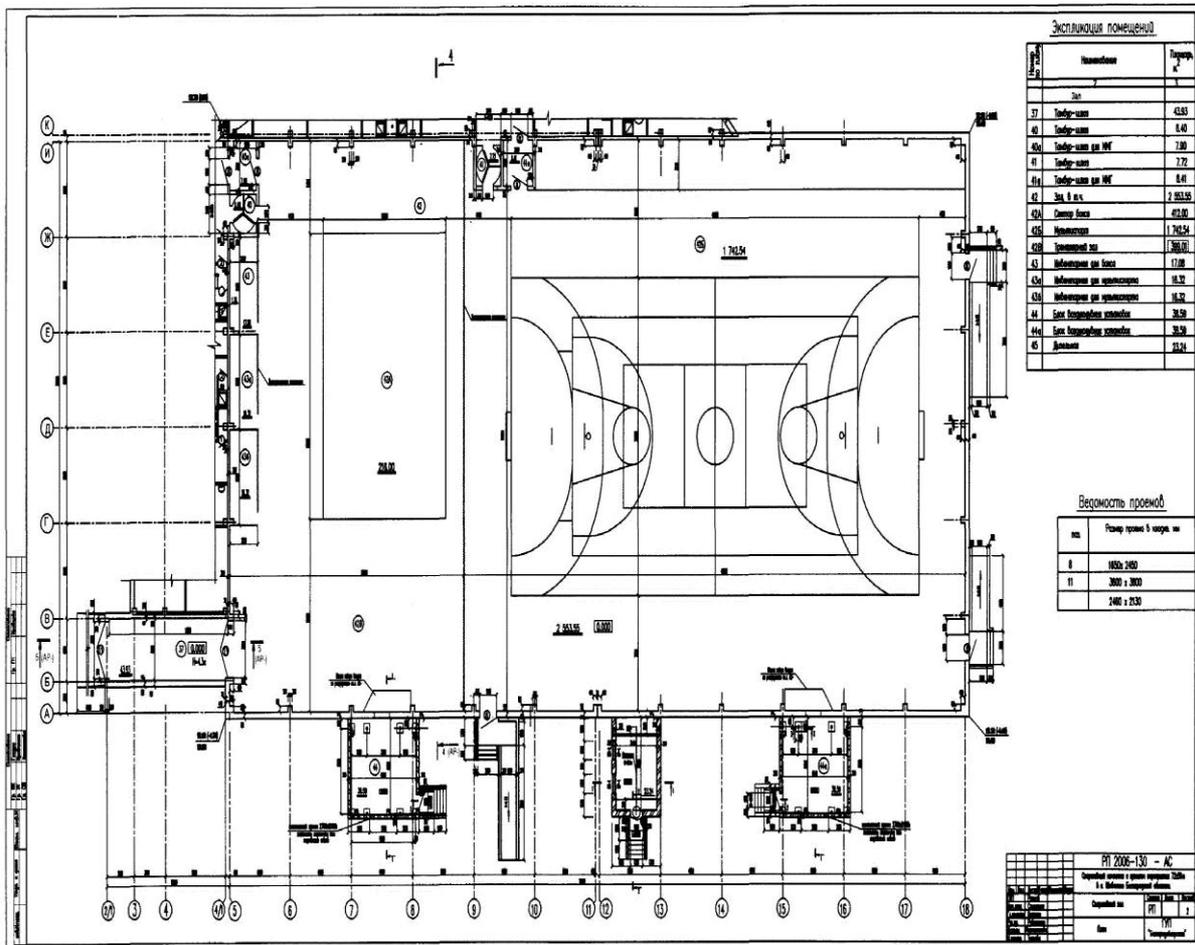


Рис. 1 План спорткомплекса

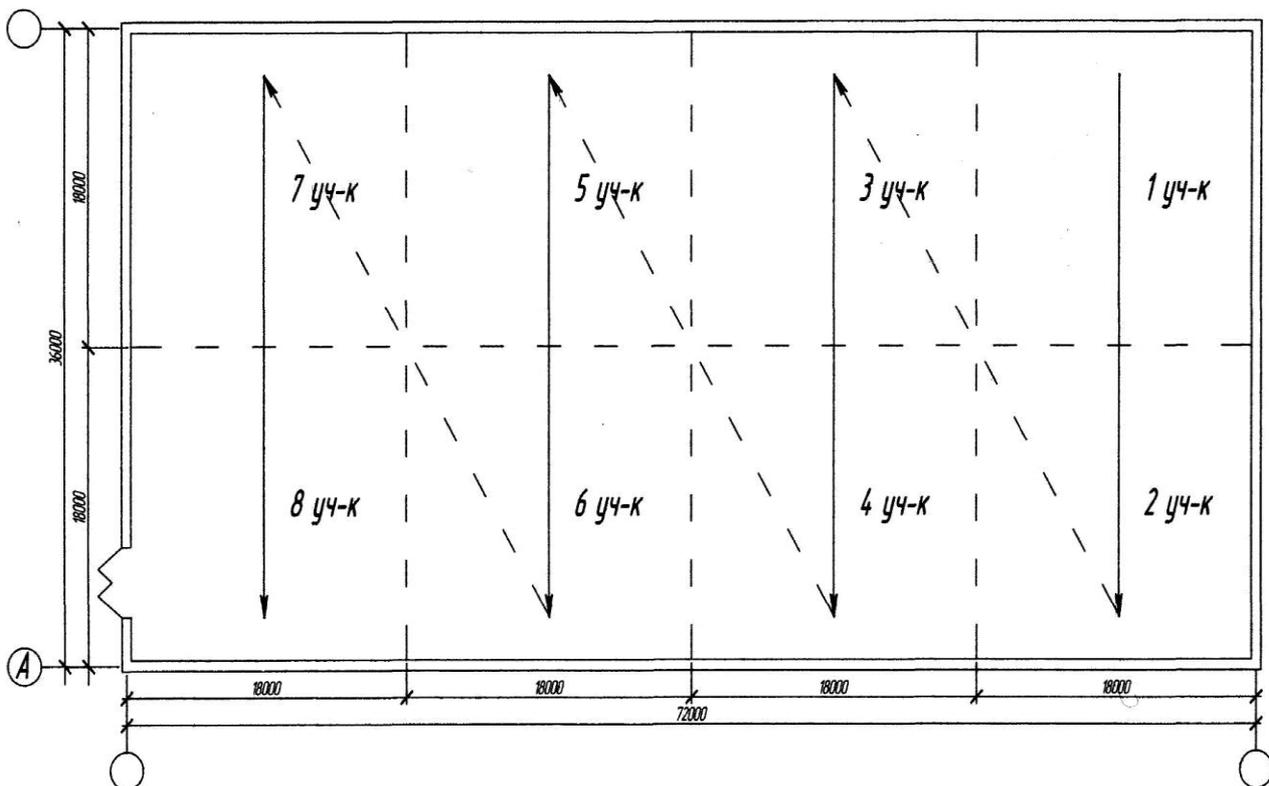
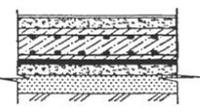


Рис. 2. Очередность выполнения полов участка 1–8

Таблица 1

Экспликация пола спортивного зала

Номер помещения	Тип пола	Схема пола или тип пола по серии	Данные элементов пола (наименование, толщина, основание и др.), мм	Площадь, м ²
Спортивный зал			<ul style="list-style-type: none"> - Наливное полиуритановое покрытие CONIPUR HG - 6мм - Стяжка из цементно-песчаного раствора М-150 - 40мм - Стяжка из бетона кл.В 15, с наполнителем фракций 5-20, армированная сеткой из $\varnothing 5$ Вр-1 с ячейками 150x150мм в двух уровнях - 150мм - Гидроизоляция- пленка поливинилхлоридная - 2слоя - Подстилающий слой из цементно-песчаного раствора М-100 - 40мм - Песок средней зернистости, уплотненный ГОСТ 8736-93 - 150мм. - Уплотненный грунт основания 	2514.61

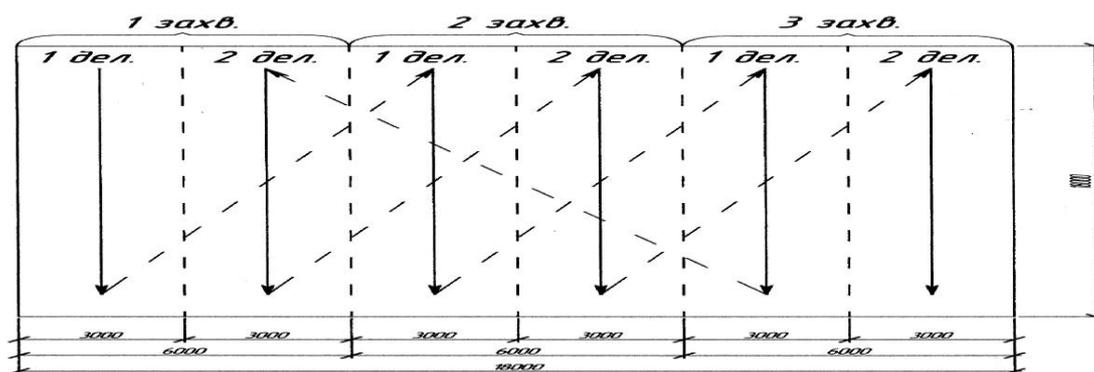


Рис. 3. Схема выполнения бетонной подготовки полов последовательно одним звеном на участке по трем захваткам: работы на первых делянках выполняются в первый день, работы на вторых делянках выполняются во второй день

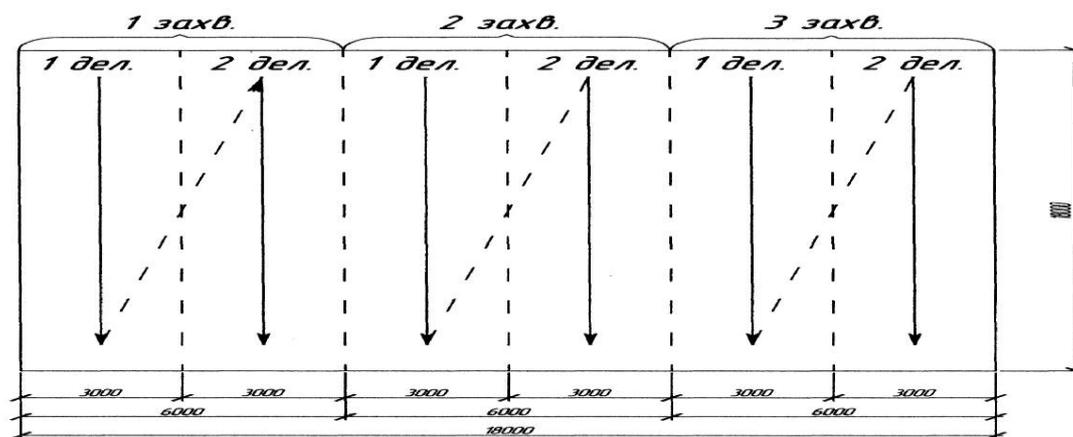


Рис. 4.Схема выполнения бетонной подготовки под полы параллельно тремя звеньями на трех захватках по делянкам: работы на первых делянках выполняются в первый день, работы на вторых делянках выполняются во второй день

Технологическая нормаль устройства полов в спортивном зале

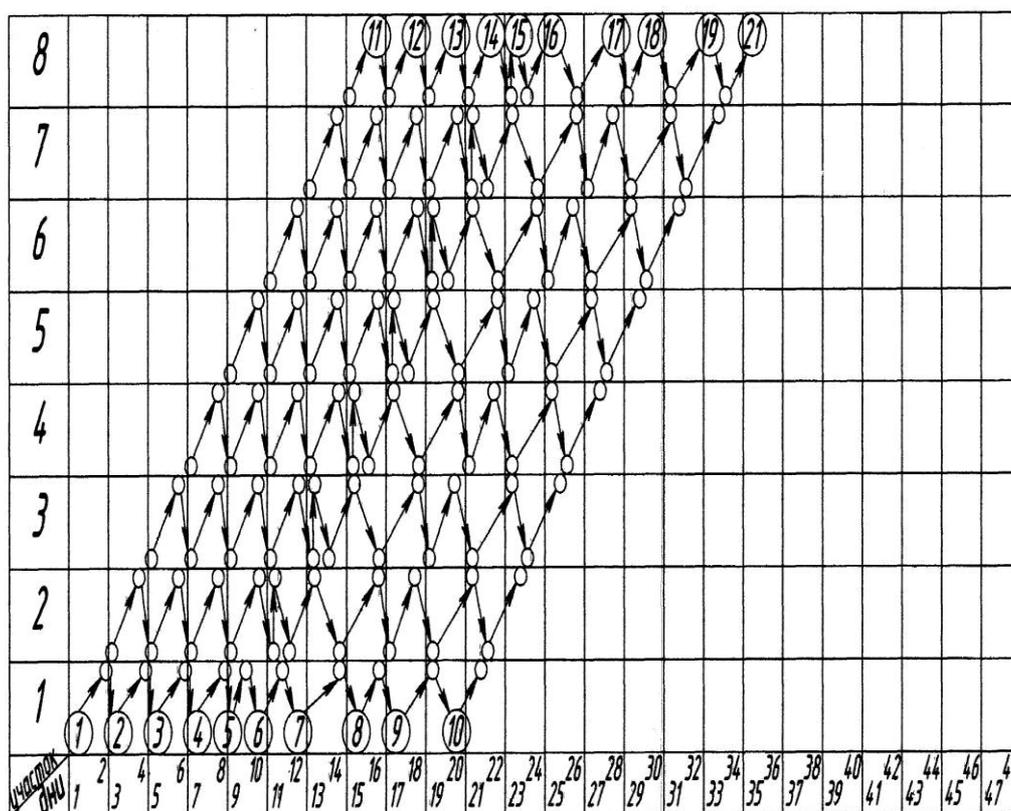


Рис.6. Сетевая циклограмма-системокванты устройства полов спортивного зала: 1-11 – срезка, планировка, уплотнение грунта основания; 2-12 – устройство песчаной подготовки с уплотнением; 3-13 – устройство цементно-песчаной стяжки; 4-14 – твердение цементной стяжки; 5-15 – устройство гидроизоляции из плёнки поливинилхлоридной 2 слоя; 6-16 – устройство бетонной стяжки толщиной 150 мм. с двойным армированием; 7-17 – твердение бетона; 8-18 – устройство стяжки из раствора М150; 9-19 – твердение стяжки; 10-21 – устройство наливного полиуретанового покрытия CONIPUR HG толщиной 6 мм

Сетевая циклограмма – системокванты последовательного бетонирования одним звеном одного участка по захваткам и дялям сетевая циклограмма – системокванты параллельного бетонирования тремя звеньями одного участка одновременно на трёх захватках по дялям, сетевая циклограмма – системокванты устройства полов на одном участке (рис.5) предназначены для нижнего уровня (рабочие, звеньевые, бригадиры, мастера) иерархии управления строительным производством. Для среднего и высшего уровней иерархии управления СП сетевая циклограмма устройства полов спортивного зала (рис. 6) укрупняется. Для среднего уровня (мастера, прорабы, начальники участков) проектируем укрупнённую сетевую циклограмму – системокванты выполнения строительных процессов устройства полов с фиксацией начала и окончания каждого процесса.

Для высшего иерархического уровня управления строительным производством (генеральные, технические и др. директора) простые процессы укрупняются в комплексный процесс

по устройству полов, который адекватен одному комплексному системокванту и отображается событием начала, вектором выполнения и событием окончания выполнения полов спортзала.

Для системоквантов технологических процессов всех уровней составляются карточки – определители работ и ресурсов в которых содержится информация об исполнителях и потребности в материально-технических и финансовых ресурсах. Все данные заносятся в компьютер.

Проектирование системоквантов строительных процессов следует производить последовательно от низшего иерархического уровня управления строительным производством с укрупнением системоквантов процессов по правилам СПУ для среднего и высшего управленческого уровня.

Последовательность выполнения системоквантов строительных процессов отображается в виде цепочки состоящей из звеньев: информация о готовности фронта работ → строительный процесс → конструктивный элемент → новая

информация о готовности фронта работ → строительный процесс и т.д. [1–8].

Сетевые циклограммы – системокванты (организованные сущности с материальными, энергетическими и информационными свойствами) предполагают непрерывное развитие выполнения строительных процессов во времени и в пространстве с функционированием системы строительного производства строительной–монтажных организаций как самоорганизующейся, самонастраиваемой и самоуправляемой, гибкой, динамичной и устойчивой с достижением промежуточных и конечных результатов в виде конструктивных элементов и в целом строительных объектов и комплексов [1–8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь./ Под ред. А.А. Гусакова. М.: Изд-во АСВ, 2004. 320с.
2. Строительное производство: Энциклопедия/ Гл. ред. А.К. Шрейбер. М.: Стройиздат, 1995. 464с.
3. Лебедев В.М. Системотехника поточных методов строительства: Белгород: Изд-во БГТУ, 2006.
4. Лебедев В.М. Организационно-технологическое моделирование системоквантов строительных процессов и объектов: Белгород: Изд-во БГТУ, 2008.
5. Лебедев В.М. Инфография поточных методов строительства с применением сетевых циклограмм // Вестник МГСУ. 2009. №2. С. 212–217.
6. Лебедев В.М. Системокванты строительных процессов и объектов: Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 258с.
7. Лебедев В.М. Моделирование системоквантов строительного производства: Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 244 с.
8. Лебедев В.М. Системотехника поточных методов строительства. Saarbrücken, Deutschland LAPL AMBERT AcademicPublishing. Германия 2016. 240 с.

Lysikova E.A., Lebedev V.M., Belikova G.V.

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL MODELING DEVICE FLOORING SPORING

Designing building flows with the use of network switching times – sistemokvantov construction processes provides a visual display of the construction of objects in time and space.

Key words: *technological modeling, normal process, the network sequence diagram, sistemokvanty.*

Лысикова Эллина Александровна, старший преподаватель кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: uksbgtu.309921@yandex.ru

Лебедев Владимир Михайлович, канд. техн. 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: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Беликова Галина Владимировна, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: galynik1991@yandex.ru

DOI: 10.12737/24470

Лунёв А.А., аспирант,
Сиротюк В.В., д-р техн. наук, проф.,
Иванов Е.В., канд. техн. наук, доц.
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ В МАССИВЕ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ*

lunev.al.al@gmail.com

На сегодняшний день проблема утилизации золошлаковых отходов является одной из важных. В первую очередь это связано с переполнением множества отвалов на территории субъектов РФ. Эта тема особенно актуальна в рамках начавшегося в России Года экологии. Данная публикация, являющаяся развитием исследований строительных свойств золошлаковых смесей, проводимых на базе «СибАДИ», имеет своей целью обосновать возможность применения этих техногенных грунтов в качестве оснований зданий и сооружений. В статье рассматриваются результаты определения несущей способности забивных железобетонных свай, погруженных в массив золошлаковой смеси на золоотвале Омской ТЭЦ-4. Представлен график зависимости несущей способности свай от глубины забивки в массив. Для сравнения дан расчет несущей способности аналогичных свай забитых в массив природных грунтов. Сделан вывод о пригодности золошлаковой смеси в качестве техногенного грунта для устройства оснований зданий и сооружений.

Ключевые слова: золошлаковая смесь, несущая способность, железобетонные сваи.

Введение. В настоящее время в г. Омске и других крупных городах Российской Федерации остро стоит вопрос нехватки кондиционных грунтов для сооружения земляного полотна автомобильных и городских дорог, а также для планировочных насыпей в промышленном и гражданском строительстве. Выделяемые под карьеры земли, часто представляют собой участки с переувлажненными глинистыми грунтами, использование которых не всегда позволяет достичь нужной степени уплотнения земляных сооружений. Поэтому строительные организации вынуждены прибегать к средствам технической мелиорации переувлажненных грунтов или использовать песчаные грунты, намываемые из рек, что существенно удорожает строительство объектов и наносит значительный экологический ущерб.

В то же время, в городах России ежегодно образуется около 26 млн. тонн золошлаковых

отходов, получаемых от сжигания угля на ТЭС. Эти отходы почти не используют и складировать на золоотвалах. Только на территории г. Омска за десятки лет складировано свыше 65 млн. тонн золошлаковых смесей (ЗШС) от сжигания угля на трёх ТЭЦ [1].

Многолетними исследованиями доказано, что ЗШС можно использовать как добавку к асфальтобетонным смесям [2], компонент цементобетонов [3, 4], техногенный грунт для возведения насыпей земляного полотна автомобильных дорог [5, 8, 9, 11, 12] и вертикальных планировок строительных площадок под здания и сооружения [6, 7, 10]. Пример возведения высокой насыпи автомобильной дороги с земляным полотном из ЗШС представлен на рисунке 1а, процесс сооружения планировочной насыпи под строительство зданий представлен на рисунке 1б.



Рис.1. Применение ЗШС в строительстве:

а – транспортная развязка с земляным полотном из ЗШС, г. Кашира;

б – сооружение планировочной насыпи с использованием ЗШС, г. Новосибирск

В рамках данной публикации представлен один из аспектов обоснования возможности и целесообразности применения ЗШС в качестве грунтового основания зданий и сооружений по результатам определения несущей способности свай, забитых в массив ЗШС на золоотвале ТЭЦ-4 г. Омска (данные из журнала испытания грунтов динамической нагрузкой предоставлены ООО "СМУ-Омск").

Методика испытаний. Выбор местоположения свай объясняется необходимостью сооружения новых железобетонных рамных конструкции для укладки стальных труб - пульпопроводов и дальнейшего намыва третьего яруса золоотвала ТЭЦ-4.

Испытания грунтов динамической (ударной) нагрузкой для определения несущей способности свай выполняли в соответствии с методикой ГОСТ 5686-12 [13]. В ходе испытаний

применяли квадратные железобетонные сваи С 60-30 и С 90-30. В качестве динамической нагрузки применяли механизм ударного действия –копер СП-49 с молотом СП 7 массой 4700 кг и массой ударной части 3000 кг. Высоту подъема ударной части в ходе испытания принимали 1,5 м. Осадку свай в процессе забивки определяли с помощью нивелира.

Забивка свай велась до глубины, установленной программой испытаний. После чего проводилась добивка, которую проводили последовательно, залогом из трех и пяти ударов. Высота падения ударной части молота была одинаковой для всех ударов. За расчетный принимался наибольший средний отказ.

По результатам испытаний несущая способность одной сваи определялась по формуле Н.М. Герсеванова [14]:

$$P = \frac{\gamma_c}{\gamma_q} \cdot \left(\frac{n \cdot A}{2} + \sqrt{\frac{n^2 \cdot A^2}{4} + \frac{n \cdot A}{e} \cdot Q \cdot H \cdot \frac{Q + 0,2 \cdot q}{Q + q}} \right); \quad (1)$$

где γ_c – коэффициент условия работы сваи, принят 1,00; γ_q – коэффициент надежности, принят 1,40; n – коэффициент, учитывающий упругие деформации, для ж/б сваи принят 1470 кН/м²; A – площадь поперечного сечения сваи, м²; e – действительный отказ сваи, м; Q – вес ударной части молота, кН; q – вес сваи, полученный расчетом, кН; H – высота подъема молота, м.

Результаты определения несущей способности. В рамках испытаний было забито семь свай на разных участках золоотвала. Для каждой из свай по значению среднего отказа при добивке определяли несущую способность с использованием формулы (1). Результаты определения несущей способности семи свай по величине их отказа до и после отдыха сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты определения несущей способности свай

№ сваи	Глубина забивки до отдыха, м	Несущая способность до отдыха, кН	Время отдыха, сут.	Глубина забивки, м	Общее число ударов	Средний отказ, см	Несущая способность после отдыха, кН
1	9,03	740,7	9	9,05	368	0,24	913,3
2	9,12	610,2	10	9,15	525	0,30	822,1
3	8,58	459,1	24	8,60	210	0,24	913,3
4	8,91	379,6	22	8,93	241	0,24	913,3
5	9,05	648,4	21	9,08	222	0,28	849,5
6	9,52	457,1	16	9,54	317	0,24	913,3
7	9,35	652,4	10	9,38	491	0,30	822,1

Из результатов испытаний (таб. 1) видно, что несущая способность всех опытных свай после отдыха выравнивается и увеличивается в среднем на 65 %.

Как и при забивке свай в природные грунты, с ростом глубины погружения несущая способность сваи увеличивается (рис. 2). В основном это связано с увеличением поверхности сваи, которая вступает в контакт с грунтом, а также ростом давления грунта на её поверхность.

Для сравнения несущей способности свай, забитых в природные грунты и в ЗШС, были проведены теоретические расчеты несущей способности природных грунтов в зависимости от их разновидности в соответствии с методикой [15]. Статистическая обработка значений несущей способности свай, забитых в массив ЗШС проведена по методике [16]. Результаты расчётов представлены в таблице 2.

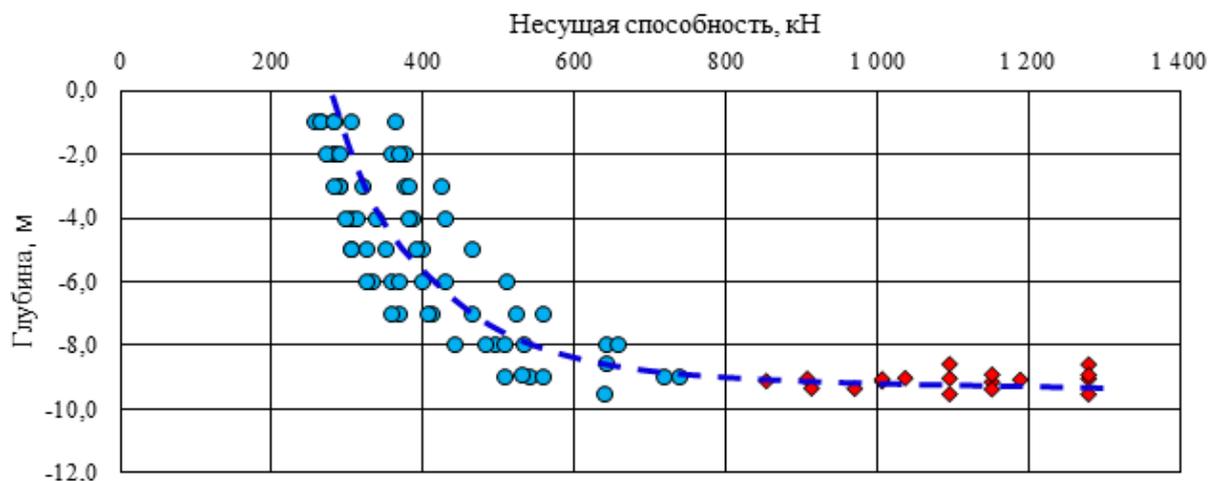


Рис. 2. График несущей способности свай в массиве золошлаковой смеси:
 ● — несущая способность свай до отдыха; ◆ — несущая способность свай после отдыха

Таблица 2

Расчётная несущая способность свай в зависимости от разновидности грунта в массиве

Разновидность грунта	Глубина забивки свай, м	Расчетное сопротивление под нижним концом свай, кПа	Расчетное сопротивление на боковой поверхности свай, кПа	Несущая способность свай, кН
Результаты расчета по методике СП 24.13330.2011				
Песок пылеватый	9,00	1466,7	235,3	414,3
Песок мелкий		2533,3	326,5	619,8
Супесь ($I_L=0,3$)		3433,3	326,5	700,8
Супесь ($I_L=0,5$)		1467,7	189,3	359,2
Супесь ($I_L=0,7$)		883,7	74,0	168,3
Полевые испытания, проводимые в соответствии с ГОСТ 5686-12				
ЗШС	9,08	-	-	842,7

Выводы. По результатам испытаний сделаны следующие выводы:

- несущая способность свай, забитых в массив золошлаковой смеси существенно повышается после отдыха (в представленных данных от 26 до 139 %), что может указывать на эффект тиксотропии влажной ЗШС в процессе динамического воздействия;

- до «отдыха» отмечен большой разброс значений несущей способности свай (коэффициент вариации 0,23). Однако после «отдыха» значения несущей способности выравниваются до примерно одинаковых значений (максимальный разброс по семи сваям 10 %);

- продолжительность отдыха, в данном эксперименте существенного влияния на несущую способность не оказала, что требует дальнейшего анализа для определения оптимальных сроков отдыха;

- свай, забитые в массив золошлаковой смеси на отвале Омской ТЭЦ-4, показали более высокую несущую способность по сравнению расчетными значениями для природных грунтов (на

36 % выше, чем пески мелкие, на 103 % чем пески пылеватые, от 20 % до 400 % чем супеси при разной влажности);

- результаты испытаний (с учётом ранее выполненных исследований [6, 7]) подтвердили, что золошлаковая смесь, как разновидность техногенного грунта, может применяться в качестве несущего основания для промышленно-гражданских зданий и сооружений, транспортного строительства.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №16-48-550508 р_а). Научные исследования выполнены за счет средств бюджета Омской области.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бирюков В.В., Метелев С.Е., Сиротюк В.В., Шевцов В.Р. Энергопроизводство и утилизация золошлаковых отходов // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. Научный журнал. 2008. №2. С. 221–229.
2. Лебедев М.С., Чулкова И.Л. Исследования

ния реологических свойств битумных композиций, наполненных золами-уноса различного состава // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №11. С. 47–52.

3. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Новиков К.Ю. Совершенствование состава и свойств порошковых бетонов с техногенным сырьем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №2. С. 19–24.

4. Трунов П.В., Алфимова Н.И. Лесовик В.С., Шадский Е.Е., Потапов В.В. К вопросу об использовании вулканического сырья Камчатки в качестве минеральной добавки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 84–88.

5. Сиротюк В.В., Лунёв А.А., Иванов Е.В. Золошлаковая смесь для земляного полотна // Автомобильные дороги. 2016. № 6. С.72–79.

6. Балюра М.В. Исследование строительных свойств золы Томской ГРЭС–2 // Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, оснований и фундаментов: сб. науч. тр, Томск: Изд-во ТГУ, 1988. С. 97–104.

7. Фурсов В.В., Балюра М.В. Исследование свойств золошлаковых отходов тепловых электростанций для целей строительства // Развитие городов и геотехническое строительство: сб.тр. Международная конференция по геотехнике (Санкт-Петербург, 16-18 июня 2008 г.), СПб., 2008. Ч.4. С. 673–677.

8. Иванов Е.В. Обоснование применения золошлаковых смесей для строительства земляного полотна с учетом водно-теплового режима: дис. канд. техн. наук. Омск, 2015. 165 с.

9. Сиротюк В.В., Иванов Е.В. Нормативное обеспечение применения золошлаков в дорожном строительстве // Автомобильные дороги. 2013. № 9. С.89–92.

10. Лунёв А.А., Сиротюк В.В. Применения ЗШС для вертикальных планировок и строительства городских дорог // Техника и технологии строительства. 2015. № 1. С.24–31.

11. Sinha A.K. Investigation and design of fly ash road embankments in India by CPT / A.K. Sinha, V.G. Havanagi, S. Mathur, U.K. Guruvittal // 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA, USA. Volume 2&3: Technical Papers, Session 3: Applications, PaperNo. Pp 3–49.

12. Santos F. Geotechnical properties of fly-ash and soil mixtures for use in highway embankments / F. Santos, L. Li, Y. Li, F. Amini // World of Coal ash (WOCA) Conference – Denver, 2001. – Pp. 93–104.

13. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Введ. 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 42 с.

14. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. М.: Минрегион России, 2011. 85 с.

15. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 93с.

16. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний [Электронный ресурс]. Введ. 2013-07-01 // Кодекс. Техэксперт. М.: Стандартинформ. 2013. 16 с.

Lunev A.A., Sirotyuk V.V., Ivanov E.V.

RESULTS DETERMINE THE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE PILES ASH AND SLAG IN AN ARRAY OF MIXTURE

To date, the problem of disposal ash waste is one of the most important. Primarily this is due to the overflow of many dumps in the subjects of the Russian Federation. This topic is particularly relevant in the framework of the outbreak in Russia of the Year of ecology. This publication, which is the development of studies of construction characteristics of the slag mixtures, carried out on the basis of "SibADI", aims to prove possibility of application of these man-made soils as a bases of buildings and structures. The article discusses the results of determining the bearing capacity of driven concrete piles immersed in an array of ash and slag mixture to the ash dump of the Omsk HPP-4. There is a graph of bearing capacity of piles depth of pile driving into an array is presented. For comparison, there is the calculation of the bearing capacity of similar piles in the array of natural soils is given. The conclusion is made about the suitability of ash and slag mixture as a man-made soil for the construction of basements of buildings and structures.

Key words: ash and slag mixture, bearing capacity, reinforced concrete piles.

Лунёв Александр Александрович, аспирант кафедры «Проектирование дорог».
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
Адрес: Россия, 644065, г. Омск, пр. Мира, 5.
E-mail: lunev.al.al@gmail.com

Сиротюк Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование дорог».
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
Адрес: Россия, 644065, г. Омск, пр. Мира, 5.
E-mail: sirvv@yandex.ru

Иванов Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование дорог».
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
Адрес: Россия, 644065, г. Омск, пр. Мира, 5.
E-mail: ivanoveuvl@gmail.com

DOI: 10.12737/24425

*Зрнзевич Невенка, д-р пед. наук,
Цветкович Раиса, канд. филолог. наук,
Университет в Приштине-Косовской Митровице, Сербия
Зрнзевич Йована, студент докторантуры,
Университет в Белграде, Сербия*

СПОРТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ГОРОДА

nevenkazrnzevic@gmail.com

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме исследования значения спортивных объектов в современном урбанизированном обществе. В работе затрагивается вопрос о недостаточно изученных социально-культурных аспектах спортивных объектов и их роли в развитии периферии и крупных индустриальных городов. В статье отмечается, что строительство объектов спортивной инфраструктуры, предназначенных для размещения наблюдателей (болельщиков, зрителей) и представителей средств массовой информации, открывает новые возможности для инвестиций города-организатора в проведение соревнований мирового уровня с последующим использованием объектов в коммерческих целях. Спортивные сооружения, как элемент социально-культурной инфраструктуры, вносят крупнейший вклад в дальнейшее развитие архитектуры городов-организаторов соревнований. Вершиной и эталоном архитектуры Древней Греции и Римской империи, безусловно, является стадион в Афинах, Колизей и цирк "Максимус" в Риме. После гибели древней цивилизации в феодальном обществе христианская церковь проповедовала аскетизм, а заботу о человеческом теле считала грехом. Физические упражнения потеряли свое прямое назначение (телесное и духовное развитие) и применялись в качестве боевых приемов для военно-профессиональной подготовки. Возобновление Олимпийских игр в 1896 году, способствовало обустройству спортивных объектов с целью создания более благоприятных условий для участников соревнований и достижения ими лучшего физического и духовного совершенства. Сложившаяся ситуация положила начало созданию и реализации проектов спортивных комплексов с объектами инфраструктуры, которые находятся на границе архитектуры и инженерии и занимают почетное место в рейтинге выдающихся архитектурных достижений.

Ключевые слова: физическая культура и спорт, спортивное мероприятие, спортивное сооружение, архитектура города.

Введение. Культура как явление общественной жизни представляет «совокупность всех человеческих достижений и благ: материальных (материальной культуры), и духовных (духовная культура), без которых невозможно представить существование человеческого общества даже в своих простейших формах организации [3].

Культурное наследие или достояние включает в себя все аспекты окружающей среды, появившиеся в результате взаимодействия человека и окружающего пространства. Спортивные объекты в самом широком смысле слова подразделяются на открытые или закрытые, предназначены для проведения различных физкультурных, спортивных и других мероприятий. Новейшие современные виды спорта требуют создания оправданных экологических, технологических и конструктивных проектных решений, отображающихся в архитектуре спортивных сооружений. Строительство крупных спортивных сооружений, организация спортивных мероприятий и их техническое обслуживание

кроме экономической эффективности открывает широкие возможности для активного участия общественности и долгосрочных перспектив в сфере развития физической культуры [2]. Для организации и проведения спортивных мероприятий государственного или мирового масштаба необходимо проектирование сооружений санитарно-технической, транспортной, коммунальной и торговой инфраструктуры, а также гостиничных комплексов, предназначенных для размещения многочисленных болельщиков и посетителей спортивного мероприятия, а также представителей средств массовой информации. Увеличение общего количества номерного фонда в отелях после окончания мероприятия открывает новые возможности для городов в процессе организации международных культурных и деловых мероприятий неспортивного характера. Принципиальное значение имеет плановая организация движения транспортных средств, осуществляющих перевозку пассажиров на объект соревнований и обратно, а также предостав-

ление им возможности посетить городские культурно-массовые мероприятия.

Развитие спортивных объектов через глубь веков. Физическое воспитание достигло свой апогей в период расцвета Древних Афин, благодаря довольно высокому для того времени уровню образования. Эти данные нашли подтверждение в труде Платона "Государство", в котором говорится, что каждая личность в процессе познания науки или музыки и для достижения наивысшего благородства "должна ухаживать за своим телом, то есть заниматься гимнастикой". В Древней Греции существовал культ физически развитого человеческого тела, поэтому телесная красота была идеалом для Древних греков. Для многих древнегреческих художников и скульпторов того времени излюбленным объектом для изображения был нагой спортсмен на вазе или на фресках, как иллюстрация гармонии тела и разума.

Учитывая, что физическое воспитание в Древней Греции занимало важное место, соревнования стали неотъемлемой частью всех праздничных мероприятий. Религиозные праздники постепенно утрачивали свое прямое назначение, превращаясь в Олимпийские и другие виды игр, чье проведение представляло наиболее значимое событие для населения Древней Греции.

Наиболее известными являются Олимпийские игры, которые были посвящены верховному богу Зевсу и проводились в Олимпии – маленькой стране Илия на западном побережье Пелопоннеса, считавшейся у Греков священным местом. Начало Олимпийских игр восходит к 776 году до н. е. Игры проводились каждые четыре года и в это время устанавливалось "священное перемирие" между государствами, чьи спортсмены участвовали на Олимпийских играх.

Одно из самых величественных произведений и проявлений колоссального инженерного мастерства в Древней Греции был Коллизей, который мог вместить 80000 зрителей, приходившими посмотреть на битву гладиаторов. Так как граждане Рима больше любили наблюдать за соревнованиями, чем участвовать в них, постепенно традиционные спортивные игры в Риме заменились гладиаторскими поединками.

Наибольшей популярностью в Риме пользовались соревнования на колесницах с упряжками из двух или четырех лошадей, которые состязались в верховой езде - умению всадника управлять лошадей и ее движениями на разных аллюрах (соврем. манежная выездка). В этих целях в Древнем Риме был возведен "Циркус Максимус" (огражденное пространство со скамейками), который мог принять около 180 000

зрителей и где, кроме состязаний на колесницах, проводились бои гладиаторов.

После гибели древней цивилизации, в феодальном обществе христианская церковь и священники оказали существенное влияние на все сферы общественной жизни. Церковь проповедовала аскетизм, а заботу о человеческом теле считала грехом. Физические упражнения потеряли свое прямое назначение (телесное и духовное развитие) и начали применяться в качестве боевых приемов для военно-профессиональной подготовки. Только с выходом капитализма на мировую арену физические тренировки для повышения общего уровня физической и специальной военной подготовки мужской части населения вновь становятся актуальными. В эпоху Ренессанса вместе с восстановлением авторитета антических достоинств и традиций и увлечением красотой человеческого тела, физическое и духовное развитие вновь становится важными элементами всестороннего развития личности, а занятия на уровне физической рекреации считаются частью общей культуры. Актуализируются такие виды спорта как бег, прыжки, метание, стрельба, альпинизм и плавание.

В дальнейшем, в результате парадигмальных изменений в области образования, особое место занимает физическая культура, которая объединяет интеллектуальное и физическое развитие личности посредством бега, прыжков, метания, гребли, катания на коньках, игр с мячом. Данная ситуация способствует возникновению новых видов спорта и развитию национальной гимнастической системы в Швеции, Германии, Англии, Франции и Чехии.

Возникновение современного (модерного) спорта связано с созданием спортивных дисциплин, появившихся в Англии во второй половине XIX века в результате принятия необходимых правил проведения соревнований, формирования спортклубов, федераций, союзов и системы организации и проведения состязаний. Создавшееся положение указало на необходимость основать международные и континентальные спортивные организации и конфедерации воспитания и спорта [9].

Французский педагог и историк Пьер де Кубертен (Pierre de Coubertin) в 1896 году предложил возобновить Олимпийские игры, что явилось причиной активизации процесса модернизации спортивных объектов с целью создания более благоприятных условий для участников соревнований и достижения ими физического и духовного совершенства. Олимпийский лозунг "важно участие" трактуется по-другому и теперь необходимо победить, продемонстрируя

при этом лучшие результаты или поставить мировой рекорд.

Сложившаяся в мире и Республике Сербии ситуация положила начало созданию архитектурных проектов и строительства спортивных комплексов с объектами инфраструктуры, находящимися на границе архитектуры и инженерии и занимающих почетное место в рейтинге выдающихся архитектурных достижений.

Первые спортивные объекты в Сербии. В Сербии в период между двумя мировыми войнами не уделялось большое внимание физическому воспитанию. В качестве факультативного учебного предмета преподавалась гимнастика с целью развития пластики и координации движения учащихся. Обучение осуществлялось по методике сокольской гимнастики, но без адекватных условий (отсутствие игровых площадок, мест и залов для тренировок, без профессионально подготовленных кадров).

В конце XIX и начале XX века, в результате основания мирового молодежного спортивного сокольского движения и увеличения численности членов сокольских спортклубов и кружков, возникла необходимость в строительстве объектов, предназначенных исключительно для деятельности соколовцев. Сложившаяся ситуация послужила началом интенсивного развития спортивной архитектуры одновременно с периодом становления спортивной индустрии и проведением мировых спортивных соревнований. Проектирование объектов, предназначенных для деятельности соколовцев, гармонично вписывается в специфику национального стиля сербской архитектуры. Объекты для соколовцев являются одними из наиболее выдающихся архитектурных творений в период между двумя войнами и неотъемлемой частью культурного и физкультурно-образовательного пространства Белграда.



Рис. 1. Деревянный стадион, 1930г.

В процессе проектировки спортивных комплексов архитекторы заботятся о дальнейшем развитии не только физической культуры, но и архитектурного дизайна города. Важные активные спортивные сооружения города Белграда были построены по окончании Второй мировой войны (стадион Партизан и Красная звезда). Маракана, известный стадион футбольной ко-

Белград в качестве столицы Королевства Югославии построил первый объект для соколовцев только в начале четвертого десятилетия 20 века. Архитектором объекта был Момир Ко-рунович-председатель

Строительно-художественного филиала Союза Соколов Королевства Югославии (ССКЈ), который представил на конкурс несколько вариантов проекта. В связи с возникшими позже многочисленными проблемами, объекты для соколовцев были построены лишь в 1935 году. Первоначально здание было спроектировано как великолепный храм в честь молодежного движения Сокольства и украшение Врачара и Белграда. Здание было окончательно завершено 15 декабря 1935 года.

Сокольское здание "Матица" было провозглашено национальным памятником культуры, имеющего архитектурную и культурно-историческую ценность. О значительном внимании, которое уделяется в 1930 году физической культуре, свидетельствует пример строительства в Белграде деревянного стадиона, возведенного для проведения Всеобщего сокольского слета. Известный архитектор Миомир Ко-рунович был создателем проекта временного Сокольского стадиона. Размеры стадиона для того времени были поражающими. В конструкции стадиона использовано более 5.100 кубометров деревянных балок, а в основы трибуны поддерживали бетонные сваи. Проверку нагрузки, подтвердившую, что стадион может выдержать более 45.000 зрителей и 3.500 участников, привело в исполнение три армейских полка. Через месяц после окончания Сокольского слета, стадион был демонтирован, а древесная конструкция использована для других целей.



Рис. 2. Сокольский дом "Матица"

манды Красная звезда, начал действовать в 1963 году. Следует отметить, что со временем спортивные комплексы были использованы и в культурных целях. В Белграде архитектура спортивных сооружений приобретает все большее значение благодаря организации крупных спортивных мероприятий.

Спорт в целом обладает максимальным стимулирующим эффектом с точки зрения маркетинга, а выдающиеся достижения в спорте способствуют повышению имиджа (рейтинга) города, региона и страны за выдающийся вклад в формирование спортивной славы. Кроме того, спорт занимает одно из важнейших мест в глобальной рекламной кампании. На других континентах мира Сербию узнают благодаря выдающимся победам ее спортсменов [5].

Большая спортивная арена в Белграде, является одной из крупнейшей в Европе и самой уникальной конструкцией на Балканах, чей внешний вид и возможности превосходят все прежние достижения Белградской архитектуры. Несмотря на то, что из-за военных действий на территории Сербии ее строительство не было закончено в положенные сроки, сегодня арена является гордостью Белграда и всей Сербии. Здесь проводятся все важнейшие спортивные и культурные мероприятия. Соответствие международным стандартам качества строительства и использование по назначению или на договорных условиях Белградской арены находится на высочайшем уровне, что в значительной мере оправдывает ожидания инвесторов и вложения бюджетных средств в его строительство.

Спортивные сооружения мира и их значение. Современные спортивные сооружения являются важным элементом городского архитектурного дизайна благодаря их рекреативно-развлекательной деятельности, влияющей на общее самочувствие населения, а также возможности получения экономической выгоды. За последние полвека спортивные сооружения претерпели существенные изменения и часто представляют оригинальные решения, которые находятся на границе архитектуры и инженерии и занимают почетное место в рейтинге выдающихся архитектурных достижений [1].

Спорт является неотъемлемой частью жизни современного общества и важным принципом ведения здорового образа жизни. Мы являемся свидетелями популяризации различных видов спортивных дисциплин и соревнований, число которых постоянно увеличивается. Растет число спортивных и физкультурно-оздоровительных комплексов, что, несомненно, способствует положительной динамике развития инфраструктуры, экономическому и культурному процветанию регионов. В Сербии количество городов, желающих быть организаторами международных спортивных соревнований, постоянно увеличивается. Спонсоры и инвесторы осознают, что это не только состязание, но и крупный международный бизнес-проект, приносящий немалый доход городу, стране-

организатору и оправдывающий ожидания инвесторов.

Рейтинговые спортивные мероприятия играют решающую роль в развитии туризма, как важнейшего катализатора экономического роста. Посетителям, присутствующим на спортивных мероприятиях, предоставляются разнообразные возможности для посещения многих других культурно-досуговых мероприятий и ознакомление с историческим наследием города-организатора. Дворцы спорта, крупные спортивные центры и олимпийские объекты, объединенные единой планировочной темой генерального плана благоустройства города, должны выделяться интересными архитектурно-планировочными решениями и формировать неповторимые городские ансамбли зданий и сооружений. Инвесторы часто принимают радикальные проекты архитектурных решений, которые впоследствии становятся отличительной чертой города-организатора. Деятельность спортивных сооружений должна быть разнообразной по содержанию и привлекательной для посетителей всех возрастов, так как после музеев спортивные сооружения, независимо от их основных целей, являются наиболее посещаемыми объектами в городе.

Конечно, важнейшую роль в строительстве таких спортивных сооружений имеют Олимпийские игры, которые считаются самым престижным спортивным событием мирового масштаба. Олимпийские комплексы в Токио, Риме и Мюнхене, сооруженные после Второй мировой войны, являются примером блестящего архитектурного, организационного и технического подвига того времени. Спортивные мероприятия мирового значения активизировали строительство спортивных комплексов и сопровождающих их объектов инфраструктуры, которые, в отличие от плана их реализации, были завершены в кратчайшие сроки. Примером этого может послужить метро в Мюнхене, строительство которого планировалось завершить в течение 15 лет. Данный объект был завершен за пять лет – в 1972 году, к началу Олимпийских игр в Мюнхене, и сегодня является важной частью транспортной системы города. Любое спортивное событие мирового значения после окончания соревнований оставляет уникальное спортивное сооружение.

Олимпийские игры, проведенные в 1992 году в Барселоне, оказали огромное влияние на экономику Барселоны, так как привлекли крупные инвестиции в инфраструктурные проекты, которые в свою очередь способствовали повышению уровня и качества жизни населения и сделали город более привлекательным для инве-

стиций в сферу туризма. В Барселоне после проведения Олимпийских игр увеличился прилив туристов примерно на 95 %. Это настоящий пример того, как выдающееся спортивное событие может изменить статус города как культурного и туристического центра и сформировать у туристов и местных жителей особую перцепцию официального лица города.



Рис. 3. Стадион „Птичье гнездо“

В настоящее время успешно развивается экологическое строительство спортивных сооружений. Примером такого уже введенного в эксплуатацию объекта является Национальный стадион на Тайване – "Солнечный стадион". Его вместительные способности составляют 55000 мест, а покрытие состоит из 8844 солнечных панелей, вырабатывающих достаточно электроэнергии для обеспечения 80 % зданий в непосредственной близости от стадиона [6].

Помимо объектов для занятий профессиональным спортом, на сегодняшний день в перенаселенных, высоко урбанизированных городах существует острая потребность в возведении объектов рекреационного типа, где люди могут отдохнуть после трудового дня. Также, одной из приоритетных задач является многоцелевое использование спортивных сооружений, которые кроме спортивных соревнований служат для проведения культурных, образовательных и развлекательных мероприятий. Таким образом использованные спортивные сооружения становятся максимально финансово-экономически выгодными объектами. Лучшим примером многоцелевого использования Дворца спорта является Мэдисон-Сквер-Гарден („Madisson Square Garden“) в Нью-Йорке и арена O2 в Лондоне, которая является крупнейшей структурой в своем роде и признана самой загруженной в мире. Возможность проведения объемных и широкого спектра мероприятий зависит от умения архитектора и дизайнера объекта создать максимально гибкое и универсальное пространство для проведения культурно-массовых мероприятий, праздников, юбилеев.

Таким образом необходимо заранее ясно определить стратегическое назначение планируемого строительства и целевую эксплуатацию

В настоящее время мы восхищаемся великолепным комплексом, сооруженным для проведения Олимпийских игр в 2008 года в Пекине. Наиболее впечатляющей частью комплекса, безусловно, является стадион "Птичье гнездо" швейцарских архитекторов Жака Херцога и Пьера де Мерона (Jacques Herzog & Pierre de Meuron).



Рис. 4. Тайвань. „Солнечный стадион“

спортивных комплексов, часто поражающих виртуозным мастерством и удивительными архитектурными достижениями. Спортивные объекты могут внести значительный вклад в формирование положительного имиджа города-организатора и его репутации. Спортивно-оздоровительные объекты могут дополнить архитектурный силуэт города, увеличить поток туристов или стать местом для проведения различных культурно-досуговых мероприятий [12].

Выводы. Спортивные сооружения, кроме осуществления спортивно-рекреационных, оздоровительно-реабилитационных, профессионально-прикладных и гигиенических задач являются очень важными элементами городской архитектуры и способствуют увеличению финансовых доходов городских муниципалитетов.

Кроме продвижения положительного имиджа и дополнительных возможностей для промоции города-организатора и реализатора спортивных мероприятий, возрастает интерес к проведению бизнес- и туристических конгрессов, для проведения которых необходимо строительство центров с внушительным количеством мест для участников. Именно такие многофункциональные сооружения возводились для проведения международных спортивных мероприятий во многих городах Сербии. Развитие самой широкой осведомленности о важности физических упражнений на протяжении XX и начала XXI века оказало решающее влияние на возникновение и развитие современных архитектурных стилей и расширило конструктивные возможности спортивных объектов в Сербии и во всем мире.

В настоящее время в Республике Сербии спорт является одним из самых значительных туристических ресурсов, обладающий весомым потенциалом для перспективного развития. Це-

лью является создание инвестиционного климата и привлечение инвесторов для увеличения объема финансирования спортивных мероприятий и развития спортивной инфраструктуры.

В целях повышения эффективности использования спортивных объектов спортивные сооружения необходимо использовать в рамках социально-культурной деятельности для осуществления целей образования, культуры и искусства, но и для зрелищно-развлекательных мероприятий. Спортивные объекты должны выполнять многофункциональную роль, быть привлекательными и attraktivными для посетителей – потенциальных туристов.

Организация крупных спортивных мероприятий является серьезным вызовом для их учредителей, а строительство спортивных сооружений способствует целевому ускоренному обновлению города-организатора и достижению многоуровневого экономического эффекта от развития регионального туризма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брзаковић М. Студија спортске архитектуре и могућности њене мултифункционалне употребе. Ниш: Грађевинско-архитектонски факултет. Необјављен магистарски рад, 2012.
2. Fayos-Sola E. The impact of mega events, *Annals of Tourism Research*, 25 (1), 1998.
3. Вујовић Б. Споменици културе на тлу Југославије, Београд: НУ „Стари Град“, 1974.
4. Ђукић-Дојчиновић, В. *Kulturni turizam*, Београд: КЛИО, 2005.
5. Jevtić J. Specifični uticaji olimpijskih igara na grad domaćina sa osvrtom na Olimpijske igre u Londonu 2012. godine. Београд: Универзитет Сингидунум. Необјављен магистарски рад, 2013.
6. Grimmer V., Basauri L. & Beroš A.D. *Lepota je napetost između dvije stvari*“, часопис *Oris* број 60, Загреб, 2009.
7. Grimmer B. Glažar, T. „Arhitekturu rade ljudi za ljude“, часопис *Oris* број 79, Загреб, 2013.
8. Илић, С. „Sportski objekti i tereni“, Београд: *Kultura*, 1998.
9. Илић С. *Istorija fizičke kulture – novi vek i savremeno doba*, Београд: Факултет физишке културе Универзитета у Београду, 1994.
10. Mitrović M. „Fiskulturni objekti“, Београд: *Градевнска књига*, 1984.
11. Weed M. *Olimpik turizam*, First Edition, Elsevier Ltd, London, 2008.
12. Путник В. Соколски домови и стадиони у Београду, *Наслеђе* pp. 69-73., 2012.
13. Станковић Ј. *Културни туризам Србије*, Ниш, Природно-математички факултет, Необјављен мастер рад, 2012.
14. Шувковић М. *Istorija umetnosti u Srbiji XX,II tom*, Београд: Orion Art., 2012.
15. www.thegarden.com, 29.09.2016.
16. www.istorijski-razvoj-sportskih-objekata, 23.09.2016.
17. www.gradsubotica.co.rs/poslednjeg-njezdo-sokola 29.09.2016
18. www.unesco.org, 26.09.2016
19. www.beogradskonaslede.rs, 01.10.2016
20. www.sport.novosti.rs, 27.09.2016

Zrnzević Nevenka, Tsvetkovic Raisa, Zrnzević Jovana, SPORT OBJECTS AS THE IMPORTANT PART OF CITY ARCHITECTURE

Even in time of Old Greeks and Romanians, the special attention was given to architecture aspects of the space, like as to possibilities which could be done to the object and the whole activity by good and well created architecture solutions.

Old Greeks had built gymnasiums which represented first real sport objects with open spaces for practicing exercises, which in the beginning were used only for physical exercising and later became the centre of intellectual life. The most impressive buildings from that time were the Stadium in Athens, Colloseum and Circus Maximus in Rome.

By reintroducing of the Olympic Games in 1896 year, the need for building of sport objects appeared, and was directed to making the best possible conditions for competitors and to realizing the best possible results. From that time building of great sport objects with incredible architecture solutions dates, first in the world and later in Serbia, and that has changed limits of architectonic possibilities in time.

Sport objects that have been built lately have great importance and role from cultural, social and sociological aspects and contribute to urban creations of towns. Sport objects have contributed to further development of physical culture and of architecture.

Key words: *physical culture, sport manifestation, sport objects, architecture of towns*

Зрнзевич Невенка, доктор педагогических наук.

Факултет теорије и методике началног образовања у Призрену-Лепосавиче, Универзитет у Приштини - Косовској Митровице.

Адрес: Република Србија, 28000, Лепосавич, ул. Неманина.

E-mail: nevenkazrnzevic@gmail.com

Цветкович Раиса, кандидат филологических наук.

Факультет теории и методики начального образования в Призрене-Лепосавиче, Университет в Приштине - Косовской Митровице.

Адрес: Республика Сербия, 28000, Лепосавич, ул. Неманина.

E-mail: raisa.cvetkovic@pr.ac.rs

Зрнзевич Йована, студент докторантуры.

Факультет спорта и физической культуры, Университет в Белграде.

Адрес: Республика Сербия, 11000, Белград, ул. Благоя Паровича 156.

E-mail: jovana.zvrky@gmail.com

DOI: 10.12737/23814

*Иванова О.А., ст. препод.
Тюменский индустриальный университет*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗА АСТАНЫ – НОВОЙ СТОЛИЦЫ КАЗАХСТАНА

Ivanova_olga_72@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с формированием уникального архитектурного образа города – столицы государства, как одного из важнейших аспектов самоопределения нации, ее символ. Особенности и закономерности формирования и развития архитектурной среды столичного города раскрываются на примере Астаны – новой столицы Казахстана. Также в статье выявляются исторические, социальные, политические и культурно–этнические факторы и условия, определившие своеобразие и уникальность архитектурно–планировочной среды Астаны; анализируются особенности построения объемно–пространственной и планировочной структуры новой столицы. Приводится описание характерных элементов архитектурной среды Астаны, связанных с семантикой столичного статуса города и демонстрирующих вектор стратегического национального развития.

Ключевые слова: город – столица, планировочная структура, архитектурно–пространственная среда, архитектурный образ города, новая столица.

В связи с распадом в 1991 году Советского Союза на карте мира появились новые государства – бывшие союзные республики. С приобретением независимости в молодых государствах наметилась тенденция к формированию базы собственных культурных ценностей и традиций, способствующих развитию идей национального самосознания. Особая роль в выражении концепций новой политики развития отведена архитектуре, которая способна говорить без слов, отражать события, новые мышления и устремления народа и его правительства. Бывшие столицы республик становятся столицами государств, новый статус требует создания нового имиджа – образа, присущего столичному городу.

На протяжении десятилетий, на всем пространстве Советского Союза архитектурная среда крупных городов формировалась достаточно единообразно. Отработанные методы разработки планировочных структур целых городов обеспечивали возможность интенсивного роста и быстрого освоения городской застройки. Экономичность возведения зданий и сооружений обеспечивалась всеобщей унификацией и стандартизацией в строительстве. Система типизации в разработке проектных решений на базе ведущих проектных институтов определила формирование однотипной архитектурной среды советских городов. Отражение региональных и национальных особенностей в архитектуре чаще всего сводилось к использованию в качестве декоративной отделки фасадов мотивов национального орнамента, керамики, мозаики, станковой и монументальной скульптуры. Функционализм, присущий архитектуре всех

советских городов становился базой для сменных матриц семантических образцов национальной архитектуры. Новый политический статус столиц бывших социалистических республик теперь требует нового архитектурного образа и масштаба, соответствующего новым требованиям и соответствия общемировым стандартам. Многие из новых столиц претерпели глобальные изменения в архитектурной среде. Качественный характер преобразований и их экономический масштаб во многом зависят от конкретных условий, а также социально–культурных, политических и других аспектов. Наиболее показателен в этом отношении пример Республики Казахстан, где вопрос формирования столицы нового уровня был решен кардинальным способом – путем переноса столичных функций в новый город, где появилась возможность создать совершенно новую уникальную архитектурную среду, соответствующую статусу столицы государства.

Казахстан заявил о себе как государство с развитой демократией, относительно стабильной экономикой и спокойной политической обстановкой. Именно эти условия и обеспечили резервы для масштабных шагов, таких как перенос столицы. Правительство страны использовало такой серьезный политический ход для решения ряда политических и экономических задач. Перенос столицы из Алматы в Акмолу, небольшой провинциальный город на севере страны привлек большое внимание мировой общественности к новому государству, позиционирующему себя как суверенную и демократическую республику. Президент независимой Республики Казахстан, чьим практически едино-

личным решением был осуществлен проект переноса столицы, весьма четко обозначил необходимость такого шага: «Я был уверен в том, что перевод столицы сыграет большую роль в утверждении Казахстана как нового независимого государства. Этим актом Казахстан мог бы подчеркнуть свою открытость к равноправному сотрудничеству с Севером и Югом, Востоком и Западом. Он предоставляет уникальную возможность полнее развить преимущества срединного положения страны между Европой и Азией» [10, С. 20]. Решение о создании новой столицы Астаны, как центра Евразийского региона, должно было отражать политические, социальные и экономические планы и устремления Казахстана. Прежняя столица – Алматы уже не соответствовал новым требованиям статуса столицы: город исчерпал территориальный ресурс, осложняла процесс развития города сейсмическая ситуация. Но главной причиной стало невыгодное географическое положение, осложняющее осуществление административного и экономического управления из-за большой удаленности города от основных промышленных центров, а также близости к южной границе с Китаем и Кыргызстаном. К слову, по высказываниям некоторых аналитиков существовали и скрытые причины того, что Президент Республики Казахстан решил лишить Алматы столичного статуса. Для нормализации политической и экономической ситуации в стране ему было необходимо ограничить влияние некоторых политических сил (из-за национальных и социальных особенностей развития казахстанского общества, сосредоточенных именно на юге страны) [2, С. 16]. Таким образом, благодаря переносу столицы в северную часть Казахстана, исключалось излишнее давление и влияние юга, а также появлялась возможность сформировать новую столицу с удобным географическим положением в центре страны, с развитыми транспортными коммуникациями, с выходом к международным трансконтинентальным магистралям. Кроме того, приоритет Астаны (на тот момент Акмолы) определялся и другими факторами: наличие водных, минерально-сырьевых, аграрных и энергетических ресурсов и в зоне влияния г. Акмолы; возможность осуществления новых архитектурных и градостроительных решений, отвечающих современным требованиям; благоприятная экологическая обстановка, хорошо продуваемая территория; наличие резервных территорий для строительства и развития города. Особенно важным фактором для развития страны явилась возможность эффективно решать проблемы политического, экономического контроля и управления на периферии, а также

возможность уравновесить национальный состав населения северных и южных областей. Интересен тот факт, что еще в советское время город уже начинал развиваться с расчетом переноса сюда столицы республики. История поселений кочевников на территории современной Астаны насчитывает несколько веков. Основание же города Акмолинска, как военного поселения, относится к 1830 году [14, С. 15]. С 1961 года город стал центром целинного края и носил название Целиноград.

Мировая история содержит много примеров, когда перенос столицы из одного города в другой способствовал решению определенного рода задач – политических, экономических, а в последнее время демографических и экологических. Древний мир изобилует примерами решения переноса столицы для укрепления центральной власти, объединения государства – Египет, Ассирия, Римская империя. Эпоха Возрождения подарила миру широкую теоретическую базу решения вопросов строительства города на новом месте – «идеальные города». Одной из первых новообразованных столиц демократического государства стал Вашингтон, где основу градостроительной структуры составили классические композиции П. Ланфана и А. Элиота. Такой же классический подход к формированию структуры плана проявился и при строительстве новой столицы Австралии Канберры [5]. Ярчайшие примеры, вошедшие в историю градостроительства – это новые столицы середины 20 века – Бразилиа, Чандигарх и Исламабад [13, С. 13]. Над планировочной структурой этих столиц трудились известнейшие архитекторы, предложившие четкие геометрические модульные структуры плана. С конца прошлого столетия в ряде развитых стран население сталкивается с проблемой перенаселения столичных городов, ухудшения экологической ситуации, что способствует развитию тенденции переноса столиц в уже существующий город или ее строительство на неосвоенной территории (Малайзия, Кот-д'Ивуар, Филиппины) [4, С. 11].

Таким образом, Астана далеко не единственный пример города, в который по ряду причин были перенесены столичные функции. Тем не менее, процесс формирования архитектурной среды Астаны интересен мировому сообществу тем, что столичные функции перенесены в условия сложившейся архитектурно-планировочной структуры небольшого, но достаточно развитого на тот момент провинциального города. В этом и состояла основная сложность задачи, которую решали зарубежные и казахстанские архитекторы-градостроители, принимавшие участие в объявленном прави-

тельством Республики Казахстан, международном конкурсе по разработке «эскиз–идеи генерального плана новой столицы». Необходимо было представить проектное предложение с наиболее органичной увязкой существующей структуры Целинограда (Акмолы) с новыми планировочными решениями, отвечающими столичному статусу. По итогам работы конкурсной комиссии победа досталась проекту японского архитектора Кисе Курокавы, в работе которого с максимальной точностью учтены все аспекты и направления будущего развития города, а вопрос гармоничного соединения нового административного центра со старым решен наиболее корректно и гармонично. Для обеспечения свободного интенсивного роста и развития городской структуры новой столицы Кисе Курокава применил принципы метаболизма к системе планировочного и функционального зонирования – сочетание прочного каркаса и подвижных легко заменяемых элементов. В своей метаболической концепции конкурсной эскиз–идеи плана Астаны Кисе Курокава раскрывает тему симбиоза, сосуществования и вза-

имодействия архитектурного наследия дореволюционного и советского периодов и архитектуры новейшего времени, статичных устойчивых и изменяемых элементов архитектурного ансамбля, восточной национальной традиции и западной философии, природных форм и антропогенной среды [9, С. 22]. Сформированная К. Курокавой концепция эскиз–идеи, легла в основу разработанного казахстанскими архитекторами генерального плана, согласно которому определено развитие Астаны до 2030 года [15]: «По новому генплану планировочная структура города получает свое логичное развитие за счет интенсивного освоения левобережных территорий под организацию крупного градостроительного образования республиканского административно–делового центра и новых крупных жилых районов (рис.1 а). Важнейший природный фактор – река – становится как бы центральным элементом новой планировочной структуры, позволяющим органично ввести в ткань городской среды озеленение и обводнение пространства» [6, С. 4].

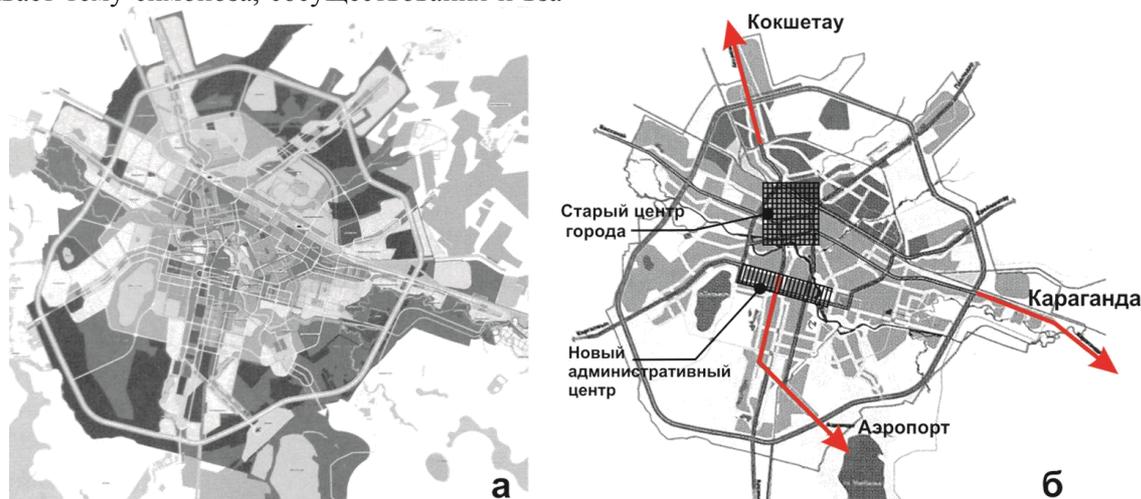


Рис. 1. Новый генеральный план развития Астаны:

а – схема зонирования территории города; б – основные направления развития города [3]

Магистрали, соединяющие Астану с основными городами страны, формируют три направления – южная магистраль, ведущая к аэропорту Астаны, и два приоритетных направления – на север и юго–восток в сторону Караганды. Именно по этим направлениям предполагается рост и расширение территории города в соответствии с предложенной К. Курокавой концепцией линейного зонирования вдоль главной водной артерии города – реки Есиль (Ишим) (рис.1 б).

Можно отметить ряд особенностей, определивших характер архитектурного образа Астаны и его восприятие. Восприятие архитектурного образа участков линейного центра – централь-

ной улицы (проспект Республики) подчинено характеру движения в южном направлении – по мере приближения к центральному мосту высота и плотность застройки увеличивается; площадь перед мостом раскрывается свободным пространством с широкой панорамой застройки левого берега. Согласно линейному принципу построения градостроительной структуры плана, перпендикулярно главной улице, проходят второстепенные, образуя узлы перекрестков и площадей, к которым тяготеют важнейшие общегородские сооружения, требующие значительных пространств. Особое тематическое зонирование территорий, образующих центральную улицу (деловая зона, торговая зона) слож-

лось с учетом старой планировки Целинограда – некоторые сложившиеся участки застройки невозможно было трансформировать под новые функции. Пример Астаны показал, что при строительстве новой столицы на базе сложившейся среды провинциального города возникает ряд сложностей, влияющих на функционально-планировочную структуру городской застройки, на особенности архитектурного образа и качество его восприятия. Плотная застроенная территория центральной части города не отвечала масштабам новых столичных функций, но полностью ликвидировать данные участки невозможно – многие содержат важнейшие архитектурные памятники. Точечная застройка высотными сооружениями в центре города несколько нарушает логичную последовательность расположения высотных доминант. Еще сложнее ситуация на территориях жилой застройки, ранее

являвшихся центром Целинограда: в существующую застройку крайне сложно вписать требуемое количество высотных сооружений, строительство могло осуществляться только на свободных территориях. Поэтому казахстанскими архитекторами была разработана структура визуального построения городского пространства, включающая анализ размещения высотных акцентов в основных градостроительных узлах. Концентрация высотных доминант на центральной улице наблюдается на территории площадей и важнейших перекрестках. Также высотными акцентами отмечены точки пересечения визуальных осей на важнейших градостроительных узлах. Несмотря на все аналитические разработки, в результате трансформации старой застройки под новые масштабы, сформировался сложный дробный силуэт центра правобережной части.

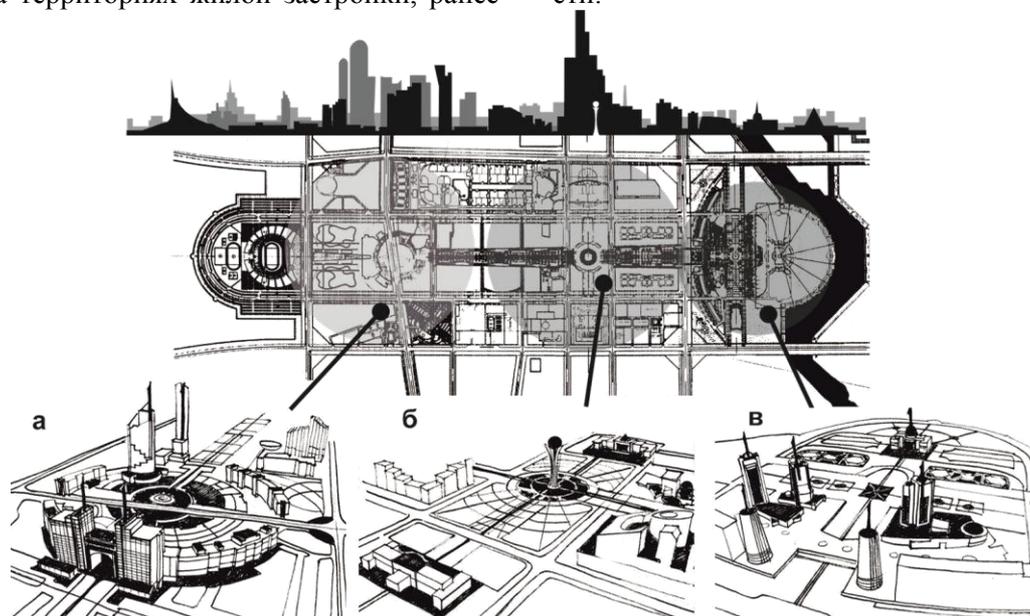


Рис.2. Новый административный центр Астаны
а – Западная площадь; б – Центральная площадь; в – Восточная площадь

Новый административный центр Астаны связан с центральным проспектом Республики мостом через р. Ишим и широкой транспортной магистралью. Степной ландшафт способствует формированию широких открытых перспектив, а поворот магистрали от моста дает возможность увидеть новый центр с нескольких важных точек обзора. Новая часть города имеет более четкую планировочную структуру – линейное зонирование по эскизу плана К. Курокавы, включая зеленую зону р. Ишим, речной город и новый административный центр. Новый Административный центр Астаны представлен обширной территорией, связанной протяженной эспланадой – «водно-зеленым бульваром». По центру эспланады последовательно расположен

ряд фонтанов вдоль зоны озеленения. Эспланада функционально разделена на три зоны: центральную, западную и восточную (рис.2). При въезде со стороны города, Западная площадь обозначена своеобразными «воротами» – аркой, образованной полукруглым в плане зданием Министерства Энергетики. Структуру самой площади составляет система перетекающих пространств, расположенных на разных уровнях, что способствует последовательному многоплановому восприятию видовых кадров, раскрывая их иногда с самых неожиданных ракурсов. Неизменной высотной доминантой является высотное сооружение Министерства транспорта и коммуникаций, фиксирующее самую высокую западную точку на силуэте Административного

центра. Следующей доминантой по пути движения по эспланаде является монумент «Астана–Байтерек» (рис.3, а), находящийся на оси пересечения главных перпендикулярных осей Центральной площади. Данная площадь представляет собой открытое пространство, как бы заключенное севера и с юга в квадратные скобки двух невысоких зданий министерств. Горизонтальный планшет площади не имеет перепадов, что позволяет фиксировать широкие открытые перспективы эспланады, Западной и Восточной площадей, а также окружающих эспланаду различных функциональных пространств (Центр международной торговли, жилые комплексы, Исламский культурный центр). Покрытие площади проработано в виде национального геометрического орнамента, элементы которого подчеркивают главные композиционные оси и направления движения. Вход с эспла-

нады на территорию Восточной площади обозначен своеобразными «воротами», образованными полукруглыми зданиями министерств и фланкированные башнями высотных сооружений Сената и Мажилиса Парламента. Движение по продольной оси площади подчеркнута рядом высотных сооружений, а также значительными сооружениями Верховного суда и Киноконцертного зала. Перспектива площади заканчивается расположенным на главной оси зданием Президентского дворца (рис.3, б). Несмотря на небольшие размеры сооружения его центральное положение подчеркнута общим характером композиционного построения Восточной площади и всего Административного центра. Только два сооружения – монумент «Астана–Байтерек» и Президентский дворец расположены четко на главной оси центра.

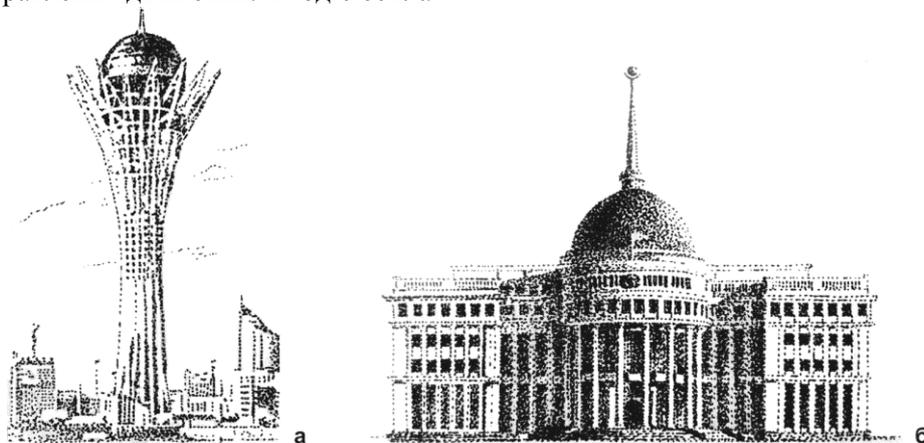


Рис. 3. Сооружения нового административного центра Астаны: а – монумент «Астана–Байтерек»; б – Президентский дворец

Главная ось центра продолжена за пределами основной его части. Она пересекает водную зону и переходит на востоке в ось возвышенности, которая является основанием Дворца мира и согласия; на Западе ось заканчивается площадью, на которой на 150 м возвышается торгово-развлекательный центр "Хан Шатыр", спроектированный Норманом Фостером.

Новые объекты архитектурной среды Астаны вписывались в уже сложившуюся городскую структуру Целинограда, что в достаточной степени усложнило задачу формирования гармоничного и выразительного образа столицы. Своеобразие архитектурной среды новой столицы обусловлено изначально заложенным принципом синтеза, смешения стилей и концепций, симбиозом архитектурно-художественных традиций и современных подходов. Архитектурная среда Астаны характеризуется наличием значительного числа элементов, которые можно определить как знаки столичной семантики, то есть визуальные или вербальные символы, выявля-

ющие принадлежность среды городу особого статуса. Уникальность образа Астаны заключается в том, что наряду с современными формами, характерными для общемировых тенденций в архитектуре, среда этого города насыщена элементами архитектуры, в которых читается принадлежность к казахской национальной культурной традиции. Неотъемлемой частью данной традиции являются как веками сложившиеся основы культуры и быта тюркских кочевых народов, так и общие для народов Средней Азии «восточные» и мусульманские культурные обычаи и ценности: традиционные формы архитектуры, графические символы, орнаментальные композиции, формы древнего искусства и фольклора. Неотъемлемыми атрибутами архитектурно-пространственной среды города – столицы являются государственные символы – флаг, герб, государственные цвета. Присутствие данных знаков в среде дает возможность легко распознать объекты общегосударственного значения, правительственные и административные

сооружения. Частью образа среды города – столицы могут стать и понятийные и вербальные символы; «Астана» переводится с казахского как «столица», т. е. даже в названии города отражен его статус. Семантику многих пространств городской среды Астаны определяют казахские легенды (в частности легенда о мифическом дереве и птице Самрук, положенная в основу образа монумента «Астана–Байтерек» [7]), сказания, факты истории, отраженные в названиях площадей, улиц, парков и скверов, а также определяющие характер объемно-пространственного построения среды.

Многие из приемов древнего тюркского зодчества, так же как и архитектурные формы используются современными архитекторами, не только для художественной выразительности национальных особенностей архитектуры, но и в качестве следования традиционным принципам проектирования и строительства в данном регионе. Стилизованные формы древних мавзолеев (купол, шатер, барабан, четверик, восьмерик), конструктивные приемы исполнения, принцип построения планов, декоративные элементы стали неотъемлемой частью многих современных архитектурных сооружений Астаны (Рис.4, а). Заимствование форм древнего искусства позволяет выразить принадлежность сооружения к определенной культурной форма-

ции: рядом с резиденцией президента республики на территории нового центра построены два одинаковых административных здания в форме башен, поверхность фасадов которых представляет собой золотистую зеркальную поверхность. Решение формы и фактуры зданий отчетливо перекликаются с элементами легко узнаваемого произведения древнего тюркского искусства. Доспехи воина, известные как «золотой человек», а точнее форма шлема, послужили основой для проекта.

Юрта – традиционное казахское переносное жилище. Как знак-символ часто используется в архитектурных формах, где важно подчеркнуть принадлежность архитектурного объекта к национальной культуре (рис.4, б). Президентский культурный центр (рис.5, б) в основе верхней части сооружения имеет форму юрты, увенчанной куполом. Шанырак (рис.4, г) – часть решетчатого остова юрты, представляющий собой круг с решеткой внутри, как символ очень часто используется в архитектурной среде Астаны в различных видах: рисунок на уровне плана, форма покрытия сооружения, украшение фасада. Лаконичность и логика геометрического построения знака способствует легкому узнаванию и формированию определенных ассоциаций с древней тюркской бытовой культурой.

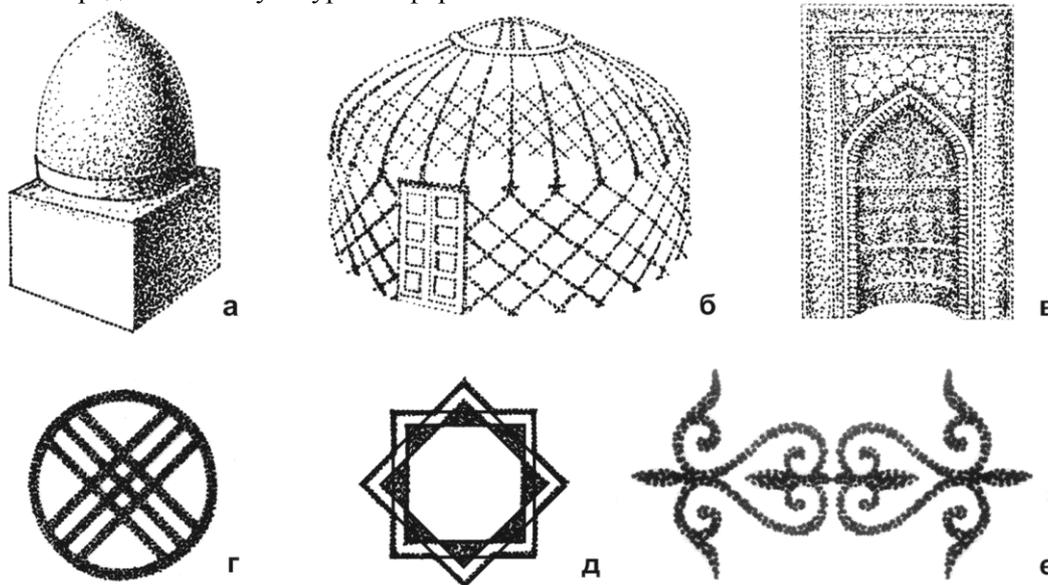


Рис. 4. Элементы казахской национальной культуры и архитектуры:

а – схема мавзолея «восточного типа»; б – остов казахской юрты; в – михраб; г – шанырак; д – мусульманская восьмиконечная звезда; е – традиционный казахский орнамент

Купола – как символ восточной архитектуры присутствуют во многих сооружениях новой столицы, в особенности в зданиях общегосударственного и культурного значения. Голубые купола – древняя тюркская традиция, связанная с тенгрианским культом Неба. Здание Администрации Президента Республики Казахстан, здание дворца приемов Президента «Салтанат са-

райы» (рис. 5, а), Президентский культурный центр (рис. 5, б), здание Парламента увенчаны голубыми куполами. Левобережный административный центр также включает сооружения с куполами – Президентский дворец (рис. 3, б) и пятикупольное высотное здание Мажилиса Парламента. Один из главных символов столицы – пассажирский терминал международного аэро-

порта Астана считается визитной карточкой не только города, но всего государства, благодаря образу, сочетающему черты современной архитектуры и национальный колорит. Сооружение формируется основным объемом, в плане, име-

ющем вид крыльев символической птицы. В центре композиции возвышается центральный купол в виде голубой полусферы, сложная конструкция которой увенчана стеклянной крышей-шаныраком [1].

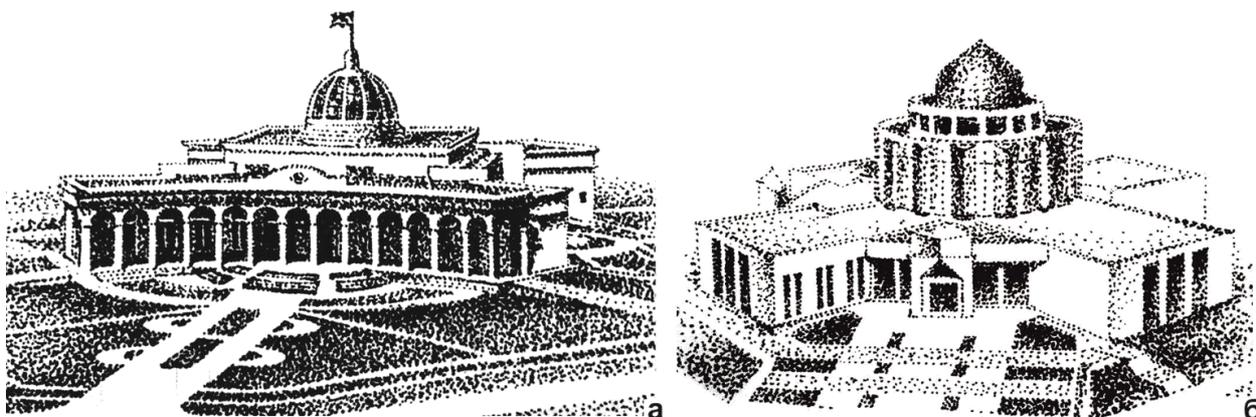


Рис. 5. Купольная архитектура Астаны: а – дворец приемов Президента «Салтанат сарайы»; б – здание Президентского культурного центра

Стрельчатые арки, порталы и другие традиционные элементы восточной и мусульманской архитектуры (Рис.4, в), используются и в современной казахстанской архитектуре. Восьмиконечная звезда – религиозный символ мусульманской культуры, а также символ древней авестийской традиции – восьми сторон света, представляющий собой два квадрата с общим центром, с гранями, развернутыми под углом 90 градусов (Рис.4, д). Данный символ часто использовался в мусульманской архитектуре и как принцип построения формы и как декоративный элемент. Форма знака послужила прототипом и для фонтанов, размещенных в западной части водно-зеленого бульвара нового административного центра, также форма звезды лежит в основе планировочного центра всей застройки этого центра; на площадке, выложенной в виде восьмиугольного орнамента, возвышается башня «Астана–Байтерек».

Традиционный казахский орнамент (рис.4, е) часто используется в архитектуре для украшения фасадов, интерьеров, в элементах благоустройства, праздничном убранстве города. Государственными цветами флага являются желтый и голубой, они же, как традиционные цвета казахской культуры часто используются в архитектуре и благоустройстве среды. Центральный проспект правобережной части города включает множество жилых и общественных зданий, выдержанных в желто-голубой гамме. Административные сооружения общегосударственного значения – размещаются в столице государства. Наличие таких сооружений, как здания Правительства, министерств, административно-управленческих образований государственного уровня определяет столичный ста-

тус города. В Астане эти сооружения грандиозны и значимы, они были запроектированы и возведены, как главные символы государства.

Исторические и географические особенности региона определяются расположением территории Акмолинской области в географическом центре Казахстана, близостью к границе с Российской Федерацией на пересечении древних торговых путей. Новая архитектурная среда столичного города создается по принципу развития современных архитектурных тенденций, но на основе традиционного наследия и исторически сложившихся особенностей региона. Архитектурный образ сооружений нового столичного города характеризуется влиянием особенностей, определивших саму суть генезиса новой столицы – традиции тюркского народа, сложившиеся на основе кочевой системы хозяйствования, культурные наслоения, возникавшие в результате историко-политических преобразований (связь с русской культурой, советский период), а также новые условия развития Казахстана. Вадим Россман пишет: «Новая архитектура смогла вписать кочевое прошлое казахов в контекст метанарратива глобализма и модернизации... символизм новой столицы и ее общий градостроительный план подчеркивали не только казахскую идентичность, но и акцентировали идеологию евразийства, единства русского и тюркского этносов и их общей культуры» [12, С. 189].

Столица, возникшая на основе провинциального города, должна своим образом отражать суть перспективных устремлений независимого государства – связь с традициями, древней культурой и прогрессивные основы развития в современных условиях. При этом, позиционирова-

ние Астаны, как города на границе Европы и Азии нашло отражение в закономерностях формирования в образе сооружений нового Административного центра. Семантика общей функциональной нагрузки и отдельных элементов архитектуры трех главных площадей центра отражает геополитические (Запад–Восток), историко–философские (прошлое–настоящее–будущее), культурно–социальные (традиции – современность) явления. На характере архитектурного образа данный факт отразился в виде устойчивых сочетаний заимствованных элементов (классицизма, традиционного тюркского зодчества и современных направлений), характеризующих эклектичный стиль. Общностью всех совмещенных подходов является выражение идеи государственности и представительности, характерное для архитектуры города–столицы государства. Характерно, что архитектура Астаны не избежала перенасыщения элементами, демонстрирующими эту представительность: обилие зеркальных поверхностей, золота, орнамента в отделке фасадов сооружений, применение нарочито гипертрофированного масштаба, сочетание экспрессивных объемов и классических форм. Несложно выявить преобладание формального подхода к формированию семантики архитектурной среды столицы: гармония композиции зачастую приносится в жертву символизму, он становится определяющим фактором, объясняющим сочетание несочетаемого. Результатом же тенденций синтеза и симбиоза стал своеобразный искусственно выработанный новый стиль, представленный образцами архитектурных сооружений, являющимися подражанием классической архитектуре в сочетании с элементами декора тюркской национальной культуры. Такие приемы характерны для главных правительственных сооружений нового административного центра. В результате наибольшей выразительностью отличаются сооружения, в которых четко прослеживается какой–либо основной стилистический подход.

С ходом жизни из архитектурной среды Астаны вытесняются явления и объекты, имеющие отношение к образу провинциального советского города: с территории старого центра выносятся представительства, министерства, оставляя центральную часть правобережья для деловых структур, торговых и развлекательных центров. Формируется сеть объездных дорог, позволяющая связать систему центров с важнейшими транспортными узлами. Сложилась и выработались основные направления роста города и его нового центра. Те принципы, которые были заложены в основе генерального плана развития города (линейный принцип планиров-

ки, метаболический каркас) на данный момент оправдывают характер столичной градостроительной структуры, достаточно гибкой и способной к развитию. Но при восприятии среды на объектном уровне ярче выявляются несоответствия масштабного строя, а также нарушения стилистического единства и отсутствия согласованности элементов многих архитектурных ансамблей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтынбеков Т. Международный аэропорт в Астане // Кумбез. 2001. № 3–4. С. 24–25.
2. Бабуров В. Астана: город будущего или новая утопия? // Проект Россия. 2003. №4. С. 16–20.
3. Досмагамбетов Б.Ф. Звезда Астаны на небосклоне мировых столиц в соответствии с градостроительными и архитектурными стандартами XXI века // Вестник. Зодчий. 21 век. 2011. № 4 (41). С.16–28.
4. Иванова О.А. Актуальные проблемы формирования архитектурно–планировочной среды новых столиц // Сборник материалов II Международной научно–практической конференции молодых ученых, г. Таганрог, М.: Издательство Спутник+, 2011, С. 10–15.
5. Косицкий Я.В. Архитектурно–планировочное развитие городов. М.: Архитектура–С, 2005. 648 с..
6. Лаптев В. Как развивается процесс реализации генерального плана новой столицы // Кумбез. 2001. № 3–4. С.4.
7. Лаптев В., Бережная Е., Кимасов А. Астана. Юбилейный альбом. Астана: Астана Даму 21, 2002. 224 с.;
8. Линч К. Образ города / Пер. с англ. В.Л. Глазычева; Сост. А.В. Иконников; под ред. А.В. Иконникова. М.: Стройиздат, 1982. 328с.;
9. Мойзер Ф. Кишо Курокава: Мегалополис XXI века никогда не остановится в росте // Проект Россия. 2003. №4. С. 21–24;
10. Назарбаев Н.А. В сердце Евразии. Алматы: Атамура, 2005. 192 с.;
11. Нос И. Расцветет «Байтерек» // Казахская правда. –2003. 27 марта. С. 1.
12. Россман В. Столицы: их многообразие, закономерности развития и перемещения. М.: Изд-во Института Гайдара, 2013. 336 с.
13. Филз А. Столицы, основанные демократиями. // Проект Россия. 2003. №4 С. 9–15.
14. Чиканаев А., Тоскин В. Эволюция планировочной структуры и застройки города Астаны // Кумбез. 2001. № 3–4. С. 14–17.
15. Генеральный план города Астаны [электронный ресурс].<http://astana.gov.kz>

Ivanova O.A.**FEATURES OF FORMATION OF ARCHITECTURAL IMAGE ASTANA – KAZAKHSTAN'S NEW CAPITAL**

The article deals with issues related to the formation of a unique architectural image of the city – the capital of the state, as one of the most important aspects of the nation's self-determination, its symbol. Features and regularities of the formation and development of the architectural environment of the capital city are revealed by the example of Astana – the new capital of Kazakhstan. The article also identifies the historical, social, political, cultural and ethnic factors and conditions underlying the originality and uniqueness of the architectural and planning environment of Astana; analyzes the characteristics of the construction of three-dimensional structure and planning of the new capital. Describes the characteristic elements of the architectural environment of Astana, associated with the semantics of the capital status of the city and showing the vector of the strategic national development.

Key words: *the capital city, structure of planning organization, architectural and spatial environment, architectural image of city, new capital city.*

Иванова Ольга Александровна, старший преподаватель.

Тюменский Индустриальный Университет, кафедра архитектуры и дизайна

Адрес: Россия, 625001, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38.

E-mail: ivanova_olga_72@mail.ru

DOI: 10.12737/23806

*Горожанкин В.К., ст. преподаватель
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ

vk.goro@yandex.ru

Онтология ордера удерживает антропоморфный смысл архитектуры в структурах словесных описаний, математических символов и графических начертаний. Технологическое мышление разделяет натуральную форму на составные части в ходе проектного моделирования, которые тиражируются известными способами изготовления. Функционализм моделирует бытовые, производственные и культурные процессы по технологическим схемам, различая их операции и этапы по продуктивной завершённости. Технология моделирует человека как лишённое самосознания сырьё, которое преобразуется в процессе, либо как внешнего наблюдателя состава и формы протекающих в здании технологических процессов. В этом обнаруживается дополнительность формализма и функционализма: двух половин архитектурного мышления, ориентированного на технологию. Мышление модерниста разделено потому, что для организации движения и процесса необходимы средства для работы с функцией, а для наглядного выражения функции необходимы другие средства - графического построения художественной формы. Идеи Гинзбурга о «гигиене целевого восприятия» очень близки идеям «рационалистической эстетики» Н. Ладовского что объясняется общим «технологическим» принципом происхождения этих концепций. Различия между доктринами предметно-практические: закладывая основы формальной композиции, лидеры АСНОВА исходили из задач формирования типологии изобразительно-выразительных средств архитектуры, отвлекаясь при этом от задач социального конструирования.

Ключевые слова: онтологическая модель архитектурного ордера, функциональное моделирование архитектурного типа, онтологии функциональной теории восприятия.

1. Ордер – широко известная **модель архитектурной формы** – проявляется в системе «искусственных» предметов. Не будучи (единственной) постройкой, ордер существует как знание о соразмерности, которая связывает антаблемент, колонны и пьедестал в тектоническое единство; также, наглядно-образные знаки ордерных форм предстают образцам пластики деталей стоечно-балочной конструкции (рис. 1). Пропорциональная связь пластических образов собирает разнопредметные сведения в модель архитектурно-знаковых форм ордера [5]. Знаковое содержание «языка ордера» представлено в тексте Витрувия антропоморфными мифами: для конструирования «юношеских» пропорций дорического ордера образцом был принят тосканский ордер, воспроизводящий пропорции мужского тела. В контексте мифа, ордер предстал организованностью антропоморфного эталона, шифруемого в теле постройки, и закрепляет в онтологии формы структуру архитектурного смысла. Онтология ордера удерживает антропоморфный смысл архитектуры в структурах словесных описаний, математических символов и иконических знаков [1].

2. Функционально-технологическая модель архитектурной формы. Сущность технологического мышления состоит в том, что проектировщик путём моделирования разделяет натуральную форму образца на составные части,

которые могут быть тиражированы с помощью уже известных способов изготовления [7, 39–44].

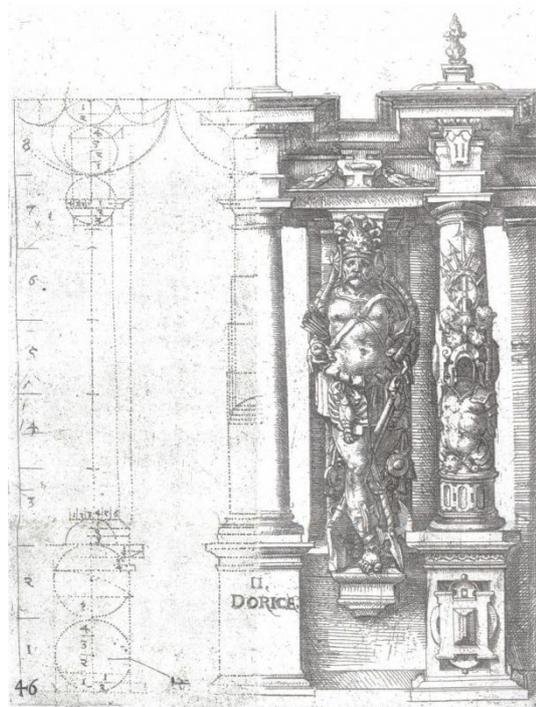


Рис 1. Дорический ордер в геометрическом начертании и с антропоморфными аллюзиями на гравюре 1598 г. (из книги Вендела Диттерлина, Нюрнберг)

Поставив задачу создания нового типа объектов – «социальных конденсаторов новой жизни», функционализм применил технологическую процедуру к архитектурному формообразованию. В формуле Гинзбурга «архитектура – функция эпохи» – аргументом определены процессы социальной жизни архитектурных произведений [10]. Функционализм моделирует не только производственные, но и бытовые, и культурные процессы по технологическим схемам, отдельные элементы которого (акты, операции, этапы) видны в силу их продуктивной завершенности [8].

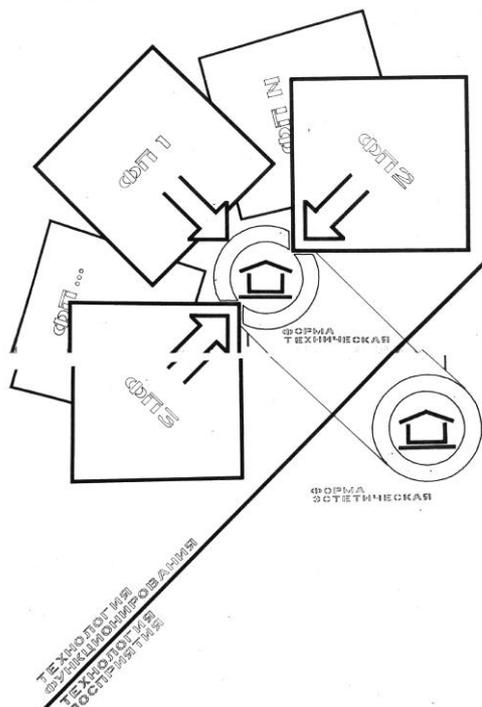


Рис. 2. Разделение технологий функционирования и восприятия привело к разделению технической и эстетической форм

Технология моделирует человека как функционера – материального носителя процесса, либо как сырьё, которое качественно преобразуется в процессе. В языке технологического проектирования, выраженного в функциональных схемах, схемах организационных структур, схемах зонирования и потоков, человек лишён индивидуального сознания. Однако, индивидуальные отличия и личностные качества человека не могут быть устранены из действительности искусства. В качестве компенсации «бездуховной» идеологии технологических принципов профессиональное мышление разделило процессы функционирования и процессы восприятия. – Архитектурно-художественное содержание как бы изымается у участника технологического процесса и передаётся созерцателю, находящемуся вне процесса и пассивно его наблюдающему (рис. 2).

В технологическом представлении человека как материала процесса, говорить об его архитектурной содержательности – бессмысленно; и, в этом случае, содержание процесса и его частей – нуждается в выражении (для зрителя, занимающего внешнюю позицию). Таким планом выражения является пространственная форма, воспринимаемая созерцательно, именно статически. На фотографиях харьковского Госпрома видна 3-х частная структура блоков государственной промышленности, связанных прозрачными переходами, сквозь которые видно движение клерков, переносящих бумаги из одного министерства в другое – своего рода, образная метафора «машин» управления промышленностью (рис. 3), [6].



Рис. 3. Позы застывших в работе дворников олицетворяют движение переходов шестого этажа (фотография Госпрома довоенного периода)

Таким образом, обнаруживается взаимно дополнительность формализма и функционализма: двух половин архитектурного мышления, ориентированного на технологию. Мышление модерниста разделено потому, что для организации движения и процесса необходимы средства для работы с функцией, а для наглядного выражения функции необходимы другие средства - графического построения художественной формы. Характерно высказывание А. Аалто: «Функционализм оправдан лишь в том случае, если он охватывает и сферу психологии. Это единственный путь гуманизации архитектуры» [2, 34].

3. Онтология архитектурного типа. Предельная цель функционализма – обеспечить полноту функциональных услуг в минимальном пространстве. Человек существует в этом пространстве точно автомобиль на конвейере. В функционализме человек представляет собой некое нейтральное существо, которое как бы ничего не имеет внутри себя, перемещается из одной ситуации в другую и каждый раз попадает под влияние новой функции, заданной системой другого класса: системой обслуживания, системой трудовых отношений и пр.

Связями, определяющими архитектурный тип, являются пространственная форма образца и способ её социального использования. В моделируемой форме конкретного образца всегда устанавливается её взаимосвязь с фазой социальной технологии, то есть физическое пространство рассматривается как вместилище определённых групп процессов, выделяя «главные» для технологии данного «типа». Выбор этих главных процессов происходит при выявлении доминирующих продуктивных связей (выявление «целевых процессов»). Отсюда – особое значение «целевой установки» в архи-

тектуре, которая очерчивает круг актуальных технологий [4].

Технологический процесс может дробиться на элементы и операции, точно также может дробиться пространство проектируемого объекта – от крупных блоков морфологии – например, помещение, к более мелким – «зона», «место».

Задача основной процедуры технологического проектирования – «разобрать» синкрет полифункционального пространства на отдельные элементы; единичные «место» и «зона» получают свой процессуальный эквивалент в элементарной единице технологии, а такая склейка «пространство – процесс» называется функцией (рис. 4).

«Функциональная процедура» позволяет осуществить переход от типа к функциональной схеме и обратно; позволяет учитывать модификацию технологического процесса в формах его пространственного выражения (в количественных параметрах пространственной формы). При дроблении процесса на фазы их связывают траектории движения материала из одного состояния в другое. Сами связи не являются преобразованием «сырья», они суть временные и пространственные характеристики процесса. На функциональной схеме эти связи изображаются стрелками, а в реальном мышлении проектировщика они образуют особую функцию движения: транспорта, пешехода, артерии коммуникаций. Движение - связь между зонами, Афинская Хартия выделяет в самостоятельную функцию города, которой отводит специальное пространство – городские магистрали. Город трактуется Афинской Хартией как совокупность нескольких, более или менее, определённых функций, каждая из которых получала автономное пространство (рис.5), [9, 371].

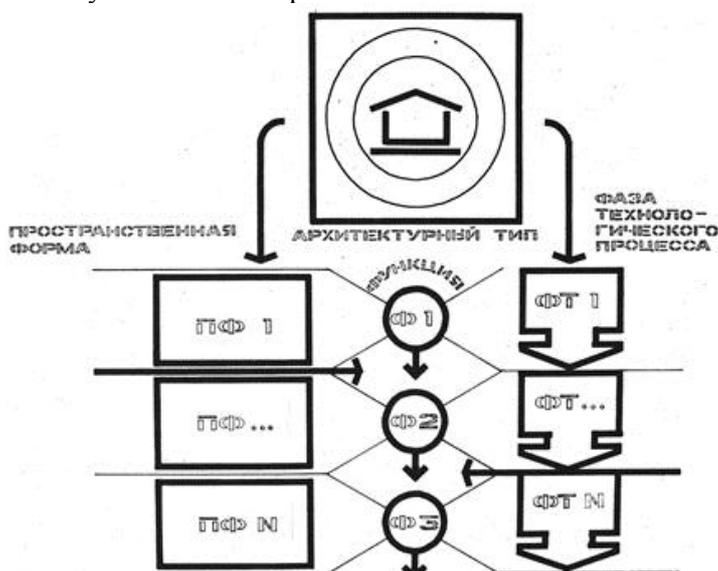


Рис. 4. Схема функционального моделирования архитектурного типа

«Функционально-технологическая процедура» берёт процессы человеческой жизнедеятельности в их продуктивных взаимосвязях и рассматривает пространство как форму локализации того или иного фрагмента технологии.

Внепродуктивные процессы – перемещение материала из одной ситуации в другую, – берутся только с точки зрения пространственных параметров – «потoki».

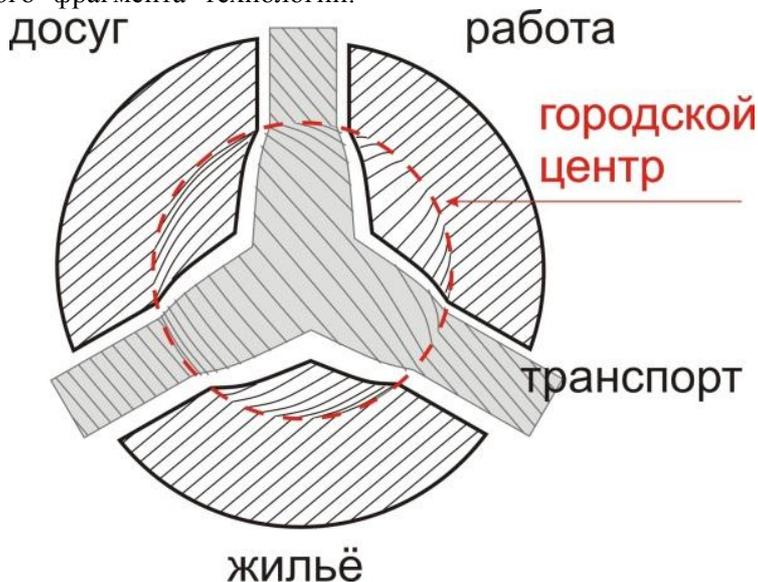


Рис. 5. Функциональный город в определении Афинской Хартии

4. Онтологии функциональной теории восприятия. Восприятие представлялась функционалистами как технология «целевого восприятия» функциональных содержаний, как процесс распознавания и декодирования образа [4]. Идеи Гинзбурга о «гигиене целевого восприятия» очень близки идеям «рационалистической эстетики» Н. Ладовского, что объясняется общим «технологическим» принципом происхождения этих концепций [10], [11]. Различия между доктринами не методологические, а предметно-практические: закладывая основы формальной композиции, лидеры АСНОВА исходили из задач формирования типологии изобразительно-выразительных средств архитектуры, отвлекаясь при этом от задач социального конструирования.

Движение в архитектурном пространстве здесь предполагается, но не рассматривается. Исследования О. Шуази, К. Доксиадиса, Е. Беляевой развивают положения функциональной теории восприятия, учитывающего физическое перемещение зрителя в пространстве. С учётом конфигурации (траектории) этого движения, его скорости, ракурса (угла обзора) и пр.

Восприятие архитектурного пространства – это не только движение человека в нём, но и движение пространственной формы относительно зрителя. «Зрительские кадры» пробегают перед ним как кадры киносанса, в которых можно увидеть только то, что показал архитектор. Маршрут, траектория здесь существует как одна из форм человеческого движения – пре-

одоления расстояния в пространстве. Человек на этом маршруте – машина, перерабатывающая информацию в эмоцию. Суммы эмоций – продукты технологии восприятия, а пространственные формы – маркёры эмоций. Архитектурное творчество в этом варианте сценирования – тоже машина, оптимизирующая выбор эталона пространственной формы в каждой точке оптимально заданного маршрута [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Architektur Theorie. Koln: Taschen GmbH, 2006. 575 s.
2. Аалто. М.: Директ-Медиа, 2016. 72с.
3. Горожанкин В.К. Сценарий монтажа в композициях модернизма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016 № 1. С. 13–17.
4. Из истории советской эстетической мысли, 1917 – 1932: Сб. материалов. М.: Искусство, 1980. 455 с.
5. Михайловский И.Б. Теория классических архитектурных форм. М.: Издательство академии архитектуры СССР, 1944. 270 с.
6. Николенко Т., Горожанкин В. Предвосхищение будущего. Дом Госпромышленности в Харькове. // Архитектура СССР. 1984 №3. С 100–105.
7. Розин В.М. Понятие и современные концепции техники. М.: Институт философии РАН, 2006. 256 с.
8. Сазонов Б.В. Методологические и социально-теоретические проблемы проектирования

систем общественного обслуживания населения. дисс канд. философии, М.: МГУ, 1978. 180 с.

9. Фремптон К. Современная архитектура. Критический взгляд на историю развития. М.: Стройиздат, 1985. 535 с.

10. Хан-Магомедов С.О. М.Я. Гинзбург М.: Стройиздат, 1972. 182с.

11. Хан-Магомедов С.О. Николай Ладовский (Пионеры Советской архитектуры). М.: Знание, 1984. 64 с.

Gorzhankin V.K.

ONTOLOGICAL MODEL OF ARCHITECTURAL FORM

The ontology of the warrant holds the anthropomorphic sense of architecture in the structures of verbal descriptions, mathematical symbols and graphic styles. Technological thinking separates natural form into its component parts during the design simulations that replicated the known methods of manufacture. The functionalist models of domestic, industrial and cultural processes according to technological schemes, distinguishing their operations and productive stages of completion. Technology models a person as devoid of the consciousness of the raw materials that are transformed in the process, either as an external observer, composition and shape occurring in the building processes. Here we find a complementarity formalism and functionalism: the two halves of architectural thinking based on the technology. The thinking of the modernist split because, to move and process the necessary funds to function, and visual expressions functions need to have other means of graphical representation of the art form. Ginzburg's ideas about "hygiene target of perception" is very close to the ideas of "rational aesthetics", N. Ladovskiy due to the common technological principle of the origin of these concepts. The differences between doctrines subject practical-laying the foundations of formal composition, the leaders of ASNOVA based on the objectives of the formation of a typology of expressive means of architecture, being distracted from the task of social construction.

Key words: *ontological model of architectural order, functional modeling of an architectural type, ontologies and functional theories of perception.*

Горожанкин Валентин Константинович, старший преподаватель кафедры архитектуры и градостроительства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: vk.goro@yandex.ru

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИЙ ОТДЫХА И ТУРИЗМА В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Krushelnitskaya1@rambler.ru

В работе проводится изучение и оценка туристско-инфраструктурного потенциала территории Белгородской области. Приводятся результаты оценки туристско-инфраструктурного потенциала территории муниципальных районов области, которые позволяют выявить территории области наиболее перспективные для развития сферы отдыха и туризма и определить их функциональную направленность.

Ключевые слова: территории отдыха и туризма, объекты отдыха и туризма, туристско-рекреационная инфраструктура, комплексный туристско-рекреационный потенциал.

Введение. Отдых и туризм являются неотъемлемыми сферами человеческой жизнедеятельности и предоставляют населению возможности восстановления здоровья, а так же ознакомления с природой и культурой посещаемого региона. В настоящее время на территории Российской Федерации у значительной части населения имеется потребность в получении качественных услуг сферы отдыха и туризма на региональном и местном уровне. Вопросы развития рекреационных и туристических территорий в регионах России обсуждаются в различных областях науки, на различных уровнях власти и включены в программы стратегического развития территории страны и регионов. В настоящее время многие российские регионы в рамках долгосрочных стратегий развития территорий рассматривают отдых и туризм как одно из перспективных направлений [5,7]. В принятой Федеральной целевой программе "Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011 - 2018 годы)", туризм рассматривается как одно из важнейших направлений, влияющих на рост экономики [1]. Согласно стратегии социально-экономического развития Белгородской области до 2025 года развитие туристско-рекреационной отрасли является одной из приоритетных задач [2]. Все это говорит об актуальности вопросов, касающихся развития рекреационных и туристических территорий в регионах.

Основная часть. Рассмотрим планировочную структуру территорий отдыха и туризма Белгородской области на уровне системы расселения. К настоящему моменту времени сформировавшаяся на территории Белгородской области планировочная структура территорий и объектов отдыха и туризма носит дисперсный характер. Распределение объектов отдыха и туризма

по территории Белгородской области неравномерно, что обусловлено региональными особенностями территории, так как отдых и туризм во многом являются ресурсориентированными отраслями [3]. Туристско-рекреационный потенциал территории находится в прямой взаимосвязи с природным, историко-культурным и транспортным каркасом территории. При этом исторически природный каркас оказывал решающее влияние на формирование системы расселения и транспортной инфраструктуры региона. Основными особенностями природного каркаса Белгородской области, оказавшими значительное влияние на формирование территорий отдыха и туризма, в частности, являются: неравномерное распределение по территории природных рекреационных ресурсов, а также высокая степень овражно-балочной расчленённости ландшафта. Некоторые из этих особенностей, такие как овражно-балочная расчлененность ландшафта, с одной стороны могут выступать как факторы лимитирующие развитие территорий отдыха и туризма, а с другой стороны являются чертами регионального своеобразия и могут быть привлекательны для туристов и рекреантов (в особенности это касается характерных для Белгородской области овражно-балочных ландшафтов с выходами меловых пород на поверхность, которые имеют выразительные пейзажные характеристики) (рис.1).

В сложившейся структуре территорий отдыха и туризма Белгородской области можно выделить компактные и линейные зоны сосредоточения объектов отдыха и туризма. Компактные зоны, как правило, представляют собой ареалы скопления объектов туризма и рекреации, совпадающие с историческими центрами расселения, имеющими высокий историко-культурный потенциал и одновременно являю-

щиеся центрами рекреационного спроса и зонами наилучшей транспортной доступности. Исторические центры расселения области как правило, представлены малыми городами и сельскими поселениями, (исключение составляют крупные и большие города: Белгород, Старый Оскол, Губкин). Их можно рассматривать, как потенциально формирующиеся опорные центры отдыха и туризма различного значения [6]. Данные потенциальные центры отдыха и туризма могут формироваться как полицентричные либо моноцентричные структуры. Что же касается планировочной структуры самих центров, то большая часть малых городов имеет «в своей основе принципы компактного планировочного развития территории» (Короча, Грайворон, Алексеевка и др.) [4], встречаются так же города

и поселения, тяготеющие к линейной планировочной структуре (г. Строитель). Объекты туристического интереса и туристического обслуживания в центрах расселения области, как правило, так же располагаются дисперсно, при этом в большинстве случаев они тяготеют к исторической центральной части городов и поселений. Структура расположения зеленых зон центров (включающих, в том числе и ландшафтно-рекреационные зоны), во многих случаях является периферийно-линейной, дисперсно фоновой, дисперсной или носит характер формирующегося водно-зеленого диаметра. Линейные зоны включают в себя объекты отдыха и туризма, сформировавшиеся вдоль береговых линий рек и/или основных транспортных магистралей.

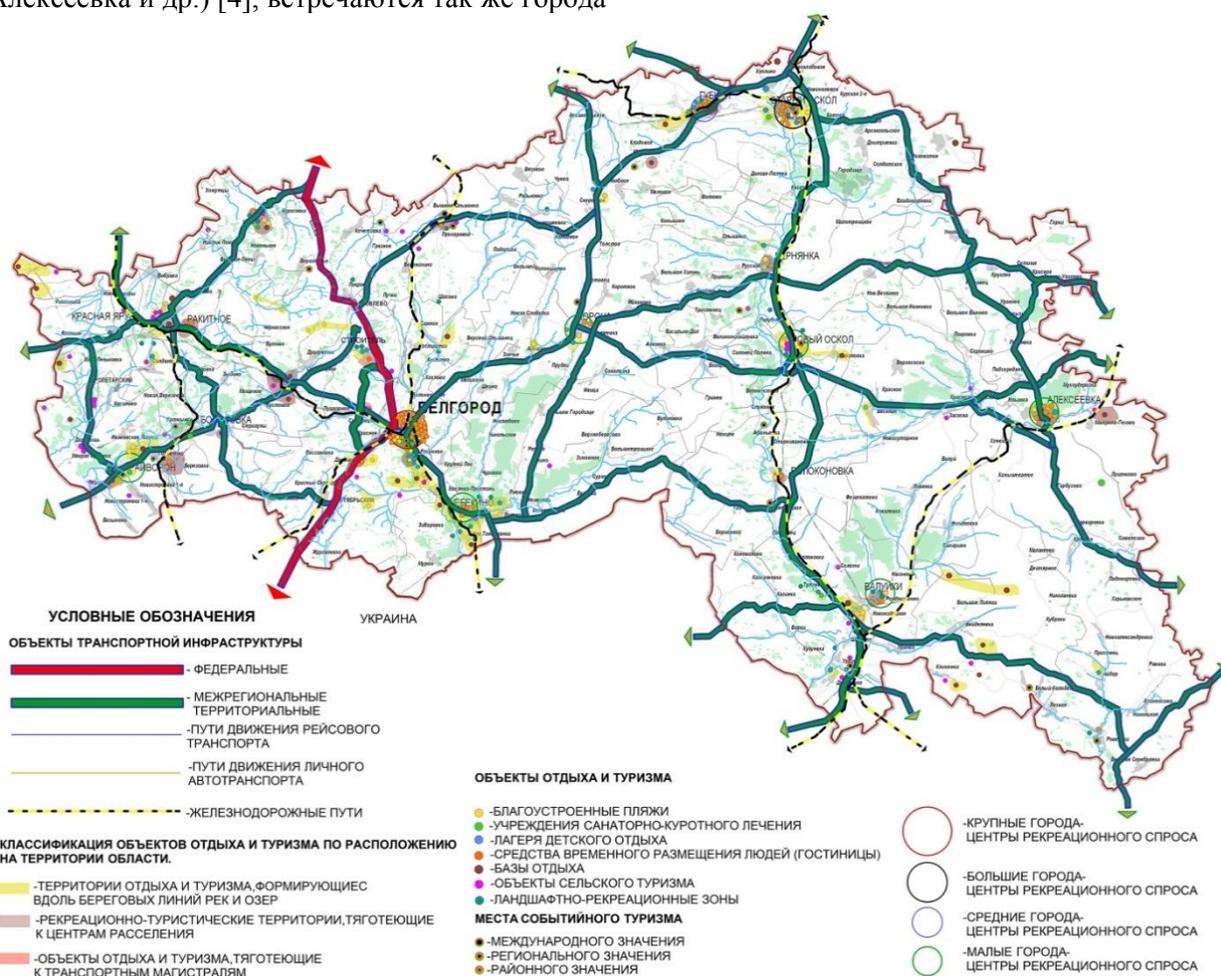


Рис. 1. Система туристско-рекреационных территорий Белгородской области.

Сост. Ладик Е.И.

В исследовании был проведен анализ современного состояния инфраструктуры отдыха и туризма в муниципальных районах Белгородской области. В ходе анализа выявлено: в целом по области наилучшая обеспеченность туристско-рекреационной инфраструктурой наблюдается в районах, центрами которых являются крупные города (г. Белгород-Белгородский рай-

он) и районах к ним примыкающим (г. Шебекино-Шебекинский район), а так же транспортные узлы регионального значения (г. Валуйки - Валуйский район). Развитие туристической инфраструктуры в этих случаях происходит в основном за счет развития сети объектов временного размещения (гостиниц, отелей, хостелов, природо-рожной рекреации) зачастую приуроченных к

транзитному туризму (в случае с транспортными узлами) и бизнес-туризму (в случае с крупными городами), что не влияет на улучшения качества отдыха местного населения. Следует отметить, что в настоящее время в муниципальных районах, имеющих высокий природно-ресурсный и историко-культурный потенциал, центрами которых являются малые города и

сельские поселения, наблюдается развитие территорий отдыха и туризма, в частности территорий сельского туризма. Среди таких муниципальных районов на сегодняшний день наиболее развитой туристско-рекреационной инфраструктурой обладают Грайворонский и Шебекинский районы (рис. 2).

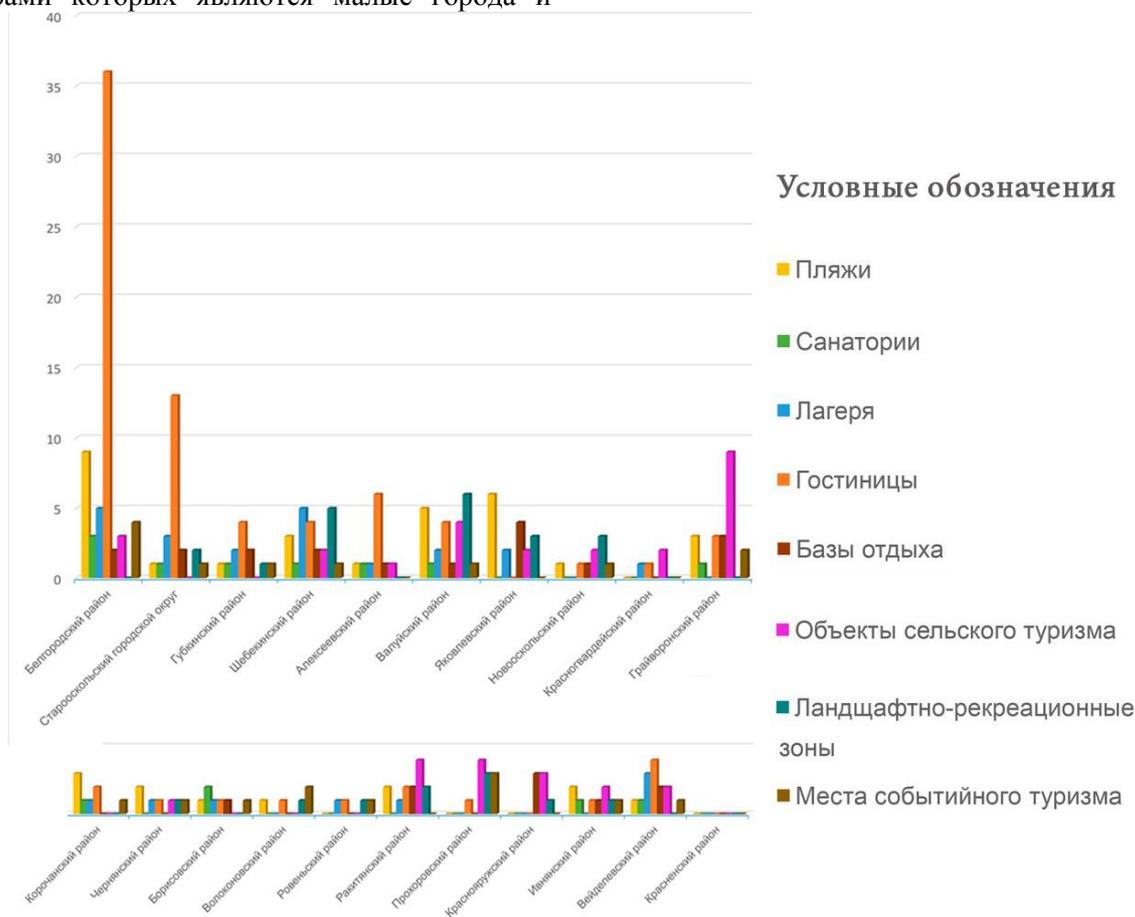


Рис. 2. Сравнительный анализ объектов отдыха и туризма в муниципальных районах Белгородской области по состоянию на 2016 г. Сост. Ладик Е.И.

Что касается функциональной специализации территорий отдыха и туризма в Белгородской области, на диаграмме видно (рис.3), что наибольшую долю в системе туристско-рекреационных территорий области занимают объекты временного размещения туристов, за ними следуют объекты сельского туризма и пляжные территории рекреационного туризма (включая городские пляжи). Наименьшую долю в структуре территорий отдыха и туризма области занимают территории лечебной рекреации. На развитие туристско-рекреационных территорий того или иного функционального назначения в большей степени оказали влияние природно-экологический каркас, историко-культурный потенциал и социально демографический фактор.

Следующим этапом исследования является интегральная оценка туристско-рекреационного

потенциала муниципальных районов Белгородской области, которая характеризует современное состояние инфраструктуры территории отдыха и туризма (см. табл.1). Вычисление интегрального показателя потенциала территории основано на вычислении восьми групп показателей: пляжи, санатории, лагеря, гостиницы, базы отдыха, объекты сельского туризма, ландшафтно-рекреационные зоны, места событийного туризма. Все показатели являются относительными и рассчитываются в процентном соотношении. Расчет интегрального показателя основан на методе сравнительного анализа. По каждому показателю в разрезе муниципальных образований находится максимальное (или минимальное, в зависимости от сути показателя) значение, и ему присваивается индекс, равный единице. В зависимости от того, какое значение принимает показатель по остальным муници-

пальным образованиям, данному муниципальному образованию присваивается соответствующий индекс [8]. Индекс рассчитывается по формуле (1) для показателей, описывающих позитивные процессы (чем выше показатель, тем выше общий уровень устойчивого развития территории),

$$I_{ij} = \frac{m_{ij}^{\phi}}{m_{ij}^{max}} \quad (1)$$

Затем рассчитывается суммарный индекс по формуле (2):

$$I_i = \sum I_{ij}, \quad (2)$$

где I_i – суммарный индекс по группе i , I_{ij} – индекс показателя j в группе i (рис.4).

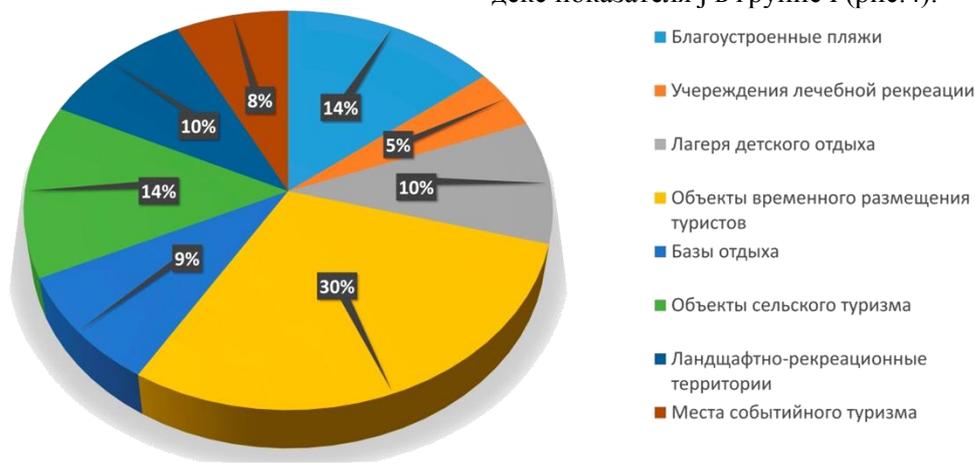


Рис. 3. Баланс территорий отдыха и туризма различного функционального назначения в Белгородской области

Таблица 1

Интегральная оценка туристско-инфраструктурного потенциала территорий муниципальных районов Белгородской области

Муниципальный район	Пляжи	Санатории	Лагеря	Гостиницы	Базы отдыха	Объекты сельского туризма	Ландшафтно-рекреационные зоны	Места событийного туризма	Общий потенциал
Алексеевский	0.11	0.33	0.20	0.16	0.25	0.11	0	0	1.16
Белгородский	1	1	1	1	0.50	0.33	0	1	5.83
Борисовский	0.11	0.66	0.20	0.02	0.25	0	0	0.25	2.93
Валуйский	0.55	0.33	0.40	0.11	0.25	0.44	1	0.25	3.33
Вейделевский	0.11	0.33	0.60	0.11	0.50	0.22	0	0.25	2.12
Волоконовский	0.11	0	0	0.02	0	0	0.16	0.50	0.79
Грайворонский	0.33	0.33	0	0.08	0.75	1	0	0.50	2.99
Губкинский	0.11	0.33	0.40	0.11	0.50	0	0.16	0.25	1.86
Ивнянский	0.22	0.33	0	0.02	0.25	0.22	0.16	0.25	1.45
Корочанский	0.33	0.33	0.20	0.05	0	0	0	0.25	1.16
Красненский	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Красногвардейский	0	0	0.20	0.02	0	0.22	0	0	0.44
Краснояружский	0	0	0	0	0.75	0.33	0.16	0	1.24
Новооскольский	0.11	0	0	0.02	0.25	0.22	0.50	0.25	1.35
Прохоровский	0	0	0	0.02	0	0.44	0.50	0.75	1.71
Ракитянский	0.22	0	0.20	0.05	0.50	0.44	0.16	0	1.57
Ровенской	0	0	0.20	0.02	0	0	0.16	0.25	0.63
Старооскольский	0.11	0.33	0.60	0.36	0.50	0	0.33	0.25	2.48
Чернянский	0.22	0	0.20	0.02	0	0.11	0.16	0.25	0.96
Шебекинский	0.33	0.33	1	0.11	0.50	0.22	0.83	0.25	3.57
Яковлевский	0.66	0	0.40	0	1	0.22	0.50	0	2.78

Градация по отдельным показателям

- 1) наилучшие: 1 - 0.8
- 2) высокоблагоприятные: 0.8 – 0.6
- 3) благоприятные: 0.6 – 0.4
- 4) умеренно благоприятные: 0.4 – 0.2
- 5) малоблагоприятные: 0.2 – 0

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Градация по суммарным показателям

- 1) наилучшие; 6.4 - 8
- 2) высокоблагоприятные; 4.8 – 6.4
- 3) благоприятные; 3.2 – 4.8
- 4) умеренно благоприятные; 1.6 - 3.2
- 5) малоблагоприятные. 0 - 1.6

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТДЫХА И ТУРИЗМА
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ



Рис. 4. Степень обеспеченность муниципальных районов Белгородской области объектами отдыха и туризма

Результаты интегральной оценки туристско-инфраструктурного потенциала территорий муниципальных районов Белгородской области отражены на схеме (рис.4.). Территории муниципальных районов, получившие наиболее высокую оценку туристско-рекреационной инфраструктуры имеют потенциал для развития опорных центров отдыха и туризма.

С целью развития территорий отдыха и туризма и определения их функциональной направленности на перспективу, была так же проведена комплексная интегральная оценка туристско-рекреационного потенциала территорий муниципальных районов Белгородской области, учитывающая ландшафтно-рекреационный потенциал, историко-культурный потенциал, транспортную доступность территорий, развитость существующей на сегодняшний день туристско-рекреационной инфраструктуры и факторы лимитирующие развитие территорий отдыха и туризма. В числе лимитирующих факторов рассматривались: сильная пораженность территории овражно-балочной эрозией, пораженность территории оползнями, количество антропогенно-нарушенных ландшафтов. Все виды нарушенных земель независимо от размера и происхож-

дения являются формами антропогенного рельефа [9]. Одним из самых распространенных типов нарушенных территорий в Белгородской области являются карьеры. Оценка проводилась в границах муниципальных районов Белгородской области, так как после определения потенциала и перспектив развития территорий отдыха и туризма это облегчит принятие управленческих решений по их развитию в административном отношении. В ходе оценки выявлено, что в целом наиболее перспективным для развития территорий отдыха и туризма является Белгородский район, он обладает наибольшим комплексным туристско-рекреационным потенциалом, за ним с примерно равными комплексными показателями следуют: Борисовский, Яковлевский, Шебекинский, Грайворонский, Староскольский. Корочанский, Новооскольский, Валуйский, Красногвардейский, Губкинский районы. Функциональную направленность развития территорий отдыха и туризма во многом определяют туристско-рекреационные ресурсы. Так, например, высокий историко культурный потенциал располагает к развитию познавательного, религиозного, событийного туризма (в зависимости от составляющих) (рис. 5).

Таблица 2

Комплексная интегральная оценка туристско-рекреационного потенциала территорий муниципальных районов Белгородской области

Муниципальный район	Природный потенциал	Историко-культурный	Инфраструктурный	Транспортный	Лимитирующие факторы	Комплексный туристско-рекреационный потенциал
Алексеевский	1.55	5.29	1.16	3.16	2.82	0.53
Белгородский	4.42	6.2	5.83	7	2.69	1
Борисовский	4.34	4.9	2.93	4	4.9	0.80
Валуйский	4.70	4.15	3.33	2.16	3.19	0.67
Вейделевский	1.55	2.49	2.12	1.16	2.77	0.38
Волоконовский	3.63	5.18	0.79	1.66	3.92	0.58
Грайворонский	3.07	5.07	2.99	4	4.39	0.74
Губкинский	3.44	3.59	1.86	2.66	4.54	0.61
Ивнянский	2.55	2.95	1.45	3.50	4.39	0.56
Корочанский	2.19	7.44	1.16	4	3.98	0.71
Красненский	1.79	2.32	0	1.66	4.75	0.40
Красногвардейский	3.87	5.55	0.44	2.66	4.22	0.64
Краснояржужский	3.03	1.5	1.24	5	3.94	0.56
Новооскольский	3.06	5.23	1.35	3.66	4.77	0.69
Прохоровский	2.27	2.7	1.71	5	3.08	0.56
Ракитянский	2.61	2.07	1.57	5	3.88	0.57
Ровеньской	3.34	2.44	0.63	1.16	3.75	0.43
Старооскольский	4.57	5.48	2.48	3.66	2.94	0.73
Чернянский	3.74	3.71	0.96	2.66	4.47	0.59
Шебекинский	4.04	4.78	3.57	5	2.48	0.76
Яковлевский	3.41	4.66	2.78	5	4.66	0.78

Градация по отдельным показателям

- 1) наилучшие: 1 - 0.8
- 2) высокоблагоприятные: 0.8 – 0.6
- 3) благоприятные: 0.6 – 0.4
- 4) умеренно благоприятные: 0.4 – 0.2
- 5) малоблагоприятные: 0.2 – 0

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Исходя из данных интегральной оценки видно, что Белгородский район наиболее перспективен для развития различных видов туризма (культурно-познавательного, рекреационного, транзитного, бизнес-туризма и др.), так как имеет наиболее высокие показатели потенциала по различным направлениям (табл. 2).

Можно так же выделить территории, имеющие максимальные качественно важные показатели по одному из направлений, обладающие

отдельными территориями либо объектами, имеющими высокую степень туристической привлекательности. В качестве примера такой территории можно привести Прохоровский район, который не имеет наиболее высокого по области комплексного туристско-рекреационного потенциала, но при этом обладает таким значительным объектом туристического интереса как Прохоровское ратное поле.

КОМПЛЕКСНЫЙ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИЙ
МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ



Рис. 5. Комплексный туристско-рекреационный потенциал районов Белгородской области. Сост. Ладик Е.И

Согласно комплексному анализу, развитие территорий отдыха и туризма в Белгородской области сдерживает ряд факторов:

1. *Природные факторы* - маловодность региона, заболачивание прибрежных территорий малых рек, сильная овражно-балочная расчлененность ландшафта, снижение площади зеленых массивов, наличие антропогенно-нарушенных территорий;

2. *Историко-культурные* - недостаточная изученность объектов культурного наследия области, плохое состояние объектов историко-культурного наследия (многие значимые объекты нуждаются в реставрации);

3. *Транспортно-инфраструктурные* - недостаточная обеспеченность доступности объектов туристического интереса рейсовым и общественным транспортом, несвязность транспортных путей, ведущих к объектам туристического интереса;

4. *Туристско-инфраструктурные факторы* - недостаточная развитость туристско-рекреационной инфраструктуры, плохое состояние объектов туристско-рекреационной инфраструктуры (многие объекты были построены в

советское время и нуждаются в реконструкции), низкие эстетические характеристики объектов, обслуживающих сферу отдыха и туризма, в то время как эстетическая привлекательность территории туристического назначения - один из основных мотивов при посещении ее туристами [10];

5. *Информационные факторы* - низкая информированность потенциальных туристов и отдыхающих об объектах и территориях туристической привлекательности.

Заключение. На сегодняшний день необходимо создание перспективной схемы развития структуры территорий отдыха и туризма Белгородской области. Поскольку основная часть объектов культурного наследия и наиболее развитая туристическая инфраструктура сосредоточена в центрах расселения, а так же вдоль значимых транспортных магистралей и рек необходимо формирование сетевой структуры территорий отдыха и туризма: на пересечении линейных компонентов структуры туристско-рекреационных территорий возникают опорные центры отдыха и туризма различных иерархических уровней. В качестве опорных

центров выступают центры отдыха и туризма, формирующиеся на территориях, имеющих наиболее высокий туристско-рекреационный потенциал. В зависимости от содержания туристско-рекреационного потенциала центры могут иметь различную функциональную направленность, например полифункциональные центры и центры отдыха и туризма с преобладающей функцией (центры туризма с ведущей функцией: познавательного, событийного, экологического, рекреационного и др. видов отдыха и туризма) и имеют различные иерархические уровни: федерального, регионального и местного значения. В качестве линейных элементов как правило, будут выступать транспортные коммуникации, а так же территории отдыха и туризма образованные вдоль основных магистралей и береговых линий рек.

Исходя из анализа природно-экологического, историко-культурного и транспортного каркаса территория Белгородской области имеет ряд региональных особенностей, которые с одной стороны могут являться лимитирующими развитие территорий отдыха и туризма, а с другой стороны при рациональной планировочной организации территорий отдыха и туризма могут выступать как черты регионального своеобразия и являться привлекательными для туристов и отдыхающих (овражно-балочный ландшафт, выработанные меловые, глиняные и песчаные карьеры). Комплексный анализ туристско-рекреационного потенциала территории Белгородской области говорит о том, что область располагает значительным потенциалом для развития территорий отдыха и туризма различной функциональной направленности, наиболее перспективными из которых являются культурно-познавательный, сельский и экологический туризм [11]. Развитие туристско-рекреационного потенциала будет способствовать созданию на территории Белгородской области ряда многопрофильных туристических комплексов современного уровня, формированию новых туристических центров местного, регионального, а в некоторых случаях и федерального уровня, созданию дополнительных рабочих мест и повышению качества жизни населения области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральная целевая программа "Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011 - 2018 годы)" от 02.08.2011 # 644.

2. Стратегия социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года, от 25.01.2010 #27-пп.

3. Крушельницкая Е.И. Особенности природного каркаса Белгородской области как основы для развития территорий отдыха и туризма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 4 С. 59–64.

4. Перькова М.В., Трибунцева К.М., Крушельницкая Е.И. «Особенности взаимосвязи социальных и пространственных факторов при формировании принципов градостроительного развития территорий» материалы региональной научно-технической конференции по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области, 25-26 февраля, 2016г.

5. Перькова М.В. Родяшина К.М. Стратегическое региональное планирование в РФ: основные пути развития и инструменты управления. // Вестник БГТУ им. Шухова. № 9.2016. С. 77–83.

6. Перькова М.В., Михина О.С. Особенности организации рекреационных зон вдоль малой реки на примере г. Новый Оскол/ Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития: сборник статей Международной научно-практической конференции (10 октября 2015 г., г. Челябинск). Уфа: АЭТЕРНА, 2015. С. 78-86.

7. Перькова М.В. Закономерности эволюционного развития Белгородской региональной системы расселения / Архитектура и строительство России, 2015 . Вып.11-12, С. 11–15

8. Сушенцева Н.В., Псарев В.И., Гончаров И.А. Вопросы территориального планирования // Учебно-методическое пособие. Новосибирск: Сибирское книжное издательство. 2011. 244 с.

9. Большаков А.Г., Градостроительная организация ландшафта как фактор устойчивого развития территории, диссертация док. арх. Иркутск, 2003. 424 с.

10. Дирин Д.А., Оценка пейзажно-эстетических ресурсов горных ландшафтов в целях оптимизации рекреационного природопользования: На примере Усть-Коксинского района Республики Алтай, диссертация канд. географических наук. Барнаул, 2006. 154с.

11. Крушельницкая Е.И., Перькова М.В. Становление и развитие архитектурно-планировочной организации туристско - рекреационных территорий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015.142с.

Ladik E.I.

**REGIONAL FEATURES OF FORMATION AND DEVELOPMENT PROSPECTS
OF THE PLANNING STRUCTURE OF RECREATION AND TOURISM AREAS
IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION ON AN EXAMPLE OF THE BELGOROD REGION**

The article examines regional features of formation of the planning structure of areas for recreation and tourism as an example of the Belgorod region. The article provides an assessment of infrastructural potential of territory. Present the results of a comprehensive assessment of the tourism and recreational potential of the territory of municipal districts, which reveals territory of the region the most promising for further development of tourism and recreation, and to determine their functional orientation.

Key words: *areas for recreation and tourism, objects for recreation and tourism, tourist and recreational infrastructure, the potential of the tourism infrastructure.*

Ладик Елена Игоревна, ассистент кафедры архитектуры и градостроительства
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.
E-mail: Krushelnitskaya1@rambler.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНО-УЗЛОВОЙ СТРУКТУРЫ РАССЕЛЕНИЯ*

perkova.margo@mail.ru

В статье затрагивается опыт линейно-узловой разработки территории западных стран, компоненты структуры, узлы опорного каркаса и их функции в организации территориальной планировки. Обосновывается значение регионального подхода к территориальному развитию. Рассматривается Белгородская область как линейно-узловая структура, выявляются потенциальные точки роста и узлы стагнации.

Ключевые слова: территориальное развитие, региональная система расселения, линейно-узловая структура, идентичность территории, транспортные магистрали.

Устойчивая тенденция современного территориального развития – усиливающаяся региональная диспропорция между развитием столицы и экспортно-ориентированных регионов с одной стороны, и преобладающей части субъектов Федерации с другой стороны [6]. Способы организации градостроительных систем любого иерархического уровня зависят от сложности процессов, протекающих в них, функционального назначения пространственных элементов (дифференцированных по степени неоднородности на устойчивые и мобильные) и вариантов (комбинаций) сочетания в различных пропорциональных соотношениях [5, 10]. Функционально-пространственное строение системы и степень ее устойчивости взаимосвязаны. Градостроительные системы претерпевают изменения состояния многократно благодаря непостоянству типологической принадлежности элементов и гарантировать установившееся однажды состояние (например, устойчивое) в неизменном виде практически невозможно. В то же время существуют реальные возможности воздействия на устойчивость посредством увеличения совокупности пространственных элементов – носителей устойчивых признаков. Формальными критериями приобретения (повышения) либо утраты системой устойчивости как следствия периодически повторяющихся фаз роста и структурной реорганизации системы (волнообразного развития и смены временных циклов) являются количественные изменения каркасных элементов [8]. Это характеризуется периодически-

стью фаз с переходами от более устойчивых к неустойчивым состояниям путем описывания процессов колебательного развития градостроительной системы, в котором пространственные элементы проявляют себя дифференцированно. Территория Белгородской области относится в средне урбанизированным и высоко урбанизированным территориям с высокой плотностью населения. Это негативно отражается на природном каркасе. На территории практически не осталось нетронутой деятельностью человека природной среды. Узлами Белгородской региональной системы расселения являются малые и средние города и другие сельские и городские поселения, ребрами – транспортные магистрали, связывающие сеть поселений. Узлом можно назвать также и пересечение транспортных потоков, однако не на каждом узле появляется тот или иной по величине населенный пункт. Из ребер и узлов формируется **линейно-узловая структура расселения**, под которой понимается совокупность городов, поселков городского типа (узлов), объединенных между собой устойчивыми социально-экономическими связями – транспортными магистралями (ребрами). При линейно-узловой системе расселения компоненты структуры формируются вдоль главной планировочной оси (вдоль рек, коммуникаций, транспортных артерий) (рис. 1). Узлы опорного каркаса выступают как центры инноваций, помогая хозяйству и населению окружающего района адаптироваться к изменяющимся условиям [11].

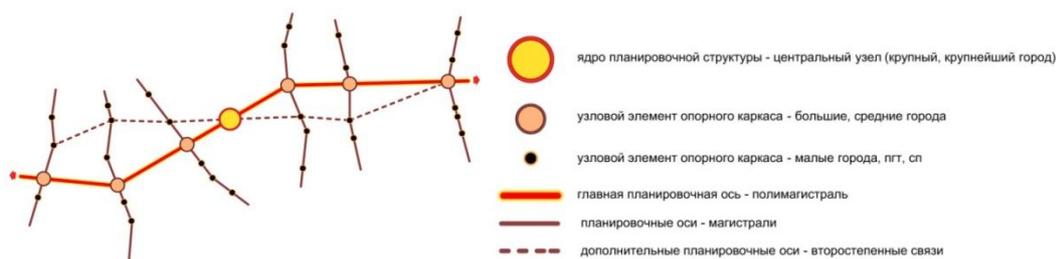


Рис. 1. Пространственная схема линейно-узловой системы расселения

Опыт линейно-узлового развития пришел в отечественное градостроительство из западных стран. Сетевые схемы территориального устройства государств появились в послевоенные годы в странах восточной Европы. С целью преодоления диспропорций в уровнях развития различных регионов, сетевой подход был призван обеспечить равномерный охват территории процессами урбанизации. Вдоль основных транспортных магистралей выделялись полосы преимущественной активизации экономического развития (Я. Хмелевский в Польше, 1947 г.). Узлами в этой сетевой структуре служили существующие городские агломерации с шагом осей 120–200 км. В образовавшихся ячейках сети размещались аграрные, лесные и рекреационно-туристические территории.

По мере нарастания индустриализации, все большую долю продукта стали производить в городах, и территориальная выраженность сельского хозяйства неуклонно сокращалась, его плотность (то есть величина продукции на единицу площади территории) быстро росла. На сегодняшний день доля городов в населении и хозяйстве превзошла половину. Более 50% населения страны живет вне зоны экономического роста – по оценке эксперта Института Системного Анализа РАН В.Н. Лексина, экономический рост сосредоточен всего в 140 точках из 1027 городов и поселков городского типа, а также примерно 152 тыс. сельских населенных пунктов [9]. Данный разрыв в развитии становится *основным социальным противоречием в стране, порождающим политические конфликты*. В Западной Европе это случилось в начале XX века, в США — примерно в 1920-х гг. К концу же XX века эта доля оказалась довольно близкой к ста процентам.

С известной долей условности узлы опорного каркаса можно разделить на две основные группы центров, различающиеся территориальным содержанием осуществляемых ими функций: центральные места и специализированные центры.

Центральные места обслуживают население и хозяйства окружающих районов. Располагаясь на разных иерархических ступенях, они возглавляют районы разного ранга. *Специализированные центры* концентрируют ведущие предприятия тех или иных отраслей промышленности, транспорта, учреждения науки, образования, рекреации. Они работают на всю страну (в то время как центральные функции замыкаются в пределах соответствующего района), устанавливая связи с центрами отраслевых систем. Их можно назвать отраслевыми столицами.

Линейные элементы опорного каркаса составляют магистрали и полимагистрали. *Магистрали* – пространственные связи того или иного вида транспорта (общего или специализированного), имеющие высокий технический уровень и большую пропускную способность. По ним концентрируются перевозки грузов и пассажиров, благодаря чему магистрали выполняют основную часть работы в межрайонном обмене. Усиление и замкнутость пространственных связей способствует экономическому сближению районов и центров, являясь способом экономического «сжатия» территории (она была составной частью программы развития России еще в плане ГОЭЛРО).

Полимагистрали возникают в результате следования общей трассой нескольких видов транспорта. Это приводит к еще большей (по сравнению с магистралями) концентрации связей на основных направлениях, образованию транспортных коридоров, что дает большие преимущества при строительстве транспортных систем и во время их эксплуатации (рис.2).

В России начала XX века почти весь культурный ландшафт вырос из контекста природного ландшафта, его формировала географическая зональность и сеть речных долин. Сейчас культурный ландшафт оторван от природного. Теперь он в большей степени «нанизан» на каркас линейно-узловой решетки крупных магистралей и городов. Все большую силу набирают агломерации, ядром которых выступают российские крупнейшие города (мегаполисы Москва, Красноярск, Краснодар, Казань, Ростов-на-Дону, Екатеринбург, Омск и т.д.).

Сегодня в России формируется примерно 20 крупных агломераций с численностью населения более 1,0 млн. человек и еще несколько "пороговых" агломераций. Также в некоторых регионах происходит формирования ряда локальных моно- и полицентрических агломераций. В настоящее время схемы территориального планирования, равно как и генеральные планы городов являются констатацией сложившейся ситуации по размещению объектов различного функционального назначения в пределах определенных территорий. Это в корне противоречит самой идее планирования. Необходим новый подход, заключающийся в законодательном закреплении идеи стратегического планирования на всех иерархических стадиях проектирования. Концепции функциональной организации пространственной среды должны разрабатываться с учетом сохранения идентичности территории. *Под идентичностью территории* автором подразумевается совокупность природных и историко-культурных свойств конкретной террито-

рии, отражающих уникальные элементы природного ландшафта, культурного ландшафта, объекты историко-культурного, архитектурного, градостроительного и археологического наследия, которые должны быть постоянны во времени (const), являясь факторами устойчивого развития территории. Напомним, что устойчивым является такое развитие территории, при котором структура территории и морфотипы использования ее элементарных ландшафтов способствуют разрешению конфликтов социального

воспроизводства, в том числе выполнению условий экологического равновесия, ее биогеосистемного разнообразия и сохранения культурного наследия [1, 2]. Проектная документация должна быть дополнена материалами, регулирующими очередность застройки - "схемами фазирования", пояснительными записками к графическим материалам с указанием основных девелоперов и инвесторов проектов.



Рис. 2. Структура линейно-узловой системы расселения на территории РФ

Посмотрим на схему территориального планирования, раскрывающую развитие транспортной инфраструктуры области (см. рис.3). Планируемая трасса скоростного пассажирского направления Москва – юг находится на значительном расстоянии от областного центра, не

предусматривается создание транспортного пересадочного узла с целью непосредственной связи с Белгородом (например, на направлениях 1Р 189-1Р 185). Чем это чревато через определенный отрезок времени?

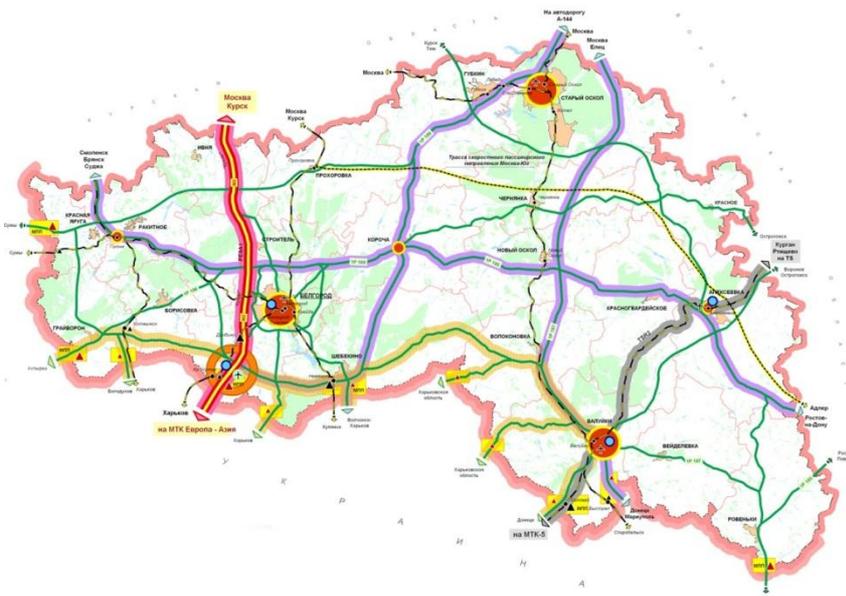


Рис. 3. Схема транспортного развития Белгородской области [7]

Очевидно, что при потере транзитной функции Белгорода как железнодорожного узла юго-восточной железнодорожной ветки в сло-

жившейся геополитической ситуации город стал тупиковой станцией. Изоляция города от основных транспортных потоков чревато как для раз-

вития экономики, так и для мобильности населения областного центра. Перспективу развития как транзитного населенного пункта на железнодорожной ветке имеют ПГТ Чернянка и г. Алексеевка, до нынешнего дня имеющая достаточно плохо развитые связи как непосредственно в муниципальном районе между сельскими

поселениями и районным центром, так и с областным центром (большой интервал пригородных автобусов, отсутствие скоростного транспорта, слабо развитый общественный транспорт в Алексеевском муниципальном образовании) (рис.4).

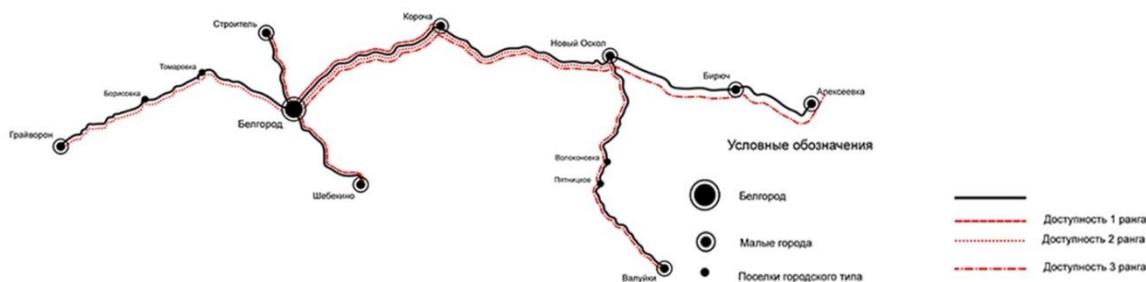


Рис. 4. Доступность областного центра малыми городами Белгородской области

При развитии транспортного каркаса согласно схемам территориального планирования, железнодорожная ветка пересечет с северо-востока на юго-запад всю территорию Алексеевского муниципального района. Вероятно, это положительно скажется как на экономическом развитии рассматриваемой территории, так и пространственных связях поселений района и, как следствие, мобильности населения. Их связи с другими областями и населенными пунктами.

Короча и Новый Оскол имеют потенциал для развития как узлы структуры, имеющие наибольшее количество ребер – 5 и 4, связывая меридиональные и широтные направления движения транспорта на территории области и образуя тем самым практически равновеликие ячейки с 30 на 50 км. Было бы актуально формирование полимагистралей по пути движения планируемой для строительства железнодорожной ветки с целью концентрации связей на основном направлении образованию транспортного коридора. Полимагистраль могла бы включать: железнодорожный транспорт, скоростной рельсовый общественный транспорт регионального значения, автомобильную скоростную дорогу. Это позволило бы укрепить широтную региональную связь между городскими и сельскими населенными пунктами, обеспечивая максимальную мобильность населения.

Рассматривая Белгородскую область как линейно-узловую структуру, необходимо отметить, что в региональной системе расселения существуют узлы (населенные пункты), имеющие высокий потенциал развития (рис. 5, 6). Изучая пространственные взаимосвязи узлов Белгородской региональной системы расселения, мы видим, что малый город Короча имеет

равное количество связей (ребер) с областным центром – крупным городом Белгородом.

Местоположение Корочи как ядра, связывающего узловые населенные пункты области между собой, обуславливает перспективы его развития в обозримом будущем. Расстояния от центральной площади города Корочи до центральной площади Белгорода 55 километров, Губкина - 68 (еще плюс 20 километров до Старого Оскола), Шебекино – 57 километров, Новый Оскол – 53, Чернянка – 50. При средней скорости движения 70 км/час до любого из этих населенных пунктов можно доехать за 45–55 минут.

Следовательно, стратегически город находится на пересечении большинства крупных областных магистралей, однако по факту является лишь "коридором". Почему так сложилось исторически, почему в советское время (когда и произошел скачкообразный рост населения всех городов) здесь не сформировалось градообразующее производство сказать сложно. В постсоветское время из-за удобного расположения города местное население перебралось в более крупные населенные пункты области. Однако если смотреть в перспективу, то Короча может стать одним из значимых областных центров. Необходимо развитию градообразующих предприятий областного и федерального значения и масштабное социально-культурное развитие города как туристического, торгового и культурного центра. Двухядерная региональная система расселения привела к тому, что в Белгородской области исторически, психологически и уже ментально сложилось так, что Белгород и Старый Оскол – два полюса, которые очень удалены друг от друга (и территориально, и социально). Жители Старого Оскола тяготеют к Воро-

нежу как центральному ядру больше, нежели Белгороду. В свою очередь, жители Белгорода до недавнего времени были связаны социально-экономическим и культурными связями с Харьковом и лишь изменение геополитической ситуации стало разрушать эти связи. Следовательно, как такового нет ядра региональной системы расселения, которое было бы центром притяжения всех городов Белгородской области. Формирование интеграционной площадки, расположенной в центре территории региональной системы расселения, позволит направить векторы

как двух крупных городов Белгорода и Старого Оскола навстречу друг другу, так и других центральных мест муниципальных районов, которые равномерно удалены по территории от Корочи. Сложившаяся геополитическая ситуация с Украиной, тупиковое положение Белгорода как железнодорожного узла, необходимость развитие железнодорожной связи с югом страны и его центральное местоположение в региональной системе расселения могут быть факторами роста малого города Корочи.



Рис. 5. Линейно-узловая схема Белгородской региональной системы расселения

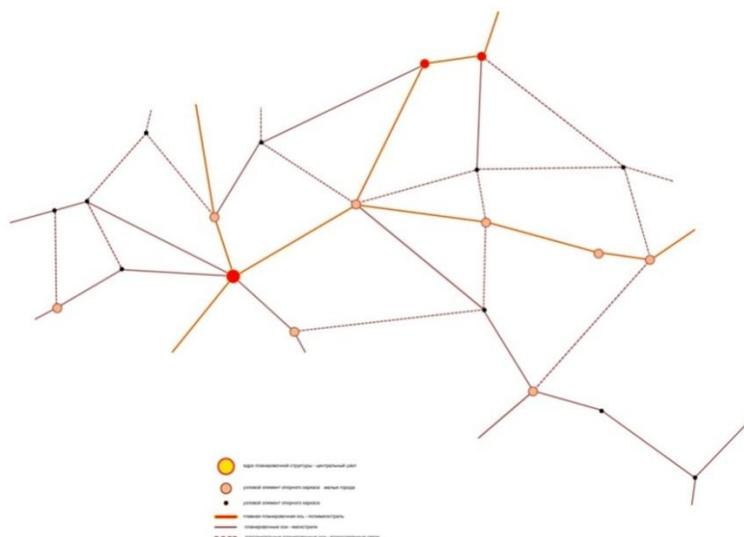


Рис. 6. Модель линейно-узловой структуры Белгородской региональной системы расселения

В свою очередь Ровеньки и Вейделевка являются узлами разомкнутой сети юго-западной части области, вследствие чего ограничены в развитии. Необходимо усиление транспортного каркаса Ровеньского и Вейделевского муниципальных районов с целью увеличения потенциа-

ла для развития устойчивой связи как с узлами региональной системы расселения, так и прилегающих областей.

Российский и мировой опыт показывает, что социально-экономические программы в наибольшей степени реализуемы только при

условии соблюдения соотнесенности экономических факторов, социальных аспектов и территориально-пространственных ресурсов и их потенциала развития [1]. Территориальное планирование должно включать стратегическое на всех уровнях разработки проектной документации. В условиях средне и высоко урбанизированной среды региональной системы расселения развитие территорий должно осуществляться путем изменения структуры (повышения уровня замкнутости транспортной сети, ее уплотнения и оптимизации), а не освоения новых территорий, так как вопрос устойчивости природного каркаса Белгородской области является очень острым. Хозяйственно-экономическая деятельность на территории Белгородской области привела к значительным, по ряду факторов – необратимым, изменениям природой среды. Территории, оказавшиеся в зоне прямого влияния промышленных и селитебных комплексов, испытывают антропогенную нагрузку высокого уровня интенсивности практически по всем компонентам. В связи с этим необходима разработка рекомендаций, направленных на разрешение конфликта интересов транспортной и природной подсистем путем развития ребер, связывающих удаленные населенный пункты как с центральными узлами, так и между собой и в то же время снижение нагрузки от транспортной структуры на природный каркас путем усиления существующей структуры и формирования экологических коридоров, способствующих его сохранению.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Гранта РФФИ 14-41-08040.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большаков А.Г. Экологические основы градостроительства. Иркутск, 1991.

2. Большаков А.Г. Экологические основы планировки Байкальского региона // В сб.: Природопользование в бассейне озера Байкал // Материалы V научного совещания по прикладной географии. 1988. С. 139-150.

3. Есаулов Г.В., Лежава И.Г., Любовный В.Я., Юсин Г.С., Ломакина Д.Ю.. Градостроительная доктрина Российской Федерации (проект), РААСН. М.: Экон-информ, 2014. 25 с.

4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 31.12.2014) // Российская газета. 2004. № 290.

5. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. М., 1984.

6. Любовный В.Я. Влияние изменений условий развития России на градостроительство// Электронный доступ <http://www.gisa.ru/107049.html> 13:25:19 08.12 2014/

7. Отчет о научно-исследовательской работе на разработку «Схемы территориального планирования Белгородской области» от 25 мая 2006 г.

8. Перькова М.В. Закономерности эволюционного развития Белгородской региональной системы расселения / Архитектура и строительство России. 2015 . Вып.11-12. С. 11–15.

9. Перькова М.В. Ревитализация промышленного прибрежного района в современный исторический центр в г. Гетеборг, Швеция // Междун. научн-практ. конф. «Научные технологии и инновации (XXII научные чтения). Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 157-162.

10. Щедровицкий П. Государственная политика регионального развития в РФ: проблемы и перспективы//Формула развития. Сб. статей: М.: Архитектура-С, 2005 г. Электронный доступ: <http://www.archipelag.ru/agenda/>

11. Panfilov A. The Cluster Model of Development of the City - MATEC WebConf. 73 06008 (2016). DOI: 10.1051/matecconf/20167306008.

Perkova M.V.

THE FORMATION OF THE LINEAR-NODAL STRUCTURE SETTLEMENT

The article touches upon the experience of the linear-nodal development of the territory of western countries, the components of the structure, the nodes of the reference base and their functions in organization of territorial planning. Substantiated the importance of a regional approach to territorial development. Belgorod oblast is considered as linear-nodal structure, identify potential growth points and nodes of stagnation.

Key words: territorial development, regional settlement system, arc-node structure, the identity of the territory, highways.

Перькова Маргарита Викторовна, кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства.

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

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

E-mail: architektura_bgty@mail.ru

DOI: 10.12737/24128

*Альфажр Мохамад Абдул Карим, аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ЗАПАДНЫХ РАЗРАБОТОК

frolov_pgs@mail.ru

Объект исследования – крепь вертикального ствола шахты. В процессе работы проведено исследование тюбинговой и бетонной крепи. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния крепи по измеренным напряжениям в тюбингах. Определены величины давлений на крепь в наиболее характерных интервалах по глубине. Дан прогноз ее конструктивной безопасности. Установлено, что крепь обладает необходимым уровнем эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: шахтный ствол, комбинированная крепь, бетон, тюбинг, оперативный контроль, деформометр, напряжение, деформация, нагрузка на крепь.

Вопросы создания новых, ранее неизвестных человеку материалов с новыми свойствами весьма интересная тема для совершенствования строительных процессов. Тут можно на основе последних химических разработок и большого опыта, предположить разработку и внедрение нового материала, с более повышенными техническими свойствами. К примеру, новый материал «фуллерен» (названный в честь известного американского архитектора - конструктора сетчатых куполов Б. Фуллера), представляющий неизвестную ранее форму углерода с атомами, расположенными в узлах пространственной решетки сферы. Считается, что фуллерен с молекулами, расположенными внутри материала [1], с различными компонентами, может иметь новые уникальные свойства.

Довольно перспективным и экономически целесообразным направлением по изготовлению современных конструкций и материалов может стать переход на более совершенный технологический уровень получения материалов из природных компонентов. К примеру, производство строительных волокон и тканей только из растений с определенными свойствами, усиленными генетическим путем [2] (получение каучука только из растений с каучуком и усиленным выделением соков); целенаправленное создание древесины особого вида, с ускоренным ростом; изготовление утеплителей из шерсти, хлопка, соломы, древесных опилок. Такими же способами можно получать различные строительные краски, лаки, смазочные материалы (на основе спирта). Сегодня перспективным направлением является получение растительного сырья расщепляемых полимеров. К примеру, в Малайзии из пальмового масла изготавливают полиол, который является основой для производства полиуретана.

Так, уже существуют различные виды пластмасс, поддающихся в почве биохимическому разложению (как правило, это соединения с добавлением целлюлозы или крахмала, на нефтяной основе). На основе рисовой шелухи синтезируют кремниевую кислоту, углерод, окислы кремния. Это материалы, которые позволяют получить очень чистый кремний для сверхпроводящей керамики или микросхем. Тончайшие волокна из широко распространенного базальта позволяют получить прочные и несгораемые нити, техническую вату, ткани, теплоизоляцию [4].

К недавним инновационным разработкам, сегодня уже широко применяемым в России, относится систем усиления конструкций на основе фиброармированного полимерного композита. Такие материалы хорошо зарекомендовали себя в случаях, когда несущая способность конструкций недостаточна и требуется произвести усиление без утяжеления и значительного увеличения ее толщины. В систему композитных материалов входят материалы на основе углеродного, арамидного и базальтового стекловолокна [3].

Усовершенствованные современные технологии открывают нам не только новые возможности, но и новые направления в реставрации. Нестандартные условия проведения работ по реконструкции и реставрации исторических зданий с сохранением фасада и крыши, усиленных рамными связями жесткости, вызывают необходимость применения двух специфических конструкций: системы опалубки «Coffog», разработки французских специалистов, остающейся в строительной конструкции и картонной опалубки для колонн и балок (рис.1, рис. 2).

Опалубка «eFree», разработка Южной Кореи, используется при строительстве многоэтажных жилых и общественных зданий, индивидуальных жилых домов, автопарковок, торго-

вых центров, спортивных сооружений, столбчатых фундаментов, при комплексной реконструкции, а так же в мостостроении.

Одноразового использования, картонно-полимерная опалубка «eFree», широко применяется для объектов с небольшим количеством колонн либо для компаний, которые нечасто занимаются отливкой колонн и не нуждаются в опалубке с большим ресурсом. Многоцветная картонно-полимерная опалубка «eFree plus» значительно удобнее для транспортировки и хранения, по сравнению с аналогами других производителей: полукруглые элементы этой опалубки складываются друг в друга, занимая на порядок меньше места, чем универсальные картонные модули (рис.2).

Фасад здания, классифицированного как исторический памятник, нельзя усилить с помощью традиционных методов укрепления конструкций, так как это может повлечь повреждение стен и архитектурного декора вследствие разрушения из-за напряжения бетона. Поэтому, в последние годы в России начали использовать при реконструкции исторических зданий системы легких несъемных опалубок «Coffor». Эта опалубка адаптирована к ограничениям строительной площадки и методам консервации существующего фасада, она выбирается архитекторами из-за отсутствия давления бетона и легкость монтажа.



Рис. 1. Система несъемной опалубки «Coffor»

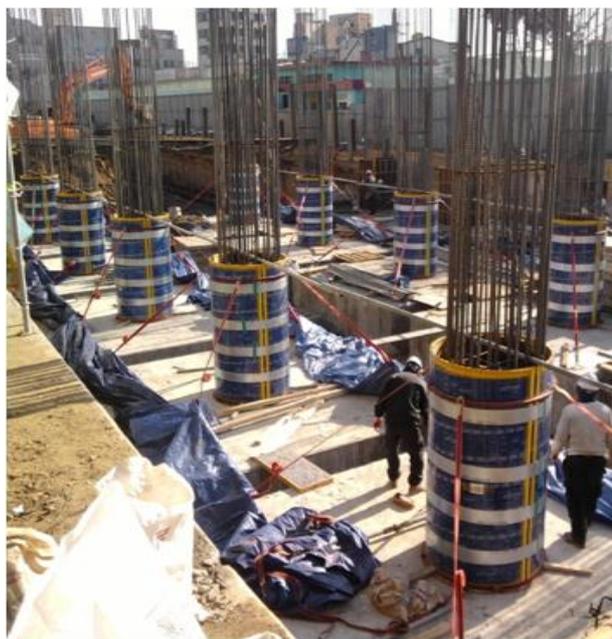


Рис. 2. Картонная опалубка для колонн и балок

Такая опалубка, остающаяся в строительной конструкции (несъемная опалубка), состоит из двух фильтрационных решеток, выполненных из цельнорешетчатого оцинкованного металла и усиленных вертикальными элементами жесткости. Наличие решеток способствует удалению из бетона воздуха и излишней влаги путем самотека с открытой стороны, благодаря чему существенно уменьшается давление на старые стены.

Моделирование нагрузок на новые пояса жесткости должно протекать плавно. Современная реконструкция с учетом всех равномерно распределенных нагрузок на фундаменты, где необходимо присутствие снеговой, ветровой и дополнительных нагрузок с учетом коэффициента запаса, должна соответствовать высоким эксплуатационным показателям.

На сегодня, в России самыми востребованными стали технологии и строительные материалы, связанные с энергосбережением, использованием вторичного сырья и техногенных отходов. Основой развития инновационной деятельности в области реконструкции стали: использование новой техники и технологических процессов обеспечения производства; внедрение продукции с новыми свойствами; использование нового сырья; изменения в организации производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. С.-Петербург. БХВ. 2013. С. 204.

2. Вестник // «Зодчий. 21 век» - информационно-аналитический журнал, С-Пб. февраль, 2009.С. 91.

3. Заграевский С.В. Культурно-историческая среда российских городов. Способы ее сохранения // Территория и планирование. 2011. № 2(32). С.4–13.

4. Копылова Н.С., Корзун Н.Л. Реставрация памятников архитектуры в Иркутске (на примере доходного дома по улице Фридриха Энгельса, бывшей Жандармской)// Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 1 (6). С. 111–125.

5. Кочерженко В.В., Лебедев В.М. Технология реконструкции зданий и сооружений. М.:Изд-во: АСВ.2007. С. 198.

6. Соболев Н.А., Дегтярева О.Г. Проблемы реставрации и реконструкции памятников архи-

тектуры // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. 2016. С. 879-880.

7. СП 13-102-2003. "Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений" (принят постановлением Госстроя РФ от 21 августа 2003 г. N 153).

8. СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

9. СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений».

10. Ernest Wichner (Hg.). Begründet von Heinz Ludwig Arnold/ Versuchte Rekonstruktion - Die Securitate und Oskar Pastior. 2012, 140 pręmania.

Alfajr Mohamad Abdul Karim

PERSPECTIVE DIRECTIONS IN THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC METHODS OF RECONSTRUCTION BASED ON WESTERN DEVELOPMENTS

Principles of implementation of modern designs and technologies are required to control the shape the development of construction processes to change the structure of the complex reconstruction of organizations as a whole. Relevant methods are to restore the carrying capacity of historic structures and the use of light-weight multi-material construction.

Key words: *reconstruction, modern technologies, methods, recovery, constructions, materials.*

Альфажр Мохамад Абдул Карим, аспирант кафедры архитектуры и градостроительства.

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

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

E-mail: alfajrm85@gmail.com

DOI: 10.12737/23805

Буток О.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ПЯТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ БЕЛГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ*

manun6105@gmail.com

В исследование проанализирована обеспеченность объектами в сфере образования на территории пяти муниципальных районов, входящих в Белгородскую агломерацию. Изучены данные по семи категориям объектов образования, проведен сравнительный анализ и рассчитана обеспеченность школами и детскими садами на территории Белгородского, Шебекинского, Корочанского, Яковлевского, Борисовского районов.

Ключевые слова: агломерация, социальная инфраструктура, образовательные учреждения, муниципальный район

Введение. Социальная инфраструктура является важнейшей частью в формировании комфортной среды жизнедеятельности населения. Своевременное развитие социальной инфраструктуры агломерационной территории позволяет избежать маятниковых социальных миграций населения, социальных конфликтов на периферийных зонах и многих других проблем [4, 7]. Каждая агломерация требует особого подхода к решению проблем, свойственных конкретной территории, в том числе и социальных. Однако недостаточная обеспеченность школами и детскими садами является одной из наиболее актуальных проблем, присущих всей территории России. Пути ее решения необходимо основывать на исследованиях каждого территориально-образовательного образования. Повышение уровня социальной инфраструктуры и прилегающих общественных пространств позволяет повысить качество среды жизнедеятельности населенных пунктов.

Основная часть. В исследовании рассматривается существующая ситуация по обеспеченности городов и сельских поселений, входящих в Белгородскую агломерацию, образовательными учреждениями: детскими дошкольными учреждениями и средними общеобразовательными школами. Белгородская агломерация на сегодняшний день находится в стадии формирования. К ядру агломерации – крупному городу Белгороду, тяготеют Яковлевский, Борисовский, Корочанский, Шебекинский, Белгородский районы.

В расчетах социальной обеспеченности в границах территории вышеназванных районов было исследовано местоположение образовательных учреждений:

- 1) детские дошкольные учреждения;
- 2) начальные общеобразовательные школы;
- 3) средние общеобразовательные школы;
- 4) основные общеобразовательные школы;

- 5) начальные профессиональные образовательные учреждения;

- 6) средние профессиональные образовательные учреждения;

- 7) высшие образовательные учреждения.

Для определения обеспеченности использованы региональные нормативы градостроительного проектирования города Белгорода (100 мест в детских садах и 110 мест в школах на 1 тыс. жителей) [1].

Для расчета социальной обеспеченности принимаем данные о численности населения по муниципальным образованиям на 1 января 2016 года. Сводные данные для расчета приведены в табл. 1.

Анализ существующей ситуации проводился для 5 районов Белгородской области, относящихся к агломерации: Белгородский район, Шебекинский район, Корочанский район, Яковлевский район и Борисовский район. На карте Белгородской агломерации определено местоположение объектов из расчета одна точка – один объект (рис. 1, 2).

В результате графоаналитического исследования мы видим концентрации точек, характеризующие насыщенность территории учреждениями образования. На основании сводных данных был рассчитан процент обеспеченности территории образовательными учреждениями (рис. 5, 6).

В результате исследования выявлено, что наилучшая обеспеченность на сегодняшний день в Борисовском районе. Количество действующих школ, позволяет обеспечить местами всех школьников и создает благоприятные условия для привлечения молодых, демографически перспективных специалистов. Немного уступают по показателям Яковлевский, Корочанский и Шебекинские районы. Конкретнее по микрорайонам в г. Строитель социальная инфраструктура

рассмотрена в исследовании [6]. Обеспеченность по средним образовательным учреждениям высокая (101,5 %, 93,4 %, 88,4 % соответ-

ственно), однако действующие детские дошкольные учреждения обеспечивают менее 50 % от необходимого количества мест.

Таблица 1.

Процентная обеспеченность учреждениями социальной инфраструктуры городских населенных пунктов Белгородской агломерации.

№	Населенный пункт	Кол-во школ	Обеспеченность %	Кол-во детских садов	Обеспеченность %
Белгородский район					
1	Белгород	44	90.9	61	34.7
2	Дубовое	1	68.0	1	20.4
3	Таврово	1	87.7	1	42.4
4	Разумное	3	81.7	5	65.8
5	Северный	2	73.5	2	44.5
6	Майский	1	69.9	1	21.3
7	Новосадовый	1	84.0	1	40.8
8	Стрелецкое	1	90.9	1	27.8
Шебекинский район					
9	Шебекино	6	98.7	7	35.0
10	Новая Таволжанка	1	85.8	1	41.7
11	Маслова Пристань	1	78.1	2	76.9
12	Вознесеновка	1	90.9	1	29.9
Яковлевский район					
13	Строитель	3	90.6	7	64.2
14	Томаровка	2	112.3	1	27.0
Корочанский район					
15	Короча	1	82.6	1	33.3
16	Бехтеевка	1	104.2	1	50.5
Борисовский район					
17	Борисовка	4	133.3	2	32.2
18	Стригуны	1	172.4	1	84.0



Рис. 1. Пространственное размещение дошкольных образовательных учреждений и начальных школ на территории Белгородской агломерации. Сост. Буток О.В., Перькова М.В.



Рис. 2. Пространственное размещение общеобразовательных и средних основных школ на территории Белгородской агломерации. Сост. Буток О.В., Перькова М.В.



Рис. 3. Пространственное размещение учреждений СПО и ВО на территории Белгородской агломерации. Сост. Буток О.В., Перькова М.В.



Рис. 4. Пространственное размещение учреждений дополнительного образования. Сост. Буток О.В., Перькова М.В.

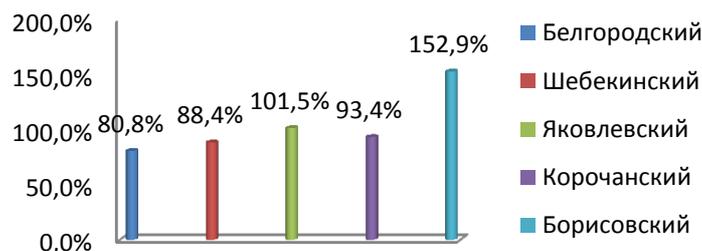


Рис. 5. Процентная обеспеченность территории Белгородской агломерации средними общеобразовательными школами. Сост. Буток О.В.

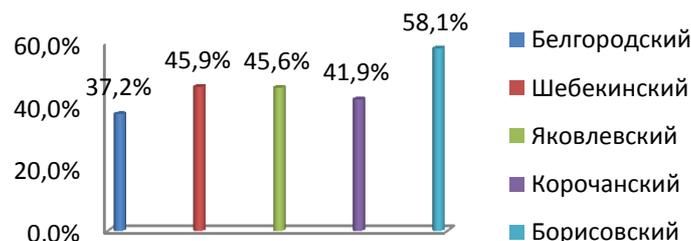


Рис. 6. Процентная обеспеченность территории Белгородской агломерации детскими дошкольными учреждениями. Сост. Буток О.В.

Самые низкие показатели зафиксированы на территории Белгородского района. Это обусловлено высокой плотностью населения в границах субурбии [3]. Формирование субурбии в пригородной зоне является характерной чертой областного центра [5]. Плотное кольцо малоэтажной жилой застройки, формирующееся в пригородной зоне, нуждается в развитии общественных центров первичного обслуживания с радиусом пешеходной доступности. На сегодняшний день из-за отсутствия социального

благоустройства около трети проживающего в пригородах населения не зарегистрированы по месту жительства, создавая административные сложности и несоответствия при планировании и расчете потребности населения в учреждениях социальной сферы. В результате нехватки соц. учреждений возникают неконтролируемые социальные миграционные потоки и действующие детские дошкольные и общеобразовательные учреждения не справляются в постоянно возрастающей нагрузкой.



Рис. 7. Схема расположения субурбии в системе Белгородской агломерации с выявленными основными направлениями маятниковой миграции. Сост. Буток О.В.

Выводы

В результате анализа элементов социальной инфраструктуры выявлено, что формирующиеся микрорайоны индивидуальной жилой застройки субурбии недостаточно обеспечены общеобразовательными и дошкольными учреждениями. Возникновение неконтролируемых социальных маятниковых миграционных потоков может вызвать дополнительную нагрузку на транспортную инфраструктуру. Следовательно, для создания комфортной среды жизнедеятельности, уменьшения нагрузки на городские социальные службы, сокращения социальной маятниковой миграции и, как следствие, оттока населения из пригородных зон в ядро агломерации, необходимо планомерное увеличение общеобразовательных учреждений в среднем на 10–15 %, а детских дошкольных учреждений не менее чем на 40 % [10]. Объекты дополнительного образования концентрируются в ядре агломерации – г. Белгороде. Необходимо развитие социальной инфраструктуры на территории городских населенных пунктов Белгородской агломерации (Майский, Северный, строитель, Шебекино, Борисовка), обеспечивающих повышение качества среды жизнедеятельности путем формирования предложения на образовательные услуги разных видов, в том числе инновационного характера, что будет соответствовать разным видам потребителя [7, 9].

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта р_офи_м№14-41-08040.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении местных нормативов градостроительного проектирования городского округа «Город Белгород»: решение совета депутатов города Белгорода от 26 февраля 2015 г. № 201: принят советом депутатов города Белгорода 26 февраля 2015 г.
2. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*/Минрегион РФ. М., 2011.
3. Матвейшина М.Е. Развитие процесса субурбанизации на примере Белгородской агломерации // Вестник ИРГТУ. 2015. №6 (101). С. 98–107.
4. Доклад «О рекреационном развитии Белгородской агломерации до 2017 года» от 29.08.2013 г. начальника УАиГП Перцева В.В.
5. Прохорская Е.Г., Благовидова Н.Г. Роль опорных городов локальных систем расселения в структуре крупной агломерации (на примере юго-восточного направления Московской агломерации) // Наука, образование и экспериментальное проектирование: Материалы научно-практ. конф. М.: МАРХИ, 2011. С. 241–247.
6. Перькова М.В., Борзых Е.В. Оценка взаимосвязи социальных и пространственных факторов в планировке г. Строитель // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 134–139.
7. Перькова М.В. Социальная устойчивость как принцип развития территорий города / VII Международная научно-практическая конференция. Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: АЭТЕРНА, 2015. С. 95–100.

8. Перькова М.В., Буток О.В. Анализ обеспеченности образовательными учреждениями территории Белгородской агломерации // Междун. научн-практ. конф. «Наукоемкие технологии и инновации» (XXII научные чтения). Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 163–170.

9. Волнина С.А., Иванова О.А. К вопросу о взаимной интеграции дошкольных образовательных учреждений (архитектурный аспект) // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях

Западной Сибири Сборник материалов международной научно-практической конференции в трех томах. Тюмень: Изд-во ТюмГАСУ, 2014. С. 48-52.

10. Щепакин К.М., Жукова Н.В. Формирование образовательных кластеров региона // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2013 №1-3. Электронный допуск <http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obrazovatelnyh-klasterov-regiona>

Butok O.V.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SECURITY OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE FIVE METROPOLITAN REGIONS OF BELGOROD AGGLOMERATION

The study analyzed the security of objects in the field of education in the five municipal areas included in Belgorod agglomeration. Studied data on the seven categories of objects of education, comparative analysis and is designed to provide schools and kindergartens in the territory of Belgorod, Shebekino, Korochansky, Yakovlev, Borisov districts.

Key words: *agglomeration, social infrastructure, educational institutions, municipal district/*

Буток Ольга Владиславовна, магистрант.

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

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

E-mail: manun6105@gmail.com

DOI: 10.12737/24489

Браковенко М.В., ст. преп.

Белгородский государственный институт искусств и культуры

ДИЗАЙН СРЕДЫ БОКСОВ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ В ЭКЗОТАРИУМЕ БЕЛГОРОДСКОГО ЗООПАРКА НА ПРИМЕРЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РОСПИСЕЙ И ОФОРМЛЕНИЯ ИНТЕРЬЕРОВ

mariya204@mail.ru

В статье рассматривается проблема профессиональной подготовки специалистов в области дизайна среды способных рассматривать все виды среды, окружающей человека и животных, в их взаимосвязи - как единый смысловой и художественный комплекс, а также роль и смысл дизайнерской деятельности в формировании архитектурной среды городских объектов. В статье описано, как хоздоговорные работы дают возможность студентам следовать современным тенденциям в области дизайна, а преподавателям применять новые образовательные технологии в художественно-проектной деятельности.

Ключевые слова: дизайнер, среда, теория, практика, архитектура, специфика, студент, проект, работник, система, роспись стен, концепция, оформление, цветовое решение.

Решением основной задачи профессионального образования, является внедрение образовательных программ с учетом целевой подготовки по индивидуальным учебным планам, реализации сетевых форм обучения предполагающих обучение на рабочем месте предприятия. Сложившийся в нашей стране рынок труда диктует необходимость пересмотра традиционных подходов в системе профессионального образования. При приеме на работу работодателей интересует не столько формат теоретических знаний выпускников учебных заведений, сколько их готовность к осуществлению профессиональной деятельности.

Дуальное обучение представляет собой такую форму профессиональной подготовки специалистов, которая совмещает теоретическое обучение в образовательном учреждении и практическое - на площадках компаний и предприятий. Дуальная система профессионального образования, получила мировое признание, это наиболее распространенная и признанная форма подготовки кадров. Практико-ориентированное (дуальное) обучение представляет собой сетевую форму реализации, основанную на взаимодействии вуза и предприятий, обладающих ресурсами, необходимыми для осуществления обучения, проведения учебной и производственной практик по профилю специальности.

Белгородский государственный институт искусств и культуры является ведущим творческо-образовательным центром Белгородской области, внедряющим инновационные образовательные программы в области искусства и культуры. БГИИК единственный на сегодняшний день вуз социокультурной сферы, где образовательный процесс перестраивается по принципу дуального обучения. Пересмотр учебных планов

касается всех ступеней профессионального образования. С этой целью вузом был разработан и утверждён на заседании правительства области проект «Модернизация подготовки специалистов для сферы культуры и искусств на основе принципа дуального обучения». Его реализация позволит повысить качество профессиональной подготовки специалистов, выпускаемых вузом, и улучшить их практико-ориентированные компетенции.

БГИИК организует участие студентов в госбюджетных и хоздоговорных проектах, заключает с предприятием-заказчиком хозяйственные договора на разработку и реализацию дизайн проектов. Для выполнения хоздоговорных работ факультет дизайна и технологий формирует временные творческие коллективы. В состав таких коллективов включаются преподаватели вуза, студенты, а также работники сторонних организаций (в том числе предприятия-заказчика). Руководитель группы, назначенный руководством факультета, распределяет обязанности между членами коллектива. Он же организует всю работу, несет персональную ответственность за своевременное и качественное выполнение условий договора. Подобная модель предполагает организацию обучения по индивидуальному учебному плану и индивидуальному графику учебного процесса. Такой индивидуальный практико-ориентированный подход рассчитан на 20 % студентов от общего числа обучающихся.

Для хоздоговорной работы по оформлению интерьеров экзотариума эскизы были разработаны Управлением архитектуры и градостроительства Белгородской области, а воплотила их в реальность команда преподавателей и студентов БГИИК. Выполнение работы осуществля-

лось в течение двух месяцев в тесном сотрудничестве с архитекторами и строительной бригадой. Роспись стен шла одновременно со строительными-отделочными работами внутри помещений.

Изначально заказчиком была поставлена задача: комплексно оформить помещение экзотариума, при этом покрытие стен должно легко чиститься и выдерживать высокую влажность, а также предметы интерьера должны вписываться в декорации боксов, имитирующие среду обитания животных. Нужно было создать концепцию, в которой все существующие элементы интерьера были бы объединены общей идеей.

Разработанный проект для оформления интерьеров экзотариума Белгородского зоопарка включал в себя не только роспись стен, но и несколько декоративных панно из бамбука как элементов дизайна интерьеров. Основой для идеи дизайн-проекта стала тема тропического ландшафта. Визуально эту тему раскрывают образы джунглей, африканской саванны, болота Амазонки. Яркое цветовое решение должно отвечать колориту тропического леса южных широт.

Основные элементы оформления экзотариума: роспись по стенам, обрамленная бамбуковыми брусками; декоративные плоскости, покрытые рельефной штукатуркой; декорации из

дерева; обрамление бассейнов, выложенное природным камнем. Были расписаны и оформлены интерьеры экзотариума Белгородского зоопарка, включающих десять боксов: «Попугаи 1», «Попугаи 2», «Игрунки», «Питоны 1», «Питоны 2», «Игуаны», «Кайманы», «Приматы 1», «Приматы 2», «Ткачики».

Новый Белгородский зоопарк – это первый объект крупного мультипарка. В Сосновке зоокомплекс расположен на территории 25 га, что позволило улучшить условия проживания животных. Общее количество вольеров – 43 штуки. Вся территория комплекса делится на несколько географических зон – согласно естественным ареалам обитания животных: Дальний Восток, русский Север, Европу, Азию, Америку и Австралию. Отдельную территорию занимают вольеры для животных, проживающих в Белгородской области. Для водоплавающих птиц обустроено искусственное озеро объемом 15 тыс. куб. метров и экзотариум для приматов и земноводных. В день зоопарк посещают в среднем 2,5 тыс. человек. Для гостей территория зоопарка обустроена автомобильной и велосипедной парковкой, также есть сувенирный магазин и контактная площадка, кафе и пикниковая зона, детские площадки, аттракционы и зона отдыха (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема Белгородского зоопарка

Архитектурный комплекс нового Белгородского зоопарка органично вписан в природный ландшафт, в единый архитектурный ансамбль

гармонично включены скульптуры и декоративные объекты. Траектория пространственной среды экзотариума отражается в характере самой

формы сооружения, усиливая интерес к ее пластическим качествам. Объемно-планировочная композиция экзотариума представляет собой крупное асимметричное в плане сооружение с развитой пространственной структурой. Для восприятия общей формы экзотариума необходим обзор со всех сторон, так как привычный принцип восприятия фасадов с прямыми углами здесь не уместен.

Экзотариум Белгородского зоопарка – уникальный музей живой природы для теплолюбивых приматов, земноводных и декоративных птиц, он занимает площадь в 900 квадратных метров. Здесь располагаются десять экспозиций, для каждой разработана своя тематика и индивидуальное цветовое решение. Каждая из них получила свой индивидуальный облик и микроклимат. Ещё десять дополнительных террариумов разместились вдоль стен и на специальном подиуме в центре зала. В общей сложности коллекция экзотариума в настоящее время составляет 123 экземпляра, 72 из которых – птицы, в перспективе коллекция будет пополняться.

Экзотариум это просветительное, природоохранное учреждение, дающее возможность любому желающему познакомиться с биологическим разнообразием всей планеты, не покидая пределов города, расширить свой кругозор в области биологии, зоологии, экологии и, конечно, интересно и с пользой провести время.

К дизайну среды боксов для содержания животных выдвигался ряд важнейших ветеринарно-санитарных требований. В помещениях сохраняется особый микроклимат благодаря теплозащитным свойствам ограждающих конструкций, кубатуре помещения, системе вентиляции воздуха. Многие животные обитатели тропиков, поэтому в боксах поддерживается высокая температура и влажность воздуха. На росписи стен также оказывает влияние содержания примесей углекислого газа, аммиака, сероводорода, пылевых частиц, микроорганизмов и др.

Согласование эскизов с возможной корректировкой росписи, обсуждалась коллективно. Если эскиз всем нравится полностью, то он утверждался к исполнению.

Росписи интерьеров экзотариума выполнены в стилизованной манере. Варианты стилизации, прежде всего, были вызваны желанием художников усилить эмоционально-образные моменты в рационализированном предметном окружении. Студенты-дизайнеры стремились сделать образную сторону росписи доминирующей, обращая внимание на то, что способствовало формированию эмоциональной атмосферы окружающего пространства. Эстетическая содержательность этих росписей определялась не

художественно-совершенным решением утилитарной задачи, а их способностью вызвать свой круг настроений и образных ассоциаций. Новый тип оформления строился на едином принципе стилизации изображений, тематически очень различных. В основе росписей лежало с одной стороны, линейное упрощение изображения, его схематизация, введение «абстрактных» мотивов – линии, пятна, и с другой асимметричное расположение изображения на плоскости.

Большое значение имеет цветовое решение боксов экзотариума. Цвет здесь является объективной основой композиции данных росписей, и в тоже время средством создания архитектурно-пространственного фактора организации среды. Цвет активно преобразует плоскостную форму, придавая ей свойства неординарности, расчленяя, изменяя ее характер. При воздействии на объемную форму цвет создает впечатление асимметричности объема, выделяя определенный ритмический строй (рис. 2, 3, 4, 5).

Роспись стен в боксах выполнена с использованием цветовой гаммы, приближенной к среде обитания животных. Эти сочетания по своему обобщенному колориту и «эмоциональному» настроению напоминают отдельные моменты светоцветового состояния природы. Сопоставление зеленого, голубого и желтого, вызывает ощущение световоздушной атмосферы летнего дня, свежего воздуха. Рисунок также подчиняется этим общим колористическим задачам и теряет самостоятельное значение. Итак, свет и цвет в экзотариуме создают видимые и умозрительные связи внутреннего пространства с внешним миром. Цвет заявляет о себе яркой чистой звучностью больших плоскостей, весомой массой и остротой красочных гармоний.

Африканские боксы («Попугай 1», «Попугай 2», «Ткачики») имитируют местную природу, её фактуру и краски, поэтому в декоре не обошлось без коричневого, желтого, песочного, терракотового, кирпичного, травяного, болотного и оранжевого. Глядя на такую палитру, невольно начинаешь думать о песках пустыни, выжженной траве, невероятном зное и буйстве красок экваториальных джунглей. В приоритете и такие теплые, даже горячие, словно африканский воздух, оттенки, как янтарный, топленое молоко, шафран, корица, обугленное дерево, медовые.

Зона рептилий или пресмыкающихся («Питоны 1», «Питоны 2», «Кайманы», «Игуаны») требовала включения в устройство боксов бассейнов, так как многие рептилии могут не только хорошо плавать в воде, но и надолго в нее погружаться. Пресмыкающиеся распространены во всех тропических странах; они обитают в ре-

ках, озёрах и многоводных болотах. Поэтому изображение природы имитировали болотную среду, водные растения, сломанные деревья со свисающими корнями, плавающие островки суши, лесную глушь. Сдержанная сложная цветовая гамма, интереснейший ряд нейтральных оттенков в композиции с теплыми тонами. В па-



Рис 2. Роспись бокса «Приматы 1».



Рис 3. Роспись бокса «Ткачки».



Рис 4. Роспись бокса «Приматы 2»



Рис 5. Роспись бокса «Игрунки»

Боксы обезьян («Приматы 1», «Приматы 2», «Игрунки»), самые большие помещения экзотариума, требующие сложного композиционного решения. Палитра этих помещений требовала более насыщенных оттенков. Она дышит естественной гармонией и основательностью. В цветовой гамме представлены яркие оттенки салатового, свежей зелени, синий, изумрудный, оливковый. Зеленый – самый жизнеутверждающий цвет, его спектр самый гармоничный и уравновешенный. Поэтому именно он был выбран для создания интерьеров «обезьянников».

Работа над росписью состояла из нескольких этапов:

1. Подготовка стены под роспись: покрытие основным колером, выполнение тоновой растяжки с помощью аэрографа.

2. Разработка эскизов и выбор окончательного варианта росписи, который отвечал бы требованиям заказчика. Перенесение рисунка на стену и линейная обрисовка всей композиции.

3. Исполнение росписи красками, работа над локальными пятнами композиции, объемами

литре представлен белый, фиолетовый, светлый розовый цвета, глубокий оттенок изумрудного, глауконита, уравнивающиеся металлическим серым и бронзовыми оттенками. Дополнительные оттенки палитры - цвет шампанского, бежевый серебристый.

и деталями. Ведется от общего к частному, что позволяет сохранить цельность всей росписи. Каждый исполнитель должен соблюдать правила техники безопасности, так как большинство работ происходило на лесах.

Выполнение хоздоговорных проектов обеспечивает плавное вхождение студентов в трудовую деятельность. Для многих студентов эта была первая серьезная практика. Чтобы детально передать атмосферу, изучались условия, в которых живут те или иные представители фауны. На объекте было задействовано 10 студентов факультета дизайна и технологий БГИИК, обучающихся по специальности «Дизайн среды». Все они успешно усвоили практические навыки. Работой студентов руководили 5 преподавателей кафедры дизайна и технологий, члены Союза художников России.

Хоздоговорная практико-ориентированная работа в вузе – это самый ответственный этап обучения, когда студент должен показать свои знания и умение самостоятельно трудиться и творить. Это важный

этап обучения, на котором студент выступает, как будущий специалист. В результате автор должен продемонстрировать умение выполнять эскизы в цвете на высоком уровне, методично выстроив всю работу - от сбора материала до готового проекта, выполненного в материале. Студент должен глубоко изучить всю информацию по теме.

Подводя итоги необходимо ещё раз отметить, что практико-ориентированная система, как производственный компонент базового профессионального обучения, очень привлекательна для российского образовательного сообщества. Дуальная система образования – необходимый компонент обучения студентов для их будущего творчества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аникеев А.А., Артуров Е.А. Современная структура образования в Германии // *Alma mater*. 2012. №3. С. 67–68.
2. Краснова Т.И. Инновации в системе оценивания учебной деятельности студентов // *Образование для устойчивого развития*. Минск: Издательский центр БГУ, 2005. С. 438–440.
3. Мисиков Б. Современный вуз: дуализм целей // *Высшее образование в России*. 2006. №11. С. 167–168.
4. Павлова Л.В. Практико-ориентированное обучение (из опыта стажировки в Швеции) // <http://sociosphera.com/publication>
5. Пискунов А.И. Теория и практика трудовой школы в Германии (до Веймарской республики). М., 1963. С. 359.
6. Полянин В.А. Образовательная система дуального формата и профессиональное самоопределение педагога // *Образовательные технологии*. 2010. № 2. С. 68–96.
7. Скамницкий А.А., Модульно-компетентностный подход и его реализация в среднем профессиональном образовании, М., 2006. – С. 247.
8. Горожанкин В.К. Сценарий тектонических метаморфоз в проектах Оскара Нимейера // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2015. № 5. С. 63-67.
9. Ярмош Т.С. Комплексная оценка готовности к социокультурному проектированию жилой среды // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2015. № 5. С. 87–90.
10. Колесникова Л.И. Свято-Троицкий собор: открытия и находки // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2014. № 1. С. 35–39.

Brakovenko M.V.

ENVIRONMENTAL DESIGN THE BOXES FOR THE ANIMALS ON THE EXAMPLE OF THE PAINTINGS OF THE TERRARIUM BELGOROD ZOO

In the article the problem of professional training of specialists in the field of environmental design is able to consider all types of the human environment and animals, and their interactions as a single semantic and artistic complex, and the role and meaning of designerly activity in the formation of architectural environment of city objects. The article shows how the contract works allow students to follow the modern trends in design, and teachers to use new educational technology in art and design activities.

Key words: *designer, environment, theory, practice, architecture, specific, student, project, employee, system, wall painting, concept, design.*

Браковенко Мария Владимировна, старший преподаватель.
Белгородский государственный институт искусств и культуры.
Адрес: 308033, Белгород, ул. Королева, № 7.
E-mail: mariya204@mail.ru

DOI: 10.12737/24467

*Рыбалкина Н.А., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова*

ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ХРАМА В ЧЕСТЬ ЗАЧАТИЯ ИОАННА ПРЕДТЕЧИ В П. ВЕРХНЯЯ БАРАНЧА, СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

2005nata.@mail.ru

В данной статье рассматривается объемно-планировочная композиция храма, проблемы его восстановления, история его создания, описание архитектурных особенностей, декоративных элементов. Также рассматриваются строительные периоды храма.

Ключевые слова: *храмовое зодчество, православная архитектура, реконструкция, реставрация, объемно-планировочное решение, композиция, декоративные конструкции.*

Введение. Полуразрушенный, однопрестольный храм в честь зачатия Иоанна Предтечи, находится на окраине деревни Верхняя Баранча, на улице ул. Гагарина №14, Свердловской области. Деревня была основана в начале XIX века в связи со строительством казенного железодельного завода. Деревня расположена в 13 км на юго-запад от города Кушва, на восточном берегу пруда Верхнебаранчинский, на старинном Гороблагодатском тракте. Рядом с Каменный храм был возведен в 1852 году на средства, выделенные из государственной казны и пожертвования местных крестьян.

История храма начинается в 1819 году, когда был составлен первый проект храма архитектором В. Петенкиным, позже проект был передан на доработку архитектору А. Делюсто, который указывал на некоторые недостатки и на недоработанность конструкции лестницы, ведущей на звонницу и недостаточную толщину центрального свода. Архитектор Делюсто предложил свой вариант храма, но затраты по его

смете были значительно высоки и строительство храма было отложено на несколько лет.

В 1822 году последовало решение Святейшего Сидона на возведение храма во имя зачатия Иоанна Предтечи по проекту архитектора Петенкина В.

Закладка храма была произведена 4 мая 1844 года.

Строительство началось в 1845 году.

И-за нехватки средств и умелых мастеров, строительство храма затянулось до 1852 года. 7 февраля 1852 году церковь была освещена протоиереем Матвеем Суворовым. Рядом с церковью был построен дом причта, служителей в храме было двое: священник и псаломщик.

В 1938 году храм был закрыт. Крест утопили в реке, церковную утварь разграбили, иконы сожгли. Священника Апаллония Казанцева расстреляли. На протяжении нескольких десятилетий храм постепенно разрушался.

Основная часть: Сохранилась одна старинная фотография 70-х годов XX в, где на заднем плане возвышается в полуразрушенном состоянии храм (рис.1).



Рис.1. Храм во имя Зачатия Иоанна Предтечи в п. Верхняя Баранча. Фото 70-х годов XX вв.

Техническое состояние храма, из-за агрессивного воздействия грунтовых и поверхностных вод ухудшается, фундаменты стены и своды подвергаются коррозии.

Храм построен из полнотелого обожженного кирпича. В плане представляет квадрат. Имеет три света – четырехстолпный, одноглавый с четырехколонным дорическим портиком, на главном (западном) фасаде.

Строгий и монументальный четырехстолпный крестово-купольный храм в стиле позднего классицизма, близкий по архитектуре Успен-

скому собору и Церкви Михаила Архангела Мглинского района Брянской области.

Крупное здание с квадратным симметричным планом венчает в центре высокий и массивный цилиндрический барабан с полусферой купола.

Крещатость основному, квадратному в плане объему храма придают ризалиты в центрах северного, восточного и южного фасадов, а на западном мощный четырехколонный входной портик (рис.2).



Рис. 2. Храм во имя Зачатия Иоанна Предтечи в п. Верхняя Баранча. Фото 2013 года

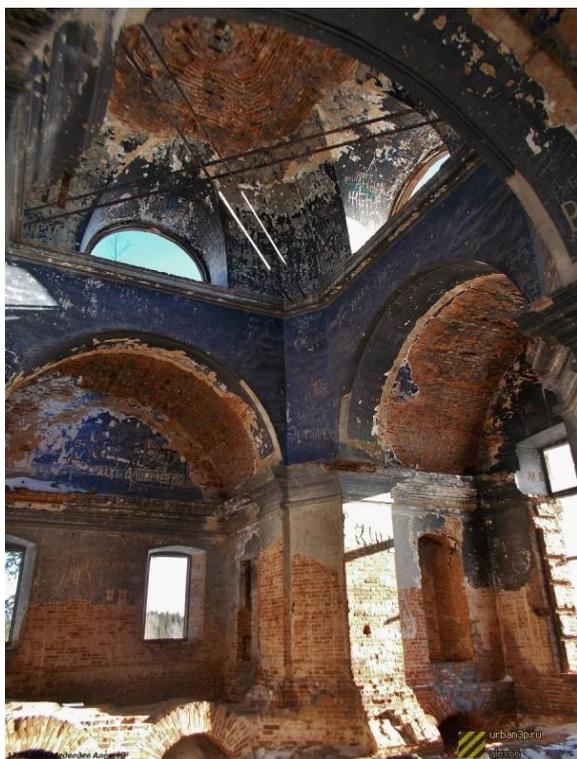


Рис. 3. Храм во имя Зачатия Иоанна Предтечи в п. Верхняя Баранча. Фото 2013 года

В интерьере фрагментарно сохранился штукатурный слой, четыре мощных столпа в центре, соединенные подпружными арками между собой и со стенами, членят внутреннее пространство на девять ячеек. Столпы со срезанными внутренними углами, в которых помещены оригинальные полукруглые ниши, при помощи парусов несут барабан с куполом (рис. 3).

Выводы: В 2002 году у развалин церкви начали устраивать летние православные лагеря.

В настоящее время в селе создан приход. Церковь медленно, но восстанавливают.

Судьба восстановления храма привлекает не только прихожан, но и многих людей разных специальностей, а также краеведов и архитекторов.

Студентом Козлюка Е.А. ФГБОУ ВПО УГАХА был разработан эскизный проект реставрации храма. Этот проект интересен тем, что автор сумел воссоздать первоначальный облик храма и разработать генеральный план территории храмового комплекса (рис. 4).

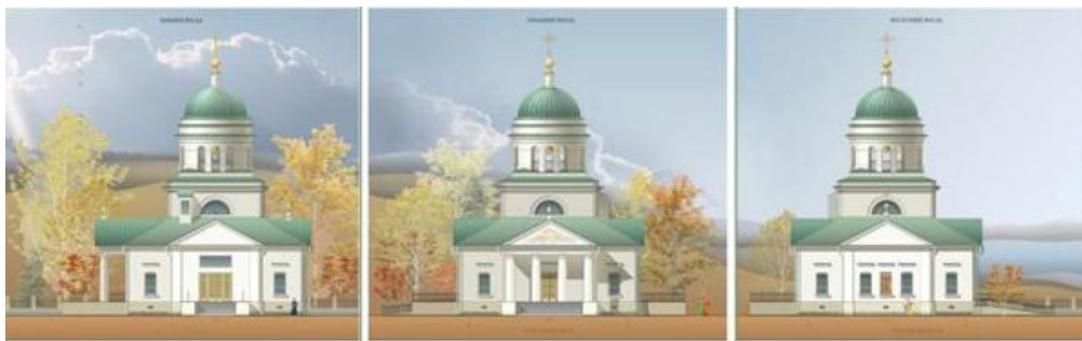


Рис. 4. Проект реставрации

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бадьин Г. М. Технология реконструкции зданий и сооружений // учебное пособие СПб ГАСУ . 2002. С.139
2. Годов Н. Многострадальные руины [Электронный ресурс]. // URL: <http://www.liveinternet.ru/users/4271174/tags/%F6%E0%F0%F1%EA%E0%FF%20%F1%E5%EC%F C%FF/> . (дата обращения: 2001). №1. С. 8–9
3. Бадьин Г. М. Технология реконструкции зданий и сооружений / URL: <http://www.twirpx.com/file/1597348/> 2013. №38. С.288
4. Козлюк Е.А. Проект реставрации храма в честь зачатия Иоанна Предтечи // Архитектон Уральская государственная архитектурно-художественная академия. 2012. №38. С. 1–3.
5. Приходы и церкви Екатеринбургской Епархии - Екатеринбург, 1902. С.47
6. Калачук Т.Г., Калачук А.И. Анализ причин деформации зданий и сооружений и мероприятия по их установлению // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 101–103.
7. Лебедев В.М., Ломтев И.А., Функциональная система реконструкции объектов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 55–57.
8. Загроевский С.В. Культурно – историческая среда российских городов. Способы ее сохранения // Территория и планирование. 2011. № 2(32). С.4–13.
9. Кочерженко В.В., Лебедев В.М. Технология реконструкции зданий и сооружений. М.: Изд-во: АСВ.2007.С.198.
- 10.Соболь Н.А., Дегтярева О.Г. Проблемы реставрации и реконструкции памятников архитектуры // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. 2016. С. 879–880
- 11.СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений».
- 12.Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. С.- Петербург. БХВ. 2013. С. 204
- 13.Кузьмина И.Р., Бобров Ю.Г. Древнерусские храмы и проблемы современного церковного интерьера // Архитектон Уральская государственная архитектурно – художественная академия.2007. №17. С. 1–3.
- 14.Международная Хартия по консервации и реставрации исторических памятников и Достопримечательных мест: Второй Межд. Конгресс архитекторов и технических специалистов по историческим памятникам. //Методика и практика сохранения памятников архитектуры. М., 1974. С. 124–127.
- 15.Реставрация памятников архитектуры. //Учебное пособие для студентов ВУЗов под общей редакцией С.С. Подъяпольского. М., 2000.

Rybalkina N.A.

FEATURES THEE-PLANNING CAMPOSITION OF CONCEPTION CHURCH IN HOOR OF JOHN THE BAPTIST IN UPPER P. BARANCI, SVERDLOVSK REGION

In this article the space-planning composition of the temple, a problem of his restoration, history of his creation, the description of architectural features, decorative elements is considered. Also the construction periods of the temple are considered.

Key words: temple architecture, orthodox architecture, reconstruction, restoration, ob-emno-planning solution, composition, decorative designs.

Рыбалкина Надежда Анатольевна, студент кафедры архитектуры и градостроительства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46. 2005nata@mail.ru

DOI: 10.12737/23817

Салямова К.Д., д-р техн. наук, проф.,
Руми Д.Ф., канд. техн. наук, ст. н. с.
Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВЛАЖНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

klara_51@mail.ru

Приведена постановка задачи по определению напряженно-деформированного состояния подпорного гидротехнического сооружения при основных нагрузках - силы гравитации, гидростатическое давление, увлажнение грунта. Задача решена в плоской упругой постановке с применением метода конечных элементов. Результатом решения задач явились смещения, напряжения и деформации в грунтовой плотине. В качестве примера рассмотрена грунтовая плотина Резаксайского водохранилища в Республике Узбекистан. Сделан ряд выводов, связанных с конструкцией сооружения, а также выявлено влияние физико-механических свойств грунта (местный грунтовый материал) на напряженно-деформированное состояние.

Ключевые слова: грунтовая плотина, силы гравитации, метод конечных элементов, напряжения, деформация, смещение, увлажнение.

Введение. Задачи безопасности и надежной эксплуатации подпорных гидротехнических сооружений требуют постоянного совершенствования методов их расчета на различного рода статические и динамические нагрузки [1–4]. Применяемые в настоящее время нормативные методы расчета указанных сооружений [5–7] не позволяют учесть конструктивные особенности самого сооружения, реальные неоднородные физико-механические характеристики грунтов, слагающих тело сооружения, а также последствия заполнения и опорожнения водохранилища. Предлагаемая методика решения задач о НДС позволяет учесть эти недостатки, а также спрогнозировать возможные повреждения, которые также могут сыграть негативную роль при динамических (сейсмических) воздействиях [1, 2, 8].

Методология. Исследование влияния на напряженно-деформированное состояние (НДС) грунтовой плотины ее конструктивной схемы (высота, откосы призм и ядра и т.п.), при основных нагрузках проводится на примере эксплуатируемого гидротехнического сооружения (Резаксайское водохранилище). Разработана методика и комплекс прикладных программ для численного расчета смещений, напряжений, деформаций в теле грунтового гидротехнического сооружения при основных нагрузках. Задача решается численно -методом конечных элементов.

Основная часть. Математическая постановка статической задачи о НДС грунтового сооружения (плоско-деформируемая модель сооружения, упругая модель грунта) включает:

1) - вариационный принцип минимума полной

энергии системы:

$$\delta\Pi - \delta^*W = 0 \quad (1)$$

где $\delta\Pi$ – приращение потенциальной энергии системы; δ^*W – работа внешних сил на возможных перемещениях;

2) – уравнение состояния, выражающее зависимость между компонентами напряжений σ_{ij} и деформаций ε_{ij} для упругой среды (закон Гука)

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

3) – соотношения Коши, связывающие деформации с перемещениями

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

4) – граничные условия на жестком основании, означающие отсутствие возможных перемещений $\delta\bar{u}$:

$$\delta\bar{u} = 0 \quad (4)$$

5) – внешнее воздействие представляется объемными силами – Р (весом), приложенными по всему объему сооружения, и поверхностными силами \bar{f} , действующими на части поверхности сооружения и являющиеся, по существу, гидростатическим давлением.

Здесь $\bar{u} = \{u_i, u_j\}$ – горизонтальные и вертикальные перемещения точки тела с координатами $\{x_i, x_j\}$; $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}$ – компоненты тензора напряжений и деформаций; λ, μ – константы

Ламе.

Использование МКЭ позволяет свести поставленную задачу (1)–(4) к системе алгебраических уравнений [3], в результате решения которой методом Гаусса определяется перемещения, затем (формулы Коши) – деформации и, наконец (закон Гука) – напряженно-деформированное состояние грунтовой плотины при учитываемых нагрузках

Такая задача решена на примере плотины Резаксайского водохранилища, расположенной в долине Резаксай (приток р. Сырдарья) Чустского района Наманганской области Узбекистана. Плотина, создающая водохранилище, выполнена глухой земляной насыпью с наклонным ядром из супесчано-суглинистого грунта и упорными призмами из гравийно-галечных грунтов. Максимальная высота плотины в русловой части составляет 80 м, длина по гребню 3323 м, наибольший подъем уровня водохранилища

77 м.

Упорные призмы плотины отсыпаны из гравийно-галечных грунтов с песчаным заполнением и укаткой по плотности сухого грунта $\rho=2,1 \text{ т/м}^3$. Заложение откосов плотины определено расчетами и составляют для верхового откоса $m_1=2,5$, для низового - $m_2=1.9$.

Наклонное ядро выполнено из смеси суглинка и супеси с укаткой до плотности сухого грунта $\rho=1,7 \text{ т/м}^3$. Основанием ядра по всей длине плотины является массив алевролитов и песчаников, перекрытый слоями грунта различной толщины, состоящими из галечников, суглинков и супеси.

Рассматривается влияние конструктивной неоднородности на напряженно-деформированное состояние грунтовой плотины Резаксайского в/х.

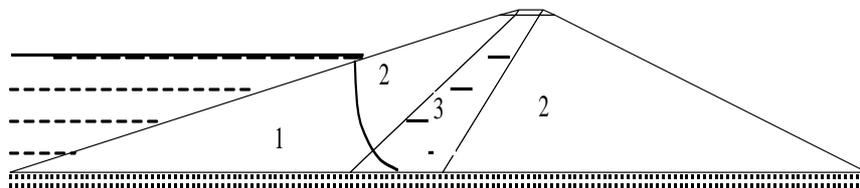


Рис. 1. Расчетная схема грунтовой плотины:

1 – область увлажненного грунта ниже кривой депрессии; 2 – области неувлажненного грунта;
3 – ядро плотины

1. Решение задачи о НДС неоднородной грунтовой Резаксайской плотины с учетом собственного веса, гидростатического давления и увлажнения грунта

Задача решена для неоднородной реальной плотины (с ядром) под собственным весом, с учетом гидростатического давления воды и увлажнения грунта при максимальном уровне заполнения водохранилища, составляющем 77 м. Для выбора физико-механических параметров увлажненных гравийно-галечниковых грунтов использовались данные по механике грунтов [9, 10], согласно которым плотность грунтовой массы с 10%-ым увлажнением составляет $\rho=2,2 \text{ тс/м}^3$. С учетом скорости распространения продольных волн в таком грунте ($v=1 \text{ км/сек}$), получим для модуля Юнга величину $E=2200 \text{ МПа}$. Полученные компоненты напряженно-деформированного состояния неоднородной плотины с учетом веса, увлажнения и гидростатического давления показаны на рис. 2.

Увлажнение грунта верховой призмы плотины приводит к увеличению ее массы и, соответственно, к увеличению вертикальной составляющей нагрузки и вертикальных составляющих смещения верхнего откоса (рис.2а). При

этом увеличивается крутизна пригребневой зоны, что указывает на возможное здесь обрушение грунта.

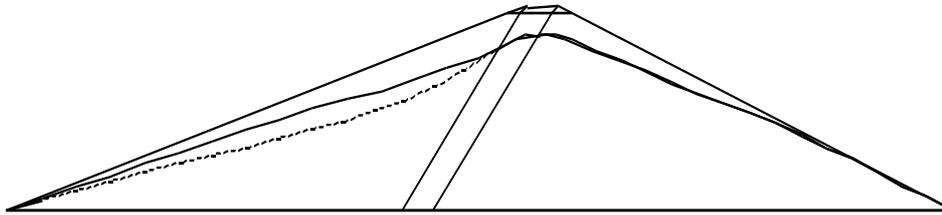
При экстренном сбросе воды, с уменьшением уровня гидростатического давления, но с учетом увлажнения грунта ниже первоначального уровня кривой депрессии, правомерна постановка задачи о деформировании верхового откоса. Для этого сравним результаты расчета горизонтальных перемещений верхового откоса, полученные для плотины с увлажненным грунтом с учетом и без учета гидростатического давления. На рис.4 показано распределение горизонтальных перемещений и деформации верхового откоса в обоих случаях.

Анализ полученных результатов для деформации неоднородной плотины с увлажнением верховой призмы показывает, что уменьшение уровня гидростатического давления при экстренном сбросе воды приводит к выпору грунта, т.е. смещению всей массы грунта верховой призмы в направлении к верхнему бьефу (штриховая линия на рис.3в). При воздействии же гидростатического давления линия откоса становится более искривленной, так как находящаяся под водой центральная часть откоса,

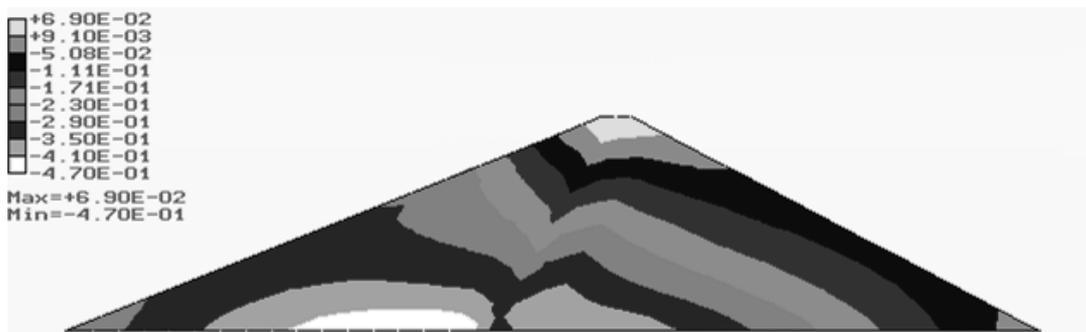
дополнительно смещается в направлении действующего давления, а верхняя пригребневая зона целиком подается назад (знак «-» на

рис. 3а). В результате чего увеличивается крутизна верхней части откоса, что может привести к его обрушению.

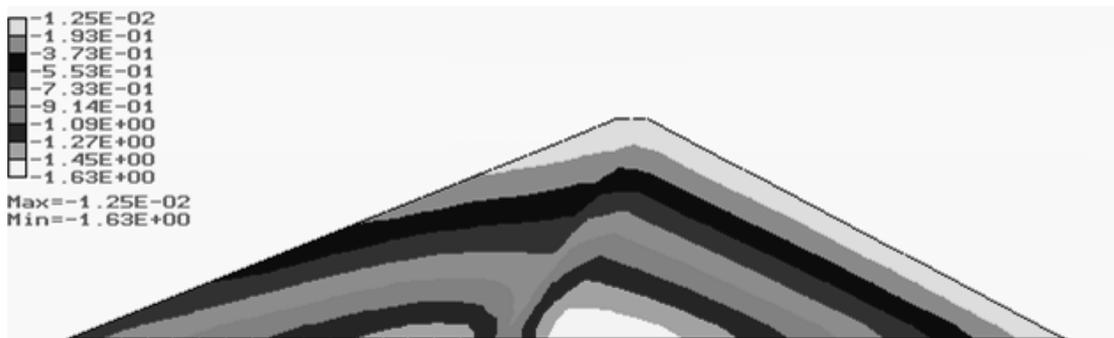
а) деформированное состояние



б) горизонтальные напряжения [МПа]: $\max/\sigma_x = 0,47$



в) вертикальные напряжения [МПа]: $\max/\sigma_y = 1,63$



д) касательные напряжения [МПа]

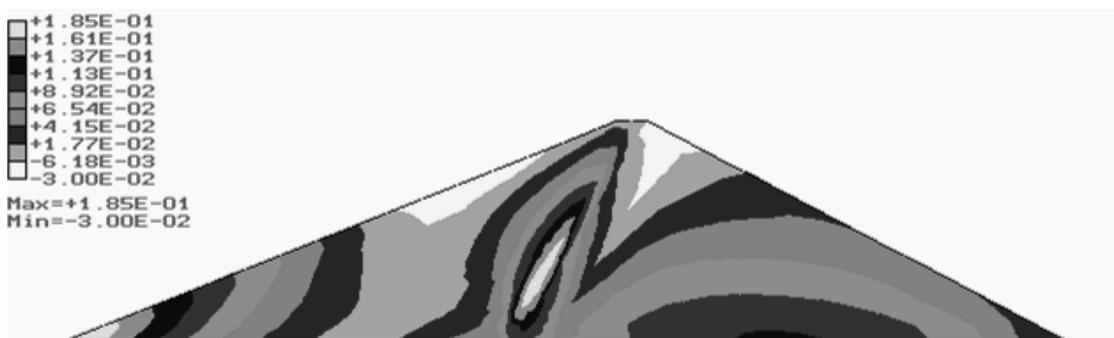


Рис. 2. НДС Резаксайской плотины под действием собственного веса, гидростатики и увлажненном грунте верхней призмы

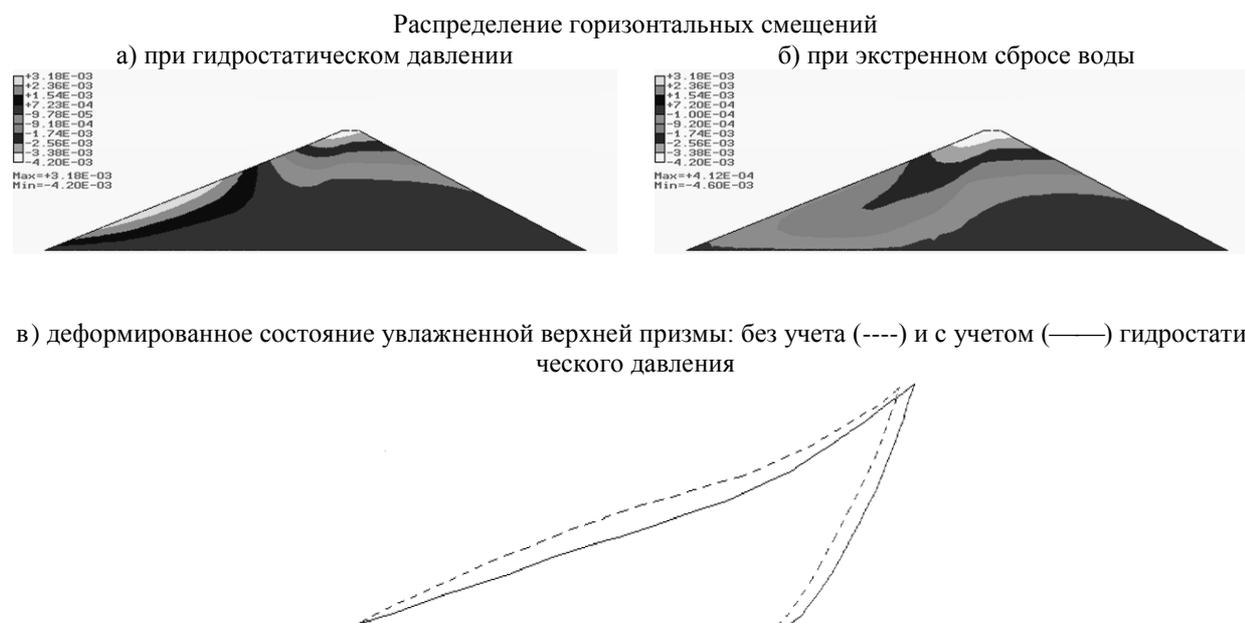


Рис.3. Изменение горизонтальных смещений плотины (а, б) и деформаций увлажненного верхнего откоса (в) в отсутствии и при наличии гидростатического давления.

Таким образом, переувлажнение верхнего откоса при гидростатическом давлении может вызвать обрушение грунта в пригребневой зоне верхнего откоса, тогда как при резком сбросе воды внизу откоса возможен выпор грунта.

2. Исследование процесса размыва поверхности плотины как следствие неустановившихся фильтрационных потоков, возникающих в теле плотины при резком снижении уровня воды в верхнем бьефе.

Рассмотрим грунт плотины как двухфазную среду, состоящую из твердого скелета (собственно грунта) и поровой жидкости, и находящуюся под воздействием фильтрационных потоков.

При снижении воды в водохранилище на частицу грунта, находящуюся ниже кривой депрессии в зоне фильтрационного потока, направленного в сторону верхнего откоса, будет действовать равнодействующая сила, стремящаяся сдвинуть с места рассматриваемый элементарный объем грунта V . Эта равнодействующая (рис.4) состоит из фильтрационной силы

$$f_{\phi} = \gamma_{\epsilon} i, \tag{6}$$

направленной вдоль линии тока, и направленной вертикально вниз удельного веса грунта, взвешенного в воде (Архимедова сила):

$$\gamma_{\epsilon\epsilon} = \gamma_{\text{сух}} - (1-n) \gamma_{\epsilon} \tag{7}$$

Здесь i - пьезометрический уклон (величина, обратная градиенту напора) в данной точке, определяемый на основе данных теории филь-

трации; γ_{ϵ} – удельный вес воды; n – пористость грунта; $\gamma_{\text{сух}}$ – удельный вес сухого грунта.

Таким образом, грунт, насыщенный движущейся водой в области фильтрационного потока следует рассматривать как взвешенный с удельным весом $\gamma_{\epsilon\epsilon}$, находящийся под действием приложенной в направлении скорости фильтрации силы f_{ϕ} . Равнодействующая этих сил, направленная под углом θ_0 к вертикали, вызывает направленное движение частиц грунта из тела плотины на поверхность (рис.4).

При снижении уровня воды в верхнем бьефе в теле верхнего откоса зарождается неустановившаяся фильтрация. Удельная фильтрационная сила f_{ϕ} (рис.4), будучи геометрически сложена с силой удельного веса взвешенного грунта $\gamma_{\epsilon\epsilon}$, дает результирующую удельную силу γ_0 , получаемую по правилу сложения векторов. Направление этой силы образует с $\gamma_{\epsilon\epsilon}$ угол θ_0 , а ее величина вследствие малости скорости фильтрации практически равна по величине $\gamma_{\epsilon\epsilon}$. Эффект фильтрации проявляется здесь в том, что направление сил, действующих на грунт, изменяется: эти силы оказываются не вертикальными (как в случае сухого грунта), а наклонными, так как к вертикальной силе (весу) добавляется сила, направленная по касательной к потоку фильтрации. Равнодействующая этих двух сил наклонена на угол θ_0 от вертикали и направлена вниз и в сторону водохранилища. Таким образом, фильтрация создает дополнительный момент, стремящийся повернуть откос

в направлении увеличения угла заложения откоса.

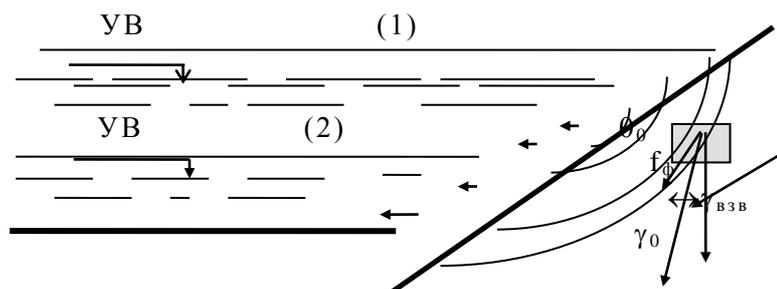


Рис. 4. Фильтрационные потоки у поверхности откосов

Таким образом, эффект действия фильтрационных сил при резком снижении уровня воды в верхнем бьефе эквивалентен эффекту увеличения угла θ - угла наклона откоса к горизонту. Однако следует иметь в виду, что грунт плотный, в зависимости от его свойств, среди которых большое влияние имеет влажность, может удерживать крутой откос только определенной высоты.

Когда значение высоты превосходит критическую отметку, в верхней части плотины отмечается, как правило, крутая стенка. При подмыве ее непосредственно над урезом воды образуется крутой уступ, который обрушается в виде осыпи, обвала или оползня, уменьшая ширину гребня. При этом нижняя часть откоса приобретает более пологий уклон. В результате многократных процессов размыва верховой откос приобретает все более пологие очертания. При этом уменьшается и угол верхового откоса и ширина гребня плотины.

Многочисленное чередование процесса повышения и резкого сброса уровня воды в верхнем бьефе, наблюдаемое во время волнения, приводит к размыву поверхности верхнего откоса плотины. При этом фильтрационный поток сдвигает с места только мелкие частицы грунта, в то время как крупные остаются на месте.

Таким образом, резкое снижение уровня воды приводит к неустановившимся фильтрационным потокам, увеличению крутизны откоса, обрушению верхней части откоса (гребня), уползанию откоса. В результате многократного повторения процесса спуска и подъема уровня воды верховой откос приобретает так называемую динамически устойчивую (более пологую) форму.

Здесь плотина не рассматривалась как деформируемое твердое тело. Тем не менее, приведенные рассуждения подтверждают полученные на основе теории упругости выводы относительно изменения наклона напорной поверхности в результате резкого снижения уровня заполнения водохранилища.

Выводы На основании результатов исследований данного раздела установлено влияние неоднородности сооружения, гидростатического давления воды и увлажнения верхового откоса на напряженно-деформированное состояние грунтового сооружения из местных материалов. При этом выявлены недостатки, допущенные при проектировании Резаксайской грунтовой плотины, выражающиеся в неудачном выборе наклона ядра, что, как показали исследования, может вызвать возникновение оползней и разрушение [8] пригребневой зоны за счет значительных по величине касательных напряжений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Liang J., Ba Z., Liu Z. Surface motion of an earth dam on layered half-space for incident plane SH waves // The 14 World Conference on Earthquake Engineering Jctjber 12-17. 2008. Beijing. China. pp.1556–1568.
2. Glagovsky V.B., Kourneva E.V. Numerical modeling of concrete face rockfill dam at seismic impact // The 14 World Conference on Earthquake Engineering Jctjber 12-17. 2008. Beijing. China. pp.556–568.
3. Саямова К.Д., Руми Д.Ф. Трансформация напряженно-деформированного состояния сооружения при неравномерном увлажнении грунта // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 94-99
4. Саямова К.Д., Руми Д.Ф. Динамика грунтовых плотин: монография. LAMBERT. Academic publication GmbH.&CO.KG, Germany, 2015. 150p.
5. ШНК 2.06.11-04.Строительство в сейсмических районах. Гидротехнические сооружения // Госархитекстрой Республики Узбекистан. Ташкент, 2004. 56с.
6. СНиП Плотины из грунтовых материалов. (СНиП 2.06.05-84) Госстрой СССР. М. 1991. 4с.
7. Гольдин А.Д., Рассказов Л.И. Проектирование грунтовых плотин. М.: Изд. АСВ. 2001.

375с.

8. Ахмедов М.А., Салямова К.Д. Анализ и повреждения гидротехнических сооружений. Ташкент: Изд. Фан ва таракиет. 2016. 156с.

9. Справочник проектировщика. Под ред

А.А.Уманского. М.: Стройиздат. 1980. 974с.

10. Хусанов Б.Э. Релаксационные модели сдвигового деформирования структурно-неустойчивой среды // Узбекский журнал Проблемы механики. 2002. №6. С.13–18.

Salyamova K.D., Rumi D.F.

THE EFFECT OF DESIGN FEATURES AND HUMIDITY PROPERTIES OF SOIL ON THE STRESS-STRAIN STATE OF EARTH DAMS BUILT FROM LOCAL MATERIALS

The statement of the problem of determining stress-strain state of retaining hydro-technical structure under basic loads - gravity, hydrostatic pressure, soil moisture content – is given in the paper. The problem is solved in a plane elastic formulation using finite element method. The results of solving the problems are displacements, stresses and strains in earth structure. As an example, the earth dam of Rezaksay water reservoir in Uzbekistan is considered. A number of conclusions related to structure's constructions are drawn, as well as the influence of physical and mechanical properties of the soil (local rock mass) on stress-strain state is revealed.

Key words: earth dams, gravity, finite element method, stress, strain, displacement, moisture content.

Салямова Клара Джаббаровна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Адрес: Узбекистан, Ташкент 100125 ул. Дурмон йули 31

E-mail:klara_51@mail.ru

Руми Динара Фуадовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Адрес: Узбекистан, Ташкент 100125 ул. Дурмон йули 31

Крюков И.В., начальник отдела ОНИРС УПКВК
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СНИЖЕНИЕ ОБЪЕМОВ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ОБЕСПЫЛИВАЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ МАТЕРИАЛА ЗА СЧЕТ ОРГАНИЗАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОЗДУХА*

iliya.krukov@yandex.ru

Системы местной обеспыливающей вентиляции широко используются в различных отраслях промышленности. Однако затраты на их эксплуатацию с ростом производства увеличиваются. Одним из способов снижения этих затрат является организация рециркуляции воздуха. В работе исследован процесс естественной рециркуляции воздуха при перегрузках сыпучего материала в системах местной обеспыливающей вентиляции закрытого типа. Рассчитана эффективность от использования данной системы. Полученные результаты говорят о целесообразности использования данной системы для организации естественной рециркуляции.

Ключевые слова: обеспыливающая вентиляция, аспирационное укрытие, рециркуляция воздуха, байпасирование.

Введение. На предприятиях по производству строительных материалов, таких как гравий, щебень, керамзит и др. одной из важных составляющих производственного процесса являются конвейерные перегрузки. В местах падения материала на конвейер при его выгрузке из технологического оборудования или транспортировке образуется большое количество пыли, которая попадает в воздух рабочей зоны предприятия. Влияние пыли на состояние здоровья рабочих велико и при длительном воздействии может привести к развитию профессиональных заболеваний, в частности пневмокониозов [1].

Для борьбы с пылевыделениями используются системы местной обеспыливающей вентиляции [2–5], в особенности для локализации мест пылеобразования применяются укрытия в виде П-образных кожухов, снабженные местным вентиляционным отсосом – аспирационное укрытие (рис. 1).

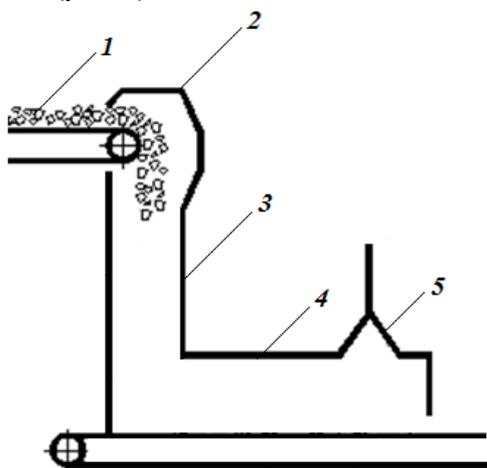


Рис. 1. Принципиальная схема аспирационного укрытия: 1 – перегружаемый материал, 2 – верхнее укрытие, 3 – загрузочный желоб, 4 – нижнее укрытие, 5 – аспирационный отсос

Наличие местного отсоса необходимо для удаления взвешенной пыли в полости нижнего укрытия, а также для создания в нем разрежения. Согласно исследованиям [6–13], разрежение в укрытии необходимо для борьбы с выбиванием пыли, возникающим в результате динамического взаимодействия падающего материала с воздухом, в ходе которого создается направленный воздушный поток, называемый эжекцией.

При проектировании системы аспирации необходимо помнить, что количество удаляемого из укрытия воздуха должно быть больше или равно количеству воздуха, поступающего по желобу [14]. Однако удаление больших объемов воздуха приведет к подсосыванию воздуха через неплотности укрытия, а это увеличит затраты на эксплуатацию и работу системы аспирации в целом. Основные затраты аспирационной системы направлены на работу вытяжного вентилятора.

Согласно рекомендациям [6–9], для борьбы с эжекцией и для снижения количества отсасываемого воздуха, предлагается использовать конструкцию укрытия с возможностью организации замкнутой рециркуляции воздуха.

Целью работы является исследовать снижение количества аспирируемого воздуха при перегрузке сыпучего материала за счет использования цилиндрической байпасной камеры.

Описание экспериментальной установки

По сравнению с проведенными ранее исследованиями [15–17], где для имитации потока эжектируемого воздуха использовался нагнетатель, экспериментальная установка претерпела некоторые изменения (рис. 2). Убрался верхний короб и осевой вентилятор. Верхний короб убрался для того, чтобы была возможность за-

сыпать материал в загрузочную трубу без каких либо сложностей. Нагнетатель убрался за ненадобностью, т.к. процесс эжектирования воздуха будет осуществляться за счет перегрузки материала. Параметры экспериментальной установки: размеры укрытия – длина 1100 мм, ширина

550 мм, высота 400 мм; диаметр байпасной камеры 200 мм; диаметр загрузочной трубы 100 мм; длина байпасной камеры и загрузочной трубы 1200 мм; диаметр вытяжного патрубка 100 мм.

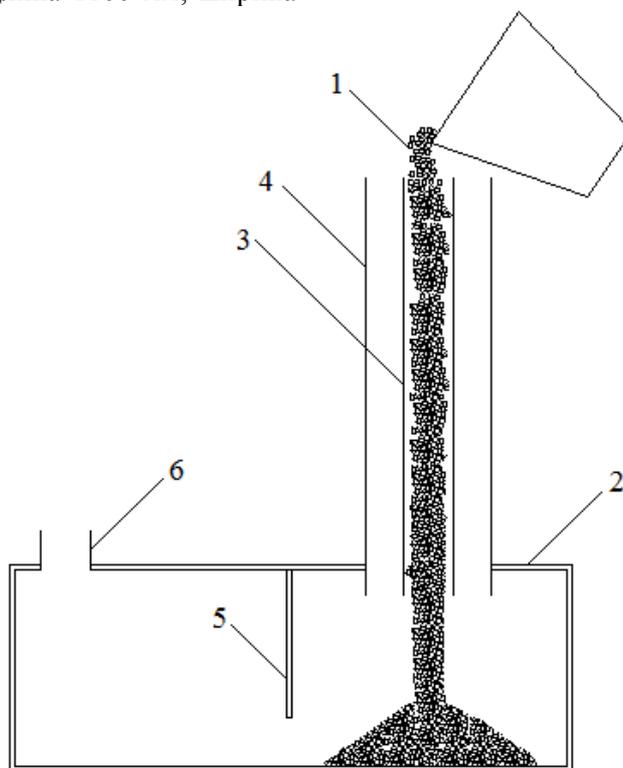


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:
1 – перегружаемый материал; 2 – укрытие; 3 – загрузочная труба; 4 – байпас;
5 – вертикальная перегородка; 6 – вытяжной патрубок.

В качестве перегружаемого материала в эксперименте использовалась опока - кремнистая осадочная горная порода

плотностью $900 - 1200 \text{ кг/м}^3$, массой $2,2 \text{ кг}$, объемом $3 \text{ л} = 0,003 \text{ м}^3$ (рис. 3).



Рис. 3. Фото перегружаемого материала

Для того чтобы выяснить, какое влияние оказывает байпасная камера на расход удаляемого из укрытия воздуха проводилось измерение скоростей воздуха в сечении вытяжного патрубка при отсутствии и наличии торцевых перетеканий (рис. 4). Измерения выполнялись при помощи термоанемометра TESTO 425. Для случая, когда торцевые перетекания отсутствуют, количество удаляемого из укрытия воздуха бу-

дет равно количеству поступающего воздуха по загрузочной трубе за счет эжекции. При наличии торцевых перетеканий часть поступающего воздуха будет удаляться через вытяжной патрубок, а часть идти на рециркуляцию в байпасную камеру. Сравнение результатов при наличии и отсутствии торцевых перетеканий позволит определить эффективность байпасной камеры.

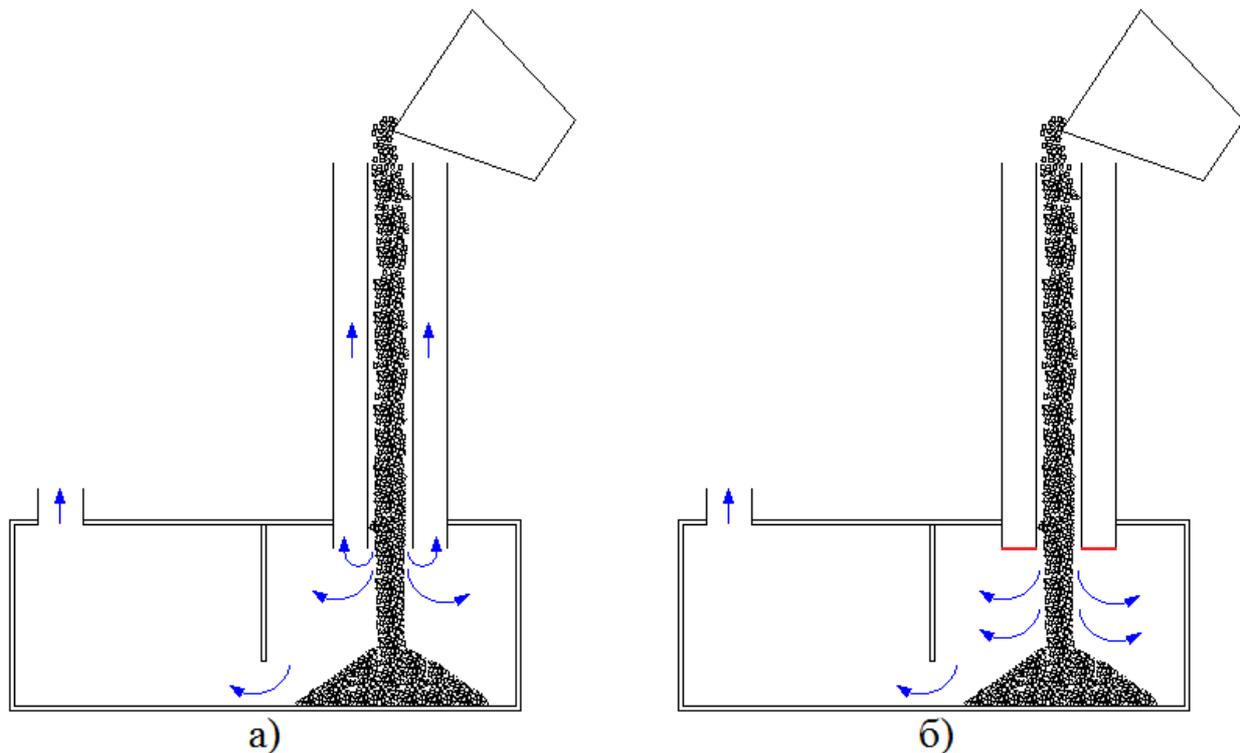


Рис. 4. Схема движения поступающего в укрытие воздуха за счет эжекции: а) при наличии торцевых перегородок (рециркуляция по байпасу); б) при отсутствии торцевых перегородок (байпас отсутствует).

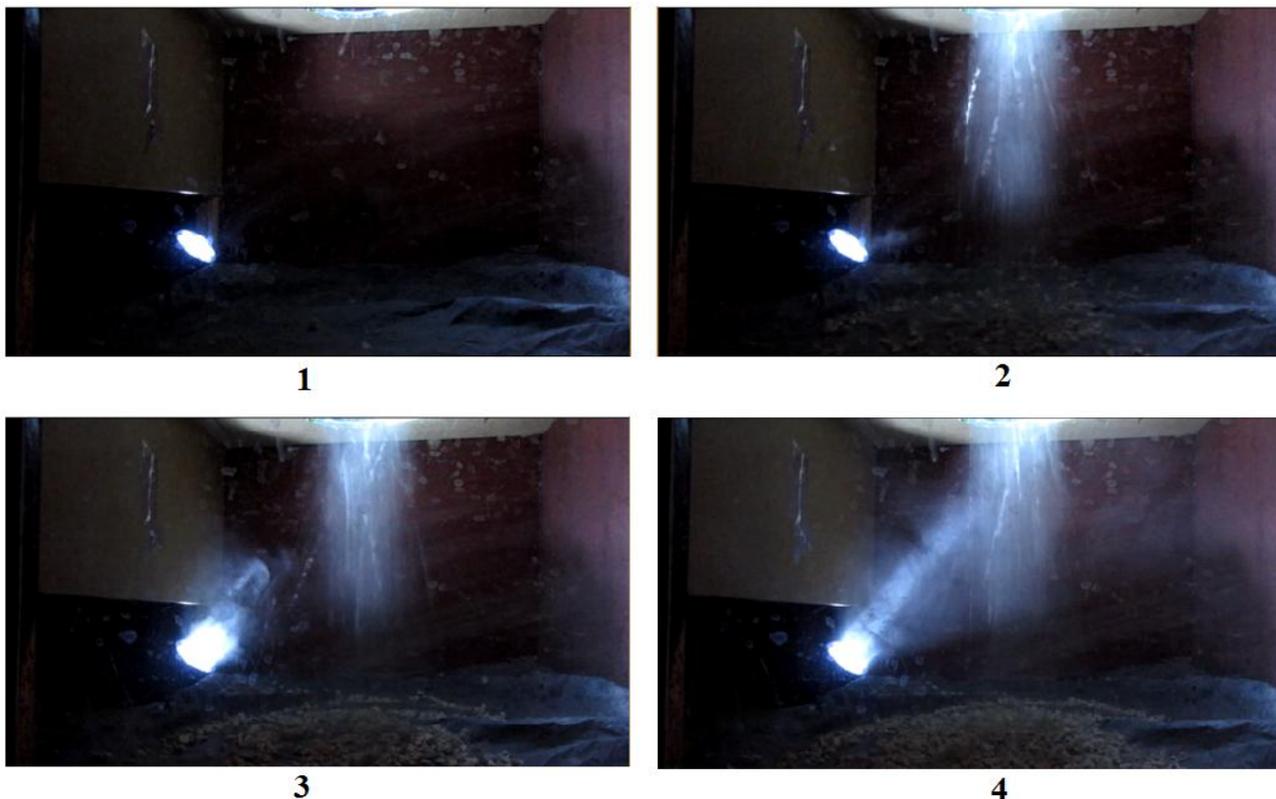


Рис. 5. Образование вихрей запыленного воздуха в укрытии

В ходе выполнения эксперимента проводилась видеосъемка процесса перегрузки материала при наличии торцевых перегородок (рис. 5).

Как видно из рисунка 5 поток запыленного воздуха и материала выходит из загрузочной трубы, материал падает (происходит выбивание

пыли), а воздух отражается от места падения материала и, не успев подняться, вовлекается в движение потоком падающего материала, образуя вихри.

После проведения экспериментов внутренние стенки байпасной камеры по всей длине бы-

ли покрыты слоем пыли, что говорит о движении запыленного воздуха по байпасной камере,

а, следовательно, подтверждает наличие циркуляции при перегрузке материала.

Таблица 1

Результаты проведенного эксперимента

Скорость удаляемого воздуха при отсутствии торцевых перетеканий $v_{y\partial}^c$, м/с	Расход удаляемого воздуха при отсутствии торцевых перетеканий $Q_{y\partial}^c$, м ³ /ч	Скорость удаляемого воздуха при наличии торцевых перетеканий $v_{y\partial}^6$, м/с	Расход удаляемого воздуха при наличии торцевых перетеканий $Q_{y\partial}^6$, м ³ /ч
0,83	23,5	0,37	10,5

Эффективность рециркуляции при отсутствии и наличии торцевых перетеканий определим по формуле

$$\delta = \frac{(Q_{y\partial}^c - Q_{y\partial}^6)}{Q_{y\partial}^c} \times 100\% = \frac{(23,5 - 10,5)}{23,5} \times 100\% = 55,3\% .$$

Таким образом, за счет организации замкнутой циркуляции воздуха посредством цилиндрической байпасной камеры возможно снижение расхода удаляемого воздуха в 2 раза. Полученные результаты позволят сделать аспирационную систему более энергоэффективной.

При сравнении результатов, полученных входе перегрузки сыпучего материала, с данными, полученными при имитации потока эжектируемого воздуха за счет использования нагнетателя [15–17], расхождение составляет не более 10 %.

**Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (проект МД-95.2017.8).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабанов С.А., Гайлис П.В. Пневмокониозы от воздействия производственной пыли различной степени фиброгенности // Трудный пациент. 2010. Т.8. №5. С. 35–38.
2. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. СПб.: Изд. Химиздат, 2005. 659 с.
3. Логачёв И.Н., Логачёв К.И., Аверкова О.А. Энергосбережение в аспирации. Теоретические предпосылки и рекомендации. Москва. Ижевск: РХД, 2013. 504 с
4. Logachev I.N., Logachev K.I., Industrial Air Quality and Ventilation Controlling Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2014, 401 p.
5. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation. Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2015, 549 p.

6. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Эжекция воздуха потоком сыпучего материала в пористой вертикальной трубе с байпасной цилиндрической камерой // Инженерно-физический журнал. 2015. Т. 88. № 4. С. 813–826.

7. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 1. Закономерности изменения эжекционного напора в желобах // Известия вузов. Строительство. 2013. №9. С. 53–63.

8. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 2. Эжектирующие свойства ленточного ковшового элеватора // Известия вузов. Строительство. 2013, №10. С.38–47.

9. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 3. Обсуждение результатов исследований // Известия вузов. Строительство. 2014. №1. С. 66–74.

10. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 1. Особенности расчетной схемы аспирации элеваторных перегрузок // Известия вузов. Строительство. 2014. №2. С.46–56.

11. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 2. Снижение объемов аспирации // Известия вузов. Строительство. 2014. №3. С.42–51.

12. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 3. Результаты расчетов и их обсуждение // Известия вузов. Строительство. 2014. №4. С. 86–98.

13. Логачев К.И., Крюков И.В., Аверкова О.А. Моделирование воздушных потоков в аспирационном укрытии с рециркуляцией // Новые огнеупоры. 2015. № 8. С. 57–62.

14. Логачев И.Н., Должикова Т.А. Основы проектирования и конструирования систем обеспыли-вающей вентиляции: Учебное пособие // 2-е изд., стер. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 83 с.

15. Крюков И.В., Логачев И.Н., Уваров В.А. Исследование процессов минимизации объемов удаляемого воздуха при комбинированном использовании перфорированного желоба с цилиндрической байпасной камерой // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №8. С. 108–112.

16. Крюков И.В., Логачев И.Н., Уваров В.А. Исследование процессов рециркуляции воздуха в перфорированном желобе с байпасной камерой, находящимся под избыточным давлением // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №7. С. 85–89.

17. Логачев К.И., Крюков И.В., Аверкова О.А. Моделирование воздушных потоков в аспирационном укрытии с рециркуляцией // Новые огнеупоры. 2015. №8. С. 57–62.

Kryukov I.V.**DECREASE IN VOLUMES OF EXHAUST AIR IN SYSTEMS OF DEDUSTING VENTILATION THROUGH ORGANIZATION OF NATURAL AIR CIRCULATION WHEN OVERLOADING MATERIAL**

Local systems of dedusting ventilation is widely used in various industries. However, their operating costs are increasing with the growth of production. One way to decrease these costs is the organization of air recirculation. One way to decrease these costs is the organization of air recirculation. The process of natural air circulation was researched in system of local dedusting ventilation closed type when overloading bulk materials. Calculated efficiency of the use of this systems. Obtained results suggest the feasibility of using the system for the organization of natural air circulation.

Key words: *dedusting ventilation, ventilation shelter, air recycling, bypassing.*

Крюков Илья Валерьевич, начальник отдела ОНИРС УПКВК.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: iliya.krukov@yandex.ru

DOI: 10.12737/24499

Аверкова О.А., д-р техн. наук, проф.,
Гольцов А.Б., канд. техн. наук, доц.,
Здесенко В.А., асп.,
Киреев В.М., канд. техн. наук, доц.,
Логачев К.И., д-р техн. наук, проф.,
Ходаков И.В., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИЛИНДРА-ОТСОСА ПРИ АСПИРАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ*

kilogachev@mail.ru

В статье приведены результаты ряда натурных и вычислительных экспериментов по исследованию поля скоростей вблизи вращающегося цилиндра-отсоса. Произведено сравнение расчетных и экспериментальных данных. Обсуждаются перспективы использования вращающегося цилиндра-отсоса в системах аспирации.

Ключевые слова: натурный эксперимент, вычислительный эксперимент, аспирация, вращающийся цилиндр-отсос.

Введение. Процессы производства переработки сыпучих материалов сопряжены с выделением пыли в воздух рабочей зоны. Современные системы обеспыливающей вентиляции способны эффективно локализовать данные пылевыведения. Но, не смотря на это, данные системы требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат. Соответственно перспективы их дальнейшего совершенствования, направленного на снижения энергозатрат являются актуальными и сегодня.

Одним из источников пылевыведения на предприятиях различных отраслей промышленности является конвейерная перегрузка. Доля конвейерного транспорта на данных предприятиях достаточно высока. Различными исследователями, учеными проведено множество исследований направленных на совершенствование систем обеспыливания [1–12], выявлены основные закономерности формирования пылевых потоков [6–10], создано множество конструкций укрытий [6, 9]. Одним из перспективных направлений на наш взгляд является применение в укрытия цилиндра-отсоса.

Основная часть. Вращение цилиндра отсоса как показали ряд исследований [6, 12] приводит к созданию устойчивого управляемого вихря, за которого под воздействием центробежных частицы пыли не попадают в аспирационный всасывающий канал и осаждаются в полости укрытия. В тоже время можно говорить и о проблемах применения данного устройства: усложненная техническая конструкция с наличием вращающихся деталей; образование избыточного давления в полости укрытия за счет вращения цилиндра-отсоса; отсутствие лабораторных и

полупромышленных испытаний данного устройства.

Основной целью нашего исследования является попытка выявить перспективы применения цилиндра-отсоса на основании экспериментальных исследований в лабораторных условиях. Нами уже были проведены численные исследования, входе которых были получены противоречивые данные, выявлены основные факторы влияющие на эффективность работы отсоса. Проведенные исследования позволяют нам говорить о существовании определенных условий, при которых создается устойчивое осаждение пыли в укрытии. Для достижения цели нашей работы с учетом результатов проведенных исследований [12] сформулированы следующие задачи:

- создать лабораторную установку вращающегося цилиндра-отсоса;
- исследовать поле скоростей воздуха в спектре действия цилиндра-отсоса;
- установить согласованность вычислительного и натурального экспериментов;
- оценить влияние, выявленных в предыдущих исследованиях факторов, на эффективную закрутку воздушного потока;
- установить целесообразность создания полупромышленного испытательного стенда для проведения дальнейших исследований и возможности реализации его в промышленных условиях.

На основании поставленных перед нами задач нами была создана лабораторная установка, которая представлена на рис. 1–2. Работа которой осуществляется следующим образом. Побудитель тяги 1 создает устойчивое движение воздушной массы через щель цилиндра-отсоса 2 и

далее по трубопроводам 3. В свою очередь цилиндр-отсос вращается за счет работы электродвигателя 4. В ходе эксперимента осуществляется регулирование следующих параметров: расход отсасываемого воздуха Q (10–50 м³/час), частота вращения цилиндра отсоса n (1000–

2000 об/мин). В качестве измеряемой величины была принята скорость V_z в различных точках относительно цилиндра-отсоса. Ниже в таблице 1 представлены уровни варьирования факторов эксперимента, а на рис. 5 представлены графики результатов измерения скорости V_z .

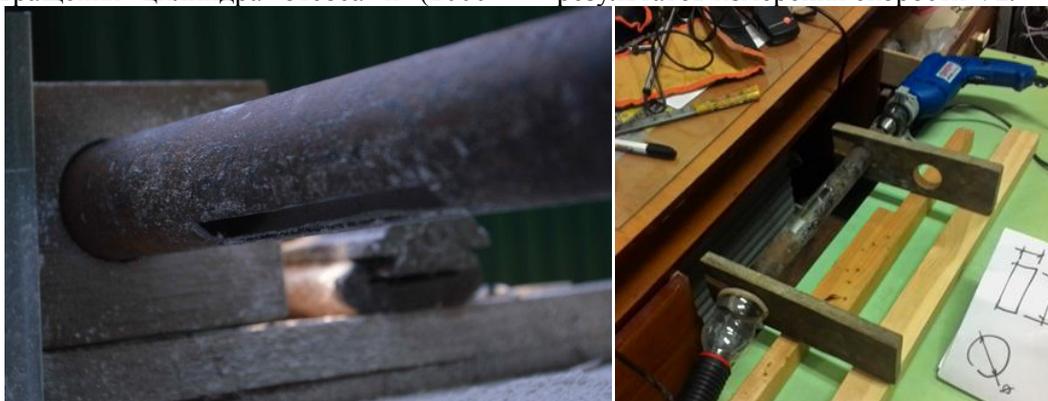


Рис. 1. Исследовательский стенд вращающегося цилиндра-отсоса

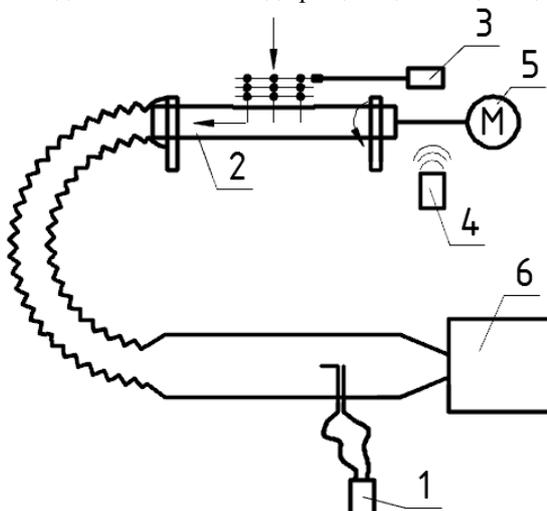


Рис. 2. Схема лабораторной установки: 1 – дифференциальный манометр Testo, 2 – цилиндр отсос; 3 – термоанемометр Testo, 4 – тахометр; 5 – электропривод; 6 – пылесос

Ряд работ по исследованию поля скоростей вблизи вращающегося цилиндра-отсоса выполнены численными методами [6, 12]. Поэтому одной из задач стоявшей перед нами являлось сравнение адекватности результатов вычислительных экспериментов. Для этого параллельно с вычислительными исследованиями были проведены лабораторные исследования в приложе-

нии COSMOSFlowWorks для программного обеспечения SolidWorks. Была создана модель цилиндра-отсоса (рис. 3), на основании которой были проведены аналогичные лабораторным исследования. Данная модель представляет собой открытое пространство с вращающимся в центре цилиндром-отсосом с размерами указанными на рис. 4.

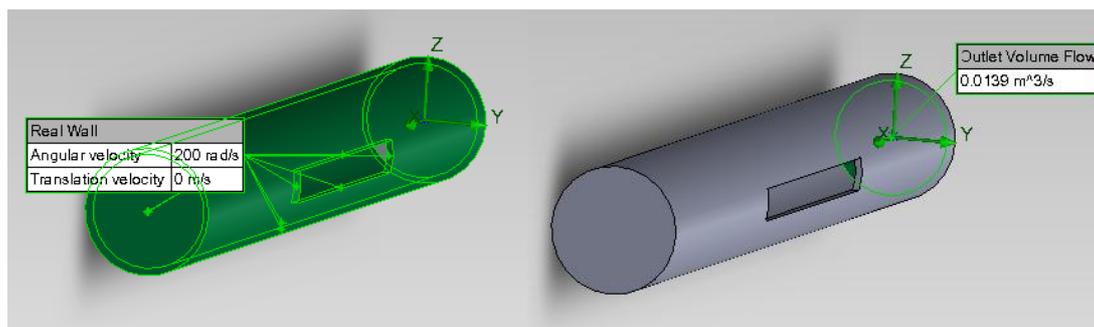


Рис. 3. Граничные условия численного эксперимента: Outlet Volume Flow – объем вытяжного воздуха; Real Wall – поверхность цилиндра

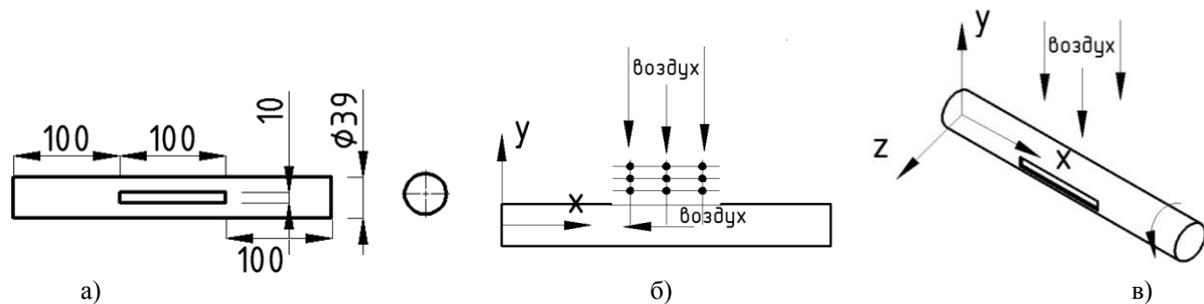


Рис. 4. Габаритные размеры исследуемого цилиндра-отсоса:

а – вид на всасывающее отверстие; б – вид в плоскости XOY; в – трехмерное изображение

Результаты проведенных натурных и вычислительных экспериментов представлены в таблице 1, а также на рис. 5–7.

Таблица 1

Факторы и результаты вычислительного и лабораторного экспериментов

№ Опыта	Расход воздуха Q , м ³ /час	Частота вращения цилиндра отсоса, n , об/мин	Координаты точек измерения, м		Скорость вращения воздуха вокруг OX в вычислительном эксперименте V_z , м/с	Скорость вращения воздуха вокруг OX в лабораторном эксперименте V_{z2} , м/с
			x	y		
1	10	1000	0,12	0,025	0,26	0,31
2	10	1000	0,15	0,025	0,27	0,31
3	10	1000	0,18	0,025	0,30	0,36
4	10	1000	0,12	0,035	0,11	0,10
5	10	1000	0,15	0,035	0,17	0,15
6	10	1000	0,18	0,035	0,15	0,13
7	10	1000	0,12	0,045	0,07	0,07
8	10	1000	0,15	0,045	0,11	0,12
9	10	1000	0,18	0,045	0,08	0,10
10	50	1000	0,12	0,025	0,06	0,06
11	50	1000	0,15	0,025	0,09	0,10
12	50	1000	0,18	0,025	0,07	0,09
13	50	1000	0,12	0,035	-0,11	0,06
14	50	1000	0,15	0,035	0,07	0,07
15	50	1000	0,18	0,035	0,01	0,01
16	50	1000	0,12	0,045	-0,08	0,09
17	50	1000	0,15	0,045	0,04	0,05
18	50	1000	0,18	0,045	0,00	0,03
19	10	2000	0,12	0,025	0,40	0,34
20	10	2000	0,15	0,025	0,54	0,66
21	10	2000	0,18	0,025	0,70	0,87
22	10	2000	0,12	0,035	0,30	0,35
23	10	2000	0,15	0,035	0,34	0,40
24	10	2000	0,18	0,035	0,29	0,29
25	10	2000	0,12	0,045	0,23	0,22
26	10	2000	0,15	0,045	0,22	0,22
27	10	2000	0,18	0,045	0,14	0,18
28	50	2000	0,12	0,025	0,12	0,13
29	50	2000	0,15	0,025	0,10	0,11
30	50	2000	0,18	0,025	0,13	0,14
31	50	2000	0,12	0,035	-0,13	0,13
32	50	2000	0,15	0,035	0,02	0,02
33	50	2000	0,18	0,035	0,11	0,13
34	50	2000	0,12	0,045	-0,10	0,08
35	50	2000	0,15	0,045	0,00	0,00
36	50	2000	0,18	0,045	0,08	0,08

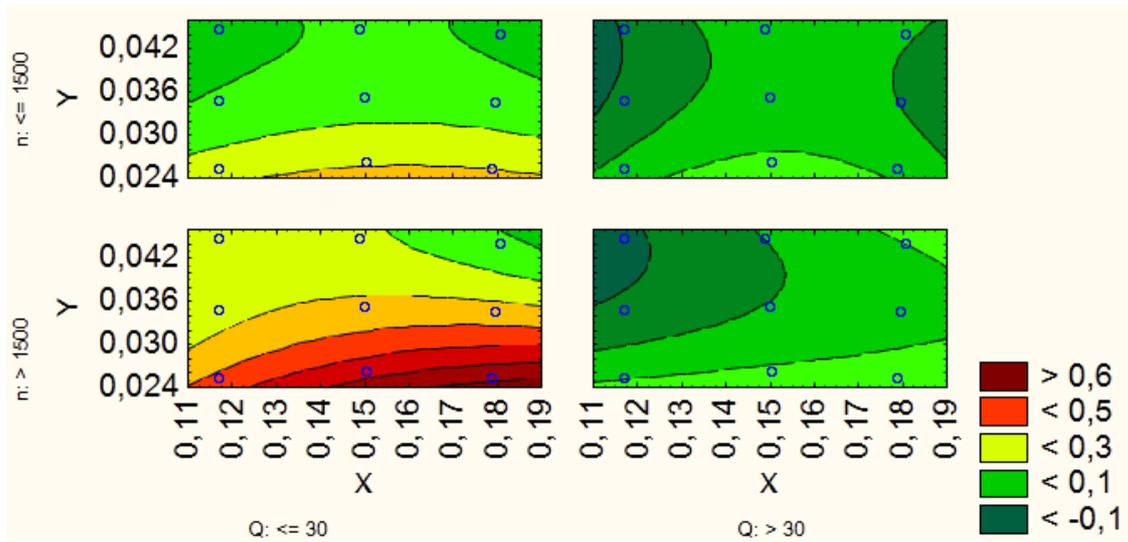


Рис. 5. Результаты вычисления скорости вращения относительно оси V_z в ходе вычислительного эксперимента

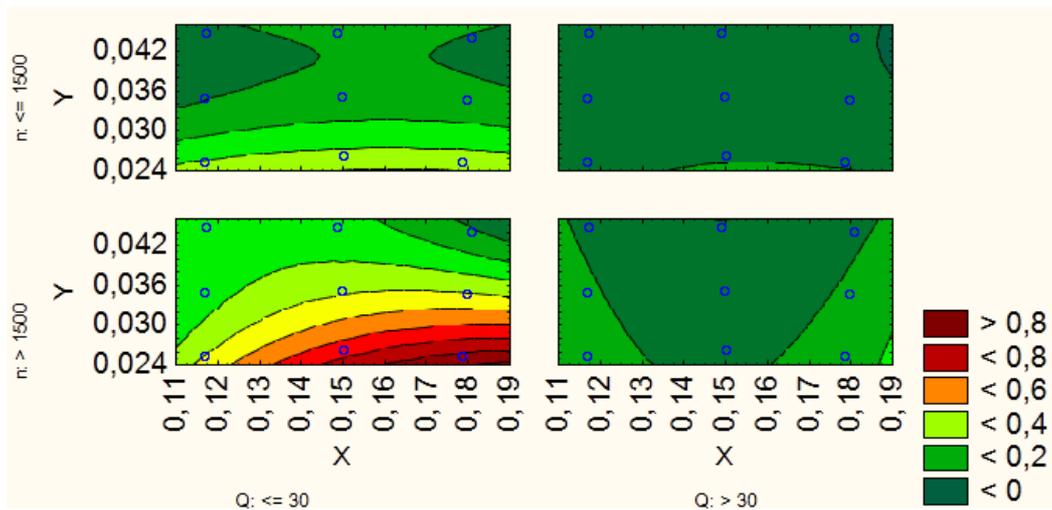


Рис. 6. Экспериментальные величины скорости вращения относительно оси V_z

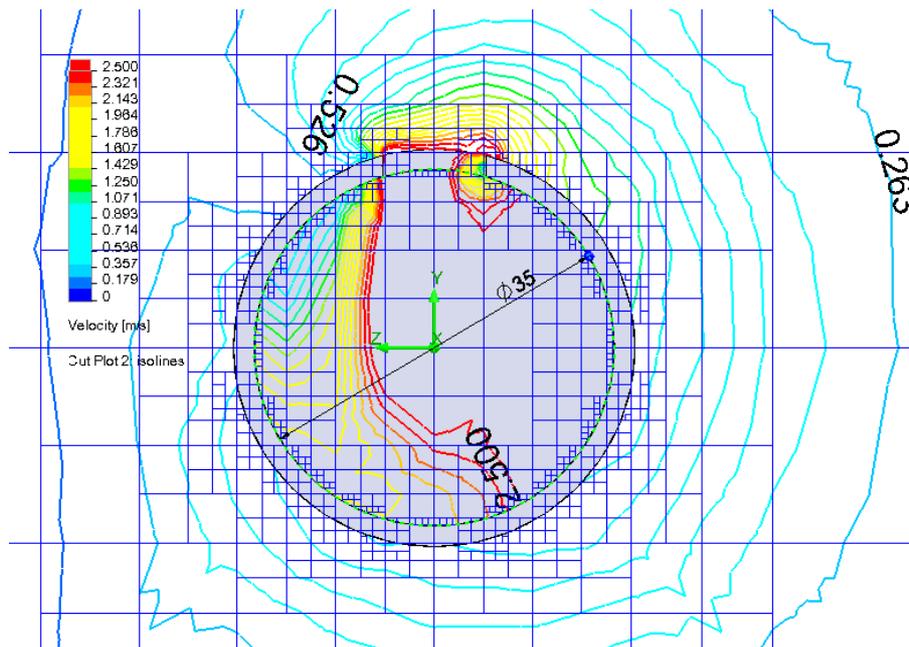


Рис. 7. Поле скоростей, полученное входе численного эксперимента при $Q = 10 \text{ м}^3/\text{час}$ и $n = 2000 \text{ об/мин}$.

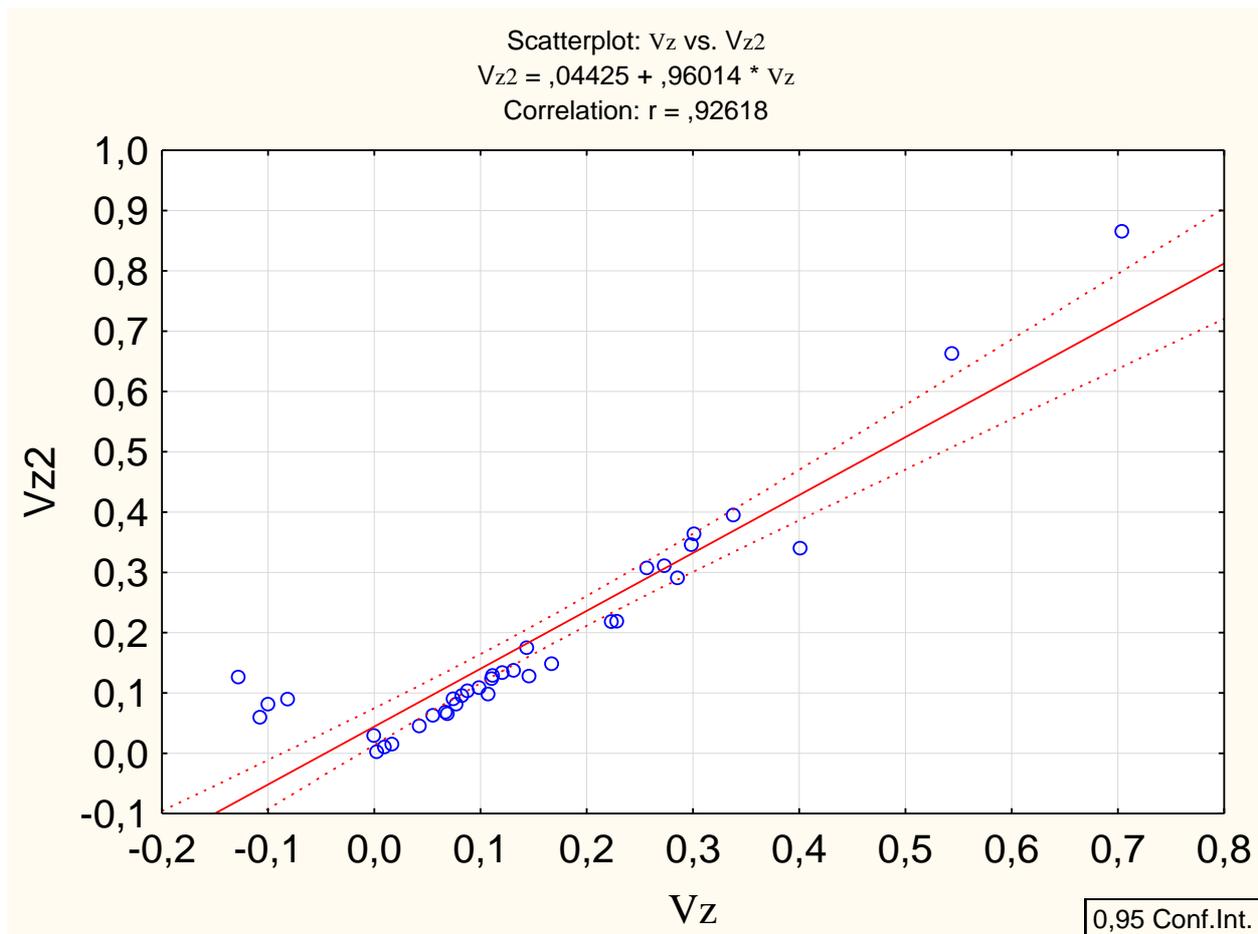


Рис. 8. Скорость движения воздуха Vz при измерении в вычислительном (Vz) и лабораторном (Vz2) эксперименте

Для сравнения и анализа полученных результатов был выбран описательный метод оценки согласованности измерений Блэнда-Алтмана (рис.8-9).. Для этого нами были определены разности каждой пары измерений, средняя величина и стандартное отклонение разности. Средняя разность характеризует систематическое расхождение, а стандартное отклонение – степень разброса результатов [13]. На рис. 8 представлен график, отражающий корреляционную взаимосвязь, между окружной скоростью измеренную в вычислительном Vz и лабораторном Vz2 экспериментах. Данные скорости при хорошем согласовании проведенных экспериментов должны иметь линейную зависимость, а в идеале должны совпадать, что на практике маловероятно в виду множества факторов влияющих на погрешность измерений и вычислений.

Диаграмма Блэнда-Алтмана представляет собой обычную диаграмму рассеяния, по оси X которой откладывается среднее значение скорости Vz для двух методов в одном испытании, а по Y –разность значений скорости Vz в одном испытании (рис. 9). Также на графике проводятся две линии соответствующие средней разности плюс/минус 1,96*стандартное отклонение,

что должно обозначать ожидаемый разброс разностей значений двух измерений.

Средняя разность между измерениями составляет 0,039, что говорит об отсутствии систематического отклонения. Стандартное отклонение разностей составило 0,069, достаточно большое значение, так как величина измеряемых скоростей лежит в диапазоне от -0,13...0,87 м/с.

Полученную величину ошибки можно объяснить рядом причин:

- в реальном эксперименте при измерении скорости существует пульсация скоростей вызванная вращением цилиндра отсоса;

- в численном эксперименте легче увидеть реальное направление движения воздуха, можно обратить внимание, что в вычислительном эксперименте скорости имеют отрицательное значение, в то время как в лабораторном все скорости положительны, не исключена вероятность ошибки выбора направления движения воздуха на расстояниях далеких от цилиндра, в тоже время в данных областях пульсация скорости более чувствительна, так как измеряемые значения меньше;

В целом результаты измерения скорости в вычислительном и лабораторном эксперименте достаточно хорошо коррелируют между собой,

что видно из рис.8 и таблицы 2. Коэффициент корреляции между измерениями, выполненными обоими способами, составил 0,926. Данный коэффициент корреляции говорит о наличии высокой линейной взаимосвязи между двумя выборками. Применение вычислительного ком-

плекса позволяет в дальнейшем производить исследования для выявления основных факторов оказывающих влияние на снижение пылевой нагрузки на фильтры систем аспирации при использовании цилиндра-отсоса.

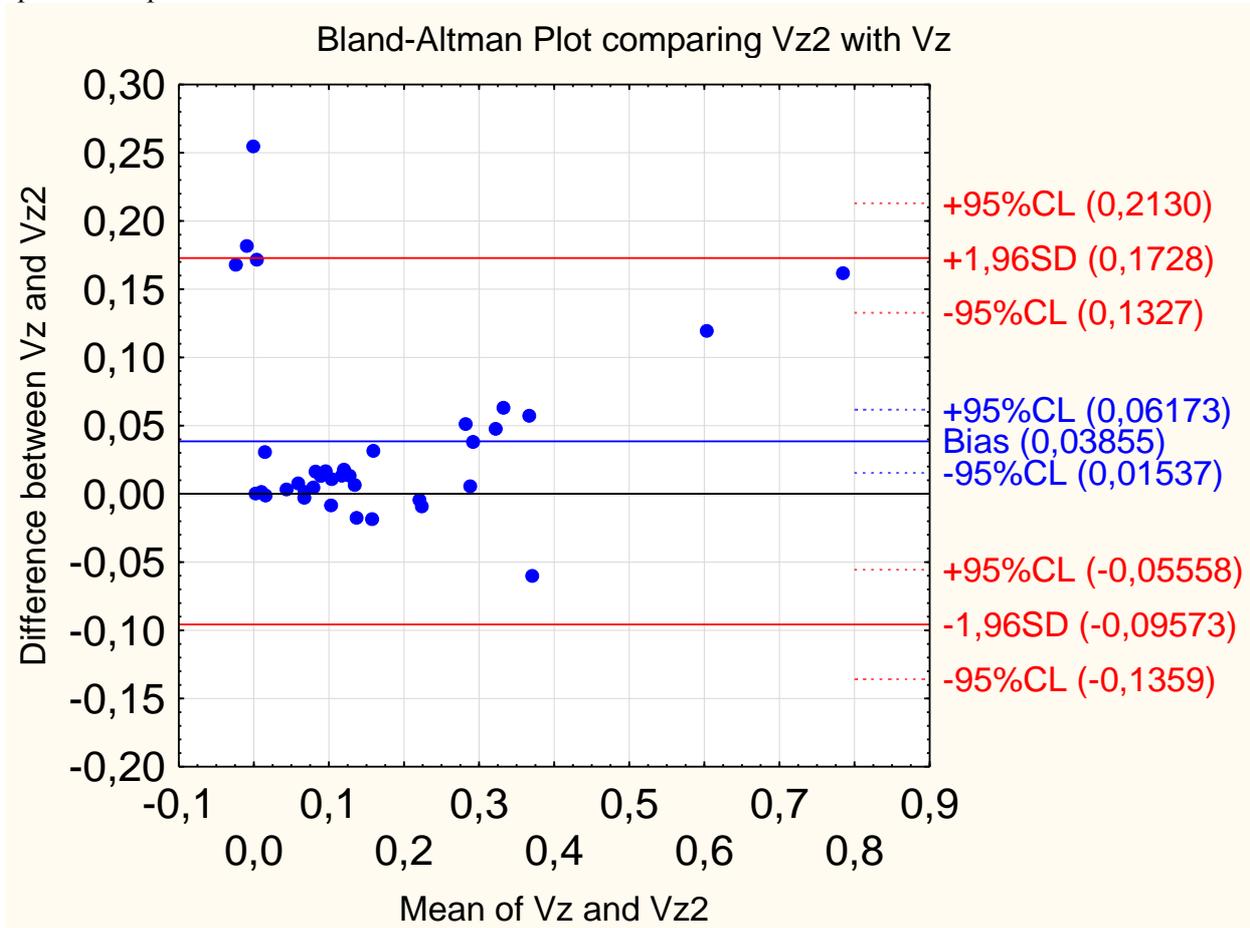


Рис. 9. Диаграмма Блэнда-Алтмана

Таблица 2

Сравнение экспериментальных и расчетных величин скоростей вращения вокруг цилиндра-отсоса

	Разница между Vz и Vz2
Объем выборки	36
Средняя разность между измерениями	0,038549
Доверительный уровень (-95 %)	0,015368
Доверительный уровень (95 %)	0,061730
Стандартное отклонение	0,068511
Стандартная ошибка	0,011418
Нижний предел соответствия	-0,095732
Верхний предел соответствия	0,17283
Нижний предел соответствия (доверительный уровень -95 %)	-0,135882
Нижний предел соответствия (доверительный уровень +95 %)	-0,055582
Верхний предел соответствия (доверительный уровень -95 %)	0,13268
Верхний предел соответствия (доверительный уровень +95 %)	0,21298

Выводы. По результатам проведенных исследований выявлено следующее:

- на повышение скорости закрутки воздушного потока значительное влияние оказывает частота вращения цилиндра отсоса;

- наибольшая скорость закрутки достигается при максимальной частоте вращения цилиндра-отсоса и минимальных расходах удаляемого воздуха, а это говорит о возможности создания и поддержания устойчивых условий для сепарации пыли из пылевоздушных потоков в полостях укрытий;

- отмечено негативное влияние малых диаметров цилиндра отсоса на закрутку воздушного потока, а это значит, требуется исследовать цилиндры отсосы с большим диаметром.

Основным выводом проведенных исследований является целесообразность проведения дальнейшей работы в полупромышленных условиях на чистом и запыленном воздухе, позволяющих выявить: режимно-технические характеристики предлагаемой конструкции цилиндра-отсоса, при которых работа отсоса будет оптимальной; выявить технологические условия, в которых целесообразно применение данного цилиндра отсоса. Перспектива использования цилиндра-отсоса в аспирационных укрытиях достаточно интересна с точки зрения снижения энергозатрат пылеулавливающим оборудованием в системах обеспыливания, хотя и существует ряд особенностей затрудняющих его применение в условиях производства. Применение цилиндра-отсоса при определенных условиях способно значительно снизить концентрацию пыли в аспирируемом воздухе.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ – проект № 16-08-00074а

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mallick S., Wypych P. W. Evaluation of scaleup procedures using "system" approach for pneumatic conveying of powders // Particulate Sci. Technol. 2010. Vol. 28. №1. pp. 41–50.
2. Li Xiaochuan, Wang Qili, Liu Qi, Hu Yafei Developments in studies of air entrained by falling bulk materials // Powder Technology. 2016. Vol. 291. pp. 159-169.
3. Wypych Peter W. Jianglin Yi Minimum transport boundary for horizontal dense-phase pneumatic conveying of granular materials // Powder Technology. 2003. Vol. 129. pp. 111–121.
4. Шафран Ю.В., Хоперсков А. В. Моделирование промышленных вентиляционных систем: проблема создания 3D-модели расчетной области // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1: Математика. Физика. 2016. № 2 (33). С. 52–62.
5. Хоперсков А.В., Шафран Ю. В., Бутенко М. А. Численное моделирование вентиляционных течений в промышленных помещениях // Южно-Сибирский научный вестник. 2014. № 2 (6). С. 98–102.
6. Logachev I.N., Logachev K.I., Averkova O.A. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. 2015. BocaRaton: CRC Press, pp: 576.
7. Азаров В.Н., Мензелинцева Н.В., Карапузова Н.Ю., Фомина Е.О., Пшеничкина Н.А. Экспериментальная оценка пылевого фактора на цементных заводах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 44-2 (63). С. 145–156
8. Азаров В.Н., Мензелинцева Н.В., Карапузова Н.Ю., Фомина Е.О., Пшеничкина Н.А. Математическая модель прогноза дисперсного состава пыли в воздухе рабочих зон цементных заводов при оценке пылевой обстановки// Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 44-2 (63). С. 134–144.
9. Минко В. А. Обеспыливание технологических процессов производства строительных материалов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. 176 с.
10. Минко В.А. [и др.]. Обеспыливающая вентиляция. Белгород : Изд-во БГТУ, 2010. 565 с.
11. Шаптала В. Г. [и др.]. Математическое обеспечение САПР систем вентиляции: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1998. 77 с.
12. Gol'tsov A.B., Logachev K.I., Averkova O.A. Modeling Dust and Air Flow Within an Aspirated Shelter // Refractories and Industrial Ceramics. 2016. Vol. 57. № 3. pp. 325-331.
13. С. Гланц. Медико-биологическая статистика. пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.

Averkova O.A., Goltsov A.B., Zdesenko V.A., Kireev V.M., Logachev K.I., Khodakov I.V. PERSPECTIVES OF USING SUCKTION-CILYNDER FOR ASPIRATION OF TRANSFER GROUPS

In the article the results of a number of natural and computational experiments of research of velocity field near the rotating suction-cylinder are described. Comparison of computational and experimental data is shown. Perspectives of use of rotating suction-cylinder in aspiration systems are discussed.

Key words: *natural experiment, computational experiment, aspiration, rotating suction-cylinder.*

Аверкова Ольга Александровна, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

e-mail: olga_19572004@mail.ru

Гольцов Александр Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

e-mail: abgolcov@gmail.com

Здесенко Виктория Александровна, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

e-mail: vitazdes@yandex.ru

Киреев Виталий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

e-mail: vit31rus@mail.ru

Логачев Константин Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

e-mail: kilogachev@mail.ru

Ходаков Илья Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры высшей математики

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

e-mail: ivh89@bk.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/24452

Володченко А.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ

volodchenko@intbel.ru

Установлено, что глинистые породы незавершенной стадии минералообразования пригодны в качестве энергосберегающего сырья для получения теплоизоляционных материалов автоклавного твердения с маркой по средней плотности D250 и D400, превосходящие по физико-механическим и теплоизоляционным свойствам материалы на традиционном известково-песчаном сырье. За счет высокой активности породообразующих минералов глинистых пород ускоряется процесс синтеза и формирование цементирующего вещества рациональной микроструктуры, что повышает физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: глинистые породы, известь, газобетонная смесь, автоклавная обработка, структурообразование, теплоизоляционные материалы.

В настоящее время в строительстве руководствуются весьма жесткими нормами по теплозащитным свойствам наружных ограждений жилых и общественных зданий, причем эти требования в дальнейшем будут только возрастать. Соответственно повышаются требования к используемым в строительстве материалам. В связи с этим большую актуальность приобретают задачи по разработке новых эффективных теплоизоляционных материалов, которые сочетают высокие теплоизоляционные и эксплуатационные показатели.

Рынок строительных материалов предлагает большое количество новых теплоизоляционных материалов, как на основе органических соединений, так и неорганических. Наибольшее распространение из неорганических теплоизоляционных материалов получили автоклавные ячеистые бетоны, сочетающие высокие теплоизоляционные показатели с высокой прочностью, огнестойкостью и биостойкостью.

Одним их наиболее эффективных теплоизоляционных материалов является газосиликат, сырьем для которого является кремнеземистый компонент и вяжущее на основе цемента и извести. Изделия на основе известкового вяжущего без цемента обладают более низкой прочностью, что создает проблемы при транспортировке, так как даже небольшие механические воздействия приводят к разрушению теплоизоляционных плит. Кроме этого технология производства таких материалов отличается высокими затратами энергии.

При использовании традиционного известково-песчаного сырья синтез новообразований осуществляется в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$, что ограничивает фазовый состав цементирующего

соединения. Одним из путей повышения физико-механических свойств материала является повышение расхода извести и увеличение давления автоклавной обработки и его продолжительности. Однако такой путь ведет к росту энергозатрат на производство, что снижает эффективность использования таких материалов.

Можно сделать вывод, что традиционное сырье исчерпало возможности повышения качества продукции и необходим переход на использование таких пород, которые позволят формировать состав и структуру цементирующего соединения, обеспечивающего высокие эксплуатационные показатели теплоизоляционных материалов. Этого можно достигнуть за счет использования алюмосиликатных пород, позволяющие проводить синтез новообразований различного состава в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ [1–10].

Установлено, что в качестве сырья для производства прессованных и ячеистых материалов автоклавного твердения можно использовать глинистые породы незавершенной стадии минералообразования [11–17]. При этом повышаются конструктивные, декоративные и эксплуатационные качества таких материалов и сокращаются затраты энергии на производство [18–21]. Проведенные исследования позволили сделать прогноз возможности повышения эффективности теплоизоляционных автоклавных материалов с использованием нетрадиционного сырья.

Цель работы – разработка состава сырьевых смесей и изучение структурообразования в теплоизоляционных автоклавных материалах на основе глинистых пород незавершенной стадии минералообразования.

Для получения теплоизоляционных материалов использовали глинистые породы месторождений Курской магнитной аномалии (КМА) и Архангельской алмазонасной провинции (ААП): супесь КМА, супесь ААП-1, супесь ААП-2 и магнезиальную глину ААП.

В супеси КМА и супеси ААП-2 преобладает алевритовая фракция, соответственно, 61,67 и 53,7 мас. % (табл. 1). В гранулометрическом составе супеси ААП-1 большую часть составляют псаммитовые частицы – 77,19 мас. %. В магнезиальной глине преобладает пелитовая фракция – 48,83 мас. %.

Таблица 1

Гранулометрический состав глинистых пород

Порода	Содержание фракций в мас.%, размер сит, мм							
	более 1,25	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,10	0,10–0,04	0,04–0,01	0,01–0,005	менее 0,005
Супесь КМА	–	3,12	5,37	7,21	18,72	42,95	5,70	16,93
Супесь ААП-1	2,0	18,58	26,4	30,21	4,0	9,35	1,9	7,56
Супесь ААП-2	–	–	–	32,40	43,95	9,79	3,75	10,11
Магнезиальная глина	1,98	5,04	5,50	13,65	12,23	12,77	18,15	30,68

Рентгенофазовым и термографическим анализом установлено, что глинистая составляющая супеси КМА состоит преимущественно из гидрослюды и смешаннослойных минералов, а также присутствует монтмориллонит и каолинит. Глинистые минералы супеси ААП-1 представлены гидрослюдой, монтмориллонитом и смешаннослойными минералами, супеси ААП-2 – гидрослюдой, смешаннослойными минералами и каолинитом. В породах содержится рентгеноаморфная фаза. Глинистая фракция магнезиальной глины представлена преимущественно сапонитом. Псаммитовая и алевритовая фракция породы состоит в основном из кварца.

Для получения теплоизоляционных материалов использовали составы сырьевых смесей, разработанные для конструктивно-теплоизоляционных материалов [22]. Вяжущее получали совместным помолом глинистой породы и извести ($S_{уд} = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$). Наполнитель из той же породы измельчали до $S_{уд} = 300$ и $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ соответственно для получения материалов со средней плотностью 400 и $250 \text{ кг}/\text{м}^3$. При изготовлении образцов на основе магнезиальной глины наполнитель готовили из кварцевого песка. Соотношение наполнителя к вяжущему составляло 1,5. Водотвердое отношение В/Т при температуре 35–40 °С соответствовало условию обеспечения расплыва растворной смеси по Сутгарду 23 и 26 см. Для снижения водопотребности сырьевой смеси добавляли суперпластификатор С-3 в количестве 0,3–0,4 мас. % от массы сухих компонентов. Изделия подвергались автоклавной обработке при давлении 1 МПа по режиму 1,5+5+1,5 ч. Время изотермической выдержки при этом было сокращено в 2 раза, в сравнении с традиционной технологией производства ячеистого бетона.

Предел прочности при сжатии известково-песчаных контрольных образцов при средней плотности $400 \text{ кг}/\text{м}^3$ составил 1,8 МПа (табл. 2).

При использовании в качестве сырья глинистых пород прочность теплоизоляционных материалов повысилась. Максимальный предел прочности при сжатии 2,4 МПа достигается при использовании в качестве сырья супеси ААП-2, что выше прочности известково-песчаных материалов на 33 %. Минимальное повышение прочности (11 %) обеспечивает супесь ААП-1.

Предел прочности при сжатии известково-песчаных теплоизоляционных материалов для марки по средней плотности D250 составил 0,61 МПа (см. табл. 2). Максимальное повышение прочности (34 %), как и для изделий марки D400, обеспечивает супесь ААП-2, минимальное (14 %) – супесь ААП-1.

Теплоизоляционные свойства материалов на основе глинистых пород улучшаются в сравнении с традиционными известково-песчаными материалами. Так коэффициент теплопроводности последних составляет 0,1 и 0,06 Вт/м·°С соответственно для марки D400 и D250 (см. табл. 2). Коэффициент теплопроводности изделий на основе глинистых пород составил соответственно 0,08–0,09 и 0,053–0,055 Вт/м·°С.

В теплоизоляционных материалах на основе традиционного сырья образуются низкоосновные гидросиликаты кальция (экзотермический эффект 820 °С и отражения 3,054; 1,82 Å на рентгенограмме) (рис. 1, кривая 1).

Фазовый состав цементирующего соединения теплоизоляционных материалов на основе глинистых пород представлен низкоосновными гидросиликатами кальция, тоберморитом и гидрогранатами (см. рис. 1, кривые 3–5). Экзотермический эффект низкоосновных гидросиликатов кальция в сравнении с контрольными образцами сдвигается в область более высоких температур (840–850 °С), что свидетельствует о повышении основности гидросиликатов кальция. Рефлексы 11,481–11,632 Å на рентгенограммах принадлежат тобермориту. Отклонение этих

значений от рефлекса тоберморита 11,3 Å свидетельствует об образовании нестехиометрических соединений за счет полидисперсного состава сырья. Магнезиальная глина способствует образованию низкоосновных гидросиликатов

кальция и рентгеноаморфных гидросиликатов магния (см. рис. 1, кривая 2). Эндотермические эффекты при 660 и 760°C связаны с разложением карбоната магния и кальция

Таблица 2

Состав и свойства теплоизоляционных материалов на основе глинистого сырья

Порода	Состав вяжущего, мас. %						Содержание СаО _{акт} , мас. %	В/Т растворной смеси	Марка по средней плотности, D	Предел прочности при сжатии, МПа	Класс по прочности, В	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
	Известь	Магнезиальная глина	Супесь ААП-1	Супесь ААП-2	Супесь КМА	Песок кварцевый						
Песок кварцевый	40	-	-	-	-	60	16	0,54	250	0,61	0,35	0,060
								0,50	400	1,80	1	0,10
Песок кварцевый	40	37,5	-	-	-	22,5	16	0,64	250	0,74	0,35	0,055
								0,60	400	2,15	1,5	0,09
Супесь ААП-1	40	-	60	-	-	-	16	0,62	250	0,70	0,35	0,053
								0,57	400	2,00	1,5	0,08
Супесь ААП-2	40	-	-	60	-	-	16	0,60	250	0,82	0,35	0,053
								0,55	400	2,40	1,5	0,09
Супесь КМА	45	-	-	-	55	-	18	0,62	250	0,74	0,35	0,055
								0,57	400	2,20	1,5	0,09

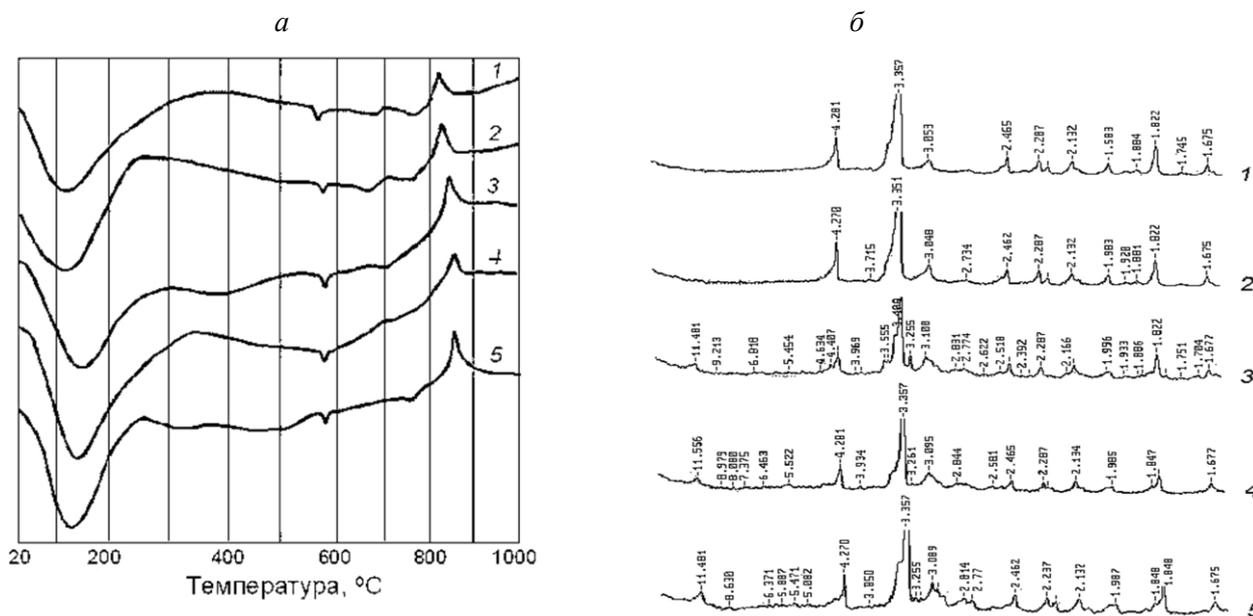


Рис. 1. Термограммы (а) и рентгенограммы (б) теплоизоляционных материалов на основе: 1 – кварцевого песка; 2 – с содержанием 15 мас. % магнезиальной глины; 3 – супеси ААП-1; 4 – супеси ААП-2; 5 – супеси КМА

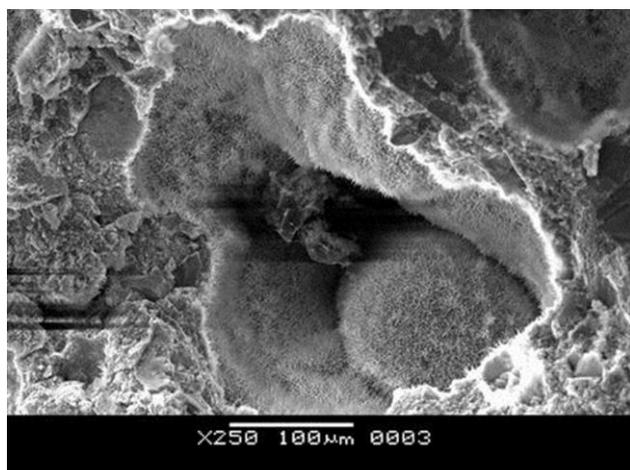
Число фаз цементирующего соединения на основе глинистых пород увеличивается, что снижает его теплопроводность в сравнении с цементирующим соединением на основе традиционного известково-песчаного вяжущего. За счет этого снижается теплопроводность межпо-

ровых перегородок и, соответственно, теплопроводность ячеистого бетона.

Определяющую роль на физико-механические свойства теплоизоляционных материалов оказывает их микроструктура. В теплоизоляционных известково-песчаных материалах поверхность поры покрыта слоем новообра-

зований из низкоосновных гидросиликатов кальция, представляющие собой удлинённые, закручивающиеся на конце лепестки (рис. 2). Структура межпоровой перегородки сложена

а



из частиц кварца, связанных между собой гелевидной фазой слабоокристаллизованных гидросиликатов кальция.

б

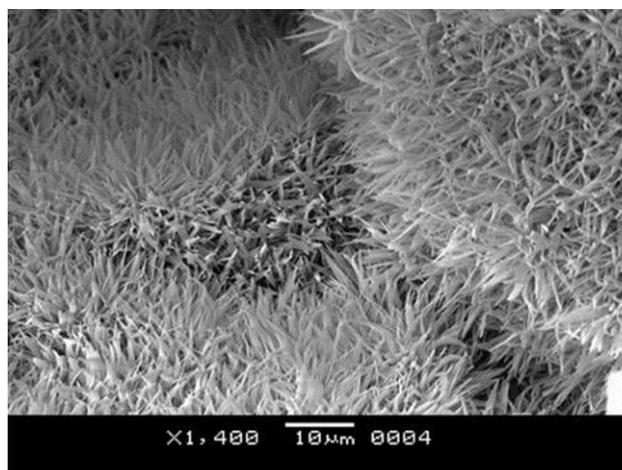
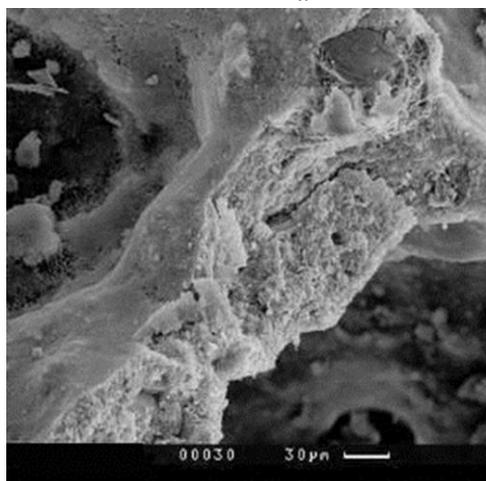


Рис. 2. Микроструктура теплоизоляционных материалов на основе известково-песчаного сырья, РЭМ: а – $\times 250$; б – $\times 1400$

В образцах с содержанием магнезиальной глины межпоровая перегородка состоит из сплошного гелевидного вещества, которое обволакивает частицы наполнителя, делая их менее заметными, чем в известково-песчаных матери-

а



алах (рис. 3, а). При большом увеличении (см. рис. 3, б) наблюдается ковер новообразований, состоящий из мелкодисперсных тонких пластинок, представляющие собой, вероятно, низкоосновные гидросиликаты кальция.

б

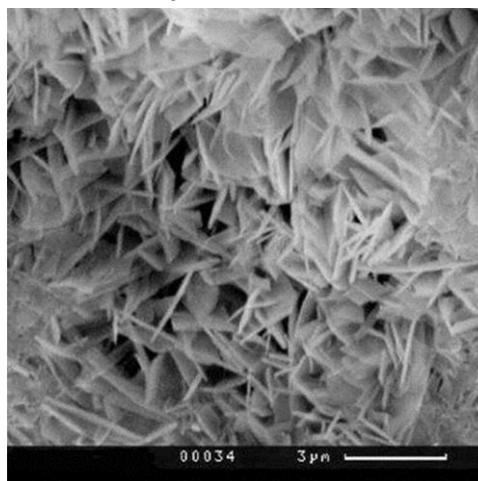


Рис. 3. Микроструктура теплоизоляционных материалов на основе магнезиальной глины, РЭМ: а – $\times 300$; б – $\times 6800$

Межпоровые перегородки в образцах на основе супеси ААП-1, супеси ААП-2 и супеси КМА также состоят из плотного гелеобразного вещества, в структуре которого в отдельных местах проявляются частицы наполнителя. Поверхность пор покрыта мелкодисперсными хорошо окристаллизованными пластинками тоберморита, которые образуют сплошной ковер новообразований и скрепляющий между собой хлопьевидные агрегаты (рис. 4). Следовательно, высокая активность порообразующих мине-

ралов глинистых пород позволяет ускорить формирование цементирующего соединения и сократить время автоклавной обработки изделий.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что в теплоизоляционных материалах на основе глинистых пород ускоряется процесс синтеза и кристаллизации новообразований. За счет полиминерального состава сырья синтезируются как гелевидные формы низкоосновных гидросиликатов кальция, так и хорошо окри-

сталлизованные, в частности тоберморит, а также гидрогранаты, которые оптимизируют микроструктуру цементирующего соединения, что повышает прочность межпоровых перегородок

и, соответственно, обеспечивается повышение физико-механических показателей теплоизоляционных материалов.

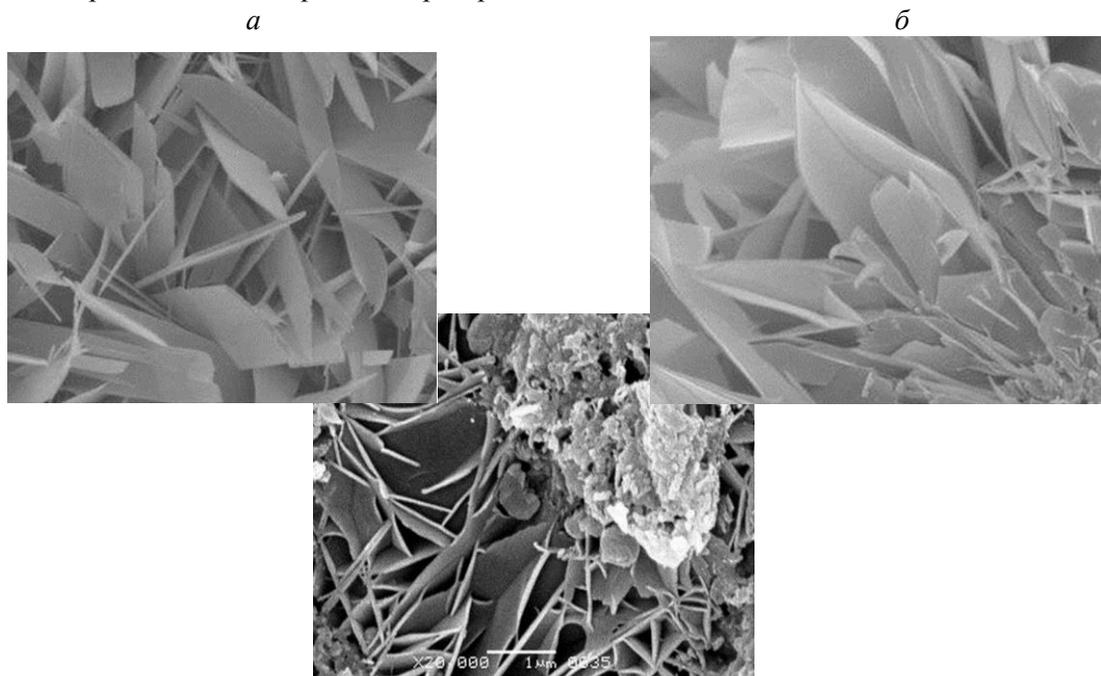


Рис. 4. Микроструктура теплоизоляционных материалов на основе глинистых пород, РЭМ: $\times 20000$
а – супесь ААП-1; *б* – супесь ААП- 2; *в* – супесь КМА

Таким образом, глинистые породы незавершенной стадии минералообразования пригодны в качестве энергосберегающего сырья для получения автоклавных ячеистых бетонов, удовлетворяющих требованиям теплоизоляционного (D250–D400), превосходящие по своим физико-механическим и теплоизоляционным свойствам материалы на традиционном известково-песчаном сырье. За счет высокой активности породообразующих минералов глинистых пород ускоряется процесс синтеза и формирование цементирующего вещества рациональной микроструктуры, что увеличивает прочность межпоровых перегородок и, соответственно, повышает прочность теплоизоляционных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 21–24.
2. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2013. 127 с.
3. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья //

Фундаментальные исследования. 2013. № 6–3. С. 525–529.

4. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Повышение водостойкости силикатных материалов за счет введения техногенного алюмосиликатного сырья // «Современная наука: тенденции развития»: IV Междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 26 марта 2013 г.: Сборник научных трудов. Т.2. Краснодар, 2013. С. 72–73.
5. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Черкасов В.С., Шаповалов Н.Н. Прессованные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита // Строительные материалы. 2012. № 3. С. 14–15.
6. Алфимова Н.И. Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2012. 97 с.
7. Алфимова Н.И. Прессованные материалы автоклавного твердения с использования техногенного сырья // [Электронный ресурс]: Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 24 мая 2011 г. БГТУ. Белгород, 2011.
8. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Черкасов В.С., Калатоци В.В. Повышение эффективности композиционных вяжущих за счет использования отходов производства керамзита и оптимизации режимов твердения // В сборнике: Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности

строительных материалов сборник докладов (XIX научные чтения). 2010. С. 36–38.

9. Алфимов С.И., Жуков Р.В., Володченко А.Н., Юрчук Д.В. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 2. С. 59–60.

10. Баженов Ю.М., Голиков Г.Г., Володченко А.Н., Строкова В.В. Пигменты КМА для получения окрашенных материалов автоклавного твердения // Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях: материалы шестого Международного симпозиума. Белгород. 2001. Ч. 2. С. 545–554.

11. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 526 с.

12. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород, 2014.

13. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Volodchenko A.N., Zagorodnjuk L.H. Improving the efficiency of wall materials for «green» building through the use of aluminosilicate raw materials // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 45142–45149.

14. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617–40622.

15. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Прасолова Е.О., Чхин С. Нетрадиционное глинистое сырье как компонент неорганических дисперсных систем // Вестник МГСУ. 2014. № 9. С. 67–75.

16. Лесовик В.С., Володченко А.А. Безавтоклавные стеновые материалы на основе природного наноразмерного сырья // Научные труды SWorld. 2012. Т. 47. №. 4. С. 36–40.

17. Володченко А.А. Влияние песчано-глинистых пород на морозостойкость автоклавных силикатных материалов // Научные труды SWorld. 2013. Т. 50. №. 3. С. 8–13.

18. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х. Структурообразование в безавтоклавных силикатных материалах на основе глинистого сырья // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 8-1 (27). С. 51–53.

19. Volodchenko A.N., Olegovna E., Prasolova, Lesovik V.S., Kuprina A.A., Lukusova N.P. Sand-Clay Raw Materials for Silicate Materials Production // Advances in Environmental Biology. 2014, Т.8. № 10. С. 949–955.

20. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10–15.

21. Прасолова Е.О., Лесовик В.С., Володченко А.А. Эффективное сырье для улучшения теплотехнических свойств ячеистых бетонов // В сборнике: Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 531–536.

22. Володченко А.Н., Строкова В.В. Особенности технологии получения конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 138–143.

Volodchenko A.N.

DEVELOPMENT COMPOSITION OF THERMAL INSULATION MATERIALS AUTOCLAVE CURING BASED ON CLAY RAW MATERIALS

It is established that the clay mineral rocks unfinished stage znergosberegayuschego suitable as a raw material for heat insulation materials autoclaved with the mark at an average density of D250 and the D400, the superior physical-mechanical and heat-insulating properties of materials on the traditional of calc-sand materials. Due to the high activity of the rock-forming minerals Gly-grained rocks accelerating the synthesis process and the formation of a consolidating agent rational microstructure, which increases the physical and mechanical properties of thermal insulat-relational materials.

Key words: clay rocks, lime, gas-silicate mixture, autoclaved aerated concrete, structure formation, thermal insulation materials.

Володченко Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, профессор, кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: volodchenko@intbel.ru

DOI: 10.12737/24129

Андронов С.Ю., канд. техн. наук, доц.,
Задирака А.А., аспирант

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПОЗИЦИОННОГО ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

atomic08@yandex.ru

Способом повышения устойчивости асфальтобетона к внешним нагрузкам является введение в его состав волокон и нитей. Введение в смесь небольших по размеру (дискретных) элементов позволяет добиться их равномерного распределения (дисперсии) в смеси, и получить “композитный” материал с более высокими физико-механическими показателями в готовом конструктивном элементе. Были подобраны опытные составы композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей и определено влияние на их свойства способа введения в смесь фибры с различной длиной нарезки.

Ключевые слова: композиционный материал, технология производства композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, базальтовая фибра, лабораторное исследование, волокна.

Введение. В транспортном строительстве широко используется асфальтобетон, который работает в сложных климатических условиях под воздействием динамической и статической нагрузки, деформаций и т.д. Асфальтобетоны подвержены трещинообразованию, шелушению, выкрашиванию, образованию колеи, волн и впадин. Введение в асфальтобетонную смесь длинных (протяженных) элементов - нитей, волокон или проволоки, при удовлетворении и постоянстве качественных показателей в настоящее время является нерешённой задачей.

Выполнялись исследования способов введения в состав композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей предварительно приготовленных смесей (навесок) из базальтовой фибры с минеральным порошком, а также предварительно приготовленных смесей (навесок) из базальтовой фибры с песком.

Методология. Для установления влияния температуры и оптимального соотношения минерального порошка и базальтовой фибры изготавливались опытные замесы. Использовались следующие компоненты: фибра базальтовая длиной нарезки 15 мм; минеральный порошок МП-1. Смешивание осуществлялось в керамической цилиндрической емкости объемом 3 л с диаметром дна 150 мм. Емкость с минеральным порошком и базальтовой фиброй размещалась на электроплитке, оснащенной регулятором скорости нагрева. Скорость нагрева составляла 10–12 °С в минуту. Контроль температуры выполнялся ртутным термометром. Перемешивание выполнялось в ручную металлическим шпа-

телем (примерно одно круговое движение в секунду). При смешении фиксировались температуры, при которых: смесь становилась “однородной” (то есть достигалось наилучшее качество смешивания); в смеси образовывались сгустки и комья, происходило разделение на фибру и минеральный порошок (то есть качество смешивания ухудшалось) [1].

Основная часть. По результатам исследований было установлено, что базальтовая фибра с минеральным порошком смешивается до однородной смеси при соотношении не более 5 % базальтовой фибры и 95 % минерального порошка. Большие соотношения базальтовой фибры не позволяют смешиваться ей с минеральным порошком до однородного состояния. Было установлено, что нагрев и интенсивность смешивания положительно влияют на качество и однородность перемешивания. Интервал температур от 100 до 200 °С для перемешивания является наиболее оптимальным. В указанном интервале температур компоненты быстро перемешиваются между собой и для этого требуется 7–8 круговых движений. Наилучшая температура смешивания составляет 160 °С. При температурах свыше 200 °С смесь базальтовой фибры и минерального порошка расслаивается. Понижение температуры ниже 100 °С также приводит к образованию сгустков базальтовой фибры и ухудшению качества полученной ранее смеси.

Оценка однородности смесей, при перемешивании с нагревом базальтовой фибры с минеральным порошком, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Оценка смесей, при перемешивании с нагревом базальтовой фибры с минеральным порошком

№ п.п.	Соотношения базальтовой фибры и минерального порошка, % по массе	Температура смешивания смеси, °С		Визуальная оценка однородности смеси
		Хорошее качество	Ухудшение качества	
1	Базальтовая фибра 1,5 % Минеральный порошок 98,5 %	100	200 °С	Хорошее
2	Базальтовая фибра 2,5 % Минеральный порошок 97,5 %	95	205 °С	Хорошее
3	Базальтовая фибра 5 % Минеральный порошок 95 %	95	200 °С	Хорошее
4	Базальтовая фибра 7,5 % Минеральный порошок 92,5 %	100	205 °С	Не удовлетворительное с образованием сгустков
5	Базальтовая фибра 10 % Минеральный порошок 90 %	100	205 °С	Не удовлетворительное с образованием сгустков

На основании выполненных исследований для производства композиционных дисперсно-армированных базальтовым волокном асфальтобетонных смесей рекомендуется использование предварительно подготовленной смеси из минерального порошка с базальтовой фиброй не более 5 % по массе. Также на основании выполненных исследований было установлено, что температура применения смеси должна быть не ниже 95–100 °С [7].

Выполнялось исследование возможности качественного смешивания базальтовой фибры с песком. Для исследований применялся мелкий речной песок. Применялась методика исследований аналогичная исследованиям возможности предварительного смешивания с минеральным порошком. В ходе исследований в тех же температурных интервалах установлено, что достигнуть равномерного смешивания базальтовой фибры с песком не представляется возможным из-за образования сгустков и комков фибры [4, 5].

Для определения влияния на качество композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси технологии изготовления, при которой компоненты смеси смешиваются с предварительно приготовленной смесью базальтовой фибры и минеральным порошком, было изготовлено 3 смеси.

Смесь базальтовой фибры с минеральным порошком, использовалась в нагретом виде, при температуре не ниже 100 °С.

Для сопоставления результатов исследований в качестве исходных смесей (базальтовой фибры) использовались смеси марки I типа Б с вяжущим БНД 60/90. Физико-механические показатели исходных смесей приведены в таблице 2.

Было исследовано 3 способа введения смеси базальтовой фибры и минерального порошка в

состав композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей.

1) Смесь базальтовой фибры и минерального порошка вносилась постепенно в разогретую минеральную часть смеси с одновременным перемешиванием и последующим добавлением вяжущего и перемешиванием до однородного состояния.

2) Смесь базальтовой фибры и минерального порошка вносилась сразу всей навеской на разогретую минеральную часть смеси, перемешивалась, затем вводилось вяжущее и перемешивалось до однородного состояния.

3) Смесь базальтовой фибры и минерального порошка вносилась сразу всей навеской в работающую лабораторную мешалку, затем вносились разогретые компоненты минеральной части смеси, компоненты перемешивались, затем вводилось вяжущее и все перемешивалось до однородного состояния.

Смеси для исследований готовились в лабораторной мешалке объемом 6 литров, сконструированной по типу смесителей асфальтобетонного завода [6].

После приготовления композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, из них изготавливались и испытывались контрольные образцы по ГОСТ 12801-98 [2]. Результаты лабораторных испытаний в сравнении с исходными смесями приведены в табл. 2.

Для смеси, при постепенном внесении базальтовой фибры с минеральным порошком были определены все показатели по ГОСТ 9128-2013 [3]. Для смеси, при внесении базальтовой фибры с минеральным порошком всей навески сразу, определялись плотность, водонасыщение, прочность при 20 °С и 50 °С.

Для смеси, при внесении базальтовой фибры в мешалку, с последующим внесением остальных компонентов, определялись плотность, во-

донасыщение, прочность при 20 °С, 0 °С и 50 °С, сдвигоустойчивость по коэффициенту внут-

реннего трения, и сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С.

Таблица 2

Физико-механические показатели композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонов при введении базальтовой фибры в виде смеси с минеральным порошком нагретой до температуры 100 °С

Наименование показателя	Ед. изм.	Требования ГОСТ 9128-2013 к смеси марка I тип Б	Фактические значения			
			Асфальтобетон типа Б, марки I	Асфальтобетон типа Б марки I с постепенным введением в состав смеси фибры с минеральным порошком	Асфальтобетон типа Б марки I с введением сразу всей навеской в состав смеси фибры с минеральным порошком	Асфальтобетон типа Б марки I с введением в первую в мешалку смеси фибры с минеральным порошком, а затем все остальные компоненты
Средняя плотность уплотненного материала из смеси,	г/см ³	-	2,46	2,48	2,48	2,49
Водонасыщение для смесей	%	от 1,5 до 4,0	1,57	1,5	1,9	2,2
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С,	МПа	От 2,5	4,5	5,5	5,0	5,0
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов при температуре 0 °С,	МПа	-	4,0	5,1	4,5	4,5
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С,	МПа	До 13,0	7,4	7,5	7,50	7,0
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С,	МПа	От 1,30	2,0	2,5	2,0	2,1
Водостойкость,	-	От 0,85	0,89	0,93	0,90	0,9
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения,	-	От 0,83	0,83	0,88	0,85	0,79
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С		От 0,38	0,6	0,65	0,61	0,55
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин	МПа	От 4,0 до 6,5	4,2	5,5	5,5	4,1

При постепенном внесении базальтовой фибры в смеси с минеральным порошком в разогретую минеральную часть асфальтобетонной смеси, с одновременным перемешиванием, последующим введением вяжущего и перемешиванием до однородного состояния обеспечивается наиболее высокое качество смеси и соответственно композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона. Все основные

физико-механические показатели стали выше, чем у исходной асфальтобетонной смеси без добавки фибры. Улучшение показателей физико-механических свойств асфальтобетонной смеси обусловливается равномерным распределением базальтовой фибры в объеме асфальтовой смеси [10].

Выводы. Введение в состав композиционных дисперсно-армированных асфальтобетон-

ных смесей предварительно приготовленной смеси базальтовой фибры с минеральным порошком позволяет получить положительные результаты при условии обеспечения равномерной подачи такой смеси в мешалку при постоянном перемешивании компонентов асфальтобетонной смеси и использовании ее при температуре не ниже 95–100 °С. Исследования позволили установить эффективность способа введения предварительно приготовленной смеси базальтовой фибры с минеральным порошком в смесь компонентов асфальтобетонной смеси для улучшения показателей физико-механических свойств асфальтобетона в покрытиях автомобильных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
- ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
- СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги
- Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий. Методические рекомендации – Омск: СибАДИ. 2004.
- А. с. 1216012 СССР, МКИЗ В 28 В 13/02. Устройство для уплотнения строительных смесей в форме / А. Ф. Иванов, А. В. Потапов, Н. А. Горнаев, И. В. Михайлов (СССР). – № 3834339 ; заявл. 30.12.84 ; опубл. 07.03.86, Бюл. № 9. 3 с. : ил.
- Челпанов И.Б., Евтеева С.М., Талалай В.В., Кочетков А.В., Юшков Б.С. Стандартизация испытаний строительных, дорожных материалов и изделий // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2011. № 2. С. 57–68.
- Installing Composite Surface Treatment and Thin Wearing Courses Using Different Types of Fibre. A. V. Kochetkov, L. V. Yankovskii, I. V. Chelpanov. Translated from *Khimicheskie Volokna*, Vol. 47, No. 1, pp. 66-72, January-February, 2015. *Fibre Chemistry* July 2015.
- M. Aren Cleven Investigation of the properties of carbon fiber modified asphalt mixtures / Michigan technological university, 2000.
- Rebecca Lynn Fitzgerald Novel Applications of Carbon Fiber for Hot Mix. Asphalt Reinforcement and Carbon-Carbon // Michigan technological university, 2000
- Saeed Ghaffarpour Jahromi, Ali Khodaii Carbon fiber reinforced asphalt concrete // Department of Civil Engineering, Tehran, Iran.

Andronov S.Yu., Zadiraka A.A.

INFLUENCE OF METHOD OF ADMINISTRATION BASALT FIBRO ON PHYSICAL AND MECHANICAL PERFORMANCE OF COMPOSITE GLASS FIBER ASPHALT CONCRETE

A method of increasing the stability of asphalt concrete to external loads is the introduction into its structure of fibers and yarns. Introduction into a mixture of small size (discrete) components allows achieving their uniform distribution (dispersion) in the mixture and obtain a "composite" material having a high physical and mechanical properties in the finished structural member. experimental composite formulations of dispersion-reinforced asphalt mixtures and determined the impact on their properties route of administration were chosen to blend fibers with different cutting length.

Key words: *composite material, the production technology of composite dispersion-reinforced asphalt concrete and basalt fiber, laboratory testing, fiber.*

Андронов Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77к3.

E-mail: atomic08@yandex.ru

Задирака Алексей Анатольевич, аспирант, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77к3.

E-mail: alex.zadiraka@mail.ru

DOI: 10.12737/24429

Володченко А.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АЛЮМОСИЛИКАТНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АВТОКЛАВНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

volodchenko@intbel.ru

Установлено, что глинистые породы незавершенной стадии минералообразования пригодны в качестве сырья для получения широкой номенклатуры автоклавных отделочных материалов нового поколения. За счет высокой реакционной способности глинистых пород ускоряется синтез и формирование цементирующих соединений рациональной микроструктуры, что повышает физико-механические свойства автоклавных отделочных материалов. Возможно сокращение в 2 раза времени изотермической выдержки изделий в автоклаве, что снизит затраты энергии на производство. Использование отделочных материалов на основе глинистых пород повысит эффективность строительства и улучшит комфортность проживания человека.

Ключевые слова: глинистые породы, известь, автоклавная обработка, фазообразование, микроструктура, отделочные материалы.

Современная архитектура и градостроительство должны отличаться простотой и строгостью конструктивных форм, при которых большое значение приобретают строительные материалы, сочетающие декоративные свойства с долговечностью и надежностью. Одними из наиболее распространенных материалов, которые отвечают перечисленным требованиям, являются цветные силикатные материалы автоклавного твердения, такие как силикатный кирпич, силикатный бетон, силикатная отделочная плитка, ячеистые бетоны.

Для получения цветных автоклавных изделий используются пигменты, спектр которых пригодный для автоклавной технологии весьма ограничен. Наибольшее распространение получили железоокисные пигменты. Однако традиционный способ окрашивания силикатных материалов обладает такими недостатками, как снижение прочности готовых изделий и ухудшение цветовых характеристик после автоклавной обработки. Кроме этого лицевой кирпич должен обладать высокой плотностью и низкой пористостью, чтобы избежать загрязнения пылью, что сложно добиться, используя традиционное известково-песчаное сырье.

Анализ данных по исследованию сырьевой базы материалов автоклавного твердения позволил теоретически обосновать и экспериментально подтвердить возможность использования вместо песка алюмосиликатного сырья [1–10], в частности, глинистых пород незавершенной стадии минералообразования [11–17]. Подобные отложения широко распространены, а также в больших количествах попутно извлекаются при добыче рудных полезных ископаемых. Это сырье, содержащее такие активные минералы, как гидрослюда, смешаннослойные образования,

аморфную фазу, тонкодисперсный кварц, позволяет управлять синтезом новообразований для получения материалов с заданными свойствами [18–20]. Кроме этого, природная окраска широкой гаммы цветов глинистых пород позволит получать цветные материалы [21–23].

Использование подобных пород наряду с окрашиванием автоклавных материалов позволит также улучшить их физико-механические свойства. За счет высокой активности сырья можно снизить давление автоклавной обработки и существенно сократить время изотермической выдержки и, тем самым, устранить отрицательное влияние этих технологических процессов на цвет изделий [11, 12].

Целью работы является изучение возможности использования нетрадиционных для стройиндустрии глинистых пород незавершенной стадии минералообразования для получения широкой номенклатуры отделочных материалов.

В исследованиях использовали глинистые породы месторождений Курской магнитной аномалии (КМА) и Архангельской алмазонасной провинции (ААП): суглинок КМА, супесь ААП-1, супесь ААП-2, число пластичности (I_p) которых составляет, соответственно, 11,3, 3,5 и 2,2.

По гранулометрическому составу суглинок КМА алеврито-пелитовая порода. Количество пелитовой фракции составляет 58,66 мас. %, алевритовой – 40,62 мас. %. В супеси ААП-1 преобладают псаммитовые частицы (77 мас. %), в супеси ААП-2 – алевритовые (53,7 мас. %). По химическому составу породы относятся к категории кислых. Содержание SiO_2 составляет 66,9–76,8 мас. %, в том числе свободного кварца – 32–36 мас. %.

Рентгенофазовым и термографическим анализом установлено, что глинистая составляющая суглинка КМА состоит преимущественно из гидрослюд и смешаннослойных минералов. Зафиксировано также присутствие монтмориллонита и каолинита. Глинистые минералы супеси ААП-1 представлены гидрослюдой, монтмориллонитом и смешаннослойными минералами, супеси ААП-2 – гидрослюдой, смешаннослойными минералами и каолинитом. Породы также содержат рентгеноаморфную фазу.

Декоративные качества отделочных материалов во многом определяются их цветом. Глинистые породы незавершенной стадии минералообразования обладают широкой гаммой цветов, который обусловлен преимущественно наличием оксидов и гидроокислов железа и алюминия. Суглинок КМА имеет светло-коричневый цвет. Супесь ААП-1 и супесь ААП-

2 обладают соответственно желтым и красным цветом.

Использование в качестве сырья глинистых пород позволяет получать объемно-окрашенные отделочные материалы. Для получения прессованных изделий использовали кварцевый песок и известково-песчано-глинистое вяжущее, полученное совместным помолом негашеной извести и глинистой породы. Содержание изучаемых пород в сырьевой смеси изменяли в пределах 15–40 мас. % при активности смеси 4 и 8 мас. %. Прессовое давление при формировании материалов составляло 20 МПа. Гидротермальную обработку в автоклаве проводили по режиму 1,5+6+1,5 ч при давлении насыщенного пара 1 МПа. Изучено влияние содержания глинистых пород на предел прочности при сжатии и среднюю плотность отделочных автоклавных материалов (табл. 1).

Таблица 1

Свойства автоклавных материалов на основе глинистых пород

Физико-механические характеристики	СаО _{акт} , мас. %	Содержание глинистой породы, мас. %			
		15	20	30	40
Суглинок КМА					
Предел прочности при сжатии, МПа	4	17,1	19,5	23,4	25,6
	8	26,3	31,5	32,1	30,2
Средняя плотность, кг/м ³	4	1920	1960	2000	1980
	8	1930	1980	1985	1950
Супесь ААП-1					
Предел прочности при сжатии, МПа	4	20,7	26,1	28,6	30,7
	8	27,4	31,9	38,0	44,3
Средняя плотность, кг/м ³	4	1910	1930	1920	1950
	8	1920	1940	1970	1970
Супесь ААП-2					
Предел прочности при сжатии, МПа	4	11,3	11,8	11,4	10,7
	8	31,6	31,3	30,2	23,8
Средняя плотность, кг/м ³	4	1810	1835	1850	1840
	8	1865	1875	1875	1840

Установлено, что глинистые породы оказывают положительное влияние на прочностные свойства отделочных материалов. Рациональное содержание суглинка КМА и супеси ААП-2 при активности сырьевой 8 мас. % составляет 30 мас. %. При этом достигается максимальный предел прочности при сжатии, соответственно, 32,1 и 30,2 МПа. Супесь ААП-1 обеспечивает более высокое повышение прочности, которое достигает 44,3 МПа при содержании породы 40 мас. %.

При уменьшении активности сырьевой смеси с 8 до 4 мас. % предел прочности при сжатии снижается (см. табл. 1). Однако для суглинка КМА и супеси ААП-1 это снижение незначительно, что указывает на возможность сокращения расхода извести при производстве отделочных материалов на основе этого сырья.

Средняя плотность отделочных материалов рациональных составов на основе суглинка КМА, супеси ААП-1 и супеси ААП-2 в зависимости от содержания извести находится, соответственно, в пределах 1985–2000, 1910–1970 и 1840–1875 кг/м³. Морозостойкость полученных материалов составляет не менее 50 циклов замораживания-оттаивания.

Физико-механические свойства автоклавных материалов определяются фазовым составом и микроструктурой цементирующего соединения. В отличие от традиционного известково-песчаного сырья, синтез новообразований в котором происходит в системе СаО–SiO₂–H₂O, цементирующее соединение в известково-песчано-глинистом вяжущем образуется на основе более сложной системы СаО–SiO₂–Al₂O₃–Fe₂O₃–H₂O.

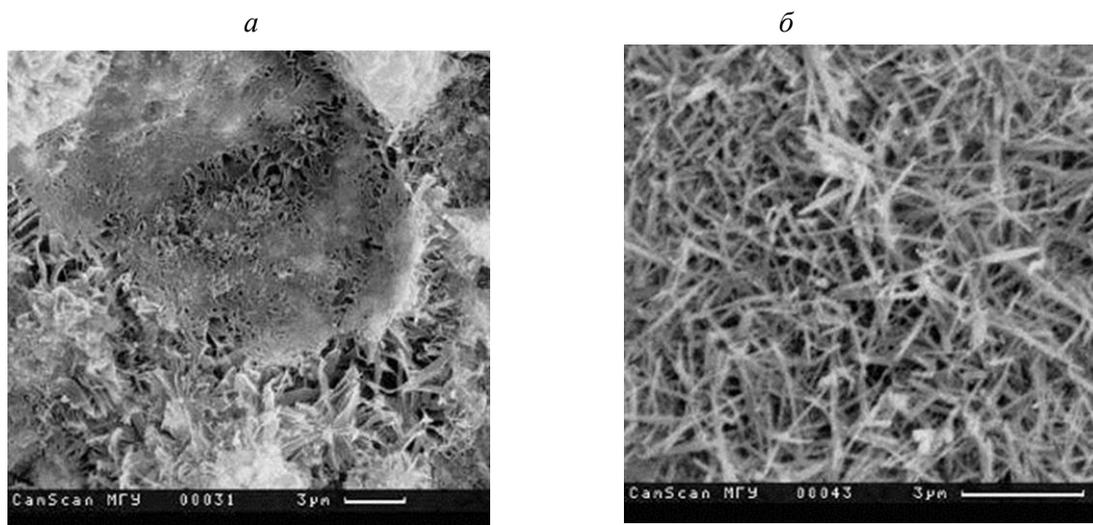


Рис. 3. Микроструктура автоклавных материалов на основе глинистых пород ААП, РЭМ:
а – супесь ААП-1; б – супесь ААП-2; а – $\times 4000$; б – $\times 6850$

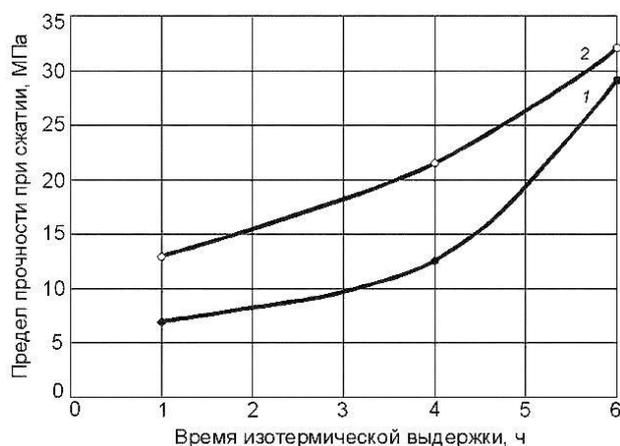


Рис. 5. Предел прочности при сжатии автоклавных материалов в зависимости от времени изотермической выдержки:

1 – известково-песчаные; 2 – содержание 30 мас. % супеси ААП-2

Исследования проведены на примере использования в качестве сырья супеси ААП-2. Для сравнения применяли традиционную известково-песчаную сырьевую смесь. Повышение предела прочности при сжатии материалов на основе супеси ААП-2 в сравнении с известково-песчаными материалами после 6 ч изотермической выдержки составляет всего 10,3 %. Однако, при сокращенных режимах автоклавной обработки эта разница существенно увеличивается. Так при 4 ч изотермической выдержки прочность материалов на основе супеси ААП-2 составляет 22,1 МПа против 12,5 МПа для известково-песчаных изделий, что выше на 56,6 %.

Породообразующие минералы глинистых пород незавершенной стадии минералообразования за счет высокой реакционной способности ускоряют синтез и формирование рациональной

микроструктуры цементирующего соединения. Следовательно, глинистое сырье эффективно использовать при сокращенных режимах гидро-термальной обработки.

Преимущество использования глинистых пород в качестве пигмента заключается в том, что при сокращении времени автоклавной обработки снижается отрицательное влияние этого процесса на цветовые характеристики отделочных материалов. Максимальная насыщенность цвета достигается при содержании глинистых пород 30–40 мас. %.

Для отделочных материалов большое значение имеет такой показатель, как долговечность. Установлено, что морозостойкость автоклавных материалов на основе глинистых пород незавершенной стадии минералообразования составляет 35–50 циклов. Кроме этого такие изделия обладают воздухостойкостью, водостойкостью, устойчивостью к карбонизации и солевой коррозии. Высокая плотность и, соответственно, низкая пористость позволит избежать загрязнения пылью отделочных материалов.

На основе изучаемых глинистых пород можно получать цветные отделочные автоклавные материалы нового поколения. Такие изделия можно использовать в качестве самостоятельного облицовочного и отделочного материала. Наиболее эффективно использовать предлагаемый материал в отделке интерьера. На его основе можно выполнить многоцветные панно и барельефы, которые имитируют керамическую облицовку, резьбу по камню или дереву, а также могут создавать своеобразный декоративно-художественный эффект.

Объемное окрашивание силикатного кирпича и камня с использованием глинистых по-

род позволит получать кирпич под дикий камень, который известен как колотый или рваный кирпич. На внешней поверхности такого кирпича находятся многочисленные сколы, которые определяют неповторимую фактуру для каждого в отдельности кирпича. Кроме этого, можно сделать ровный скол в любой проекции.

Большое разнообразие цветов глинистых пород позволяет получать широкую палитру цветов облицовочного кирпича. Кладка из такого колотого кирпича различных цветов и форм способна придать оригинальность любому зданию. Использование такого кирпича поможет разнообразить малые архитектурные формы и ландшафтные украшения. На основе изучаемых пород можно также получать декоративный кирпич, представляющий собой тонкую плитку в виде кирпича, которая имитирует разные виды кладки из камня

Таким образом, глинистые породы незавершенной стадии минералообразования пригодны в качестве сырья для получения широкой номенклатуры автоклавных отделочных материалов нового поколения. Глинистые породы позволяют получать изделия широкой гаммы цветов: коричневого, желтого, красного. За счет высокой реакционной способности глинистых пород ускоряется синтез и формирование цементирующих соединений рациональной микроструктуры, что повышает физико-механические свойства автоклавных отделочных материалов. Кроме этого возможно сокращение в 2 раза времени изотермической выдержки изделий в автоклаве, что снизит затраты энергии на производство. Использование разработанных отделочных материалов повысит эффективность строительства и улучшит комфортность проживания человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 21–24.
2. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2013. 127 с.
3. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-3. С. 525–529.
4. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Повышение водостойкости силикатных материалов за

счет введения техногенного алюмосиликатного сырья // «Современная наука: тенденции развития»: IV Междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 26 марта 2013 г.: Сборник научных трудов. Т.2. Краснодар, 2013. С. 72–73.

5. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Черкасов В.С., Шаповалов Н.Н. Прессованные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита // Строительные материалы. 2012. № 3. С. 14–15.

6. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2012. 97 с.

7. Алфимова Н.И. Прессованные материалы автоклавного твердения с использования техногенного сырья // [Электронный ресурс]: Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 24 мая 2011 г. БГТУ. Белгород, 2011.

8. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Черкасов В.С., Калатоци В.В. Повышение эффективности композиционных вяжущих за счет использования отходов производства керамзита и оптимизации режимов твердения // В сборнике: Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов сборник докладов (XIX научные чтения). 2010. С. 36–38.

9. Патент на изобретение RUS 2465235 22.06.2011. Сырьевая смесь для изготовления силикатного кирпича. Алфимова Н.И., Черкасов В.С., Трунов П.В., Шаповалов Н.Н., Попов М.А.

10. Алфимова Н.И. Керамзитовая пыль как компонент композиционных вяжущих // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 3–6.

11. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 526 с.

12. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород, 2014.

13. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10–15.

14. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Volodchenko A.N., Zagorodnjuk L.H. Improving the efficiency of wall materials for «green» building through the use of aluminosilicate raw materials // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 45142–45149.

15. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617–40622.

16. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Прасолова Е.О., Чхин С. Нетрадиционное глинистое сырье как компонент неорганических дисперсных систем // Вестник МГСУ. 2014. № 9. С. 67–75.

17. Лесовик В.С., Володченко А.А. Безавтоклавные стеновые материалы на основе природного наноразмерного сырья // Научные труды SWorld. 2012. Т. 47. №. 4. С. 36–40.

18. Алфимов С.И., Жуков Р.В., Володченко А.Н., Юрчук Д.В. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 2. С. 59–60.

19. Volodchenko A.N., Olegovna E., Prasolova, Lesovik V.S., Kuprina A.A., Lukusova N.P. Sand-Clay Raw Materials for Silicate Materials

Production // Advances in Environmental Biology. 2014. Т.8. № 10. С. 949–955.

20. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х. Структурообразование в безавтоклавных силикатных материалах на основе глинистого сырья // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 8-1 (27). С. 51–53.

21. Баженов Ю.М., Голиков Г.Г., Володченко А.Н., Строкова В.В. Пигменты КМА для получения окрашенных материалов автоклавного твердения // Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях: материалы шестого Международного симпозиума. Белгород. 2001. Ч. 2. С. 545–554.

22. Володченко А.Н. Природный пигмент для окрашивания автоклавных силикатных изделий // Технические науки – от теории к практике. 2014. № 31. С. 96–102.

23. Володченко А.Н. Объемное окрашивание автоклавных силикатных материалов глинистыми породам // Научные труды SWorld. 2014. Т. 19. №. 1. С. 18–24.

Volodchenko A.N.

ALUMINOSILICATE RAW MATERIAL FOR PRODUCE AUTOCLAVE FINISHING MATERIALS

It was found that the clay rocks unfinished stage mineral suitable as a raw material for a wide range of autoclave finishing materials of new generation. Due to the high reactivity of the clay rocks accelerates the synthesis and the formation of cementitious compounds rational microstructure stages, which increases the physical and mechanical properties of autoclave finishing materials. 2 may be reduced in times of isothermal holding time in the autoclave products that reduce the cost of energy production. The use of decorative materials on the basis of clay rocks will increase construction efficiency, and improve the comfort of lived-tion rights.

Key words: *clay rocks, lime, autoclaved aerated concrete, neoplasms, microstructure, decoration materials.*

Володченко Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, профессор, кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: volodchenko@intbel.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/24255

Теличенко В.И., д-р техн. наук, проф., академик РААСН,
Кайтуков Б.А., канд. техн. наук, доц.,
Скель В.И., канд. техн. наук, доц.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РОТОРНЫХ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ

PRESIDENT@mgsu.ru

При большом объеме бетонных работ применяют роторные бетоносмесители принудительного действия и для них на основе анализа различных источников и собственных разработок авторов оценивается целесообразная возможность интенсификации приготовления бетонной смеси за счет изменения скорости движения лопастей ротора при сохранении качества готового продукта. Интенсивность действия смесителей характеризуется временем достижения конкретного результата при постоянной частоте вращения ротора, и мощностью, расходуемой на смешивание, приведенной к единице объема. Показывается влияние скорости движения лопастей ротора на прочность бетона различного состава, на время перемешивания ингредиентов бетонной смеси и другие составляющие рабочего цикла роторного бетоносмесителя. Также показывается взаимозависимость всех факторов и характеристик роторных бетоносмесителей принудительного действия, как то: кинематических, силовых, мощностных и других. При этом как результат определяется годовая производительность роторного бетоносмесителя принудительного действия. Материал статьи рассматривается как предварительная основа оптимального выбора скорости движения лопастей ротора в стоимостном выражении готового продукта.

Ключевые слова: роторный бетоносмеситель, интенсификация, производительность, скорость движения лопастей ротора, время перемешивания.

Приготовление бетонной смеси является важнейшим технологическим переделом в общем объеме строительных работ. Получить бетон или раствор со свойствами, отвечающими предъявленным к нему требованиям, возможно при использовании надежно и быстро работающего смесительного оборудования. Анализ показывает, что работы по интенсификации приготовления бетонных смесей проводились разными авторами [1–4]. Совершенствование технологии получения малоподвижных, жестких и особо жестких бетонных смесей предполагает интенсификацию рабочих процессов перемешивания компонентов этих смесей. Рациональное повышение скорости движения лопастей роторных бетоносмесителей принудительного действия до определенного предела позволяет получить более равномерное распределение компонентов смеси за меньшее время перемешивания [5–7].

Физика процесса перемешивания в роторных бетоносмесителях отличается от процессов, которые происходят в гравитационных смесителях, применяемых как правило для небольших объемов готового продукта. Поэтому в настоящее время вопрос интенсификации процесса перемешивания и повышения производительности

роторных бетоносмесителей является актуальным [5].

Особенностью процесса перемешивания грубодисперсных смесей является то обстоятельство, что нагрузки на лопасти роторных бетоносмесителей принудительного действия изменяются с изменением скорости их движения. Это обусловлено изменением физико-механических свойств смеси в зависимости от скорости деформации и изменением сопротивлений движению лопастей в смеси. В роторных бетоносмесителях орбиты составляющих бетонной смеси имеют вынужденный характер, обусловленный движением лопастей. Чем больше частиц смеси вовлекается в движение, тем интенсивней будет процесс смешивания. Во время перемешивания перемещению частиц материалов, входящих в смесь, противодействуют силы инерции, силы внутреннего и внешнего трения, имеющие, в зависимости от зернового состава и водоцементного отношения, большее или меньшее значение [8, 9]. Кроме этого, в процессе смешивания преодолевается сила тяжести, стремящаяся опустить материал, что способствует его расслоению. Каждый из этих показателей может быть мерой интенсивности смешивания не вообще, а для конкретного смесителя.

Скорость движения лопастей роторных бетоносмесителей, таким образом, определяет не только кинематические параметры механизма привода, но и существенно влияет на нагрузки, которые идут на рабочие органы, и мощность двигателя. С другой стороны скорость движения лопастей существенным образом влияет на интенсивность перемешивания, обуславливающей качество смеси и производительность бетоносмесителя. В общем случае параметры механизма привода бетоносмесителей принудительного действия определяются передаваемой мощностью и скоростью рабочих органов. Имея это в виду, необходимо установить диапазон рациональных скоростей движения лопастных аппаратов и передаваемых мощностей роторных бетоносмесителей в зависимости от производительности. В работах [5, 10] установлено, что скорость движения лопастей (на среднем диаметре кольцевого пространства чаши) для бетоносмесителей отечественного производства находится в пределах 1,34...3,6 м/с. У аналогичных зарубежных бетоносмесителей, судя по мощности двигателя и схеме лопастных аппаратов, эта скорость находится в пределах 1,84...3,53 м/с. Наблюдается стремление к повышению скорости движения лопастей роторных бетоносмесителей принудительного действия с целью повышения интенсивности перемешивания и повышения производительности. Но следует заметить, что дальнейшее увеличение скорости может привести к снижению качества бетона; при этом возрастает мощность двигателя, увеличивается энергоемкость процесса перемешивания, а так же увеличивается масса смесителя вследствие увеличения нагрузок, форсируется износ рабочих органов и других элементов бетоносмесителя [6, 10].

Вопрос выбора рациональной скорости движения решается с учетом различных факторов, например, таких, которые отражают затра-

ты на единицу выпускаемой продукции. В такой постановке исходная задача сводится к определению функциональных зависимостей затрат от скорости движения лопастей роторного бетоносмесителя и решается с учетом различных факторов.

Качество бетонной смеси обычно оценивают по прочности образцов – кубов, взятых из разных точек чаши бетоносмесителя и коэффициентом вариации прочности.

Исследование влияния скорости движения лопастей роторных бетоносмесителей на качественную характеристику смеси встречается в ряде работ [11–15]. В результате этих исследований получены зависимости прочности образцов бетона, которые были сформированы из смеси, приготовленной при разных скоростях. Из анализа этих работ следует, что достижение некоторого уровня прочности бетона при более высоких скоростях можно осуществить за меньшее время перемешивания. Так для исследуемого в работе состава бетона уровень прочности бетона 30 МПа может быть получен при скорости 1,15 м/с за 45 с, при скорости 1,61 м/с – за 25 с и при скорости 2,5 м/с – за 10 с.

Результаты данных исследований и их анализ позволяют определить зависимости времени перемешивания, необходимого для получения смеси требуемого качества, в функции скорости движения лопастей (рис. 1). Эта зависимость позволяет сделать предположение, что увеличение скорости перемешивания выше некоторого предела приводит к снижению качества бетона. Построение графика рис. 1 выполнено с использованием данных выше рассмотренных работ при приготовлении бетонов марки 200 с содержанием цемента 380...400 кг/м³ с осадкой конуса 4...6 см, марки 150 с содержанием цемента 250...300 кг/м³ с осадкой конуса 6...8 см для получения уровня прочности бетонов соответственно 25...30 МПа и 14...18 МПа.

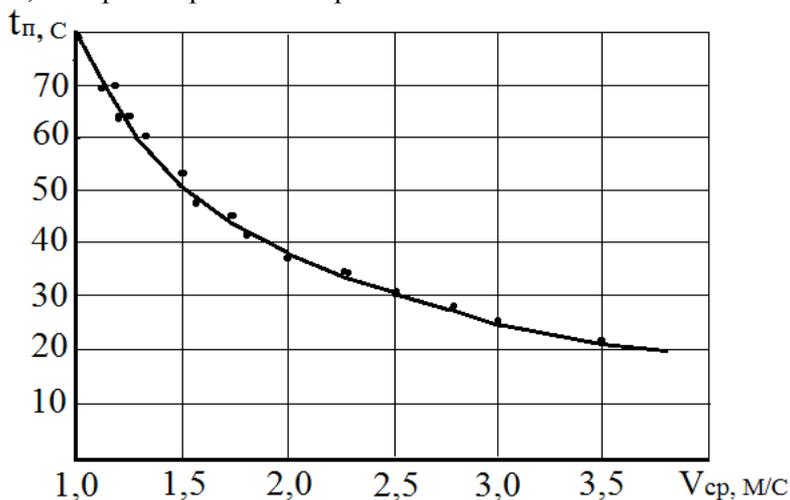


Рис. 1. Зависимость времени перемешивания от скорости движения лопастей

Техническая производительность циклических бетоносмесителей определяется зависимостью:

$$P_T = V_T \cdot i, \quad (1)$$

где V_T – объем готового замеса, m^3 ; i – число замесов в час.

Число замесов равно:

$$i = 3600/T_{\text{ц}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{ц}}$ – время одного цикла, с.

Время, затрачиваемое на один цикл, складывается из трех составляющих:

$$T_{\text{ц}} = t_3 + t_{\text{п}} + t_{\text{в}}, \quad (3)$$

где t_3 – время загрузки бетоносмесителя, с; $t_{\text{п}}$ – время перемешивания, с; $t_{\text{в}}$ – время выгрузки смеси, с.

Время загрузки бетоносмесителя зависит от конструктивных решений подачи компонентов

смеси и схемы установки бетоносмесителя. Так для некоторых бетоносмесительных установок время загрузки $t_3 = 12...18$ с. Время выгрузки смеси из бетоносмесителя зависит от скорости движения лопастного вала. По опыту эксплуатации роторных бетоносмесителей, время выгрузки может быть $t_{\text{в}} = 0,5t_{\text{п}}$. Следовательно, время цикла (3) роторного бетоносмесителя может определяться по формуле:

$$T_{\text{ц}} = (14...16) + 1,5t_{\text{п}} \approx 15 + 1,5t_{\text{п}}. \quad (4)$$

По зависимости рис. 1, используя значения времени перемешивания $t_{\text{п}}$, можно составить таблицу, которая позволяет определить время цикла и число замесов в час при работе на различных скоростях движения лопастей роторных бетоносмесителей.

Таблица 1

Скорость движения лопастей в зависимости от времени цикла и числа замесов в час роторных бетоносмесителей

№ п/п	Средняя скорость лопастей $V_{\text{ср}}$, м/с	Время перемешивания $t_{\text{п}}$	Время цикла $T_{\text{ц}} = (12...18) + 1,5t_{\text{п}}$, с	Число замесов в час $i = 3600/T_{\text{ц}}$	Время цикла $T_{\text{ц}}' = 144/V_{\text{ср}}$, с
1	1,0	80	132...138 (135)	25	144
2	1,5	55	94,5...100,5 (97,5)	37	96
3	2,0	37	67,5...73,5 (70,5)	50	72
4	2,5	30	57...67 (60)	62	57,5
5	3,0	25	49,5...55,5 (52,5)	75	48
6	3,5	20	42...48 (45)	88	41

На рис. 2 представлена зависимость времени цикла от скорости движения лопастей. Как видно из рис. 1 и рис. 2 зависимости времени

перемешивания и времени цикла от скорости движения лопастей не линейны.

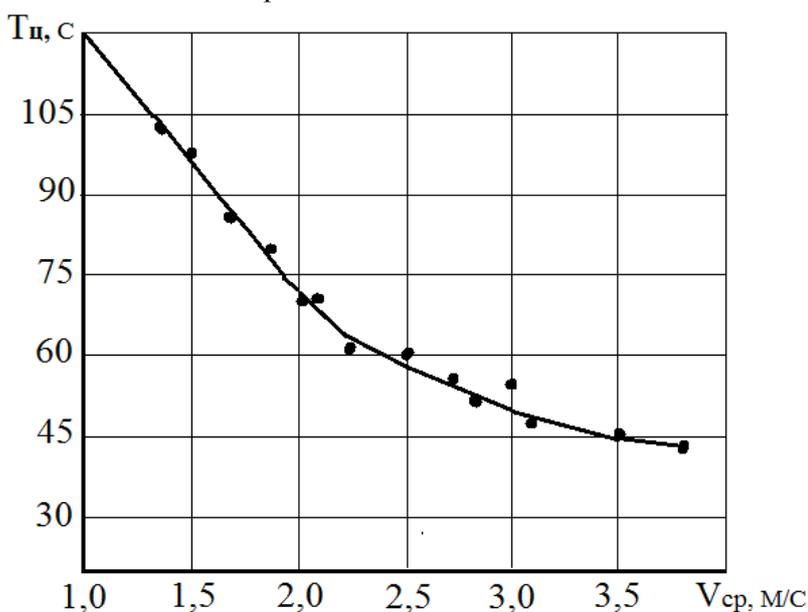


Рис. 2. Зависимость времени цикла от скорости движения лопастей

По рис. 2 можно предположить, что время цикла обратно пропорционально скорости движения лопасти и может иметь вид функции:

$$T_{\text{ц}} = k/V_{\text{ср}}, \quad (5)$$

где k – параметрический коэффициент, имеющий размерность в м.

Проведенный регрессивный анализ функции (5) показал, что время цикла роторных бетоносмесителей может определяться по зависимости:

$$T_{ц} = 143,6 / V_{cp} \approx 144 / V_{cp}, \text{ с} \quad (6)$$

где V_{cp} – средняя скорость лопастей, м/с.

Согласно (1) техническая производительность бетоносмесителей роторного типа будет, м³/ч:

$$P_T = V_T \cdot i = 3600 \cdot V_T \cdot V_{cp} / 144 = 25 \cdot V_T \cdot V_{cp} \quad (7)$$

С учетом (7) часовая эксплуатационная производительность определяется по зависимости:

$$P_3 = P_T \cdot K_{ти}, \quad (8)$$

где $K_{ти}$ – коэффициент перехода от технической к эксплуатационной производительности, $K_{ти} = 0,5$.

Тогда годовая эксплуатационная производительность роторного бетоносмесителя будет, м³/год:

$$P_T = P_3 \cdot T_T \cdot K_{и}, \quad (9)$$

где T_T – годовой фонд работы бетоносмесителя, $T_T = 2560$ ч; $K_{и}$ – коэффициент использования сменного времени, $K_{и} = 0,75$.

Окончательно зависимость (9), с учетом значения T_T , $K_{ти}$ и $K_{и}$ для определения годовой производительности роторного бетоносмесителя примет вид, м³/год:

$$P_T = 24,96 \cdot 10^3 \cdot V_T \cdot V_{cp} \approx 25 \cdot 10^3 \cdot V_T \cdot V_{cp}, \quad (10)$$

где V_T – объем годового замеса, м³; V_{cp} – окружная скорость движения лопастей на среднем радиусе чаши роторного бетоносмесителя, м/с.

Вывод. На основе анализа конструктивно-технологических факторов работы роторного бетоносмесителя принудительного действия получено выражение годовой производительности в зависимости от скорости движения лопастей ротора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королев К.М. Интенсификация приготовления бетонной смеси. М.: Стройиздат, 1976 г.
2. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Фадин Ю.М., Семикопенко И.А., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебник. Старый Оскол: 2012.
3. Хархардин А.Н., Погорелов С.А., Топчиев А.И. Топологические особенности формирования плотной структуры бетонов // Известия

высших учебных заведений. Строительство. 2000. № 10. С. 47.

4. Богомолов А.А. О сущности процесса смешивания и его критериях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. № 9. С. 301.

5. Густов Ю.И., Степанов М.А., Кайтуков Б.А. Анализ конструктивно-расчетных схем бетоносмесителей // Механизация строительства. 2013. № 12. С. 30–31.

6. Густов Ю.И., Кайтуков Б.А., Григорьева М.Н. Повышение эффективности работы роторного бетоносмесителя принудительного действия // Механизация строительства. 2016. № 11. С. 26–29.

7. Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Алфимова Н.И. Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов. Строительные материалы. 2007. № 8. С. 24–25.

8. Sharapov R.R., Agarkov A.M. Matrix modeling of technological systems grinding with closed circuit ball mill // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1399–1403.

9. 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.

10. Густов Ю.И., Кайтуков Б.А., Мишагин Д.М. Повышение износостойкости рабочего органа роторного бетоносмесителя // Механизация строительства. 2016. № 4. С. 39–41.

11. Сапелин Н.А., Бурьянов А.Ф. Зависимости прочности бетонов на основе неорганических вяжущих от средней плотности // Строительные материалы. 2001. № 6. С. 36–38.

12. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Влияние составов материалов на формирование структуры строительных композитов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 4. С. 69–79.

13. Богомолов А.А., Корнеев А.С. Модификация уравнения процесса смесеобразования. // Механизация строительства. 2009. №11. С. 16–17.

14. Богомолов А.А. Теоретические и технические основы совершенствования смесительных машин для приготовления строительных смесей. Монография. Белгород, 2010.

15. Юдин К.А., Харин Н.П. Проектирование смесителя с двунаправленным вращательным воздействием на материал // Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2016. № 4. С. 66–67.

Telichenko V.I., Kaitukov B.A., Skel V.I.**TO THE QUESTION OF PRODUCTIVITY OF ROTARY MIXERS**

With a large volume of concrete works using rotary mixers and enforcement actions and for them. An article based on the analysis of various sources and own developments of the authors estimated reasonable possibility of intensification of preparation of concrete mixtures by changing the speed of the rotor blades while maintaining the quality of the finished product. The Intensity of the action of the mixers is characterized by the time to achieve a specific result at a constant frequency of rotation of the rotor, and the power consumed for mixing, normalized to unit volume. Shows the influence of the speed of movement of the rotor blades on the strength of concrete of different composition during the mixing of ingredients of concrete mix and other components of the operating cycle of the rotary mixer. It also shows the interdependence of all factors and characteristics rotary concrete mixer of forced action, such as: the kinematic, power, power and others. At the same time as the outcome is determined by the annual performance of the rotary concrete mixer of forced action. The material is regarded as a provisional basis for optimum choice of the speed of the blades of the rotor in terms of value of the finished product.

Key words: rotary mixer, intensification, productivity, speed of rotor blades, stirring time.

Теличенко Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, президент.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

Email: PRESIDENT@mgsu.ru

Кайтуков Батраз Амурханович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Механизация строительства».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

Email: KaitukovBA@gic.mgsu.ru

Скель Владимир Израилевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Механизация строительства».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

Email: skelvi@mgsu.ru

Москвитин А.А., канд. техн. наук,
ООО «СКИФ-М»

Губанов А.Е., аспирант
Дуюн Т.А., д-р техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ*

anton.e.gubanov@gmail.com

Представлена методика и результаты экспериментальной оценки эксплуатационных характеристик различных типов износостойких покрытий металлорежущего инструмента для обработки труднообрабатываемых материалов. Целью исследования являлось сравнение характеристик покрытия с использованием нового адгезионного подслоя на основе соединения Нитрида гафния с характеристики ряда традиционных покрытий. Особое внимание уделялось исследованию изменения исходных характеристик покрытия под воздействием высоких температур с целью прогнозирования износостойкости покрытия при обработке труднообрабатываемых материалов. В качестве методик использовались методики оценки характеристик тонких пленок: скретч-тестирование, определение микротвердости образцов покрытий до и после отжига и анализ морфологии сферического шлифа покрытия после отжига. По результатам скретч-тестирования композиция с новым адгезионным подслоем HfZrN обладает лучшими параметрами адгезионной прочности как в исходном состоянии покрытия, так и после воздействия температуры 600 °С. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения покрытия HfZrN при обработке труднообрабатываемых материалов.

Ключевые слова: металлорежущий инструмент, износостойкие покрытия, эксплуатационные характеристики, труднообрабатываемые материалы.

Введение. Основной тенденцией развития машиностроения является повышение требований к эксплуатационным характеристикам выпускаемых изделий, переход к новым типам конструкционных материалов, таких как композиционные материалы, развитие аддитивных технологий. Повышение требований к эксплуатационным параметрам изделий приводит, как правило, к применению материалов с высокими прочностными характеристиками, относящихся к классу труднообрабатываемых материалов. Основной проблемой, возникающей при механической обработке труднообрабатываемых материалов, таких как титановые сплавы и нержавеющие стали, является высокая температура резания и интенсивный износ режущего инструмента. Поэтому улучшение рабочих характеристик и повышение периода стойкости металлорежущего инструмента для обработки труднообрабатываемых материалов является важной научной задачей [1–4].

Основным направлением улучшения характеристик режущего инструмента является нанесение на его режущую часть различных износостойких покрытий. Современная тенденция совершенствования и развития архитектуры износостойких покрытий для инструмента связана с переходом от однокомпонентных покрытий (ти-

па TiC, TiN, TiCN) к многокомпонентным композиционным покрытиям на основе систем двойных соединений нитридов (Ti,Al)N, (Ti,Zr)N, (Ti,Nb)N, (Ti,Hf)N[5][6], (Ti,Mo)N, а также тройных соединений нитридов (Ti,Al,V)N, (Ti,Zr,C)N). Все более широкое распространение получают многофункциональные покрытия для высокоскоростного сухого резания, включающие антифрикционные слои, на основе алмазоподобного аморфного графита (DLC, α -WC:H) [5–14], которые используют для сокращения количества используемой при обработке смазывающе-охлаждающей жидкости или полного отказа от ее применения при лезвийной высокоскоростной обработке.

Для функциональных покрытий, предназначенных для нанесения на режущий инструмент, чрезвычайно важен не только состав, структура, кристаллохимические и физико-механические свойства, архитектура покрытий, но и длительность работы покрытий на контактных площадках инструмента до момента их разрушения (долговечность) в процессе эксплуатации инструмента. Интенсивность микро (изнашивание) – и макроразрушения зависит от твердости покрытия, соответствующего соотношения между вязкостью и твердостью, прочности адгезии между слоями, покрытием и субстратом в це-

лом. Адгезионный подслоя должен обладать максимальным кристаллохимическим подобием по отношению к материалу субстрата (инструментальному материалу) и обеспечивать прочную адгезию между ними [15].

Представленная работа выполнена на ООО «СКИФ-М» в рамках реализуемого проекта по разработке перспективных конструкций металлорежущего для обработки титановых сплавов.

Методика. Авторами предлагается изменение конструкции износостойкого покрытия, представляющее собой замену традиционно используемых адгезионных слоев на соединение с

более высокими адгезионными свойствами при высоких температурах. Основной задачей исследования являлось выявление характеристик наноконпозиционного покрытия с использованием нового адгезионного подслоя на основе соединения Нитрида гафния (III) – бинарного неорганического соединения металла гафния и азота с формулой HfN и сравнение с известными традиционно используемыми покрытиями. Соединение Нитрида гафния обладает относительно высокой температурой плавления 3305 °С, механические характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Механические характеристики соединения HfN

Параметр	Значение
Постоянная решетки структура B1 (Å)	4.539
Постоянная решетки структура B2 (Å)	2.86
Постоянная решетки структура B3 (Å)	4.95
Модуль объемной упругости структура B1 GPa	243.82
Модуль объемной упругости структура B2 GPa	198.50
Модуль объемной упругости структура B3 GPa	170.34
Расчетный модуль упругости C11, C12, C44Mbar	5.48, 0.91, 1.17
Коэффициент упругости сдвига	1.94
Коэффициент упругой деформации	3.62
Модуль сдвига Mbar	1.42
Коэффициент Пуассона	0.12
Модуль упругости Mbar	4.34

Основная часть. В качестве сравниваемых исследовались образцы покрытий, представленные в табл. 2, толщина покрытий составляла 1 мкм, способ получения покрытия – вакуумно-дуговой.

Таблица 2

Исследуемые образцы

Состав покрытия	Химический состав покрытия
ZrN	Zr (Цирконий) – 96%, N(Азот) – 4%
TiN	Ti(Титан) – 92%, N(Азот) – 8%
NbN	Nb (Ниобий) – 96 %, N(Азот) – 4%
ZrHfN	Hf (Гафний) – 92%, Zr (Цирконий) – 5,5%, N(Азот) – 1,39%, O (Кислород) – 0,95%

Для определения эксплуатационных параметров износостойких покрытий с различными адгезионными подслоями в качестве методик использовались методики оценки характеристик тонких пленок:

– скретч-тестирование, определение микротвердости образцов покрытий до и после отжига;

– анализ морфологии сферического шлифа покрытия после отжига.

Скретч-тест производился на приборе Revetest фирмы CSM Instruments, Швейцария. Метод скретч-тестирования основан на контролируемом царапании алмазным индентором на выбранном участке образца/изделия. Наконечник индентора (алмазный типа «Роквелл С» с

радиусом закругления 200 мкм) перемещается по поверхности образца с постоянной, возрастающей или прогрессивной нагрузкой. При определенной критической нагрузке покрытие начнет разрушаться. Критические нагрузки очень точно регистрируются акустическим сенсором закрепленном на нагружающем плече.

Сферический шлиф производился в соответствии с ISOEN-1071-2 и VDI3198 на приборе CalotestTribotechnics. Метод получения сферического шлифа заключается в размещении на поверхности исследуемого образца шара известного диаметра. Шар приводится во вращательное движение с подачей в зону трения алмазной суспензии размером зерна 1 мкм (схема прибора изображена на рис 1).



Рис.1. Методика получения сферического шлифа: а – схема процесса; б – изображение шлифа, получаемое при помощи оптического микроскопа

В результате на поверхности образца образуется сектор сферы заданного диаметра. Данный шлиф регистрируется при помощи оптического микроскопа, далее по диаметру колец на изображении определяется толщина каждого слоя покрытия. В качестве образцов выступают заготовки, представленные на рис. 2. Плоские поверхности образца обрабатывались на установке LaboPol-30 производства компании Struers. Полирование образцов производилось в 2 этапа: предварительная шлифовка с помощью шлифовального диска MD-Allegro, 250 мм в водной среде, и окончательная с использованием полировального диска MD-Chem, 250 мм с использованием алмазной суспензии с размером частиц 1 мкм.

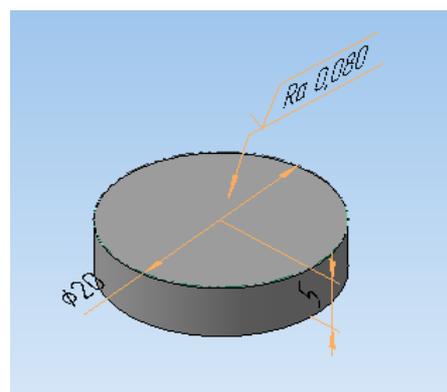


Рис. 2. Образец для нанесения покрытия
Свойства материала образца представлены в табл. 3.

таблица 3

Свойства сплава CTS18D

Свойство	Значение	Структура сплава
Производитель	Ceratizit	
Марка сплава по обозначению производителя	CTS18D	
Содержание Кобальта в % массовое	9	
Содержание смешанных карбидов %	0,75	
Средний размер зерна, мкм	0,5-0,8	
Твердость	HV10 – 1610 HV30 – 1590	
Плотность	14,55 г/см ³	

Результаты. Результаты исследований образцов по представленным методикам приведены на рис. 3-10.

Анализ представленных на рис. 3-10 графиков нагружения и акустической эмиссии позволил выявить различия в механизмах разрушения покрытий, что является следствием различных адгезионных характеристик покрытий. Образцы в исходном состоянии, представленные на рис. 3, 5, 7 и 9, показали сходный характер разрушения с равномерным увеличением глубины проникновения индентора с увеличением нагрузки. Данный характер разрушения изменяется для образцов прошедших термическую обработку. Для образцов покрытий ZrN и NbN (рис.4, 10) с

увеличением нагрузки до относительно невысоких значений в 1,8 и 7,5 Н соответственно обнаруживается разрушение покрытия с характерными всплесками на диаграммах нагружения глубины проникновения индентора и акустической эмиссии. Для образцов покрытий TiN и ZrHfN после воздействия температуры характер разрушения не изменился, не наблюдается резких всплесков на диаграммах нагружения, нет отслоения покрытия, изменились лишь численные значения максимальных нагрузок до момента разрушения. Момент разрушения покрытия определяется формой графиков нагружения, характерные точки нагружения определяются ав-

томатически по алгоритмам автоматизированной системы прибора Revetest.

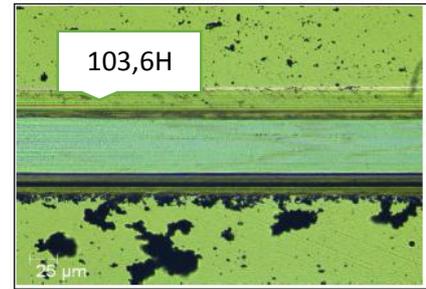
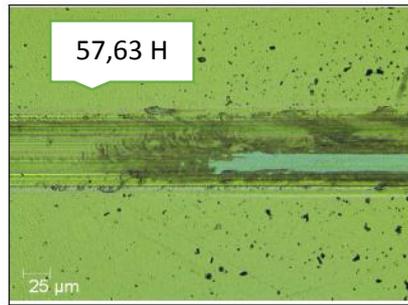
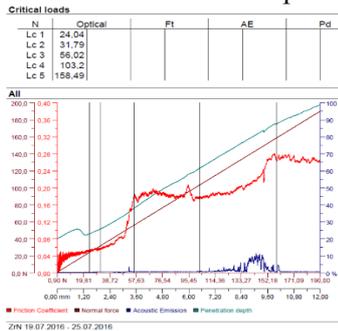


Рис. 3. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия ZrN в исходном состоянии

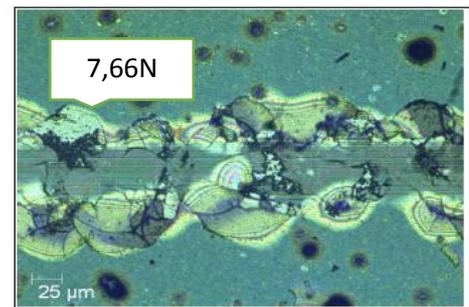
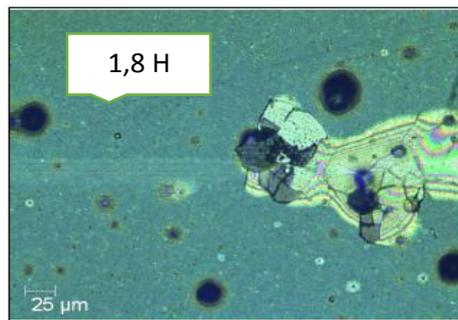
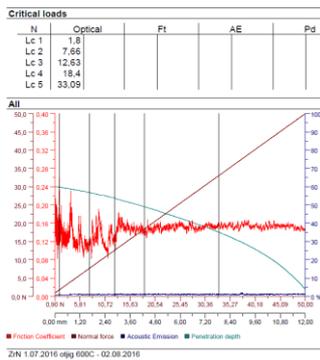


Рис. 4. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия ZrN после отжига при температуре 600 °C

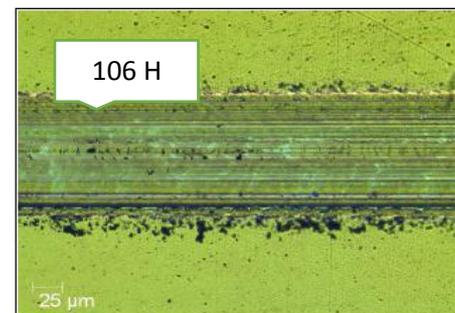
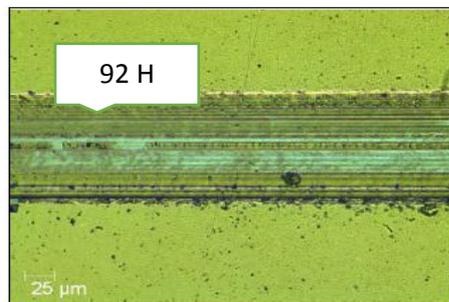
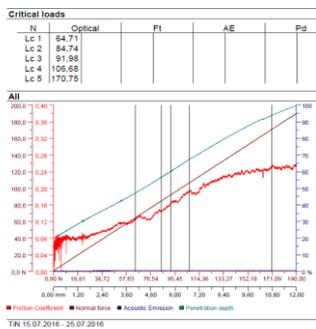


Рис. 5. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия TiN в исходном состоянии

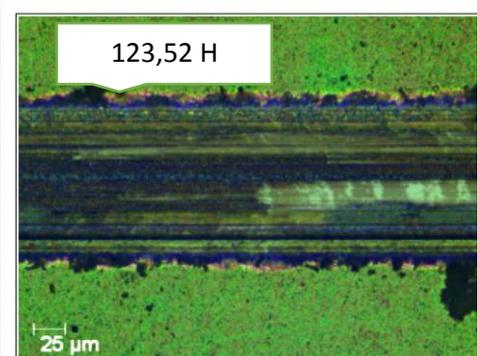
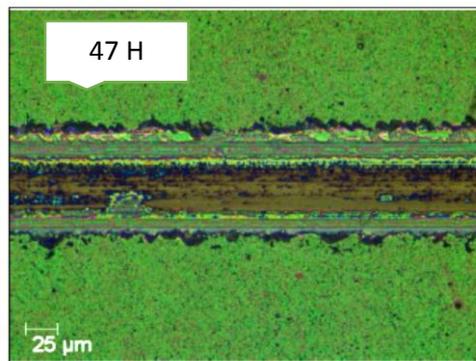
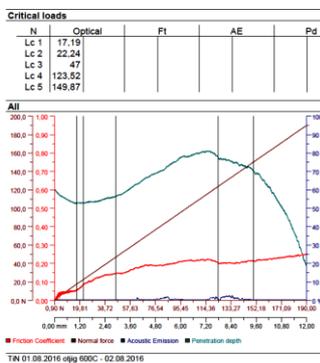


Рис. 6. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия TiN после отжига при температуре 600 °C

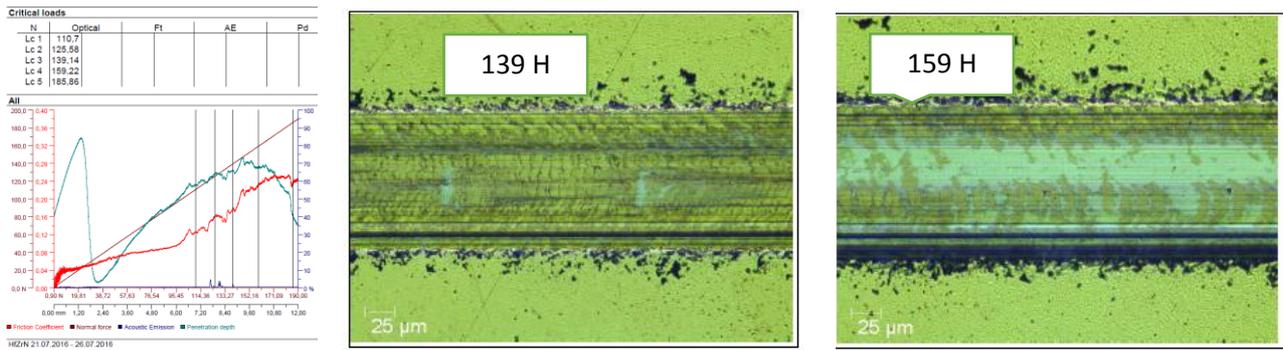


Рис. 7. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия HfZrN в исходном состоянии

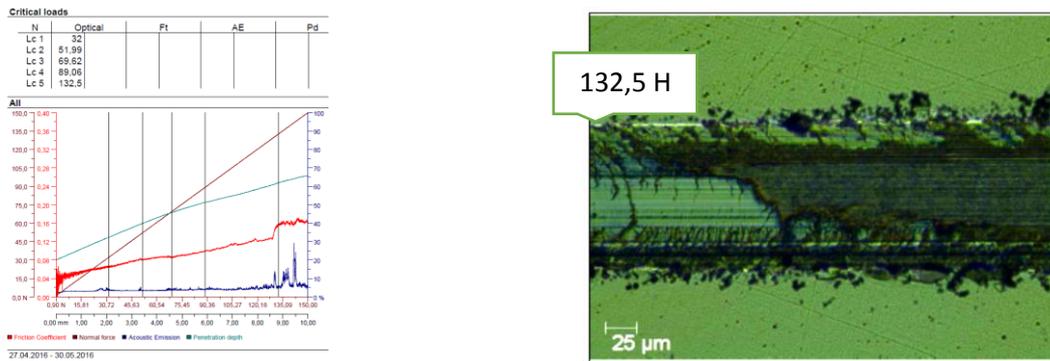


Рис. 8. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия HfZrN после отжига при температуре 600 °C

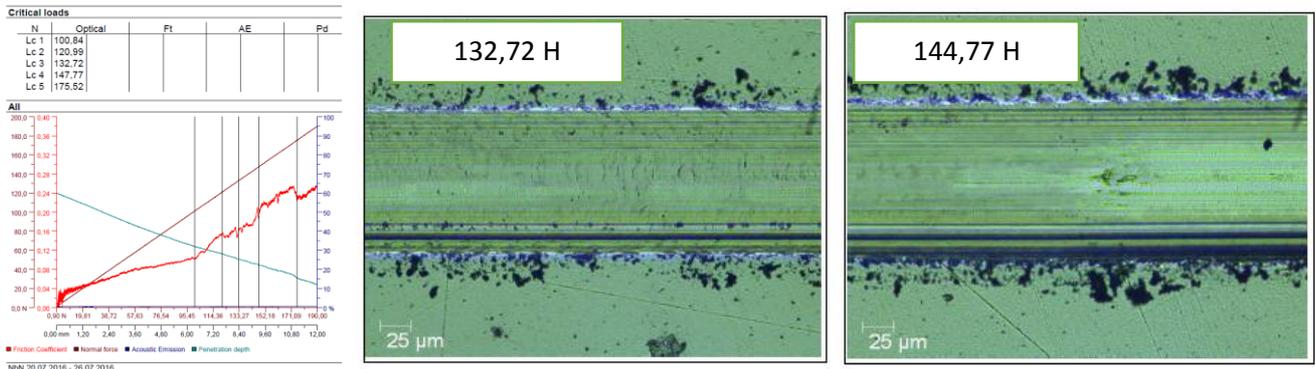


Рис. 9. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия NbN в исходном состоянии

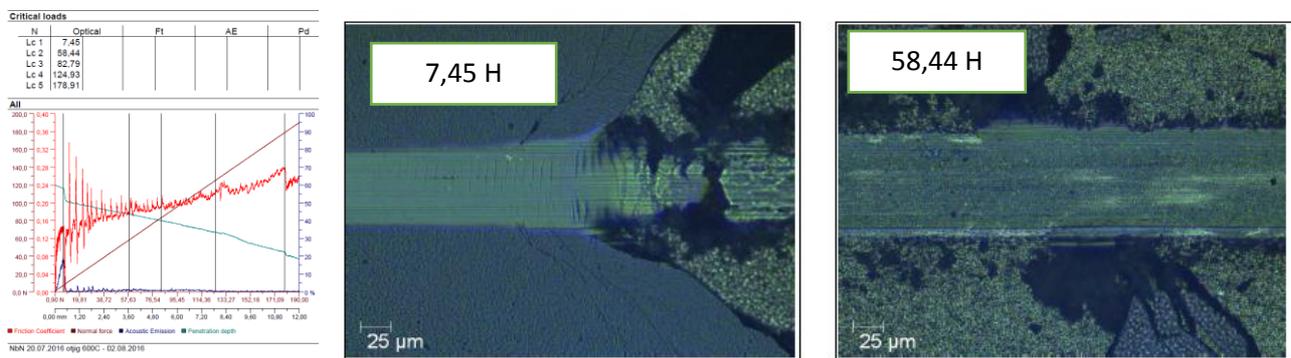


Рис. 10. Результаты исследований адгезионной прочности покрытия NbN после отжига при температуре 600 °C

После проведения теста царапина при помощи встроенного цифрового микроскопа тестируется по данным точкам для определения возможных ошибок [16]. Для всех исследуемых

образцов определены значения микротвердости в исходном состоянии и после воздействия температуры, результаты представлены на рис.11 и в табл.4.

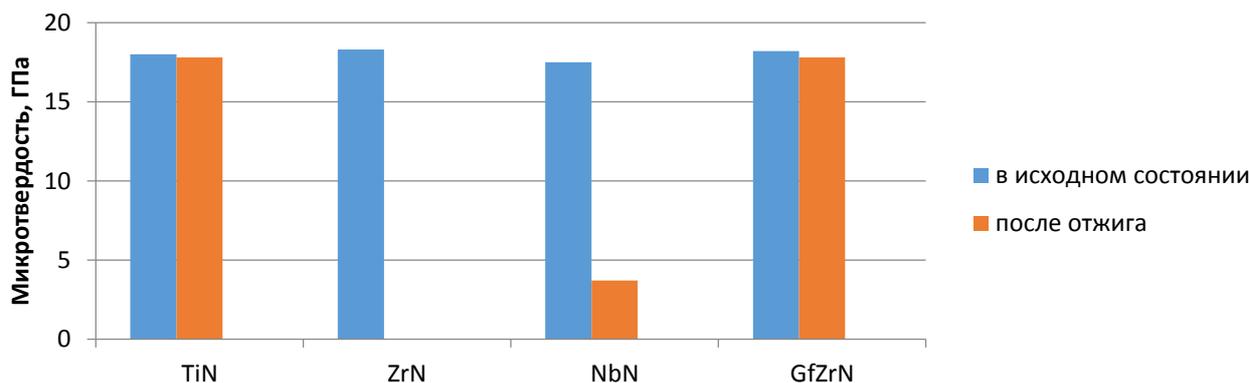


Рис. 11. Результаты измерений микротвердости покрытий до и после отжига при температуре 600 °С

Таблица 1

Результаты измерения адгезионной прочности и микротвердости покрытий до и после отжига при температуре 600 °С

Вид покрытия	Критическая нагрузка, Н		Микротвердость, HV500, ГПа	
	Исходная	После отжига при температуре 600 °С	Исходная	После отжига при температуре 600 °С
ZrN	103,4	7,66	18,3	Покрытие отслоилось
TiN	123	106	18	17,8
HfZrN	159	132	18,2	17,8
NbN	144.8	7,45	17,5	3.7

Анализируя полученные данные отметим, что композиция HfZrN обладает лучшими параметрами адгезионной прочности по результатам скретч-тестирования с изменением микротвердости на 0,4 HV500. Данный эффект проявляется, не смотря на родство соединений Hf по физико-химическим характеристикам с соединениями Zr, показавшим худшие результаты адгезионной прочности по совокупности скретч-теста и микротвердости. Также отметим, что материала-

лы обладают различными показателями адгезионной прочности в исходном состоянии и после отжига при температуре 600 °С, что позволяет говорить о том, что эксплуатационные характеристики покрытий могут расходиться с данными анализа адгезионных характеристик в исходном состоянии.

Результат анализа сферического шлифа покрытия HfZrN до и после отжига на 600 °С представлены на рис. 12.

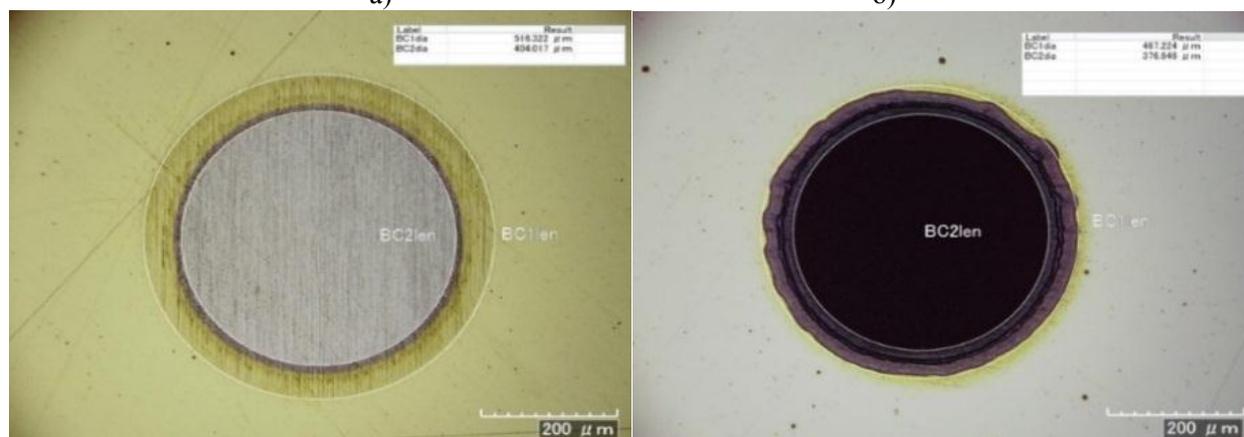


Рис. 12. Шаровой шлиф покрытия HfZrN: а – в исходном состоянии, б – после отжига при температуре 600 °С в атмосфере воздуха

Анализируя изображения шлифа покрытия до и после отжига можно сделать вывод, что морфология поверхности покрытия не измени-

лась, несколько деформировалась форма внешнего кольца шлифа, при этом не детектирова-

лось отслаивание покрытия, отсутствуют какие-либо дефекты.

Выводы. Проведенная экспериментальная оценка исследуемых покрытий позволила выявить особенности характера разрушения различных покрытий в исходном состоянии и после воздействия температуры. Предлагаемое авторами новое соединение HfZrN показало лучшие результаты по адгезионным характеристикам и термостойкости в режиме тестовых термонагрузок, имитирующих работу в реальных условиях под воздействием температуры резания при обработке труднообрабатываемых материалов. Традиционно используемое покрытие ZrN показало более низкие показатели термостойкости, по сравнению с Hf, не смотря схожие свойства двух металлов.

Полученные результаты позволяют судить о перспективности использования соединений Hf в качестве адгезионного подслоя в составе многослойного покрытия для металлорежущего инструмента для обработки труднообрабатываемых материалов.

**Работа проводилась с использованием оборудования ООО «СКИФ-М» в рамках реализуемого проекта по разработке перспективных конструкций металлорежущего для обработки титановых сплавов. Исследования адгезионных характеристик и микротвердости покрытий проводились в НИУ «БелГУ» в рамках НИР, финансируемой ООО «СКИФ-М».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Резание труднообрабатываемых материалов. Под ред. Петрухи П.Г. М.: Машиностроение, 1972. 175 с.
2. Жучков Н.С., Беспыхатный П.Д., Чубаров А.Д., Сивориновский Л.А., Ботяшин В.Н. Повышение эффективности обработки резанием заготовок из титановых сплавов. М.: Машиностроение, 1989. 152 с.
3. Пчелкин В.М., Дуюн Т.А. Эмпирические модели износостойкости твердосплавных пластин при точении коррозионно-стойкой жаропрочной стали // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 126–131.
4. Дуюн Т.А., Гринек А.В., Сахаров Д.В. Управление тепловыми параметрами процесса механической обработки с использованием численного моделирования их тепловых зависимостей // Промышленные контроллеры АСУ. 2015. №10. С. 43–50.
5. Schmidbauer S., Hahn J., Richter F. Adhesion of metal coatings on ceramics deposited by different techniques // Surface and Coatings Technology. 1993. Vol. 59. P. 325–329.
6. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. – М.: Химия, 1977. 351 с.
7. Akira Kinbara, Shigeru Baba, Eiji Kusano. Adhesion measurement of thin films on glass substrates by scratch method // Coatings Glass. 1999. P. 218–222.
8. Volinsky A., Moody N., Gerberich W. Interfacial toughness measurements for thin films on substrates // Acta Materialia. 2002. Vol. 50, Iss 3. P. 441–466.
9. Youming Liu, Liuhe Li, Xun Cai, Qiulong Chen, Ming Xu, Yawei Hu, Tik-Lam Cheung, Shek C., Paul K. Chu. Effects of pretreatment by ion implantation and interlayer on adhesion between aluminum substrate and TiN film // Thin Solid Films. 2005. Vol. 493, Iss 1-2. P. 152–159.
10. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. Библиотека инструменталщика. М.: "Машиностроение", 1986. 192 с.
11. Нарцев В. М., Зайцев С. В., Прохоренков Д. С., Евтушенко Е. И., Ващилин В. С. Зависимость структуры ALN-покрытий от концентрации азота при осаждении на сапфир магнетронным методом // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №1. С. 144–149.
12. Пат. 8,420,237 В1 США ADHERENT COATING ON CARBIDE AND CERAMIC SUBSTRATES, Wenping Jiang, Fayetteville, AR (US); Mike Kimmel, Rogers, AR (US); Ajay P. Malshe, Springdale, AR (US); Brett McAfee, Fayetteville, AR (US).
13. Anurag Srivastava, Bhoopendra Dhar Diwan, Structural and elastic properties of ZrN and HfN: ab initio study // Canadian journal of Physics, Volume 92, 2014, 1058–1061.
14. Верещака А.А. Функциональные покрытия для режущих инструментов // Вестник Брянского государственного технического университета. 2015. №2. С. 25–37.
15. Табаков В. П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента., М.: "Машиностроение", 1986. 314 с.
16. Маслов Е.Н. Теоретические основы процесса царапания металлов. М.: Наука, 1968. 150 с.

Moskvitin A. A., Gubanov A. E., Duyun T. A.**EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF ADHESION PROPERTIES FOR WEAR-RESISTANCE TOOL COATINGS FOR MACHINING DIFFICULT-TO-CUT MATERIALS**

The article describes method and results of experimental analysis for exploitation properties of different wear resistance coatings for metal-cutting tools for machining difficult-to-cut materials. The main goal of presented research is to test adhesion properties of Hafnium content metal-cutting tools coatings in comparison with conventionally used coatings. Much attention given to research of adhesion characteristics change under the thermal action to predict possible wear-resistance characteristics for coatings for metal-cutting tools for machining difficult-to-cut materials. The following techniques used for assessment of adhesion properties: scratch test, micro hardness test for samples in existing condition and after the thermal action, visual analysis for a spherical grinding microsection after the thermal action. Conclusions drawn for the perspectives of using Hafnium content coatings as wear-resistance coatings for metal-cutting tools for difficult-to-cut materials.

Key words: metal cutting tools, wear-resistance coating, exploitation properties, difficult-to-cut materials.

Москвитин Александр Александрович, генеральный директор.

ООО «СКИФ-М»

Адрес: Россия, 308017, г. Белгород, ул. Волчанская, 159.

E-mail: skif-m@mail.ru

Губанов Антон Евгеньевич, аспирант.

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

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

E-mail: anton.e.gubanov@gmail.com

Дуюн Татьяна Александровна, доктор технических наук, профессор, заве. кафедрой «Технологии машиностроения».

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

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

E-mail: tanduun@mail.ru

DOI: 10.12737/24441

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, доц.,
Булгаков С.Б., канд. техн. наук, доц.
Вялых С.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ДЕЗИНТЕГРАТОРА С УЗЛОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

olimp69@narod.ru

В данной работе рассматривается дезинтегратор с узлом предварительного измельчения, установленный в камере помола. В результате проведенных экспериментов были получены уравнения регрессии, удалось выявить положительный эффект, который отражен на графиках зависимости. Так же были определены рациональные режимы работы дезинтегратора.

Ключевые слова: дезинтегратор, ударные элементы, предварительное измельчение, производительность, энергоёмкость.

Дезинтеграторы являются одним из видов помольного оборудования, обеспечивающего получение готовых продуктов с заданным гранулометрическим составом [1]. Одним из недостатков работы дезинтеграторов является ограничение максимальных размеров кусков подаваемого материала (25...30 мм) и малая пропускная способность первого внутреннего ряда

ударных элементов [2, 3]. В связи с этим нами была изготовлена экспериментальная установка дезинтегратора с узлом предварительного измельчения, обеспечивающая предварительное измельчение материала перед его подачей на первый внутренний ряд ударных элементов (рис. 1).

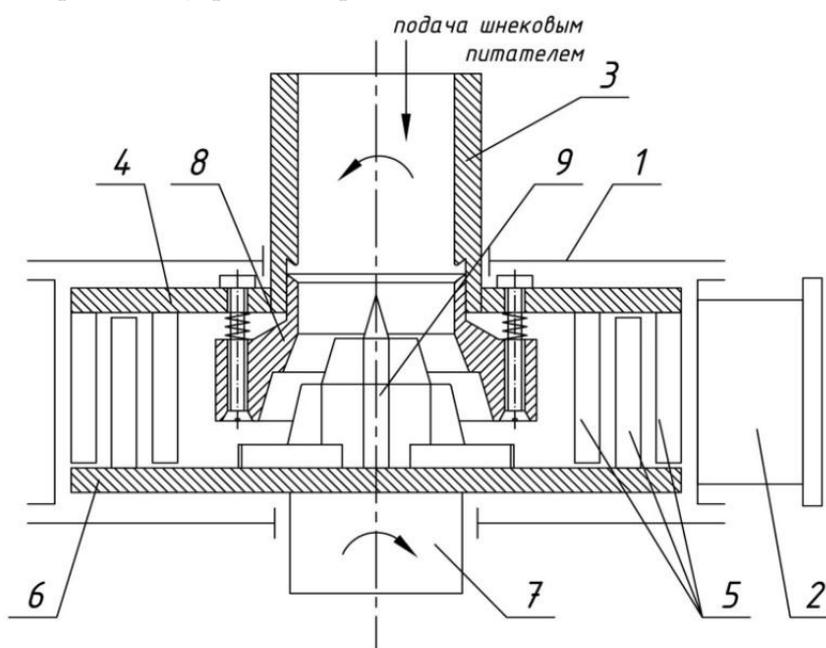


Рис. 1. Узел предварительного измельчения камеры помола дезинтегратора:

1 – цилиндрический корпус; 2 – тангенциальный разгрузочный патрубок; 3 – осевой загрузочный патрубок; 4 – верхний горизонтальный диск; 5 – ударные элементы; 6 – нижний горизонтальный диск; 7 – вал; 8 – многоступенчатый корпус; 9 – многоступенчатый ротор

В данном дезинтеграторе имеется возможность подачи измельчаемого материала по всей высоте ударных элементов в свету (см. рис. 1).

Установлено, что основными параметрами, влияющие на режим работы дезинтегратора являются: x_1 – частота вращения верхнегоротора; x_2 – частота вращения нижнегоротора; x_3 – высота между роторами; x_4 – площадь кольцевого зазора

между многоступенчатым корпусом и многоступенчатым ротором.

В качестве функции отклика нами выбраны: производительность (Q), потребляемая удельная энергоёмкость (P) и удельная поверхность (S).

В результате проведения экспериментов на разработанной установке и обработки с помощью метода наименьших квадратов нами были

получены следующие уравнения регрессии в кодированном виде:

$$Q = 7,29 + 0,285x_1 - 0,226x_4 - 0,28x_1^2 - 0,038x_2^2 - 0,033x_3^2 - 0,88x_4^2 - 0,146x_1x_2 - 0,06x_1x_3 - 0,125x_1x_4 - 0,12x_2x_4 + 0,06x_3x_4; \quad (1)$$

для удельной поверхности

$$S = 668,67 + 10,4x_1 + 4,1x_2 + 14,3x_3 - 1,4x_4 - 35,87x_1^2 - 7,24x_2^2 - 8,49x_3^2 - 10x_4^2 - 3,34x_1x_2 - 16,14x_1x_3 - 13,62x_2x_3 + 3,14x_2x_4 - 4,4x_3x_4; \quad (2)$$

для удельной энергоёмкости

$$P = 1,286 + 0,069x_1 + 0,365x_2 - 0,08x_1^2 + 0,185x_2^2 - 0,133x_3^2 + 0,133x_4^2 - 0,133x_1x_2 + 0,027x_1x_3 + 0,023x_2x_3 - 0,02x_2x_4 - 0,033x_3x_4. \quad (3)$$

Анализируя уравнения регрессии и используя метод лица, принимающего решение, ниже представлены графические зависимости (рис. 2

– рис. 4) с рекомендуемыми режимами работы дезинтегратора.

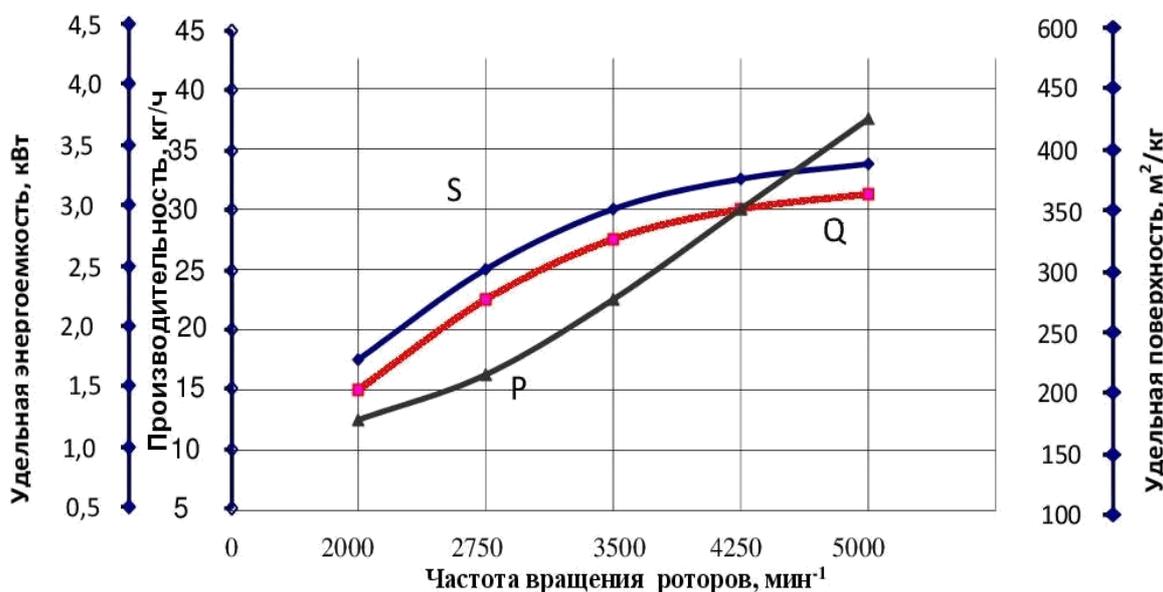


Рис. 2. Зависимости производительности (Q), удельной энергоёмкости (P) и удельной поверхности (S) от частоты вращения роторов

Из рис. 2 можно сделать вывод об одинаковом характере изменения производительности дезинтегратора и его потребляемой мощности от частоты вращения роторов.

Поэтому если первым приоритетом является повышение удельной поверхности и производительности, энергозатраты на втором месте, то рациональным диапазоном частот вращения является от 3700 мин⁻¹ до 4500 мин⁻¹.

Рассмотрим графики зависимостей функций отклика (рис. 3) от высоты между роторами. Увеличение производительности и удельной поверхности сопровождаются снижением затрат электроэнергии. Именно здесь показана целесообразность внедрения данной конструкции, однако, этих факторов достаточно до определен-

ного значения, т.к. начинается снижение удельной поверхности. Исходя из графика видно, что рекомендуемый диапазон высоты между роторами находится в пределах 14,2...15,2 мм.

Из рис. 4 можно заключить, что с увеличением площади кольцевого зазора (0,09...0,13 м²) значительно увеличивается производительность (до 50 %) и снижается удельная энергоёмкость (до 20 %) при незначительном росте удельной поверхности.

Это конструкторское решение позволяет разгрузить помольную камеру, повысить пропускную способность первого внутреннего ряда ударных элементов, (увеличив производительность) и снизить нагрузку на роторы (понижив энергозатраты).

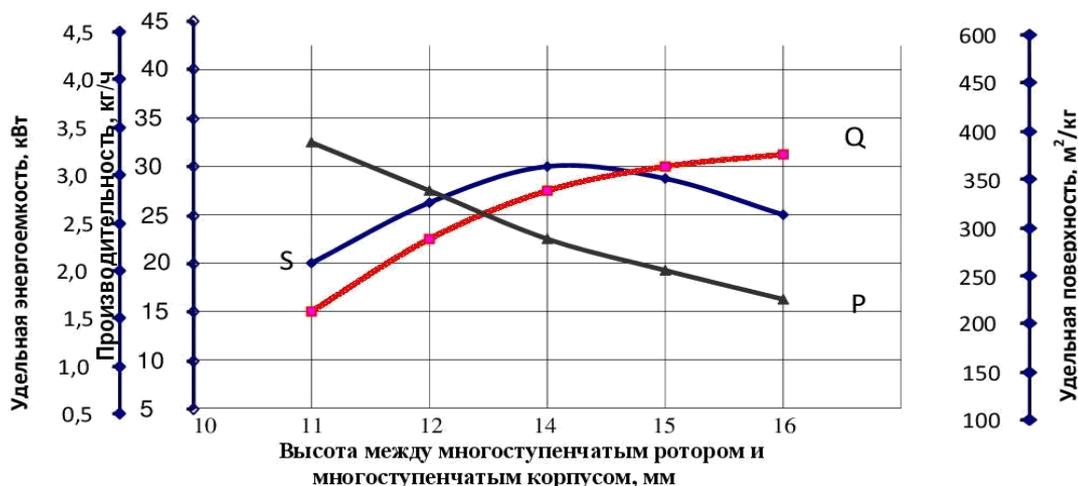


Рис. 3. Зависимость производительности (Q), удельной энергоёмкости (P) и удельной поверхности (S) от высоты между роторами

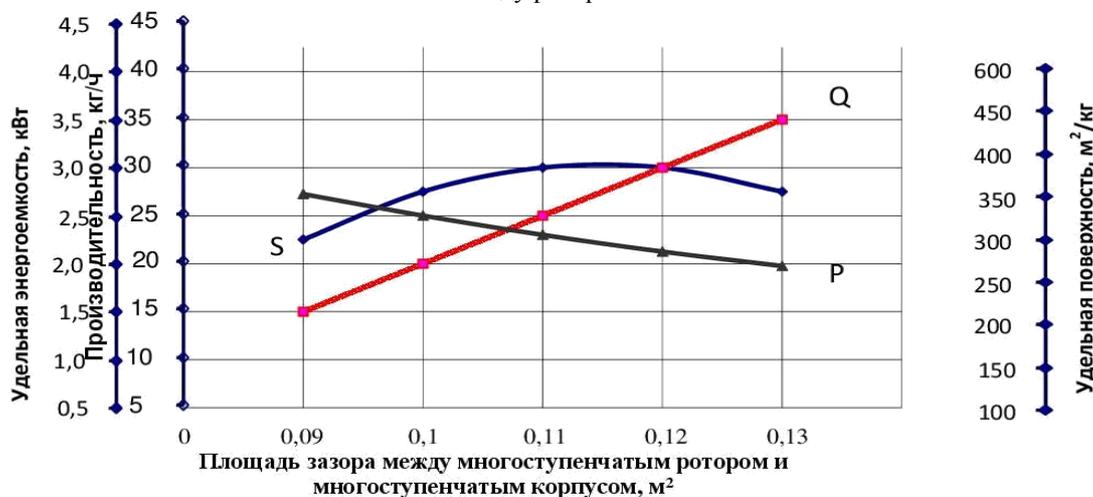


Рис. 4. Зависимость производительности (Q), удельной энергоёмкости (P) и удельной поверхности (S) от площади кольцевого зазора

В целом, можно сделать следующие выводы: применение узла предварительного измельчения в камере помола дезинтегратора обеспечивает увеличение приведенной производительности за счет подачи по всей высоте ударных элементов предварительно измельченного материала. При этом износ ударных элементов одинаков по всей их высоте, что увеличивает межремонтный период.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов В.С. Дезинтеграторы. Белгород.: Изд. БГТУ, 2016. 234с.

2. Левданский Э.И. Разработка газоцентрифужных аппаратов для разделения крупнодисперсных гетерогенных систем. Диссертация д.т.н.: 05.17.08. Минск, 1989. 395с

3. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексной переменной. М.: Наука, 1970, 304с.

4. Пат. 2429913 Российская Федерация, МПК7 В 02 С 13/20. Дезинтегратор. / И.А. Семикопенко, В.С. Богданов, С.В. Вялых; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2010118902/21, заявл., 11.05.2010; опублик. 27.09.2011, Бюл. № 27. 4с.

Semikopenko I. A., Bulgakov S. B., Vyalykh S. V.

THE STUDY THE OBJECTIVE FUNCTIONS OF THE CAGE MILL WITH PRE-GRINDING OF MATERIALS

In this paper we consider the disintegrator with pre-grinding, mounted in the milling chamber. As a result of experiments were obtained the regression equation was able to identify a positive effect that is shown in the graphs of dependence. Also, there were defined the rational modes of operation of the disintegrator.

Key words: disintegrator, percussive elements, pre-grinding, performance, energy consumption.

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования.

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

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

Булгаков Сергей Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования.

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

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

Вялых Сергей Владимирович, аспирант, доцент кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: olimp69@narod.ru

DOI: 10.12737/24450

Герасимов М.Д., канд. техн. наук, доц.,
Воробьев Н.Д., канд. техн. наук, доц.,
Герасимов Д.М., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА*

mail_mihail@mail.ru

При проектировании вибрационных механизмов с направленными колебаниями можно выделить две задачи проектирования: прямую и обратную. В прямой задаче по известным геометрическим параметрам и массе дебалансов определяют значение вынуждающей силы и способность её выполнять поставленную задачу. В обратной задаче величина вынуждающей силы задаётся в соответствии с технологическими целями и требуется решить задачу проектирования вибрационного механизма с рациональными параметрами. В статье приводится методика расчёта двухступенчатого вибрационного механизма и построение его математической модели с заданным соотношением величин прямого и обратного действия направленной вынуждающей силы.

Ключевые слова: вибратор, вибрационный механизм, характеристика работы вибрационного механизма, разрывная функция, ряд Фурье, принцип Даламбера, коэффициент динамичности вибрационного механизма.

По целому ряду технологических процессов, в которых используются механические колебания, направленные колебания предпочтительнее круговых и эллиптических [1, 2]. Но, направленные колебания, действующие вдоль некоторой прямой линии, и имеющие равные по значению силы в противоположных направлениях, по своей эффективности уступают асимметричным колебаниям, у которых сила в направлении выполняемой работы существенно больше силы, в направлении холостого хода [3–5]. Простейший вибрационный механизм с асимметричной вынуждающей силой может быть представлен двумя вариантами. В первом случае, в схеме установки присутствуют две ступени спаренных вибраторов. В каждой ступени установлены два вибратора с круговыми колебаниями. Каждая ступень генерируют направленную вынуждающую силу. При сложении колебаний спаренных вибраторов каждой ступени могут быть получены асимметричные колебания при соответствующем подборе исходных геометрических параметров дебалансов, их массы и частоты вращения [6–8].

Второй способ получения асимметричных колебаний может быть получен из двух ступеней вибраторов планетарного типа с направленными колебаниями [9,10].

Методика. В работе использованы аналитические методы исследования, основанные на разложении функции, описывающей механические колебания, с помощью ряда Фурье и принципа Даламбера [11,12,13]. Кроме этого, использованы методы математического моделирования и программирования при решении конкретных примеров.

Основная часть. На рынке промышленного и технологического оборудования всегда имеется спрос на вибраторы, вибрационные устройства и вибрационные механизмы, генерирующие направленные механические колебания.

Отечественной и зарубежной промышленностью выпускается ряд спаренных однорядных дебалансных вибрационных механизмов [2].

Типичным представителем спаренных дебалансных вибрационных механизмов является вибратор (рис. 2): «Направленный возбудитель DF» виброгрохотов LinaClass SLB/SLC, который представляет собой виброредуктор или вибросинхронизатор.

Вибратор подобной конструкции может устанавливаться как на горизонтальной, так и на вертикальной поверхности, создавая колебания в вертикальной или в горизонтальной плоскости.

Особый интерес, с точки зрения технологических возможностей, представляет собой задача исследования спаренного двухрядного вибрационного механизма (вибратора). Такая конструкция позволяет существенно расширить технологические возможности машины в целом. Такая конструкция позволяет получить не только направленные колебания, но и колебания с асимметрией величины суммарной вынуждающей силы в противоположных направлениях. В этом случае можно рассматривать «рабочее» направление действия вынуждающей силы и «холостое» направление действия вынуждающей силы.

Будем считать, что спаренными вибраторами являются вибраторы, расположенные в одной плоскости, и они образуют единый модуль

направленных колебаний. Если над одним модулем расположен второй модуль из спаренных вибраторов, такой механизм можно называть двухмодульный или двухрядный спаренный вибрационный механизм. Теоретически, параметры двухмодульного или двухрядного спа-

ренного вибрационного механизма можно рассматривать на вибраторах одной вертикали (ветви), состоящей из двух ступеней, учитывая, что в горизонтальной плоскости силовое действие обеих ветвей взаимно компенсируются.



Рис. 1. Конструкции спаренных дебалансных вибрационных механизмов.

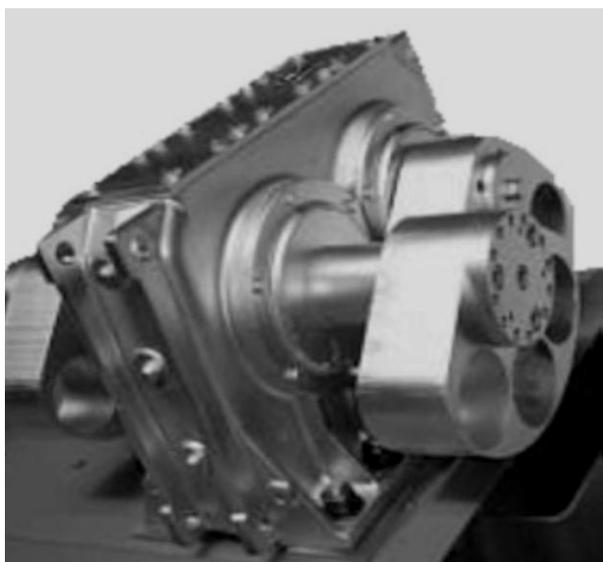


Рис. 2. «Направленный возбудитель DF» виброгрохотов LinaClass SLB/SLC

Рассматривается вибрационный механизм, состоящий из двух спаренных вибраторов (рис. 3), вертикально соединенных в виде одной ветви. На рисунке 3 имеем:

- R_1, R_2 – радиусы направляющих окружностей;
- m_1, m_2 – массы дисбалансов;
- ω_1, ω_2 – угловые скорости вращения дисбалансов;

– $\varphi_{10}, \varphi_{20}$ – начальные углы отклонений дисбалансов.

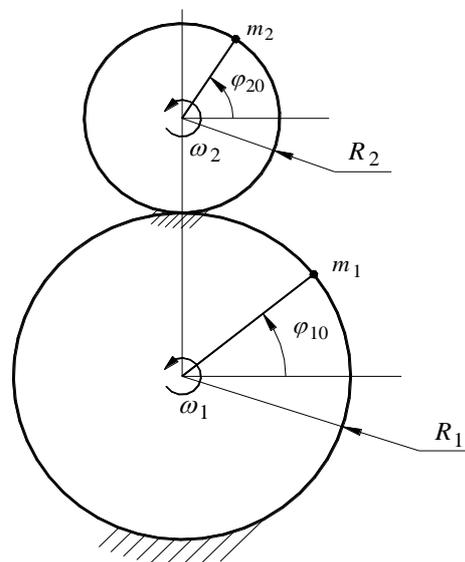


Рис. 3. Схема вертикального расположения дебалансных вибраторов

Требуемые характеристики работы вибрационного механизма обычно задаются в виде разрывной функции $F(t)$.

На рисунке (рис. 4, а): $F_{\text{погр}}$ – сила погружения, $F_{\text{под}}$ – сила подъема, t_1 – время действия силы погружения, t_2 – время действия силы подъема.

Учитывая, что работа вибрационного механизма имеет периодический характер, функцию $F(t)$ разлагают в ряд Фурье. Для получения в дальнейшем более простых формул функцию $F(t)$ представим в виде функции $\tilde{Y}(t)$ (рис. 4, б). В отличие от функции $F(t)$ функция $\tilde{Y}(t)$ является четной, вследствие чего ряд Фурье, порожденный функцией $\tilde{Y}(t)$, запишется в следующем виде, если ограничиться первыми тремя слагаемыми ряда [14]:

$$Y(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^2 a_k \cos k\omega_0 t, \quad (1)$$

где

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{-\frac{t_1}{2}}^{\frac{t_1+t_2}{2}} \tilde{Y}(\tau) \cos k\omega_0 \tau d\tau, \quad (2)$$

$$T = t_1 + t_2, \quad (3)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}. \quad (4)$$

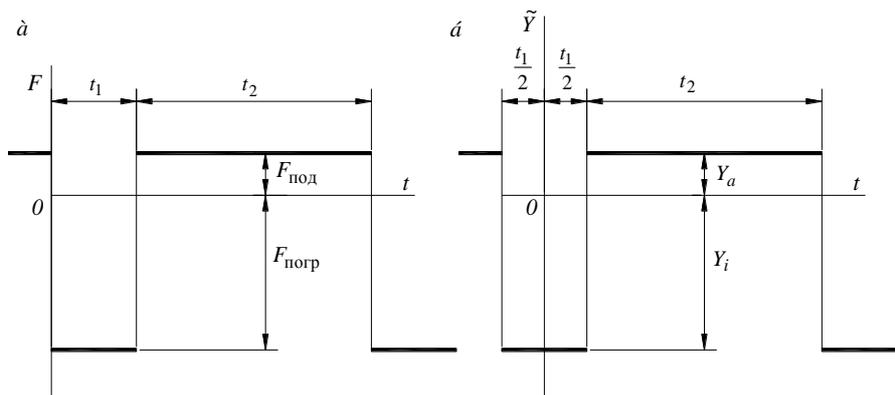


Рис. 4. Схема рабочего цикла вибратора с наличием асимметрии вынуждающей силы

Вычисляя интегралы (2), получим:

$$a_0 = \frac{2}{T} (Y_i t_1 + Y_a t_2), \quad (5)$$

$$a_k = \frac{2}{\pi k} \left(Y_i \sin k\omega_0 \frac{t_1}{2} + (-1)^k Y_a \sin k\omega_0 \frac{t_2}{2} \right), k = 1, 2.$$

Введем силы инерции \bar{R}_1^H и \bar{R}_2^H , приложенные к дисбалансам, и составляющие реакции опоры \bar{X}_O и \bar{Y}_O (рис. 5). Пренебрегая весом направляющих окружностей и дисбалансов ввиду их малости в сравнении с силами инерции (при достаточно больших значениях угловых скоростей ω_1 и ω_2), на основании принципа Даламбера получим следующие уравнения равновесия [15]:

$$\begin{aligned} X_O + R_1^H \cos \varphi_1 + R_2^H \cos \varphi_2 &= 0, \\ Y_O + R_1^H \sin \varphi_1 + R_2^H \sin \varphi_2 &= 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$R_i^H = m_i \omega_i^2 R_i, \varphi_i = \varphi_{i0} + \omega_i t. \quad (7)$$

Из второго уравнения (6) находим вертикальную реакцию опоры (из первого уравнения может быть определена горизонтальная составляющая реакции опоры):

$$Y_O = -R_1^H \sin \varphi_1 - R_2^H \sin \varphi_2. \quad (8)$$

Для равенства функций $Y(t)$ и $Y_O(t)$ необходимо, прежде всего, равенство нулю коэффициента a_0 , из которого следует

$$t_1 = \frac{Y_a}{Y_a - Y_i} T, t_2 = T - t_1. \quad (9)$$

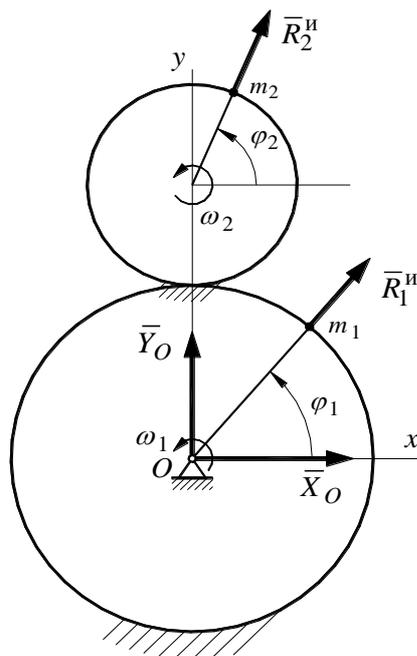


Рис. 5. Схема действующих сил

Для дальнейшего сравнения функций $Y(t)$ и $Y_O(t)$ в функции $Y(t)$ (формула (1), $\cos k\omega_0 t$ заменим на $\sin\left(\frac{\pi}{2} - k\omega_0 t\right)$. Приравнявая аргументы и коэффициенты при функциях синусов, получим окончательные условия совпадения функций $Y(t)$ и $Y_O(t)$:

$$\begin{aligned} \varphi_{10} &= \frac{\pi}{2}, \varphi_{20} = \frac{\pi}{2}, \\ \omega_1 &= \omega_0, \omega_2 = 2\omega_0, \\ m_1 R_1 &= -\frac{a_1}{\omega_0^2}, \\ m_2 R_2 &= -\frac{a_2}{4\omega_0^2}. \end{aligned} \tag{10}$$

Таким образом, задав значения только трех параметров: ω_1 , Y_a и Y_i , можно определить все остальные параметры вибрационного механизма: φ_{10} , φ_{20} , ω_2 , за исключением: m_1, R_1, m_2, R_2 , значения, которых должны удовлетворять только двум последним условиям (10).

На рис. 4, в качестве примера, представлена функция $Y_O(t)$, рассчитанная для условий: $\omega_1 = 52,4 \text{ с}^{-1}$ (соответствует частоте вращения $n_1 = 500 \text{ об/мин}$); $Y_a = 1 \text{ кН}$ и $Y_i = -2 \text{ кН}$; при этом $\omega_2 = 104,7 \text{ с}^{-1}$ ($n_2 = 1000 \text{ об/мин}$); $t_1 = 0,04 \text{ с}$, $t_2 = 0,08 \text{ с}$, $T = 0,12 \text{ с}$; $m_1 R_1 = 60,3 \text{ кг} \cdot \text{см}$, $m_2 R_2 = 7,54 \text{ кг} \cdot \text{см}$.

Коэффициент динамичности вибрационного механизма K определяется как отношение силы погружения $F_{\text{погр}}$ к силе подъема $F_{\text{под}}$, или силы на рабочем ходе к силе на холостом.

$$K = \frac{F_{\text{погр}}}{F_{\text{под}}}. \tag{11}$$

Для определения коэффициента динамичности необходимо определить минимальное Y_{Oi} и максимальное Y_{Oa} значения функции $Y_O(t)$, (формула (8), так что

$$K = \frac{-Y_{Oi}}{Y_{Oa}}. \tag{12}$$

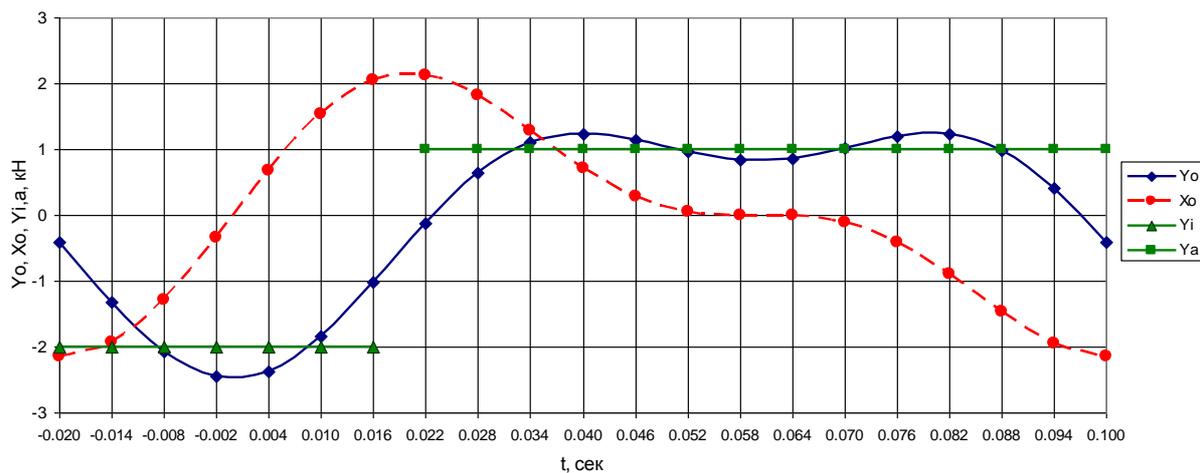


Рис. 6. Пример результата расчёта осевых составляющих вынуждающей силы в пределах одного периода.

Моменты времени, в которые функция $Y_O(t)$ принимает экстремальные значения, определяются из условия

$$\frac{\partial Y_O}{\partial t} = 0, \tag{13}$$

для функции (8) оно может быть записано в следующем виде:

$$m_1 \omega_1^3 R_1 \cos(\varphi_{10} + \omega_1 t) + m_2 \omega_2^3 R_2 \cos(\varphi_{20} + \omega_2 t) = 0. \tag{14}$$

Численным решением уравнения (14) были определены четыре значения момента времени, в которых функция принимает экстремальные значения.

Абсолютный минимум достигается при $t = 0$, при этом $Y_{Oi} = -2,48 \text{ кН}$, локальные мак-

симумы достигаются при $t = 0,04 \text{ с}$ и $t = 0,08 \text{ с}$ и оба равны, так что $Y_{Oa} = 1,24 \text{ кН}$.

Таким образом, коэффициент динамичности вибратора составляет

$$K = \frac{2,48}{1,24} = 2. \tag{15}$$

Для исследования влияния отдельных параметров механизма на величины сил погружения и подъема, а также коэффициента динамичности, были выполнены расчеты, при которых параметры одного вибратора оставались неизменными (с индексом "1"), а параметры второго вибратора (с индексом "2") варьировались. Результаты расчетов представлены на рис. 7–10.

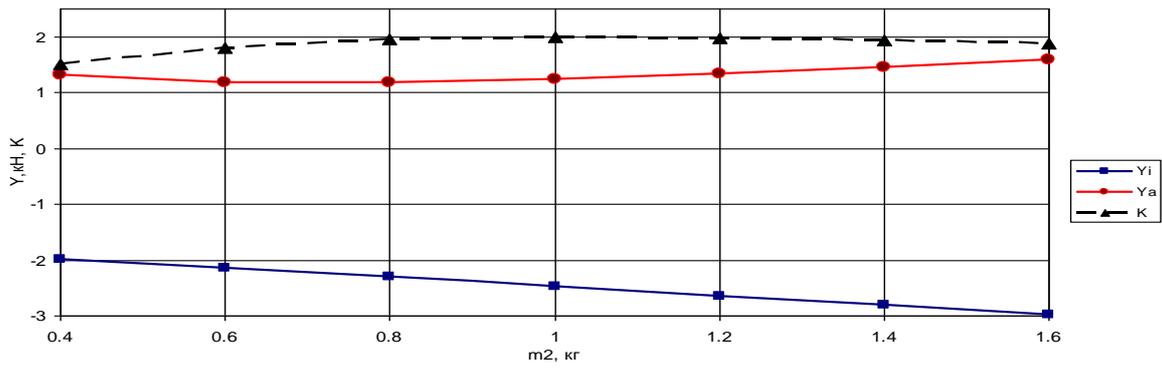


Рис. 7

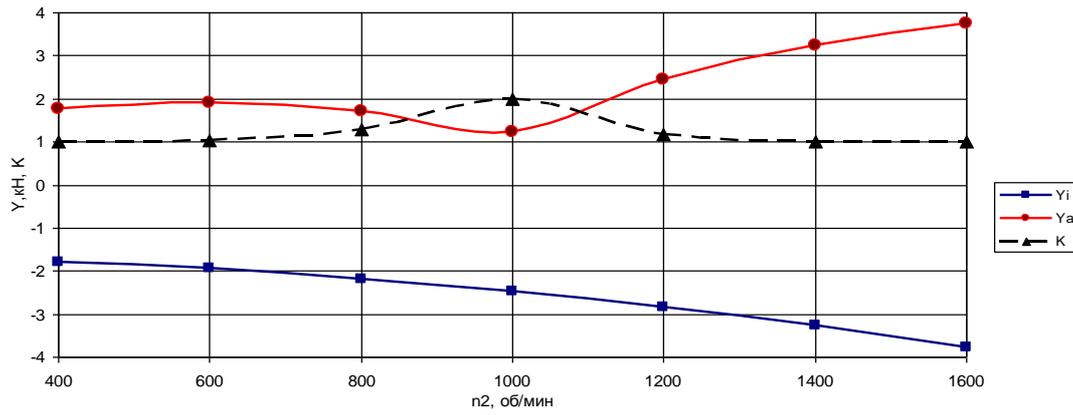


Рис. 8

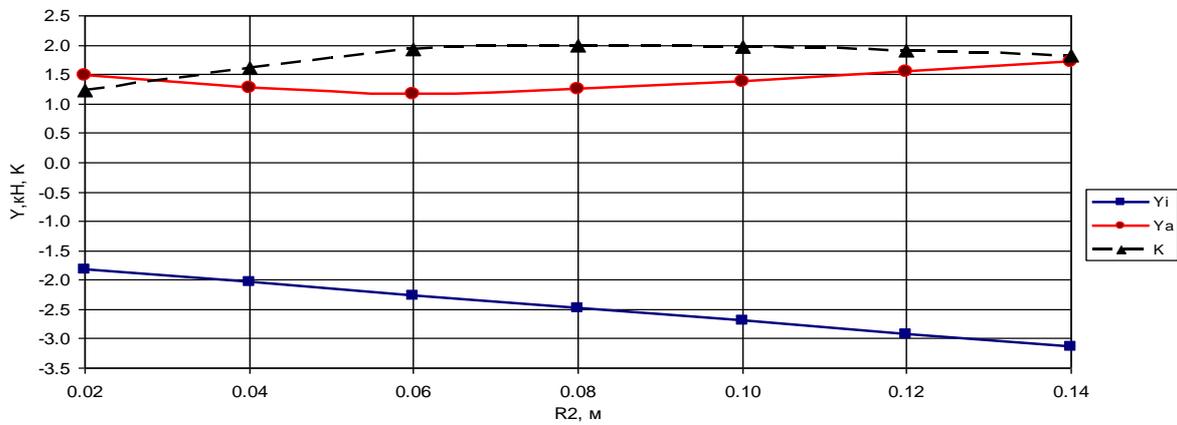


Рис. 9

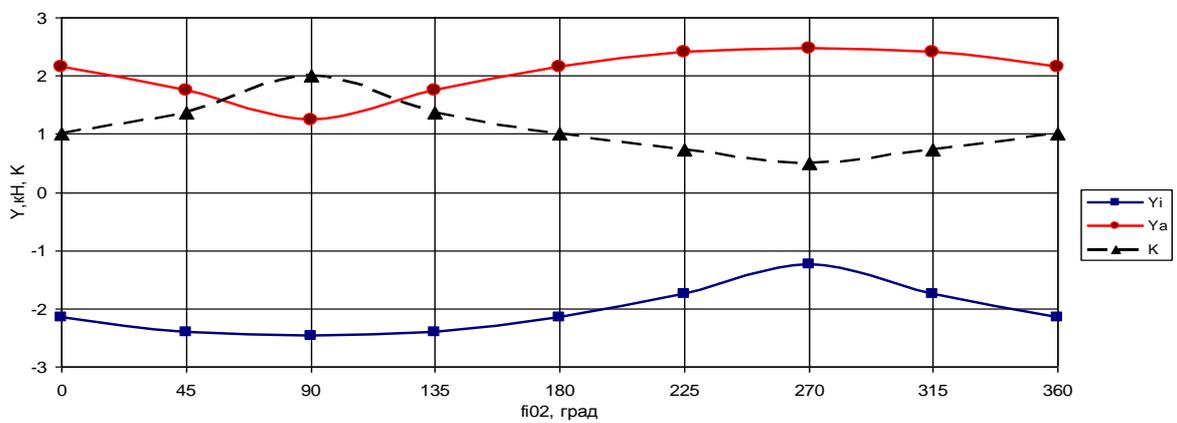


Рис. 10

Таким образом, получена математическая модель спаренного дебалансного вибрационно-го механизма, состоящего из двух вибраторов с круговыми колебаниями и установленными друг над другом. Причём, вибраторы имеют кратную частоту вращения дебалансных валов, разные массы дебалансов, произвольные начальные фазы и разные радиусы вращения неуравновешенных масс.

**Статья выполнена при поддержке гранта по программе РФФИ №14-41 08043 от 25-11-2014 г «Разработка теоретических основ проектирования вибрационных модулей для технологических процессов сортировки, измельчения, уплотнения и погружения свай в грунт»*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жулай В.А. Машины для свайных работ. Конструкции и расчеты: учеб. пособие, Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т.- Воронеж, 2011. 216с
2. Герасимов М.Д. Способ получения направленных механических колебаний для практического применения в технологических процессах // Строительные и дорожные машины. 2014. №1. С. 35-38
3. Герасимов М.Д., Алиматов Б.А., Герасимов Д.М., Чеботарев О.И. Направление совершенствования вибраторов направленного действия // Научно-технический журнал Фер.ПИ. 2013. №3. С. 23–26.
4. Gerasimov M.D., Glagolev S.N., Gerasimov D. M., Mkrtychev O. V. Determination Of The Driving Force's Asymmetry Factor And The Vibrostand's Work's Analysis // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. №24. Р. 45181-45185.
5. Герасимов М.Д. Инновационные вибрационные технологии, машины и оборудование. Опыт НИОКР // «Мир дорог». С.-Пб. Специальный выпуск 2015-2016. С. 31-32.
6. Gerasimov M.D., Mkrtychev O.V., Stepanistchev V.A., Sevostyanov V.S. Calculation of Main Kinematic Characteristics of the Single-Shaft Vibrator with Aimed Fluctuations // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9 С.855–861.
7. Герасимов М.Д. Сложение колебаний в вибровозбудителях// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №3. С.116–121.
8. Герасимов М.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. Методика проведения исследований вибрационного устройства с асимметричной вынуждающей силой// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. №9. С.125-130.
9. Пат. 145754 Российская Федерация. МПК 7 / Герасимов М.Д., Степанищев В.А., Апанасов А.А. Зубчато-планетарный вибровозбудитель / заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № Оpubл. 27.09.2014
10. Степанищев В.А. Способ получения асимметричных механических колебаний направленного действия. [Электронный ресурс]. Материалы Международного научного форума «ЛОМОНОСОВ 2013» Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, М.В. Чистякова.– М.; МАКС Пресс, 2013. – 1 электр. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Систем. Требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод DVD-ROM; Adobe Acrobat Reader.
11. Герасимов М.Д. Исследование планетарных вибраторов с направленными вынужденными колебаниями/ Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: сб. науч. Ст.: в 2 ч. Ч.1/ редкол.: С.Ф. Яцун (отв. Ред.) [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. 384 с., С. 91-100
12. Герасимов М.Д., Герасимов Д.М. Определение закона движения, скорости и ускорения центра масс планетарного вибровозбудителя / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. №12. С. 8 – 11.
13. Герасимов М.Д., Мкртычев О.В. Степанищев В.А. Расчёт системы одновалных вибраторов с помощью рядов Фурье/ Научно-технологические инновации: сб. докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч.4. 308 с. С. 29–34.
14. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Определения, теоремы, формулы. 6-е изд., стер. СПб.: Лань, 2003. 832 с.
15. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для вузов 12-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2002. 416 с.

Gerasimov M.D., Vorobiyov N.D., Gerasimov D.M.

MATHEMATICAL MODEL TWO-STAGE MECHANISM VIBRATING

When designing the of vibrating mechanism with directional vibrations of can identify two designing of tasks: forward and reverse. In the direct task of by the known geometric parameters and mass of unbalances determine the value of the exciting force and her ability to perform the task. In inverse problem of the magnitude the exciting force is set in accordance with the technological objectives and require to solve the problem designing of the vibratory mechanism with rational parameters. The article provides a method of calcu-

lating the two-stage the vibratory mechanism and building its mathematical model at a predetermined ratio the quantities of forward and reverse actions directional driving force.

Key words: *vibrator, vibrating mechanism, characteristics of the vibration mechanism of discontinuous function, Fourier series, d'Alembert principle, the dynamic coefficient of the vibratory mechanism.*

Герасимов Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: mail_mihail@mail.ru

Воробьёв Николай Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Герасимов Дмитрий Михайлович, магистрант.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: mail_mihail@mail.ru

Дуганов В.Я., канд. техн. наук, доц.,
Сумской А.М., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ИХ ДЕФОРМАЦИИ

sumskoiam@yandex.ru

На современном этапе производства изделий машиностроения одним из главных конкурентоспособных преимуществ является показатель точности. С развитием современных технологий и внедрением их в производство требуется повышение уровня точности деталей и изделий в целом. Для кинематически не полных станков, базирующихся непосредственно на обрабатываемом изделии, возникают дополнительные погрешности, связанные с условиями эксплуатации этих станков и с особенностями обработки изделий.

В данной статье рассмотрены методы определения погрешностей вызванных деформацией деталей в связи с действиями гравитационных сил, что является важным фактором, влияющим на точность обработки крупногабаритных изделий. Это позволяет решить задачу динамической наладки бесцентрово-шлифовальных станков, что сводится к отысканию граничных значений частоты возмущающего воздействия, при которых коэффициенты формообразования имеют наибольшие положительные значения для заданного ряда гармонических погрешностей.

Ключевые слова: повышение точности, крупногабаритная бесцентровая обработка, обработка колец.

Введение. Технологическое обеспечение качества поверхности является одной из наиболее важных задач процесса изготовления изделия [1]. Увеличение конкуренции, вызванное развитием технологий и повсеместным внедрением их в производства, требует ответных действий, связанных не только с экономическими показателями обработки, но и с повышением уровня точности детали и улучшению изделия в целом. Все это приводит к возникновению задач, связанных с появлением новых, ранее не учтенных факторов, препятствующих обеспечению заданных параметров точности. На точность обработки изделий оказывает влияние большое число факторов, которые возникают во время движения режущей кромки инструмента по обрабатываемой поверхности, выполняемому в соответствии с кинематикой станка. В следствии несовпадения реальных движений заготовки и инструмента, движениям предусмотренным кинематической схемой станка, возникает погрешность обработки. При установке обрабатываемой детали на металлорежущее оборудование могут возникать различного рода погрешности установки. В состав такой погрешности входит: погрешность закрепления, погрешность приспособления (поверхностей, которые прилегают к закрепленной заготовке) и погрешность базирования. Для кинематически не полных станков, базирующихся непосредственно на обрабатываемом изделии, могут возникать дополнительные погрешности, связанные с условиями эксплуатации этих станков и с особенностями обработки изделий. Для крупногабаритных де-

талей с недостаточной жесткостью возможно дополнительное возникновение погрешностей из-за деформации самих деталей под действием гравитационных сил. При бесцентровой обработке деталей важное значение для получения требуемой точности имеет геометрическая настройка станка. Часто, геометрически правильно налаженный станок дает неудовлетворительные результаты по круглости. Это объясняется особенностями процесса бесцентрового шлифования, которые заключаются в том, что отсутствует жесткая кинематическая связь детали с базирующими элементами станка и инструментом, образующими упругую рабочую схему станка [2].

Нормальное протекание процесса бесцентровой обработки обеспечивается непрерывным силовым прижатием детали к базирующим элементам. Базирование осуществляется по обрабатываемой поверхности и деталь имеет несколько степеней свободы. При возникновении возмущающих сил, например, из-за огранности заготовки, биения кругов, внешних источников и т.п., изменяется относительное положение детали и элементов упругой системы станка, деталь смещается в направлении возможных перемещений. Это приводит к изменению воздействия упругой системы на рабочие процессы.

Существенное влияние оказывают динамические факторы на точность обработки. На первоначальных этапах наладки станков рекомендуется определить зоны и запас устойчивости для оптимальных геометрических наладок с помощью построения амплитудно-фазово-

частотных характеристик (АФЧХ) динамической системы [3]. Эти исследования дают возможность определить в первом приближении частоту вращения детали при шлифовании, на которой процесс обработки будет способствовать уменьшению амплитуды огранности.

Задача динамической наладки бесцентрово-шлифовальных станков сводится к отысканию граничных значений частоты возмущающего воздействия, при которых коэффициенты формообразования имеют наибольшие положительные значения для заданного ряда гармонических погрешностей.

Методология. Изменение геометрии взаимного расположения опорных узлов и режущего инструмента определяется с учетом деформирования обрабатываемого кольца, которое в свою очередь может быть определено методом сопротивления материалов теоретической механики.

Основная часть. Бандаж цементной печи, имеющий отношение толщины стенки к наружному диаметру, равное 1:15, может быть рассмотрен как плоское тонкостенное кольцо, установленное в вертикальной плоскости на двух роликоопорах. Расчетная схема такого кольца изображена на рис. 1, причем собственный вес бандажа рассмотрен как распределенная по окружности нагрузка.

Под действием гравитационных сил кольцо деформируется - его точки смещаются от первоначального положения на окружности радиуса R.

Плоские замкнутые кольца, как известно, являются трижды статически неопределимыми системами. Для перехода к статически определимой (основной) системе разрежем кольцо по оси OY в нижней его части (рис. 2.). В силу симметрии кольца и внешней нагрузки, поперечные силы в этом сечении равны нулю, следовательно, лишними внутренними усилиями в нем будут изгибающий момент M_{x1} и продольная сила X_2 . Вместо кольца рассмотрим только одну его половину.

Канонические уравнения метода сил для рассматриваемой системы имеют вид:

$$\begin{aligned} \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \delta_{1p} &= 0 \\ \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \delta_{2p} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$M_y(\varphi) = qR^2 \int_n^\varphi (\varphi \sin \varphi - \sin \psi) d\psi = qR^2 (\varphi \sin \varphi + \cos \varphi - 1) \quad (4)$$

Величины опорных реакций N и G определяются весом кольца и углом расположения роликоопор 2α :

где δ_{ik} – перемещение в направлении X_i , вызываемое единичной силой, приложенной к рассматриваемой точке в направлении X_k ; δ_{ip} – перемещение точки в направлении X_i , вызываемое всеми действующими на кольцо силами.

Интенсивность действующих на кольцо сил тяжести равна весу его элемента единичной длины:

$$q = \frac{\rho q b \cdot \pi(D_2^2 - D_1^2)}{4\pi \cdot \frac{D_2^2 + D_1^2}{2}} = \pi q F \quad (2)$$

где $F = b \times h$ – площадь поперечного сечения кольца; D_1 и D_2 – внутренний и внешний диаметры кольца.

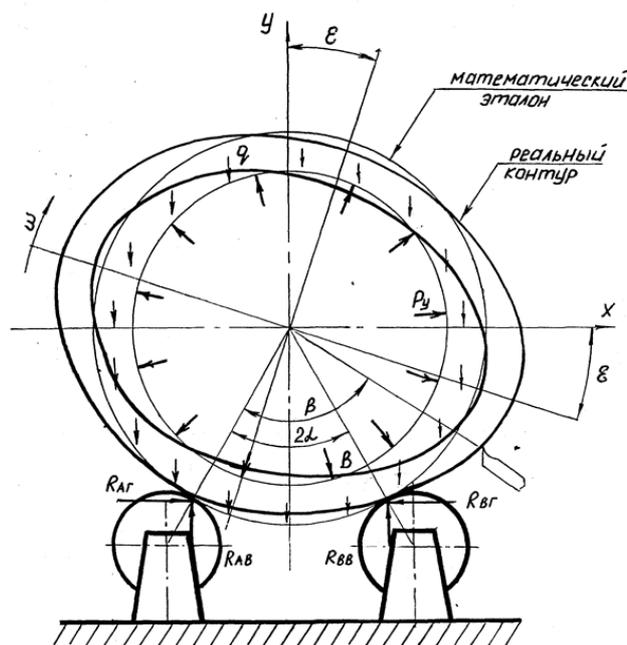


Рис.1. Расчетная схема обработки деформированного бандажа

Найдем теперь изгибающий момент в произвольном поперечном сечении, определяемом углом φ от нагрузки q . Так как сила тяжести, действующая на элемент дуги ds геометрической оси стенки кольца dr , то элементарный изгибающий момент от неё в сечении с углом φ равен:

$$dM = dP(\sin \varphi - \sin \psi) = qR^2 (\varphi \sin \varphi - \sin \psi) d\psi \quad (3)$$

Изгибающий момент в том же сечении от всех сил тяжести, действующих на дугу с центральным углом 2α , найдем интегрированием:

$$N = \pi R q, \quad G = \pi R q \cdot \text{tg} 2\alpha \quad (5)$$

В основной системе координат горизонтальные реакции опор u уравниваются силами Q , приложенными к краям разреза:

$$Q = \frac{G}{2}(1 + \cos\alpha) \quad (6)$$

Изгибающие моменты опорных реакций определяются выражениями:

$$M_G(\varphi) = \begin{cases} \frac{\pi R^2 q \cdot \operatorname{tg}\alpha}{2}(1 + \cos\alpha)(1 - \cos\varphi); 0 < \varphi \leq \alpha \\ \frac{\pi R^2 q \cdot \operatorname{tg}\alpha}{2}(1 - \cos\alpha)(1 + \cos\varphi); \alpha < \varphi \leq \pi \end{cases} \quad (7)$$

$$M_N(\varphi) = \begin{cases} 0; 0 < \varphi \leq \alpha \\ \pi R^2 q(\sin\alpha - \cos\varphi); \alpha < \varphi \leq \pi \end{cases} \quad (8)$$

Изгибающие моменты от единичных нагрузок $X_1 = 1$ и $X_2 = 1$ приложенных в сечении А имеют значения:

$$\bar{M}_1 = 1; \bar{M}_2 = R(1 - \cos\varphi) \quad (9)$$

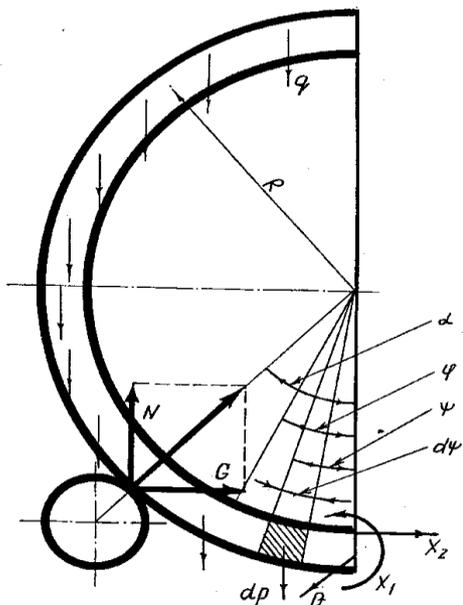


Рис. 2. Схема расчета перемещений кольца при деформации

Найдем теперь перемещения, вызываемые действием единичных нагрузок:

$$M(\varphi) = \begin{cases} qR^2 \cdot (\varphi \sin\varphi + (0.5 - \pi \cdot \operatorname{tg}\alpha + \alpha \cdot \operatorname{tg}\alpha) \cdot \cos\varphi + \frac{1}{\cos\alpha}); 0 < \varphi \leq \alpha \\ qR^2 \cdot (\varphi \sin\varphi - \pi \cdot \sin\varphi + (0.5 + \alpha \cdot \operatorname{tg}\alpha) \cdot \cos\varphi + \frac{1}{\cos\alpha}); \alpha < \varphi < \pi \end{cases} \quad (17)$$

Найдем теперь вертикальное перемещение нижней точки кольца (точки А). Для этого прикладываем к точке А единичную силу, направленную вертикально вниз (рис. 3).

С помощью соотношения (16) можно рассчитать также изгибающий момент M_1 от рас-

$$\delta_{11} = \frac{R}{Ej} \int_0^\pi \bar{M}_1^2 d\varphi = \frac{R}{Ej} \int_0^\pi d\varphi = \frac{\pi R}{Ej}$$

$$\delta_{22} = \frac{R}{Ej} \int_0^\pi \bar{M}_2^2 d\varphi = \frac{R^3}{Ej} \int_0^\pi (1 - \cos\varphi)^2 d\varphi = \frac{3\pi R^3}{2Ej} \quad (10)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{R}{Ej} \int_0^\pi \bar{M}_1 \cdot \bar{M}_2 d\varphi = \frac{R^2}{Ej} \int_0^\pi (1 - \cos\varphi) d\varphi = \frac{\pi R^2}{Ej}$$

Далее имеем:

$$\delta_{1p} = \frac{R}{Ej} \int_0^\pi M_p \bar{M}_1 d\varphi = \frac{R}{Ej} \int_0^\pi M_p$$

$$\delta_{2p} = \frac{R}{Ej} \int_0^\pi M_p \bar{M}_2 d\varphi = \frac{R^2}{Ej} \int_0^\pi M_p (1 - \cos\varphi) d\varphi \quad (11)$$

где:

$$M_p(\varphi) = M_q(\varphi) = M_G(\varphi) = M_N(\varphi) \quad (12)$$

Подставив выражения (10) и (11) в канонические уравнения метода сил, найдем:

$$x_1 + Rx_2 = -\frac{1}{\pi} \int_0^\pi M_p d\varphi$$

$$x_1 + \frac{3}{2} Rx_2 = -\frac{1}{\pi} \int_0^\pi M_p (1 - \cos\varphi) d\varphi \quad (13)$$

Решив систему уравнений (13) получим

$$x_1 = -\frac{1}{\pi} \int_0^\pi M_p d\varphi - \frac{2}{\pi} \int_0^\pi M_p \cos\varphi d\varphi$$

$$x_2 = \frac{2}{\pi R} \int_0^\pi M_p \cos\varphi d\varphi \quad (14)$$

Изгибающий момент в сечении 1-1 имеет вид:

$$M(\varphi) = M_p(\varphi) + x_1 + x_2 R(1 - \cos\varphi) \quad (15)$$

или с учетом выражения (14)

$$M(\varphi) = M_p(\varphi) - \frac{2\cos\varphi}{\pi} \int_0^\pi M_p(\varphi) \cos\varphi d\varphi - \frac{1}{\pi} \int_0^\pi M_p(\varphi) d\varphi \quad (16)$$

Подставив в соотношение (16) выражения (4), (7), (8), (12) и выполнив интегрирование, найдем:

сма триваемой единичной нагрузки и в неразрезанном кольце. Однако, для отыскания перемещений в симметрично нагруженных кольцах в интегралах Мора вместо $\bar{M}(\varphi)$ можно использовать изгибающий момент в основной системе

$M_1(\varphi)$, что существенно сокращает объем вычислений. Поэтому для перемещения точки А

$$\Delta y = \frac{2R}{Ej} \int_0^\pi M(\varphi)M_1(\varphi)\varphi d\varphi = \frac{qR^4}{Ej} \int_0^\alpha \left[\varphi \cdot \sin \varphi + (0.5 + (\alpha - \pi) \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \varphi + \frac{1}{\cos \alpha} \right] \cdot \sin \varphi d\varphi + \frac{qR^4}{Ej} \int_\alpha^\pi \left[\varphi \cdot \sin \varphi + (0.5 + \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \varphi - \pi \cdot \sin \varphi + \frac{1}{\cos \alpha} \right] \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi d\varphi \quad (18)$$

Выполнив интегрирование, получим:

$$\Delta y = \frac{qR^4}{Ej} \left[\frac{\alpha^2}{4} - \frac{7}{8} + \frac{1}{\cos \alpha} - \frac{\alpha \cdot \sin 2\alpha}{4} - \frac{\cos 2\alpha}{8} + (0.5 + \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot (\pi - \alpha) \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{\pi}{4} + \operatorname{tg} \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{8} - \frac{\alpha \cdot \sin 2\alpha}{4} \right) \right] \quad (19)$$

Относительные перемещения точек А и Б можно выразить так:

$$\frac{\Delta Y}{R} = 12 \frac{\rho gh}{E} \left(\frac{R}{n} \right)^3 \cdot f_1(\alpha)$$

$$\frac{\Delta X}{R} = 12 \rho gh \left(\frac{R}{n} \right)^3 \cdot f_2(\alpha) \quad (20)$$

$$f_1(\alpha) = \frac{\alpha^2}{4} - \frac{7}{8} + \frac{1}{\cos \alpha} - \frac{\alpha \cdot \sin 2\alpha}{4} - \frac{\cos 2\alpha}{8} + \frac{0.5 + \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} \cdot (\pi - \alpha) \cdot \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha \cdot \left(\frac{\pi}{4} + \operatorname{tg} \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{8} - \frac{\alpha \cos 2\alpha}{4} \right) \quad (21)$$

$$f_2(\alpha) = \frac{1}{\cos \alpha} - \pi \frac{\cos 2\alpha}{8} - \frac{\pi}{8} - \frac{\pi}{2 \cos \alpha} + \frac{\pi}{2} \cos \alpha - \pi \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \left(\frac{\alpha}{4} + \frac{\sin 2\alpha}{8} - \frac{\sin \alpha}{2} \right)$$

Графики деформаций $f_1(\alpha)$ и $f_2(\alpha)$ приведены на рис. 3.

Из рис. 3 следует, что для значений угла $\alpha \leq 37^\circ$ нижняя точка кольца (точка А) перемещается вверх, для углов $\alpha > 37^\circ$ – вниз. При $\alpha \approx 37^\circ$ отклонение точки А от окружности равно нулю.

Обоснование коррекции угла установки режущего инструмента в зависимости от деформации бандажа и частоты его вращения

Массивное круглое кольцо, например, бандаж цементной печи, установленное вертикально на роликоопоры, деформируется под действием собственного веса и принимает сложную форму, которая не может быть задана аналитически, а может быть лишь рассчитана численными методами.

Общими (укрупненными) характеристиками формы опертого на роликоопоры кольца является его симметрия относительно вертикальной оси:

$$f_1(\alpha) = \frac{2}{\cos \alpha} - \frac{\pi}{4} (1 + \cos 2\alpha) + \pi \left(\cos \alpha - \frac{1}{\cos \alpha} \right) - \pi \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} - \sin \alpha \right) \quad (26)$$

$$r(\varphi) = r(-\varphi) \quad (22)$$

а также изменение диаметра кольца в направлении оси ОХ и оси ОУ

$$\delta_x = 2 \left(r \left(\varphi = \frac{\pi}{2} \right) - R \right) \quad (23)$$

$$\delta_y = \delta_{y1} + \delta_{y2} \quad (24)$$

где $\delta_{y1} = r(\varphi = \pi) - R$; $\delta_{y2} = r(\varphi = 0) - R$; δ_{y1} и δ_{y2} – смещения верхней и нижней точек кольца; R – радиус математического эталона кольца;

$r(\varphi)$ – радиус деформированного кольца, соответствующий углу φ (рис.4).

Выражения для δ_x и δ_y , найденные выше, имеют вид:

$$\delta_x = \frac{qR^4}{Ej} \cdot f_1(\alpha); \delta_y = \frac{qR^4}{Ej} \cdot f_2(\alpha) \quad (25)$$

где

$$f_2(\alpha) = \frac{\alpha^2}{4} - 0.875 + \frac{1}{\cos\alpha} - \frac{\alpha \cdot \sin 2\alpha}{4} - \frac{\cos 2\alpha}{8} + (0.5 + \alpha \cdot \operatorname{tg}\alpha)(\pi - \alpha) \frac{\operatorname{tg}\alpha}{2} - \operatorname{tg}\alpha \cdot \left(\frac{\pi}{4} + \operatorname{tg}\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{8} - \frac{\alpha \cos 2\alpha}{4} \right) \quad (27)$$

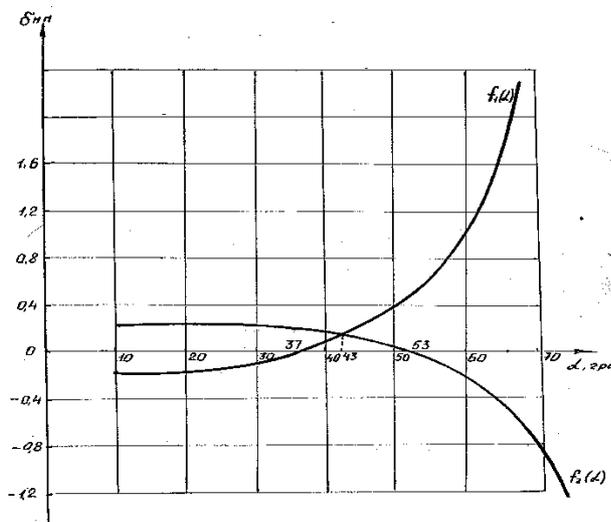


Рис.3. Графики зависимости деформаций кольца от центрального угла базирования

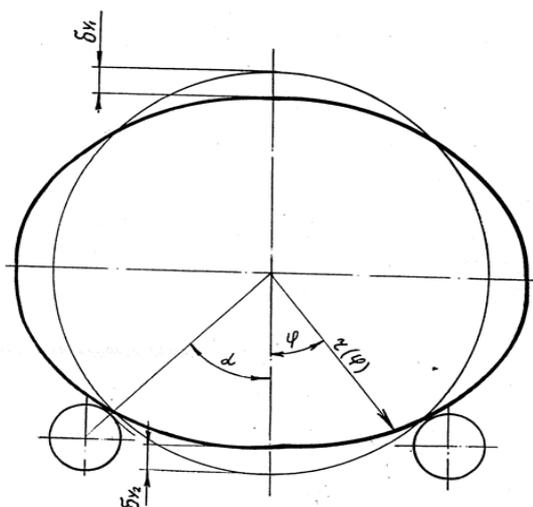


Рис. 4. Схема перемещений при деформировании кольца

Таблица 1.

Значения функций $f_1(\alpha)$ и $f_2(\alpha)$ для некоторых значений угла α

Град	10	15	18	22,5	30	45	60
$f_1(x)$	0,412	0,389	0,372	0,338	0,264	0,024	-0,42
$f_2(x)$	-0,015	-0,027	-0,034	-0,039	-0,033	0,1	0,657

Отметим, что для угла $\alpha = 36,5^\circ$, $f_2(\alpha) = 0$, т.е. смещение нижней точки кольца отсутствует.

При вращении вертикально установленного кругового кольца правильной идеальной формы никакого углового смещения его осей симметрии не происходит. Если бы упругие деформации кольца происходили мгновенно, то так же мгновенно происходила бы перестройка его формы при вращении и положение оси симметрии так же не изменялось бы. В действительности же ось симметрии деформированного кольца при его вращении отклоняется в сторону вращения на некоторый угол ψ величина которого определяется соотношением скоростей деформирования кольца при его вращении.

Выводы. Для исправления формы деформированного кольца при обработке наружной поверхности резанием необходимо знать величину этого смещения (оси симметрии) для более точной настройки положения режущего инструмента. Корректировка положения режущего инструмента на расчетную величину позволит повысить точность формообразования функционально важной поверхности кольца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пастухов А.Г., Дегтярев Н.М., Минасян

А.Г. Теоретическое обоснование режимов механической обработки шипов упрочненных крестовин // Научное обозрение. 2014. №4. С.215–222.

2. Суслов А.Г. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. - 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2007. 430 с.

3. Дуганов В.Я., Бешевли О.Б. Определение деформации кольца, установленного на опорных роликах под действием гравитационных сил // Ремонт восстановление и модернизация. 2012. №3. С. 25–27.

4. Данилевский В. В. Технология машиностроения. 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1984. 416 с.

5. А.С. № 1630140. Способ бесцентровой обработки крупногабаритных колец / Пелипенко Н.А., Дуганов В.Я. / Оpubл. в 1990.

6. Пастухов А.Г. Методика оценки качества сборочных единиц по функциональным параметрам // Все материалы Энциклопедический справочник. Приложение «Комментарии к стандартам, ТУ, сертификатам». 2014. №3. С. 9–16.

7. Пастухов А.Г., Федоров С.К., Дегтярев Н.М., Жуков Е.М. Экспериментальные исследования влияния режимов ЭМО на эксплуатационные свойства рабочих поверхностей шипов

крестовин // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т.117. С. 100–104.

8. Щетинин Н.А., Рыбалко В.Ю., Мурыгина Л.В., Черняев А.С., Шрубченко И.В. Параметры шероховатости поверхности при ленточном шлифовании // Электронный ресурс. Материалы Международной науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2012.

9. Сумской А.М., Дуганов В.Я. Способ выверки оси вращающейся печи // Электронный ресурс. Материалы Международной науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2016.

10. Лозовая С.Ю., Бешевли О.Б., Дуюн Т.А., Воробьев Н.Д. Повышение эффективности ремонтной обработки опорных узлов крупногабаритных вращающихся агрегатов // Вестник ИрГТУ. 2015. №7. С. 60–66.

11. Спиридонов. А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.

12. Банит Ф.Г., Несвижский О.А. Механическое оборудование цементных заводов. М.:

Машиностроение. 1975. 317 с.

13. Дуганов В.Я. Станок для обработки вкладышей крупногабаритных подшипников скольжения: пат. 132012 Рос. федерация: МПК7 В23D 1/20, В23D 9/00 / Дуганов В.Я., Бешевли О.Б. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородский гос-й технологический ун-т им. В.Г. Шухова. - № 2013100863/02; заяв. 09.01.13; опубл. 10.09.2013 Бюл. №25

14. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 230 с.

15. Горский В.Г., Адлер Ю.П. Планирование промышленных экспериментов. М.: Металлургия. 1974. 264 с.

16. Shrubchenko I.V., Hurtasenko A.V., Voronkova M.N., Murygina L.V., Optimization of cutting conditions for the processing of bandages of rotary cement kilns at a special stand. World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 31. № 9. С. 1593-1600.

Duganov V.J., Sumskoy A.M.

IMPROVING PRECISION MACHINING PARTS WITH REGARD TO THEIR DEFORMATION

At present, the production of engineering products one of the main competitive advantages is the accuracy rate. With the development of modern technologies and their introduction into production, require increasing levels of precision parts and products in general. For kinematically complete machines based directly on the workpiece, there are additional errors associated with the conditions of operation of these machines and products processing features.

This article describes methods for determining the error caused by deformation of the parts due to the influence of the gravitational force, which is an important factor in the precision machining of large-sized products. This makes it possible to solve the problem of dynamic adjustment of centerless grinding machines, which reduces to finding the boundary values of the frequency of the disturbance, in which the shaping factors have the greatest positive values for a given number of harmonic errors.

Key words: *improved accuracy, the large centerless machining, processing rings.*

Дуганов Владимир Яковлевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: dvybgtu@mail.ru

Сумской Александр Михайлович, аспирант кафедры технология машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: sumskoiAM@yandex.ru

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.12737/24140

Бабичев Р.П., аспирант,
Клабуков А.Д., аспирант,
Родионов К.В., аспирант

Вятский государственный университет

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ПОЧАСОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НАГРУЗКИ

babichevrp@gmail.com

В настоящее время одним из важнейших вызовов современности при проектировании, создании и эксплуатации распределенных информационных систем является их энергоэффективность. В случае использования сервисов, основанных на распределенных системах, не требующих одновременной работы всех узлов системы, возможно определить оптимальное состояние, при котором все пользователи обеспечены запрашиваемыми ресурсами, а незадействованные узлы системы обесточены. Использование такого подхода не должно влиять на отказоустойчивость системы. В рамках данной статьи отказоустойчивость системы рассматривается с позиции пользователя, что позволяет переопределить данное понятие. В ходе исследований был сформулирован новый подход к проблеме отказоустойчивости и создана модель, описывающая оптимальное энергоэффективное состояние распределенной системы. На основе данной модели возможно создание программно-аппаратного комплекса, позволяющего динамически поддерживать систему в оптимальном энергоэффективном состоянии.

Ключевые слова: *распределенные системы, энергоэффективность, отказоустойчивость, колебания нагрузки, математическая модель.*

Введение. Одним из важнейших вызовов современности при проектировании, создании и эксплуатации распределенных информационных систем является их энергоэффективность. Критерий энергоэффективности может быть сформулирован как достижение либо определенного результата деятельности при наименьших затратах энергоресурсов, либо наибольшего результата деятельности при определенных затратах энергоресурсов без их перерасхода [1]. Например, годовое потребление электроэнергии американскими дата центрами за 2013 год составило 91 миллиард киловатт-часов, и, по прогнозам, к 2020 году может достигнуть 140 млрд. киловатт-часов [2]. Кроме того, по мнению ряда ученых [3], таких как Ахил Лангер, Эшан Тотони, Удатта Палекар и Лаксмикант В. Кале, для распределенных систем вопрос энергоэффективности является одной из самых серьезных проблем, над решением которой работают многие ведущие университеты [3, 4] и ИТ корпорации [5, 6], применяя как программно-алгоритмические [7], так и аппаратные [8] средства для снижения уровня энергопотребления. Однако, для ряда распределенных систем, назначение которых не связано напрямую с вы-

числениями, более важной характеристикой может быть не показатель энергоэффективности, а показатель её отказоустойчивости [9]. По словам Д.В. Шкурко: «Отказоустойчивость распределенной системы определяется возможностью функционирования системы, несмотря на отказы ограниченного числа ее компонентов» [10]. Данное определение рассматривает ситуацию с точки зрения состояния компонентов системы, не рассматривая её с точки зрения пользователя. Пользователь, использующий распределенную систему как сервис, обычно абстрагируется от её внутреннего устройства и состояния её компонентов, поэтому с его точки зрения отказом системы является невозможность её использования в момент обращения к ней независимо от каких-либо факторов, влияющих на работоспособность системы. Примером такой системы может являться nVidia Grid – платформа для виртуализации графики, которая обеспечивает ускорение работы виртуальных десктопов и приложений на графических процессорах NVIDIA [11]. Очевидно, что компания nVidia обладает конечным количеством серверов, поэтому теоретически возможна ситуация, когда система не сможет должным образом обрабо-

тать все запросы пользователей, что является, с точки зрения конечного пользователя, ситуацией отказа системы. Таким образом, в данной статье под отказоустойчивостью будет пониматься способность системы в каждый конкретный момент времени удовлетворить запрос пользователя на выделение ресурсов, либо предоставить их в течение короткого промежутка времени, если время выделения этих ресурсов не является критичным. Соответственно, для предотвращения подобного рода отказов системы необходимо, чтобы количество активных узлов системы обеспечивало отказоустойчивость и при этом способствовало энергосбережению. Сервис Nvidia Grid предоставляет услуги по модели GaaS [12], обеспечивая пользователей облачным доступом к видеоиграм. Однако в сервисах типа GaaS достаточно сложно квотировать выделяемые ресурсы, поскольку в данных сервисах нагрузка на узлы системы напрямую зависит от сценария использования предоставляемого программного обеспечения. В отличие от GaaS, сервисы типа IaaS [13] могут выделять фиксированное количество ресурсов на каждого пользователя, т.е. даже если пользователь не расходует все предоставленные ему ресурсы, система все равно может закреплять за ним эти ресурсы в пределах, оговоренных в условиях пользовательского соглашения о квотах [14]. Именно для подобного рода сервисов возможно создание модели, описывающей оптимальное энергоэффективное состояние системы с сохранением отказоустойчивости.

Основная часть. Под оптимальным состоянием системы в данной статье понимается такая ситуация, при которой количество активных узлов может быть ниже общего количества узлов системы, и при этом сохраняется свойство отказоустойчивости.

Выделим следующие характеристики, влияющие на отказоустойчивость системы:

- S_n – общее количество узлов системы. Под узлом понимается компьютер, предназначенный для определенных задач в кластере [15]. В рамках данной модели в показателе S_n учитываются только узлы, связанные с основной задачей распределенной системы;

- $S_{n.акт.}(t)$ – количество активных (включенных) узлов системы в некий момент времени t ;

- $N_{пик.узловое}$ – максимальное номинальное количество ресурсов, которое способен предоставить пользователю 1 узел системы;

- $N_{пик.общее}$ – максимальное номинальное количество ресурсов, которое способна предоставить пользователю система. Данный показатель рассчитывается следующим образом:

$$N_{пик.общее} = N_{пик.узловое} * S_n \quad (1)$$

- $N_{узл.}(t)$ – нагрузка на узел в текущий момент времени t . Количество предоставленных узлом ресурсов в момент времени t ;
- $N_{общ.}(t)$ – общая нагрузка на систему в текущий момент времени t . Данный показатель рассчитывается как:

$$N_{общ.}(t) = N_{узл.}(t) * S_n \quad (2)$$

Система может являться отказоустойчивой, если $N_{общ.}(t)$ не превышает $N_{пик.общее}$, т.е.

$$N_{общ.}(t) \leq N_{пик.общее} \quad (3)$$

Однако, при работе системы, в зависимости от степени ее нагрузки, могут возникать ситуации, когда состояние отказоустойчивости может быть обеспечено при

$$S_{n.акт.}(t) \leq S_n \quad (4)$$

Таким образом, одновременное выполнение условий (3) и (4) обеспечивает отказоустойчивость системы в любой момент времени t :

$$\begin{cases} N_{общ.}(t) \leq N_{пик.общее} \\ S_{n.акт.}(t) \leq S_n \end{cases} \quad (5)$$

Выполнение условия (5) допускает ситуации, когда количество активных узлов системы в некоторый момент времени t меньше их общего количества в системе, но при этом система сохраняет состояние отказоустойчивости. Если рассчитать предполагаемую нагрузку, можно определить показатель оптимального количества активных узлов, при котором избыточные ресурсы системы отключены, но для каждого пользователя система продолжает оставаться отказоустойчивой. Обозначим этот показатель $S_{n.опт.}(t)$. Математически его можно описать как

$$S_{n.опт.}(t) = \begin{cases} S_{n.акт.}(t) \rightarrow \min \\ N_{общ.}(t) \leq N_{пик.общее} \\ S_{n.акт.}(t) \leq S_n \end{cases} \quad (6)$$

Поддержание системы в состоянии (6) требует решения следующих задач:

- определение сущности параметров и создание модели расчета показателя на основе статистических данных об активности пользователей;
- разработка нейронной сети для прогнозирования значения показателя пользовательской нагрузки и определения оптимального состояния системы (6) на основании его значения;
- разработка программно-аппаратного решения, способного поддерживать систему в состоянии (6).

Согласно формуле (2), показатель общей

нагрузки на момент времени t рассчитывается, исходя из показателя $N_{узн.}(t)$. Таким образом, необходимо рассчитать $N_{узн.}(t)$.

Для упрощения модели введем допущение о том, что балансировщик абсолютно равномерно распределяет пользовательскую нагрузку между всеми активными узлами системы, что освобождает от необходимости дифференцировать узлы по степени их загрузки. Также введем допущение, что квоты на выделение ресурсов для всех активных пользователей равны.

Фактически, показатель текущей нагрузки на систему является совокупностью нагрузки пользователей на все узлы системы в момент времени t . Для расчета этого показателя необходимо ввести в систему показатель фактического выделения ресурсов, вызываемого подключением к системе одного пользователя на текущий момент времени $P(t)$ и количественного показателя активных пользователей $A(t)$ в тот же момент времени t . Тогда будет справедливым равенство

$$N_{сист.}(t) = P(t) \times A(t) \quad (7)$$

Для больших систем динамический расчет в реальном времени даже такой простой формулы как (7) ведет к значительному потреблению ресурсов на задачи, не связанные с основным

назначением системы, поэтому имеет смысл на основе сбора данных за некоторый промежуток времени делать прогноз для того же момента работы системы t с некоторым интервалом по t . Для упрощения расчета и прогнозирования пользовательской нагрузки (7) имеет смысл сгруппировать пользователей по шаблонам поведения в зависимости от характера их активности, учитывая такие показатели, как:

- продолжительность сессии;
- равномерность загрузки системы в рамках сессии;
- предпочитаемое суточное и календарное время активности.

Такой показатель, как продолжительность сессии напрямую влияет на величину $A(t)$, однако в рамках данной статьи показатель продолжительности сессии принимается равным 1 часу, поскольку прямой учет длительности сессии приведет к переходу от фиксированных временных интервалов к динамическим, что значительно усложнит группировку пользователей по шаблонам поведения и, как следствие, повысит сложность расчета модели.

Следующая таблица содержит шаблоны пользовательского поведения с учетом суточной и календарной активности.

Таблица 1

Пример группировки пользователей с учетом их почасовой активности

Группы дней	Будни	Выходные	Праздники/особые дни
Часы	проявляет активность	проявляет активность	проявляет активность
0:00-01:00	не проявляет активность	не проявляет активность	не проявляет активность

Расширим формулу (7) с учетом способа группировки, предложенного в таблице 1.

$$N_{сист.}(t) = P(t) \times A(t) \times (D_{раб} + D_{вых} + D_{особ}) \quad (8),$$

где $D_{раб}$, $D_{вых}$, $D_{особ}$ – логические функции, принимающие значение 0 или 1, введенные для определения принадлежности расчетного периода t к одному из типов дней.

Поскольку функции $D_{раб}$, $D_{вых}$, $D_{особ}$ отражают принадлежность временного интервала t к типу дней, очевидно, что их сумма должна быть равна 1:

$$D_{раб} + D_{вых} + D_{особ} = 1 \quad (9)$$

$$S_{н.опт}(t) = \begin{cases} S_{н.акт}(t) \rightarrow \min \\ N_{общ.}(t) \leq N_{пик.общее} \\ S_{н.акт}(t) \leq S_n \\ N_{сист.}(t) = P(t) \times A(t) \times (D_{раб} + D_{вых} + D_{особ}) \\ D_{раб} + D_{вых} + D_{особ} = 1 \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) описывает модель оптимального энергоэффективного состояния распре-

ленной отказоустойчивой системы с учетом почасовых колебаний нагрузки.

Выводы. Одним из способов повышения энергоэффективности в распределенных системах является отключение простаивающих узлов. Сложность такого подхода состоит в том, что нагрузка на распределенные системы, предоставляющие услуги публичных сервисов, носит нелинейный характер, и уровень этой нагрузки может изменяться с течением времени. Такая нелинейность ведет к тому, что для каждого момента времени число активных узлов системы, обеспечивающих ресурсами всех подключенных к системе пользователей, будет различным.

Традиционный подход к отказоустойчивости систем не учитывает пользовательского видения данного вопроса. Система, функционирующая в штатном режиме, может быть отказоустойчивой в обычном понимании этого термина, но при этом может быть неспособной обработать запрос конкретного пользователя, что с его точки зрения является ситуацией отказа системы.

В данной статье была предложена модель оптимального энергоэффективного состояния распределенной отказоустойчивой системы с учетом суточных колебаний нагрузки. Используя данную модель, можно определить оптимальное состояние системы для времени t , однако это потребует сведений о пользовательской активности в системе. В качестве единицы измерения времени был использован 1 астрономический час, но, при необходимости, возможно использование временных интервалов любой размерности. Предложенная модель может послужить основой программно-аппаратного комплекса, способного динамически поддерживать систему в оптимальном энергоэффективном состоянии, сохраняя при этом отказоустойчивость системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыдянец Д.Е., Жидков В.Е., Зубова Л.В. К определению понятий «энергосбережение» и «энергоэффективность» // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9. С. 1294–1296.
2. Delforge P. America's data centers are wasting huge amounts of energy [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/data-center-efficiency-assessment-IB.pdf> (дата обращения: 17.09.2016).
3. Berkeley Lab Data Center Energy Efficiency Research [Электронный ресурс]. URL: <https://eetd.lbl.gov/12m2/datacenter.html> (дата обращения: 17.09.2016).
4. Research Clusters | Energy Production & Infrastructure Center | UNC Charlotte [Электронный ресурс]. URL: <http://epic.uncc.edu/research/research-clusters> (дата обращения: 17.09.2016).
5. IBM Research – Zurich: Energy efficiency & green technology, Zero-emission datacenter [Электронный ресурс]. URL: http://www.research.ibm.com/labs/zurich/st/energy_efficiency/zero_emission.html (дата обращения: 17.09.2016).
6. Scientific and Academic Institutions Accelerate Research Initiatives with HP Supercomputers [Электронный ресурс]. URL: http://m.hp.com/us/en/news/details.do?id=799540&articletype=news_release (дата обращения: 10.10.2016).
7. Langer A., Totoni E., Palekar S.U., Kale V.L. Energy-optimal configuration selection for manycore chips with variation [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://charm.cs.illinois.edu/newPapers/16-10/paper.pdf> (дата обращения: 10.10.2016).
8. Rountree B., Lowenthal K.D., Funk S., Freeh W.V., Supinski B.R. de, Schulz M. Bounting energy consumption in large-scale MPI programs [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.cs.arizona.edu/~dkl/Publications/Papers/sc07.pdf> (дата обращения: 12.10.2016).
9. Langer A., Dokania H., Kale V.L., Palekar S.U. Analyzing energy-time tradeoff in power over-provisioned HPC data centers [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://charm.cs.illinois.edu/newPapers/15-11/paper.pdf> (дата обращения: 12.10.2016).
10. Соловьев А. Энергоэффективность ЦОДов: методы и решения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.osp.ru/dcworld/2015/04/13045486.html> (дата обращения: 12.10.2016).
11. Шкурко Д.В. Отказоустойчивость в распределенных сетях: проблемы консенсуса [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_13_shk_urko.pdf (дата обращения: 28.11.2016).
12. NVIDIA Corporation. Возможности облачных игр [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nvidia.ru/object/nvidia-grid-cloud-gaming-ru.html> (дата обращения: 13.12.2016).
13. Медведев А. Облачные технологии: тенденции развития, примеры исполнения [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL:

<http://www.cta.ru/cms/f/448405.pdf> (дата обращения: 13.12.2016).

14. IBS DataFort. Вычислительные мощности IaaS [Электронный ресурс]. URL: <http://datafort.ru/vyichislitelnyie-moshhnosti/> (дата

обращения: 13.12.2016).

15. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А. Вычислительное дело и кластерные системы. М.: Изд. МГУ, 2007. 150 с.

Babichev R.P., Klabukov A.D., Rodionov K.V.
**MODEL OF OPTIMAL ENERGY EFFICIENCY STATE OF DISTRIBUTED
FAULT-TOLERANCE SYSTEM WITH CONSIDERING HOURLY LOAD FLUCTUATIONS**

Currently, one of the major contemporary challenges in the design, development and operation of distributed information systems is their energy efficiency. In the case of services, based on distributed systems that do not require simultaneous operation of all system components, it is possible to determine the optimal condition in which all users are provided with the requested resource, and unused components are de-energized. Using of this approach should not impact system fault tolerance. In this article the system fault tolerance is considered from a user's perspective, allowing you to redefine the concept. During the research it was to formulate a new approach to fault tolerance, and created a model that describes the optimal energy-saving state of a distributed system. On the basis of this model it is possible to create hardware and software that allows to dynamically maintain the system in optimum energy-efficient state.

Key words: *distributed systems, energy-efficiency, fault-tolerance, load fluctuations, mathematical model*

Бабичев Роман Павлович, аспирант кафедры фундаментальной информатики и прикладной математики. Вятский государственный университет.
Адрес: Россия, 610000, Киров, ул. Московская 36.
E-mail: babichevvp@gmail.com

Клабуков Алексей Дмитриевич, аспирант кафедры автоматки и телемеханики. Вятский государственный университет.
Адрес: Россия, 610000, Киров, ул. Московская 36.
E-mail: fellan91@mail.ru

Родионов Кирилл Владиславович, аспирант кафедры автоматки и телемеханики. Вятский государственный университет.
Адрес: Россия, 610000, Киров, ул. Московская 36.
E-mail: xorn2.0@rambler.ru

DOI: 10.12737/24428

Северин Н.Н., д-р пед. наук, проф.,
Радоуцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,
Шаптала В.Г., д-р техн. наук, проф.,
Шаптала В.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ShaptalaVadim@yandex.ru

Представлен когнитивный подход к анализу и управлению пожарной безопасностью учреждений высшего профессионального образования, построена когнитивная модель системы пожарной безопасности, исследована ее устойчивость. Методом импульсного моделирования рассмотрены сценарии изменения состояния пожарной безопасности в результате дестабилизирующих и управляющих воздействий.

Ключевые слова: образовательное учреждение, пожарная безопасность, когнитивная карта, импульсное моделирование.

Введение. Важнейшей задачей образовательных учреждений (ОУ) всех уровней является обеспечение безопасных условий их функционирования. В последний период в учебных заведениях наиболее опасной ситуацией с тяжкими последствиями является пожар [1]. Обеспечение пожарной безопасности (ПБ) учреждений высшего профессионального образования (ВПО) затрудняют следующие их особенности:

- высокая насыщенность пожароопасными приборами, установками, материалами, а также широкое использование в учебной, научной и производственной деятельности пожароопасных процессов;

- сосредоточение больших количеств людей в ограниченных пространствах зданий повышенной этажности;

- недостаточно сформированное чувство ответственности и низкая культура безопасности у значительной части обучающихся.

В настоящее время работа по обеспечению пожарной безопасности ОУ ВПО ведется по следующим направлениям:

- строгое соблюдение требований пожарной безопасности, изложенных в нормативно-правовых документах [2–5];

- разработка методического обеспечения пожарной безопасности [6–10].

- финансовое и материально-техническое обеспечение мероприятий пожарной безопасности;

- мониторинг и контроль состояния пожарной безопасности администрацией образовательных учреждений и органами государственного пожарного надзора (ГПН);

- обучение персонала ОУ и обучающихся мерам пожарной безопасности.

Однако, несмотря на строгую регламентацию всей деятельности по обеспечению ПБ, предусмотренную федеральными, отраслевыми и локальными нормативно-правовыми документами, ежегодно в учебных заведениях страны происходят сотни пожаров, приводящих к человеческим жертвам и наносящих большой социальный и материальный ущерб [1].

Основными причинами пожаров в ОУ по-прежнему остаются: нарушение правил обращения с огнем и шалости с ним, нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования, нарушение требований ПБ при проведении пожароопасных (огневых) работ, а также внешние опасные воздействия (поджоги, грозовые разряды, стихийные бедствия). При этом результаты расследования пожаров показывают, что только в 20 % случаев возгорания и пожары происходят по техническим, не зависящим от людей причинам, а в остальном вызваны халатностью и преступной бездеятельностью должностных лиц, ответственных за пожарную безопасность [10].

Система пожарной безопасности ОУ направлена на решение следующих задач:

- предотвращение возникновения и развития пожара;

- защиту людей и материальных ценностей от губительного воздействия опасных факторов пожара в случае его возникновения.

Основная часть. Система ПБ учебного заведения характеризуется несколькими десятками показателей, которые охватывают ее структурные элементы и факторы, влияющие на ее состояние [11]. Многочисленность этих показателей, нечеткий, качественный, а иногда и противоречивый характер их взаимосвязей, недостаток точной количественной информации

сильно усложняет оценку противопожарной защищенности ОУ и затрудняют выбор наиболее эффективных мероприятий по ее улучшению в условиях жестких временных и финансовых ограничений. В связи с этим решение указанных задач целесообразно искать на основе когнитивной модели системы ПБ [12].

Первым этапом построения такой модели является выявление и количественная оценка основных факторов (концептов), определяющих состояние системы ПБ. По результатам анализа экспертной информации был согласован следующий список концептов:

C_1 – уровень работы руководителя и назначенных им ответственных лиц по обеспечению пожарной безопасности;

C_2 – состояние электротехнического и другого потенциально пожароопасного оборудования;

C_3 – условия содержания, хранения и использования взрывопожароопасных и горючих материалов;

C_4 – режим выполнения пожароопасных работ;

C_5 – уровень обученности и ответственности персонала ОУ и обучающихся;

C_6 – состояние материально-технической базы пожарной безопасности (системы пожарной сигнализации, оповещения, первичные средства пожаротушения, эвакуационные пути и выходы)

C_7 – полнота выполнения мероприятий по обеспечению ПБ согласно замечаний и предписаний ГПН;

C_8 – внешние пожароопасные воздействия (поджоги, грозовые разряды и другие стихийные бедствия);

C_9 – степень соответствия ОУ требованиям пожарной безопасности.

Федеральный закон № 123 – ФЗ (гл. 33) [2] предусматривают различные формы проведения оценок соответствия объектов требованиям ПБ, в том числе производственный, т.е. постоянный внутриобъектовый контроль. В образовательных учреждениях ВПО контроль соблюдения требований ПБ могут выполнять пожарно-технические комиссии (ПТК), которые согласно п. 5 Правил противопожарного режима в РФ [5] могут создаваться руководителями ОУ [13]. В качестве числовой характеристики степени соответствия ОУ требованиям ПБ, т.е. переменной состояния $X_9 \in (0;1)$ целевого концепта C_9 может быть принята найденная по результатам работы ПТК доля структурных подразделений ОУ, соответствующих требованиям ПБ.

К управляющим концептам относятся факторы C_1 и C_7 . В качестве количественного критерия X_1 – уровня работы руководителя и администрации ОУ по профилактике пожаров, можно взять долю имеющихся документов и выполненных мероприятий от общего количества документов и мероприятий, подлежащих исполнению. Количественным показателем X_7 полноты исправления нарушений требований ПБ, выявленных ГПН, является доля выполненных замечаний и предписаний. Состояние дестабилизирующих факторов C_1 , C_2 и C_3 описывается переменными X_1 , X_2 , X_3 , представляющими собой доли оборудования, помещений и огневых работ, не соответствующих обязательным требованиям ПБ. Числовой характеристикой X_8 внешнего пожароопасного воздействия C_8 является его статистическая вероятность. Значения переменных состояния концептов X_i , $i=1,2,\dots,9$ могут быть установлены путем обработки документов ГПН, результатов обследований, проводимых пожарно-технической комиссией, экспертных опросов, статистических данных и других материалов.

Вторым этапом построения когнитивной модели системы пожарной безопасности ОУ является определение направления (знака) и силы причинно-следственных отношений между каждой парой факторов. Лингвистические оценки этих отношений, найденные по результатам анализа экспертной информации, отображались на интервал $[-1;1]$ в виде числовых значений (весов) связей между факторами (рис. 2).

Когнитивная модель системы ПБ может быть наглядно представлена в виде ориентированного взвешенного графа – нечеткой когнитивной карты [12]. Вершины графа – факторы, определяющие ПБ, а дуги – причинно-следственные отношения между ним (рис. 2).

Карта отражает негативное (отрицательное) влияние на состояние ПБ дестабилизирующих факторов C_2 , C_3 , C_4 и C_8 , положительное влияние управляющих C_1 , C_7 и стабилизирующих факторов C_5 и C_6 , а также отрицательную обратную связь между степенью соответствия ОУ требованиям ПБ и уровнем работы лиц, ответственных за противопожарную профилактику – улучшение состояния ПБ нередко приводит к самоуспокоенности и ослаблению контроля за соблюдением противопожарных требований.

Весы дуг когнитивной карты образуют матрицу смежности ее вершин $W = \|w_{ij}\|$, где элемент матрицы w_{ij} определяет влияние концепта C_i на концепт C_j (табл. 1).

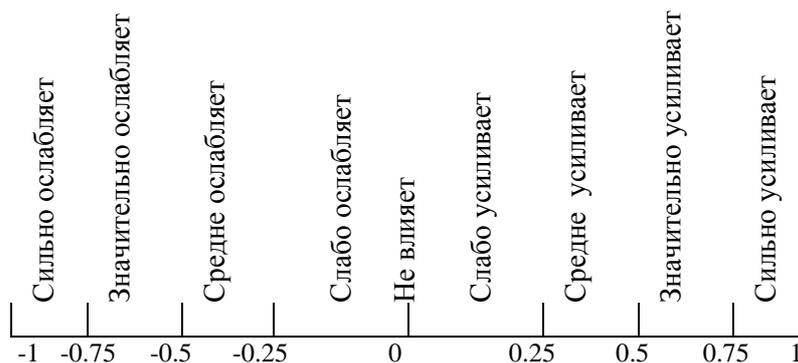


Рис. 1. Шкала перевода лингвистических оценок взаимовлияний концептов в числовые значения

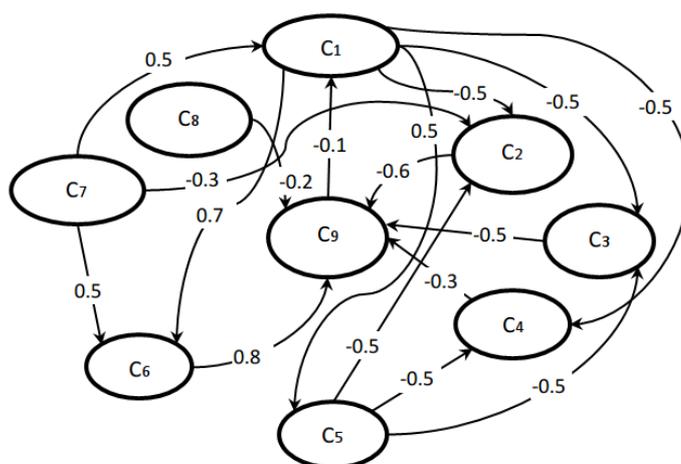


Рис. 2. Нечеткая когнитивная карта системы пожарной безопасности

Таблица 1

Матрица смежности вершин когнитивной карты

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
C_1	0	-0,5	-0,5	-0,5	0,5	0,7	0	0	0
C_2	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,6
C_3	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,8
C_4	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,3
C_5	0	-0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0
C_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8
C_7	0,5	-0,3	0	0	0	0,5	0	0	0
C_8	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,2
C_9	-0,1	0	0	0	0	0	0	0	0

Когнитивная модель системы ПБ является инструментом изучения механизма взаимодействия факторов, влияющих на ее состояние, средством исследования возможных сценариев

развития этого состояния и основой для разработки управленческих решений, направленных на улучшение противопожарной защищенности ОУ. Для решения этих задач когнитивная мо-

дель должна быть устойчивой по отношению к локальным воздействиям, приводящим к изменениям переменных состояния факторов.

Анализ устойчивости когнитивных моделей основан на исследовании корней характеристического уравнения матрицы смежности:

$$\det(W - \lambda E) = 0, \quad (1)$$

где λ – комплексная переменная, E – единичная матрица. Когнитивная модель устойчива, если модули всех корней характеристического уравнения меньше единицы [12]:

$$|\lambda_i| < 1, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (2)$$

где k – порядок матрицы смежности, равный числу концептов модели.

Для реализации когнитивного моделирования разработана компьютерная программа, с помощью которой показано, что условие устойчивости (2) для когнитивной модели системы ПБ выполняется (модули собственных значений матрицы связей: 0.89; 0.89; 0.63; 0.63; 0; 0; 0; 0).

Рассмотрим импульсное моделирование возможных сценариев изменения состояния системы ПБ в результате дестабилизирующих и управляющих воздействий. Начальное состояние системы ПБ описывает вектор

$$X(0) = (x_1(0), x_2(0), \dots, x_9(0)), \quad (3)$$

где $x_i(0)$ – начальные значения переменных состояния концептов. Меняя переменные состояния концептов, формируем начальный вектор импульсов

$$p(0) = (p_1(0), p_2(0), \dots, p_9(0)), \quad (4)$$

$$X(0) = (0,7; 0,1; 0,05; 0,08; 0,7; 0,8; 0,7; 0,03; 0,8)(8)$$

Предположим, что в результате ослабления внимания к профилактике пожаров количество нарушений ПБ возросло ($p_2(0) = 0,03$; $p_3(0) = 0,05$; $p_4(0) = 0,05$), уровень обученности и ответственности персонала снизился ($p_5 = -0,05$), а

$$P(10) = (0,001; 0,05; -0,07; 0,07; -0,05; 0,07; 0; 0; -0,10), \quad (9)$$

который определяет новое состояние системы ПБ. Это состояние оказалось гораздо хуже исходного: дестабилизирующие факторы усилились, а показатель соответствия ОУ требованиям ПБ понизился на 10 %. Для исправления возникшей ситуации были предприняты следующие управляющие воздействия: уровень работы руководителя и лиц, ответственных за ПБ был повышен на 20 % ($p_1 = 0,2$), а исполнение замечаний и предписаний ГПН улучшено на 15 % ($p_7 = 0,15$), показатели всех остальных факторов оставлены без изменений. После 15 шагов моде-

где $p_i(0) = \Delta x_i / x_i(0)$ – относительные приращения переменных состояния, задаваемые в долях единицы или процентах. Поскольку все факторы системы ПБ взаимосвязаны, то изменение хотя бы одного из них вызывает каскад изменений всех остальных факторов. Так инициализируется импульсный процесс, который описывается следующим итерационным соотношением:

$$p_i(n+1) = \sum_{j=1}^{k-1} w_{ij} p_j(n) \quad (5)$$

где $n = 0, 1, 2 \dots$ – порядковый номер итерации, которому соответствует n -ый такт (шаг) моделирования. В результате выполнения некоторого числа N тактов моделирования импульсный процесс сходится к стационарному вектору приращений:

$$P(N) = (p_1(N), p_2(N), \dots, p_k(N)), \quad (6)$$

определяющему новое состояние системы ПБ, которое описывает вектор

$$X(N) = (x_1(N), x_2(N), \dots, x_k(N)) \quad (7)$$

где $x_i(N) = x_i(0) \cdot (1 + p_i(N))$, $i = 1, 2, \dots, k$.

С помощью импульсного моделирования можно сравнить влияние отдельных факторов и их сочетаний на состояние ПБ образовательного учреждения. Соответствие шага моделирования определенному временному промежутку устанавливается опытным путем.

Рассмотрим, к примеру, начальное состояние системы ПБ, соответствующее вектору

остальные факторы остались на прежнем уровне. В результате этих изменений после 10 тактов моделирования получим установившийся вектор приращения переменных концептов (рис. 3):

лирования система ПБ была возвращена в начальное состояние (рис. 4) в основном за счет существенного улучшения материально-технической базы ПБ (рост на 13 %) и снижения количества нарушений при использовании электрооборудования (-6 %). При этом выполнение правил противопожарного режима при использовании пожароопасных материалов и при проведении огневых работ восстанавливается лишь частично, а оценка уровня обученности персонала снижается, что объясняется более строгим подходом к его оценке.

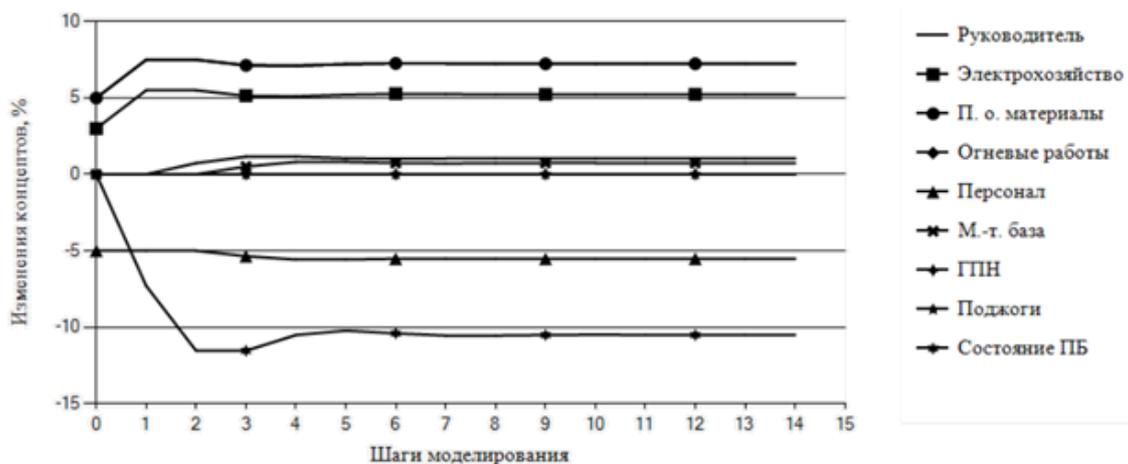


Рис. 3. Моделирование изменения состояния пожарной безопасности образовательного учреждения в результате дестабилизирующих воздействий

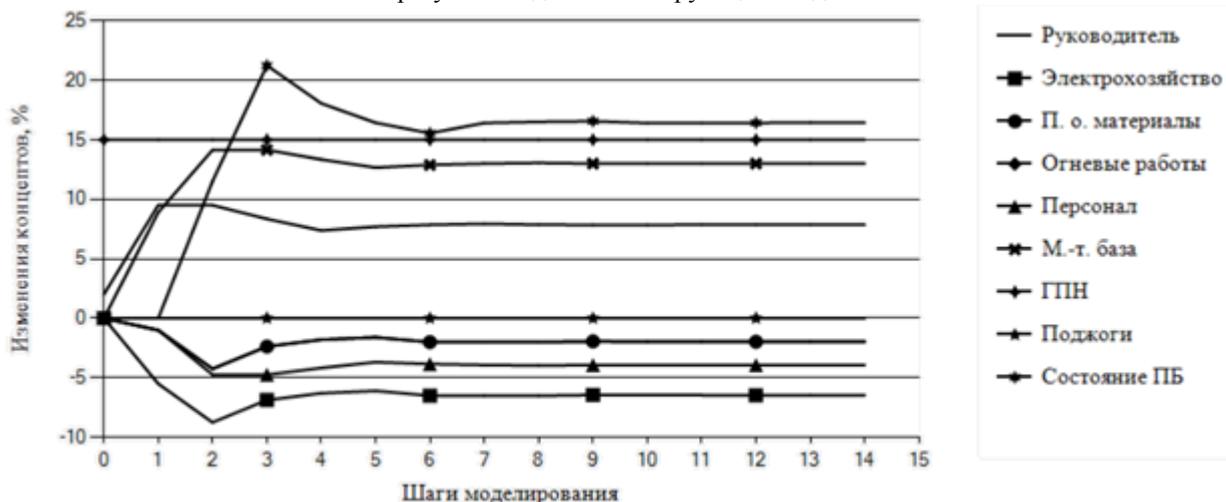


Рис. 4. Моделирование изменения состояния пожарной безопасности образовательного учреждения в результате управляющих воздействий

Выводы.

1. Когнитивный анализ позволяет выяснить механизм формирования состояния системы безопасности образовательного учреждения, а также исследовать сценарии развития этого состояния в результате дестабилизирующих и управляющих воздействий.

2. Когнитивная модель системы пожарной безопасности является эффективным средством поддержки принятия управленческих решений, направленных на повышение соответствия образовательных учреждений требованиям пожарной безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под редакцией А.В. Матюшина. М.: Изд. ВНИИПО, 2016, 124с.

2. Федеральный закон от 22.07.08 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный документ] Доступ из СПС “КосультантПлюс”.

3. Федеральный закон от 21.12.94 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [Электронный документ] Доступ из СПС “КосультантПлюс”.

4. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03). [Электронный документ] Доступ из СПС “КосультантПлюс”.

5. Правила противопожарного режима в РФ (утвержден постановлением РФ от 25.04.2012. №390 с изменениями на 6.04.2016 г). [Электронный документ] Доступ из СПС “КосультантПлюс”.

6. Шаптала В.Г., Шаптала В.В., Северин Н.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: методические указания. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 134 с.

7. Шаптала В.В., Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю. Моделирование опасных факторов пожара, чрезвычайных и кризисных ситуаций. Белгород: ООО «ЕвроПолиграф». 2011. 171с.

8. Радоуцкий В.Ю., Северин Н.Н., Шульженко В.Н., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В. Пожарная безопасность. Состояние, перспективы. Белгород: ООО «Планета-Полиграф». 2010. 150с.

9. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В. Управление комплексной безопасности высших учебных заведений. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 128с.

10. Учебное пособие по обеспечению пожарной безопасности в образовательных учреждениях. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://refdb.ru/look/1222848-pall.html> (дата обращения 15.11.2016).

11. Костерин И.В. Экспертный метод оценки пожарной опасности многофункциональных

общественных зданий. Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» [Электронный ресурс] режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения 15.11.2016).

12. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам. М. Наука, 1986. 496с.

13. Положение о пожарно-технической комиссии. [Электронный ресурс] режим доступа: <http://atis-ars.ru> (дата обращения 15.11.2016).

14. Силов В.В. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. 228с.

15. Кулинич А.А. Верификация качественных математических моделей. Материалы Второй международной конф. «Системный анализ и информационные технологии», Обнинск, 2007. М., 2007. Т.1. С.35–38.

Severin N.N., Radoutsky V.Y., Shaptala V.G., Shaptala V.V.

COGNITIVE MODELING STATE FIRE SAFETY INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION

Presented cognitive approach to the analysis and management of fire safety of higher education institutions based cognitive model of fire safety systems, studied its stability. pulse modeling method discussed scenarios for fire safety status as a result of the destabilizing and control actions.

Key words: *educational institution, fire safety, cognitive map, impulse modeling.*

Северин Николай Николаевич, доктор педагогических наук, профессор кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, профессор кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

Шаптала Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор Защиты в чрезвычайных ситуациях

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

Шаптала Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

*Пестерев П.В., аспирант
Омский государственный технический университет*

ВЛИЯНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАНЖИРОВАНИЯ НА ПОЗИЦИИ САЙТОВ В РЕЗУЛЬТАТАХ ПОИСКОВОЙ ВЫДАЧИ

scolptor@mail.ru

В статье рассмотрены основные поведенческие факторы ранжирования сайтов и их влияние на результаты выдачи сайтов поисковыми системами. Рассмотрены следующие факторы: показатель отказов; глубина просмотра; время, проведенное на сайте; паттерн движения по сайту и характер перемещения курсора по экрану; возвращение на сайт не из поискового ресурса; возврат к повторному поиску; кликабельность сниппета. На основе данных факторов строятся математические модели и алгоритмы поисковых систем. Учитывая данные факторы, разработчики сайтов могут поднимать свои ресурсы в результатах поисковой выдачи.

Ключевые слова: ранжирование сайтов, поведенческие факторы ранжирования сайтов, поисковые системы, поисковая оптимизация, показатель отказов, глубина просмотра.

Введение. Ранжирование сайтов – сортировка сайтов в результатах поисковой выдачи, применяемая поисковыми системами, такими как Google, Yandex, поиск Mail и т.д. Ранжирование осуществляется при помощи алгоритмов поисковых ресурсов, которые меняются в процессе их функционирования [1]. Для того чтобы сайт попал в верхние позиции поисковой выдачи, необходима его поисковая оптимизация (или SEO-оптимизация (Search Engine Optimization)) - набор действий, направленный на получение высоких позиций сайта в результатах поисковой выдачи путем его изменения, а также изменения элементов его внешней среды (приведение внутреннего содержимого сайта (кода его страниц) к требованиям поисковых систем) [1-4]. Качество сайтов и их поисковой оптимизации поисковые системы определяют при помощи подстановки в алгоритмы поисковых систем данных, собранных через системы статистики (Яндекс.Метрики, Google Analytics и т.д.), браузеры (Google Chrome, Internet Explorer, Opera, Яндекс-браузер и т.д.) и надстройки для браузеров (например, Яндекс.Бар). Все факторы ранжирования (данные, собранные поисковыми системами) условно можно разделить на внутренние, внешние и поведенческие [5, 6]. В данной статье подробно рассматриваются основные поведенческие факторы ранжирования (совокупность пользовательских характеристик, участвующих в оценке сайта при ранжировании [7]), к которым относятся показатель отказов; глубина просмотра; время, проведенное на сайте; паттерн движения по сайту и характер перемещения курсора по экрану; возвращение на сайт не из поискового ресурса; возврат к повторному поиску; кликабельность сниппета.

Показатель отказов. Показатель отказов (bounce rate) - термин в веб-аналитике, который обозначает в процентном соотношении количество посетителей сайта, покинувших его после просмотра первой страницы [8]. Его можно вычислить как соотношение количества посетителей, просмотревших только одну страницу к общему количеству просмотров страницы.

Высокий показатель отказов, как правило, означает проблемы на сайте, связанные, например, с навигацией, оформлением или содержанием. Также бывают и ложные отказы, если пользователь нашел необходимую информацию на первой странице, из-за чего не переходил на другие.

К особым случаям относятся сайты с одной страницей, для анализа которых используются методы отслеживания событий (взаимодействие пользователя с контентом, отслеживаемое независимо от количества просмотренных страниц, например, загрузки, клики по объявлениям, использование элементов Flash, гаджетов, воспроизведение видео и т.д.).

Глубина просмотра сайта. Глубина просмотра сайта – один из поведенческих факторов ранжирования, определяющийся количеством страниц, открытых пользователем при одном посещении сайта [9, 10]. Данный параметр может быть рассчитан за разный период времени (сутки, неделя, месяц и т.д.) и представляет собой соотношение общего числа просмотров страниц к числу посещений. Высокий показатель глубины просмотра свидетельствует о заинтересованности пользователя информацией, предоставленной на сайте. Данный показатель во многом зависит от удобства интерфейса и навигации; от того, какие задачи пользователей решает сайт; от соответствия ожиданиям посе-

тителей и от рассредоточенности контента по страницам ресурса.

Зависимость глубины просмотра и удобства интерфейса сайта не линейна. При удобной навигации глубина просмотра уменьшается в связи с тем, что пользователь быстро находит нужную информацию. В то же время, при плохой навигации и некачественном интерфейсе, пользователь, не разобравшись, может быстро покинуть сайт.

Глубина просмотра для разных типов сайтов может сильно отличаться. Так, например, для справочных ресурсов достаточно просмотра одной страницы, чтобы найти необходимую информацию, соответственно и глубина просмотра будет низкой. В то же время для интерактивных ресурсов этот показатель будет значительно выше и может превышать десятки страниц.

В зависимости от того, насколько сайт соответствует ожиданиям пользователя, будет зависеть время, проведенное на сайте, и количество просмотренных страниц. Например, если пользователь по запросу искал интернет-магазин, а попал на новостной ресурс, то он его сразу покинет.

Также важна рассредоточенность контента по страницам ресурса. Если нужная статья разбита на несколько частей, то посетителю сайта придется переходить по страницам сайта, увеличивая глубину просмотра. Однако не стоит злоупотреблять. Если статья маленькая, а разбита на слишком большое количество частей, то пользователь может покинуть сайт и найти ресурс с более удобным оформлением.

Время, проведенное на сайте. Время, проведенное пользователем на сайте – один из самых важных поведенческих факторов, т.к. напрямую показывает заинтересованность посетителя ресурсом. В Google Analytics данный показатель считается без учета времени посещения последней страницы [7, 11]. Т.е., если пользователь зашел на страницу А в 8:00, затем в 8:03 перешел на страницу В, а на страницу С в 8:07, то общее время, проведенное на сайте, составит 7 минут, без учета времени посещения страницы С. Это необходимо, потому что часто пользователь может оставить вкладку открытой, при этом на самом деле перестав просматривать сайт. В этом случае важен паттерн движения по сайту и характер перемещения курсора по экрану.

Паттерн движения по сайту и характер перемещения курсора по экрану. Поисковыми системами учитываются такие показатели, как прокрутка страницы, движение курсором, клики. Если движение курсора отсутствует, то это

может быть индикатором накрутки, либо означать то, что пользователь оставил вкладку с сайтом открытой, не пользуясь ей. Также индикатором накрутки могут считаться повторяющиеся, одинаковые точки останова на странице, или одинаковый путь, проделываемый курсором. В Яндекс.Метрике есть инструмент «Вебвизор» [12], ведущий записи действий пользователей и позволяющий в дальнейшем выявлять сложности при посещении пользователями сайта. Похожий инструмент есть и в Google Analytics [11].

Возвращение на сайт не из поискового ресурса. Если пользователь переходит на сайт не из поисковой системы, а, например, через оставленные закладки, то это является показателем заинтересованности пользователя и как следствие, более высокие позиции в результатах поисковой выдачи. Такие данные могут быть собраны через браузеры. Например, в Google Chrome даже есть функция, на основе которой автоматически формируется стартовая страница браузера с вкладками сайтов, наиболее часто посещаемых с этого браузера на этом компьютере.

Возврат к повторному поиску. Поисковые системы фиксируют возврат пользователя к повторному поиску. Если это происходит, то сайт может понизиться в результатах поисковой выдачи, т.к. это означает то, что пользователь не нашел на сайте нужной информации. Чтобы это предотвратить, разработчикам сайтов необходимо правильно проставлять ключевые слова (исследования [13] показывают, что правильно проставленные ключевые слова играют очень важную роль) и повышать релевантность страниц сайта (соответствие поискового запроса полученному документу [14, 15]). Если это сайт-магазин, то необходимо устанавливать конкурентоспособные цены.

Кликабельность сниппета. Чем больше пользователей кликнуло по сниппету (ссылке с кратким описанием в поисковой выдаче), тем выше рейтинг сайта в результатах ранжирования. Однако этот фактор сильно связан с факторами, описанными выше, и если после клика по сниппету пользователи быстро покидают сайт, то он может быстро опуститься в результатах поисковой выдачи.

Выводы. Ранжирование сайтов поисковыми системами осуществляется на основе математических моделей и алгоритмов, учитывающих различные факторы ранжирования (внутренние, внешние, поведенческие). В статье были рассмотрены основные поведенческие факторы ранжирования, учитывая которые можно добиться высоких позиций в результатах поис-

ковой выдачи, сделав качественную поисковую оптимизацию своего ресурса. На основе данных факторов постоянно совершенствуются существующие математические модели и алгоритмы поисковых систем, а также создаются новые.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашманов И.С., Иванов А.А. Продвижение сайта в поисковых системах. ИД Вильямс, 2011. С. 71.

2. Севастьянов И.О. Поисковая оптимизация. Практическое руководство по продвижению сайта в Интернете. СПб.: Изд. Питер, 2010. С. 25

3. Enge E., Spencer S., Stricchiola J., Fishkin R. The Art of SEO. O'Reilly Media, 2012. 718 p.

4. Этемез Е. Поисковая оптимизация от А до Я. М.: Вильямс, 2008. 598 с.

5. Пестерев П.В., Дьяконов Д.В., Рудюк А.П., Янишевская А.Г. Влияние факторов ранжирования на позиции сайтов в поисковых системах [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2729> (дата обращения 30.01.2017)

6. Пестерев П.В., Янишевская А.Г. Модель суммарной оценки сайта в сети Интернет на основе факторов ранжирования [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3216> (дата обращения 30.01.2017)

7. Энциклопедия поискового продвижения Ingate [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL:

<http://www.sembook.ru/book/ranzhirovanie-v-detalyakh/povedencheskie-factory/> (дата обращения: 30.01.2017)

8. Гроховский Л., Сливинский М., Чекушин А., Ставский С. SEO: руководство по внутренним факторам. М.: Центр исследований и образования «ТопЭксперт.РФ», 2011. 133 с.

9. Петроченков А.С., Новиков Е.С. Идеальный Landing Page. Создаем продающие веб-страницы. СПб.: Питер, 2015. 98 с.

10. Гроховский Л., Севастьянов И., Иванов Д., Фиронов Ф. Продвижение порталов и интернет-магазинов. СПб.: Питер, 2013. 224 с.

11. Google Analytics [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.google.com/analytics/> (дата обращения: 30.01.2017)

12. Яндекс.Метрика. Вебвизор [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://metrika.yandex.ru/promo/webvisor> (дата обращения: 30.01.2017)

13. Tober M. Searchmetrics Ranking Factors 2014: Why Quality Content Focuses on Topics, not Keywords // Moz: Inbound Marketing and SEO Software URL: moz.com/blog/searchmetrics-ranking-factors-2014.

14. Капустин В.А. Основы поиска информации в Интернете. Методическое пособие. СПб.: Институт «Открытое общество», 1998. 13 с.

15. Словарь стандартизованной терминологии по информации, библиотечному и издательскому делу. М.: ВИНТИ РАН, 2007. 129 с.

Pesterev P.V.

THE IMPACT OF BEHAVIORAL FACTORS OF RANKING ON POSITIONS OF SITES IN SEARCH RESULTS

The article describes the main behavioral factors ranking sites and their influence on the results of issuance of websites by search engines. The article considers the following factors: bounce rate; depth of view; time spent on the site; pattern of traffic on the site and character of the cursor on the screen; return to the site not from a search of the resource; return to search again; clickability snippet. Mathematical models and algorithms of search engines are built on the basis of these factors. The developers of sites can raise own resources in search results considering these factors.

Key words: ranking sites, behavioral factors of ranking websites, search engines, search engine optimization, bounce rate, depth of view.

Пестерев Павел Викторович, аспирант кафедры «Инженерная геометрия и САПР».

Омский государственный технический университет.

Адрес: Россия, 644050, Омск, пр. Мира, д. 11.

E-mail: scoolptor@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/24244

Климашевская А.А., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

anastasia.klimashevskaya@gmail.com

Промышленность строительных материалов является одной из важнейших отраслей Белгородской области. В последние годы в области и в стране в целом произошло существенное снижение производства строительных материалов. Одним из факторов, положительно влияющих на выпуск продукции является проведение технологической модернизации на предприятиях. Отличительными чертами промышленности строительных материалов Белгородской области являются: использование устаревшего оборудования и технологий, существенный износ основных фондов, низкая инновационная активность предприятий, низкий уровень квалификации кадров. Существующие проблемы на предприятиях промышленности строительных материалов Белгородской области очень сложно решить без проведения технологической модернизации, являющейся залогом грамотного и эффективного функционирования предприятия. Значительное количество предприятий Белгородской области функционируют на базе устаревших технологий и оборудования, что негативно сказывается на конкурентоспособности продукции. В статье проведен анализ основных показателей промышленности строительных материалов, дана характеристика отрасли на региональном уровне.

Ключевые слова: технологическая модернизация, промышленность строительных материалов, Белгородская область, инновации, показатели.

Промышленность строительных материалов является базовой отраслью строительного комплекса. Её относят к числу наиболее материалоемких отраслей промышленности. В данной промышленности сосредоточено производство важнейших строительных материалов – цемента и других вяжущих, асбестоцементных изделий, стеновых материалов, строительной керамики, звуко- и теплоизоляционных материалов, технического и строительного сырья, нерудных строительных материалов и др. Являясь одной из базовых отраслей промышленности со значительным мультипликативным эффектом, она оказывает влияние на государственные темпы роста экономики в целом [1].

Генеральная цель эффективного функционирования промышленности строительных материалов сводится к удовлетворению потребностей капитального строительства в эффективных безопасных и конкурентоспособных строительных материалах, конструкциях и изделиях, обеспечивающих грамотное использование всех видов ресурсов при сохранении и улучшении экологической ситуации в стране [2].

Безусловно, промышленность строительных материалов стоит рассматривать в качестве важнейшей отрасли, во многом определяющей качество, стоимость и динамику строительства, и как следствие, решение ряда задач промышлен-

ного и социально-экономического развития региона [3].

Белгородскую область можно отнести к числу ключевых территорий размещения предприятий отрасли. Промышленность строительных материалов города представлена ОАО «Белгородасбестоцемент» – одно из ведущих российских предприятий по выпуску асбестоцементных изделий; ОАО «Белгородский абразивный завод» – один из самых крупных в постсоветском пространстве производитель водостойкой шлифовальной шкурки и изделий из неё; ООО «Белгородская слюдяная фабрика» – изготовление электроизоляционных материалов, переработка натуральной слюды, изготовление слюдопластовых электронагревателей, производство электробытовых товаров, электроинструментов; ЗАО «Белгородский цемент» – ведущий российский производитель высокомарочных цемента; ОАО «Корпорация ЖБК-1» – изготовление железобетонных конструкций и весь комплекс монтажных, проектных и строительных работ; ООО «ОНП-керамзит» – производство керамзита.

Индустрия строительных материалов отличается от остальных рынков своей сезонностью. Пик спроса приходится на весну-лето. Основными потребителями рынка строительных материалов являются большие строительные корпо-

рации, на чью долю приходится более 60% потребления. К оставшейся доле потребления около 40% относятся большое количество мелких строительно-ремонтных бригад и иных частных потребителей. Жилищному строительству отводится более 80% рынка использования строительных материалов.

Анализируя ситуацию в отрасли можно заметить, что в промышленности строительных материалов, в последние годы, снизилось производство продукции практически во всех регионах Российской Федерации, включая и Белгородскую область, в связи со снижением объемов жилищного и производственно-технического строительства.

На производство стройматериалов приходится более 100 наименований горных пород, свыше 20 видов минерального сырья. Более 7 тысяч зарегистрированных месторождений полезных ископаемых насчитывает минерально-сырьевая база.

Белгородская область выпускает 6,3% от общего объема отгружаемых ПНМП по Центральному ФО. При этом доля производства ПНМП в структуре отгружаемой продукции по Белгородской области равняется 6,7%, и это третья по размеру обрабатывающая отрасль в регионе после пищевой промышленности и металлургии.

За последние 15–20 лет практически все производства строительных материалов подверглись той или иной степени модернизации. На многих предприятиях реализованы программы развития производства.

При определении приоритетов развития промышленности строительных материалов необходимо учитывать не только общемировые тенденции, но и особенности развития субъектов Российской Федерации. К числу важнейших приоритетов развития промышленности строительных материалов Белгородской области при переходе к инновационному росту стоит отметить: проведение качественного обновления значительной части основных фондов и технологической модернизации на основе использования ресурсосберегающих технологий; увеличение производства продукции с высокой добавленной стоимостью; рост эффективности применения ресурсов и уменьшение влияния на окружающую среду; обеспечения качественным сырьем.

К важнейшей проблеме эффективного функционирования промышленности строительных материалов Белгородской можно отнести проблему низкого уровня технологической модернизации отрасли, которая значительно

сказываются на социальном и экономическом развитии региона [4].

Проведение модернизации промышленности строительных материалов Белгородской области представляет собой основу совершенствования технологической и отраслевой структур экономики области. Ввода в действие объектов социальной инфраструктуры и производственных мощностей, обеспечение жилищного строительства, зависит от непрерывного снабжения качественными строительными материалами [5].

Рассмотрим особенности и возможности развития промышленности строительных материалов Белгородской области по приоритетным направлениям. Необходимость применения модернизации, в частности технологической модернизации, представляет собой следствие следующих причин, которые сдерживают развитие промышленности:

1. Применение устаревших технологий и оборудования.
2. Значительный износ основных фондов, на который приходится более 40 %. При этом процесс обновления осуществляется очень медленно и находится на уровне менее 5 %.
3. Уменьшение объема инвестиций в основной капитал.
4. Небольшая инновационная активность предприятий.
5. Недостаточная квалификация кадров, что приводит к замедлению технологического процесса в компаниях.

Решение данных проблем невозможно представить без проведения на предприятиях технологической модернизации, являющейся основой эффективного функционирования производства.

Многие предприятия Белгородской области функционируют на базе устаревшего оборудования и технологий. Как следствие, основные показатели по отрасли снижаются. В отрасли до сих пор остается проблема неудовлетворительного технического состояния оборудования. Воспроизводство основных фондов на предприятиях промышленности строительных материалов области осуществляется с отставанием от нормативов: коэффициент выбытия в течение длительного времени не превышал 0,5–0,6 %; коэффициент показателей износа основных фондов повысился до 44,8 % в 2014г (таблица 1). В результате удельный вес полностью изношенных фондов по обрабатывающей отрасли равнялся в 2014 году 12,5%. Следствием этого также являются недостаточная конкурентоспособность продукции и рост материальных затрат.

Таблица 1

Показатели обновления и износа основных фондов в обрабатывающей промышленности строительных материалов Белгородской области

	2005	2010	2011	2012	2013
Коэффициенты обновления основных фондов	16,4	13,6	11,9	10,5	12,0
Коэффициенты выбытия основных фондов	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5
Степень износа основных фондов	38,2	41,5	43,2	45,3	46,5
Удельный вес полностью изношенных основных фондов	13,4	10,3	11,0	12,6	12,9

Результат оценки состояния инновационной деятельности предприятий промышленности строительных материалов свидетельствует о негативной тенденции в отрасли в последние годы. В 2014 году произошло существенное снижение инновационной активности предприятий по производству прочих неметаллических минеральных продуктов. Удельный вес организаций, осуществляющие технологические инновации, снизился более чем в 2 раза по сравнению в 2013 годом. Значительно снизились затраты на технологические инновации в сфере

производства прочих неметаллических изделий (рис.1). Их объем в 2014 году составил 41,9 млн.руб. в сравнении с 2012 г., когда он был равен 305,7 млн.руб. Объем инновационных товаров, работ и услуг так же показывает отрицательную динамику. Стоит отметить, что сама отрасль обрабатывающей промышленности показывает положительные результаты. Что говорит о недостаточном технологическом развитии промышленности строительных материалов на данный момент.

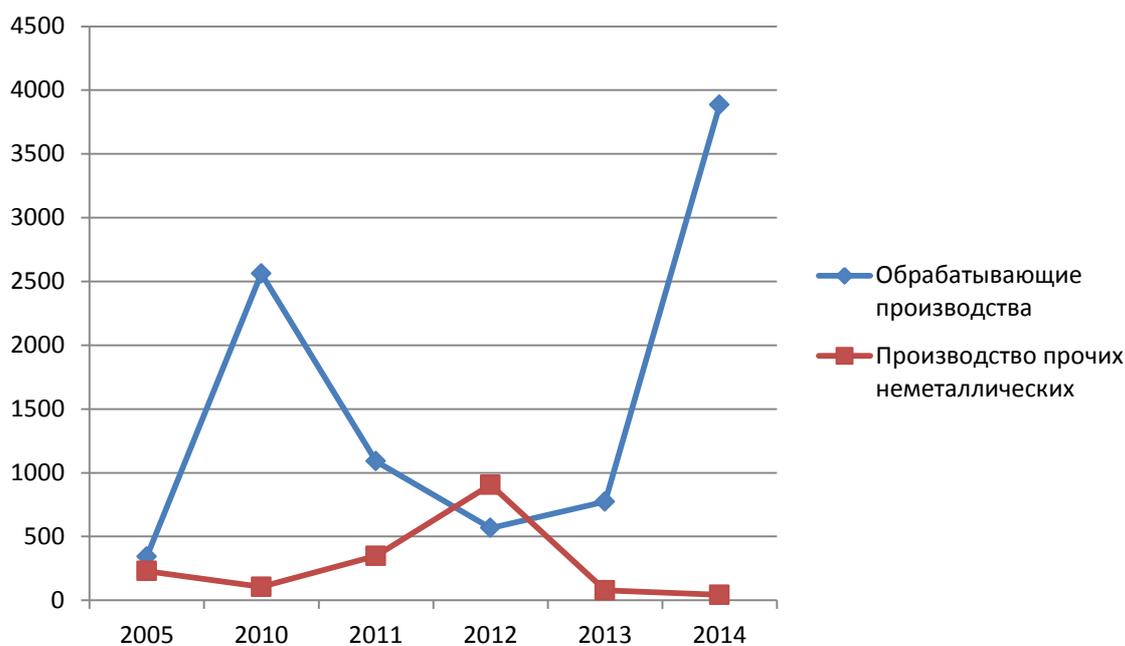


Рис 1. Затраты на технологические инновации предприятий Белгородской области (млн. руб.)

Как следствие, ни по направлениям, ни по масштабам осуществляющиеся инновационные процессы не отвечают требованиям увеличения конкурентоспособности продукции.

В целом рентабельность по отрасли в 2012-2014 показывает негативный тренд. Последние данные свидетельствуют о 14,9 % в 2014 году.

Анализируя инвестиции в основной капитал, можно отметить, что прослеживается тенденция к значительным вливаниям средств в предприятия строительных материалов. В 2014 г. они составили 2961,9 млн.руб. против 1645,0 млн.руб. в 2013 году.

Рост показателя инвестиций в основной капитал и снижение показателя инновационной активности сектора может свидетельствовать о нецелесообразности обновления только лишь технической базы. Как мы видим, предприятия Белгородской области предпочитают вкладывать средства в обновление основных фондов, при этом снижая затраты на технологические разработки, что может говорить о том, что предприятия продолжают развиваться по устаревшим технологиям. Проведение модернизации в сфере технологий может стать значительным толчком к грамотному и эффективному развитию пред-

приятый, снижению издержек и повышению конкурентоспособности продукции.

Важнейшей особенностью сегодняшнего этапа технического перевооружения, проводимого на предприятиях промышленности строительных материалов Белгородской области, является переход от замены и реконструкции, отдельных физически и морально устаревших основных фондов к эффективной и комплексной реконструкции всего технологического передела [6]. По этой причине предприятиям целесообразнее использовать проекты, содержащие комплексные решения проектирования, создания и монтажа оборудования, прокатных станов, агрегатов и т. д. – до отработки технологии, обучения персонала, сервисного обслуживания.

Как следствие, предприятия промышленности строительных материалов проводят технологическую модернизацию в большей степени за счет закупки импортных технологий и оборудования (до 70 % оборудования импортного производства), по причине того, что российское машиностроение не имеет возможности адекватно реагировать на потребности рынка. Вместе с этим возникают проблемы, которые связаны с необходимостью адаптации технологий к отечественным условиям, что неизбежно требует значительных дополнительных ресурсов.

Насущной проблемой является несоответствие между качеством персонала, требуемым на рынке труда, который необходим для внедрения крупных интеграционных проектов, и имеющимся уровнем персонала. В результате предприятиям приходится вкладывать немалые средства на переобучение данных специалистов. Технологическая модернизация может благотворно сказаться на проблеме дефицита рабочих кадров. Применение новых эффективных технологий в сфере переработки приведет к уменьшению потребности в рабочей силе и снижению дефицита трудовых ресурсов. Вместе с этим будет решаться проблема увеличения производительности труда. С другой стороны, применение высоких технологий последних научных достижений невозможно без подготовки высококвалифицированных специалистов новых современных специальностей, отвечающих требованиям инновационной экономики.

Примером предприятия, функционирующем на базе новых технологий и оборудования может послужить ЗАО «Белгородский цемент», входящее в состав холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ».

Холдинг «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» внедряет беспрецедентную программу строительства новых заводов по производству цемента экологичным и энергоэффективным «сухим» способом. Внедрение данной программы позволит Хол-

дингу повысить долю производства цемента «сухим» способом до 100 % к 2020 году. Итогом перехода на данную технологическую платформу станет рост энергоэффективности производства более чем в 2 раза, производительности труда – в 3,5 раза, уменьшение влияния на окружающую среду в 2,5 раза (в сравнении с нормативными показателями).

Определяющими задачами модернизации производства имеющихся заводов Холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» являются:

- Переход на «сухой» способ производства;
- Применение современных производственных процессов;
- Рост производственных мощностей компании;
- Проведение автоматизации производства;
- Рост контроля качества продукции;
- Уменьшение влияния на окружающую среду;
- Переход на энергосберегающие технологии.

В 2014 году «Евроцемент групп» подписала два контракта с китайской компанией на приобретение необходимого оборудования, проектирование, монтаж и обучение персонала для строительства линий по производству цемента «сухим» способом на базе обоих предприятий в Белгородской области.

Внедрение программы обусловлена необходимостью модернизации промышленности строительных материалов, и предусматривает поэтапную модернизацию производственных мощностей, которые не соответствуют экологическим и техническим критериям XXI века. В долгосрочной перспективе это даст возможность качественно изменить ситуацию на большинстве предприятий холдинга, еще больше увеличить их конкурентоспособность на рынке и эффективность.

Еще одним примером использования иностранного оборудования и технологий является строящийся в Красногвардейском районе Белгородской области Цементный завод – инвестиционный проект компании «Стандарт-Цемент». Оборудование для цемзавода будет поставлять датская компания FLSmidth.

На сегодняшний день существует тенденция к проведению модернизации и качественному обновлению значительной части основных фондов на предприятиях промышленности строительных материалов, преимущественно за счет использования зарубежного оборудования и технологий. Однако при этом необходимо стремиться, по возможности, сочетать импортные

поставки с закупками продукции отечественного машиностроения. К основным минусам приобретения импортного оборудования можно отнести:

- Высокая стоимость оборудования и технологий;
- Значительные затраты на транспортировку;
- Необходимость обучения персонала зарубежными коллегами и затраты связанные с данным процессом.

Для стабильного развития предприятий строительного комплекса компании должны выбрать определенные стратегии модернизации. Выработка комплекса мер, способствующего ускорению инновационных процессов, несомненно, приведет к высоким коммерческим, технологическим и социальным достижениям.

Перспективы промышленности строительных материалов на современном этапе связаны, по нашему мнению, с ее инновационным развитием [7]. Вместе с этим, на каждом предприятии

отрасли необходимо проведение инновационной политики, которая предполагает создание и внедрение программ и планов инновационной деятельности, обеспечение инновационной деятельности материальными ресурсами, финансами и квалифицированными кадрами, рассмотрение проектов создания новой продукции и их применение в производство [8].

Анализируя показатели стратегии развития промышленности строительных материалов Российской Федерации на период до 2020 года и будущую перспективу до 2030 года, можно отметить, что динамика имеет положительный вид (Таблица 2). Показатели конкурентоспособности продукции в предложенном сценарии будут повышаться, инновационная активность комплекса строительных материалов тоже будет показывать рост по своим показателям. Стратегия нацелена на большее использование отечественных технологий и оборудования, что на данный момент является важнейшим стимулом для опытных разработчиков Российской Федерации.

Таблица 2

Показатели стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года

Показатель	Единица измерения	Текущий период			Среднесрочный период			Долгосрочный период	
		2014 год	2015 год	2016 год	2018 год	2019 год	2020 год	2025-2030 годы	2026-2030 годы
Конкурентоспособность отечественных строительных материалов на международной арене	%	4,7	11	12	13	14	15	17	20
Инновационная активность	%	9	9	10	11	12	15	20	30
Инвестиции в технологические инновации (затраты на технологические инновации в сопоставимых ценах)	Млрд.руб.	10,4	8,3	9,2	10,2	12	17,4	25,2	39
Приобретение машин, оборудования и транспортных средств, произведенных в Российской Федерации	%	64	75	75	77	80	85	90	95
Услуги иностранных инжиниринговых (проектных) организаций	%	36	-7	-23	-38	-69	-85	-88	-91
Разработка в России передовых производственных технологий	единиц	22	15	15	20	25	30	50	75

Инновационная стратегия развития промышленности строительных материалов в перспективе будет положительно сказываться на эффективном внедрении генеральной цели ее функционирования, позволит увеличить конкурентоспособность строительных изделий и материалов, уменьшить ресурсоемкость строительства и затраты на будущую эксплуатацию

сооружений и зданий, сократить продолжительность инвестиционного цикла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блохин К.А. Методический подход к исследованию гибкой системы управления промышленным предприятием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 112–115.

2. Ефимычев Ю.И., Трофимов О.В., Ефимычев А.Ю. Модернизация предприятий промышленности: концепция, стратегии и механизм реализации // Креативная экономика. 2011. №11. С. 31–36.

3. Страхова А.С., Унежева В.А. Инновационные технологии в строительстве как ресурс экономического развития и фактор модернизации экономики строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 263–273.

4. Сомина И.В. Оценка уровня и тенденций инновационно-технологического развития России // Белгородский экономический вестник. 2013. № 4. С. 8–15.

5. Богомолов А.О., Дмитриев С.Г. Основные направления инновационного развития про-

мышленности строительных материалов// Вестник Брянского государственного университета. 2013. №3. С. 92–97.

6. Демильханова Б.А. Методика оценки инновационной активности промышленного комплекса// Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 19. С. 17–25.

7. Рошупкина В.Н. Инновация и стратегия – важнейшие направления эффективной инновационной политики// Белгородский экономический вестник. 2013. № 3. С. 11–13.

8. Мельников О.Н., Шувалов В.Н. Инновационная активность как фактор повышения конкурентоспособности предприятия // Российское предпринимательство. 2009. № 9. С. 100–104.

Klimashevskaya A.A.

FEATURES AND DIRECTIONS OF TECHNOLOGICAL MODERNIZATION INDUSTRY OF CONSTRUCTION MATERIALS OF THE ENTERPRISES IN BELGOROD REGION

The industry of construction materials is one of the most important sectors of the Belgorod region. In recent years in the area and in the country in general there was an essential decrease in production of construction materials. One of the factors which are positively influencing on production is carrying out technological upgrade at the enterprises. The distinctive features of the construction materials industry of the Belgorod region are: the use of outdated equipment and technology, a significant depreciation of fixed assets, low level of innovation activity of enterprises, low level of qualification. Existing problems in the construction materials industry enterprises of the Belgorod region is very difficult to solve without a technological modernization, which guarantee correct and efficient functioning of the enterprise. A significant number of enterprises of the Belgorod region operate on the basis of outdated technologies and equipment, which adversely affects the competitiveness of products. The article analyzes the main indicators of the industry of construction materials, given the characteristics of the industry at the regional level.

Key words: technological modernization, industry of construction materials, scientific and technical potential, Belgorod region, innovations, indicators.

Климашевская Анастасия Александровна, аспирант кафедры стратегического управления.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: anastasia.klimashevskaya@gmail.com

*Балдынюк А.И., аспирант
Донецкий национальный университет*

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННО-АКТИВНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

baldynjuk-anja@rambler.ru

Использование инноваций и инновационная активность предприятий определяют его функциональность. В связи с этим, актуальной задачей инновационно-активного предприятия становится разработка и совершенствование организационно-экономического механизма управления, который учитывает специфику его деятельности. В ходе исследования рассмотрены теоретические положения понятий «механизм» и «организационно-экономический механизм управления», на основе чего дана авторская трактовка понятия «организационно-экономический механизм управления инновационно-активного предприятия». Исследование сущности, принципов и методики формирования организационно-экономического механизма управления инновационно-активного предприятия, позволило сформировать и предложить схему его формирования, которая в свою очередь позволяет разработать эффективный организационно-экономический механизм управления инновационно-активного предприятия, способствующий развитию его инновационной деятельности и направленный на удовлетворение экономических, социальных, экологических и научно-технических потребностей общества.

Ключевые слова: механизм, организационно-экономический механизм управления, инновационно-активное предприятие, инновационность, инновационная активность.

Введение. Изменения, происходящие во внешней среде требуют непрерывного развития и совершенствования системы управления инновационно-активным предприятием, разработки новаторских прогрессивных методов, рычагов и механизмов, которые уменьшают влияние негативных факторов на общие показатели функционирования предприятия, а так же направлены на его адаптацию к использованию и разработкам инновационных процессов, услуг и продуктов. В создавшихся условиях возникают новые требования к организационно-экономическому механизму управления инновационно-активным предприятием, успешность функционирования которого, и как следствие, повышение его инновационной и производственной деятельности, а так же дальнейшее развитие зависят от эффективности системы управления [1, 2].

Проблемам формирования и функционирования организационно-экономического механизма управления деятельностью предприятий уделялось внимание как отечественными, так зарубежными учеными, такими как Голощапова Т.В. [3], Дригваль А.С. [4], Калина И.И. [5], Кульман А.А. [6], Симкин Д.Г. [7], Федорович В. О. [8] и другими, однако в их трудах уделено мало внимания организационно-экономическому механизму управления инновационно-активными предприятиями, что и обуславливает выбор темы и цель исследования.

Целью статьи является исследование теоретических положений понятия «организационно-экономический механизм управления инноваци-

онно-активного предприятия» и разработка практических рекомендаций относительно его формирования.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

раскрыть трактовку понятия «организационно-экономический механизм управления» разными учеными, на основе чего дать авторскую трактовку «организационно-экономический механизм управления инновационно-активного предприятия»;

определить содержание и основные составляющие организационно-экономического механизма управления инновационно-активным предприятием;

определить сущность методических основ формирования организационно-экономического механизма управления инновационно-активным предприятием.

Методы исследования. Теоретической и методологической основой исследования являются труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам формирования организационно-экономического механизма управления. Используются методы логического обобщения и абстрагирования – для уточнения понятий «механизм» и «организационно-экономический механизм управления инновационно-активным предприятием»; теоретического обобщения и формулировки выводов – для систематизации теоретических знаний об организационно-экономическом механизме управления; методы наблюдения, группировки, анализа – для построения его схемы формирования.

Основная часть. С целью определения авторской трактовки понятия «организационно-экономический механизм управления» рассмотрим определения «механизм» и «организационно-экономический механизм» разными учеными.

В толковом словаре русского языка механизм – это система, устройство, определяющие порядок какого-либо вида деятельности [9].

Экономический словарь трактует «механизм» как последовательность состояний и процессов, которые определяют собой действие, и как систему, устройство, определяющие порядок какого-либо вида деятельности. Слово «механизм» заимствовано в начале XIX века в греческом языке в значении устройство, которое приводит что-либо в действие. Далее появилось значение системы, которая определяет порядок какой-либо деятельности. Затем спектр значений расширился, и под механизмом начали понимать совокупность процессов или состояний, которые определяют какое-либо явление. Таким образом, понятие механизм было распространено на общественные явления, в том числе, социально-экономические. Примером служат такие понятия как экономический механизм, хозяйственный механизм, механизм управления [10].

А. А. Садеков и В. В. Цуриков трактуют механизм управления как систему воздействия на объект управления с целью достижения желаемого результата, как систему организации хозяйственного процесса, представленную комплексом факторов, которые являются взаимодополняющими и взаимозависимыми [11].

Л.Г. Мельник определяет механизм как наиболее активную составляющую системы управления, обеспечивающую влияние на факторы, от состояния которых зависит результат деятельности объекта, которым управляют [12].

Таким образом, механизм представляет совокупность взаимосвязанных элементов и процессов, обеспечивающую прозрачность и понятность его использования и приводящих их в действие.

По мнению А.А. Кульмана организационно-экономическим механизмом является совокупностью или последовательностью определенных экономических действий [6].

А.В. Кочетков, Б.З. Мильнер и Д.Г. Левчук рассматривают организационно-экономический механизм управления как совокупность составляющих процесса принятия решений, системы обеспечения необходимыми ресурсами и ключевых приемов воздействия на управляемый объект, посредством методов и рычагов управления, главные задачами которых является согласование целей, стимулирование и мотивация персо-

нала, распределение и обеспечение ресурсов [13].

Б.А. Райзберг определяет под «организационно-экономическим механизмом управления» совокупность организационных структур, методов и правовых форм управления, на основе которых реализуются процесс воспроизводства [11].

В.О. Федорович трактует «организационно-экономический механизм управления» как систему интегрированного взаимодействия всех участников, которых объединяют общие цели и ресурсные ограничения, результативность деятельности которых определяется показателями экономической оценки и является сложной взаимосвязанной совокупностью организационных, экономических и технологических элементов, которые взаимосвязаны между собой [10].

По мнению Мишениной Н.В. и Коваленко Е.В. организационно-экономический механизм управления представляет собой комплекс организационных, экономических, мотивационных, правовых и других способов взаимодействия субъектов хозяйствования и воздействия на их деятельность, которое обеспечивает координирование взаимодействующих объектов и субъектов управления [14].

Таким образом, на основе анализа существующих подходов к определению термина, под «организационно-экономическим механизмом управления инновационно-активного предприятия» будем понимать совокупность инновационных организационных, экономических и технических средств, методов, рычагов воздействия управляющего звена на инновационно-активное предприятие, с целью достижения желательных состояний управляемого объекта, с помощью современных методик и нововведений.

Целями формирования организационно-экономического механизма управления является: увеличение стоимости инновационно-активного предприятия; получение максимального количества прибыли; удовлетворение социальных, экономических, экологической, научно-технических потребностей общества; повышение конкурентоспособности.

Формирование организационно-экономического механизма начинается с определения принципов его функционирования [15], а именно:

принцип инновационного характера развития системы – ориентация на инновационное развитие отрасли;

принцип учета интересов управляющего и управляемого звена;

принцип эффективного и справедливого управления персоналом;

принцип адаптивности – быстрое реагирование на различные изменения внешней среды;

принцип системности – упорядочение и структурированное взаимодействие всех элементов механизма функционирования;

принцип экономичности и эффективности на основе многовариантного выбора путей развития;

принцип единства информации, из которого вытекает необходимость устранения обособленности и дублирования разных источников информации.

На функционирование организационно-экономического механизма инновационно-активного предприятия оказывают влияние факторы внешней (конкуренция; состояние рынка; потребительское восприятие инновационной продукции, процессов, услуг и покупательская способность; инновационные процессы; социальные, экономические, экологические и научно-технические показатели) и внутренней среды (уровень инновационной активности, модернизация производственных процессов, квалификация персонала, финансовое обеспечение).

При этом необходимо выделить следующие системы в структуре организационно-экономического механизма инновационно-активного предприятия: система обеспечения (совокупность правового, ресурсного, нормативно-методического, научно-технического, инновационного, информационного обеспечения

управления); функциональная система (планирование, организацию, мотивацию сотрудников, контроль, регулирование); целевая система (цели и результаты деятельности, критерии выбора и оценки достижения поставленных целей).

Методика формирования организационно-экономического механизма управления инновационно-активным предприятием предусматривает следующую последовательность действий:

мониторинг социального, экономического развития предприятия (целостный анализ результатов хозяйственной, финансовой, ресурсной деятельности, а так же изучение динамики важнейших показателей его работы);

диагностика действенности функционирования организационно-экономического механизма управления;

оценка возможности осуществления совершенствования организационно-экономического механизма управления;

выбор способа, оценка и анализ совершенствования организационно-экономического механизма управления;

внедрение рычагов и методов совершенствования организационно-экономического механизма управления предприятием [5].

Исходя из вышеизложенного представим схему формирования организационно-экономического механизма управления инновационно-активным предприятием (рис. 1).

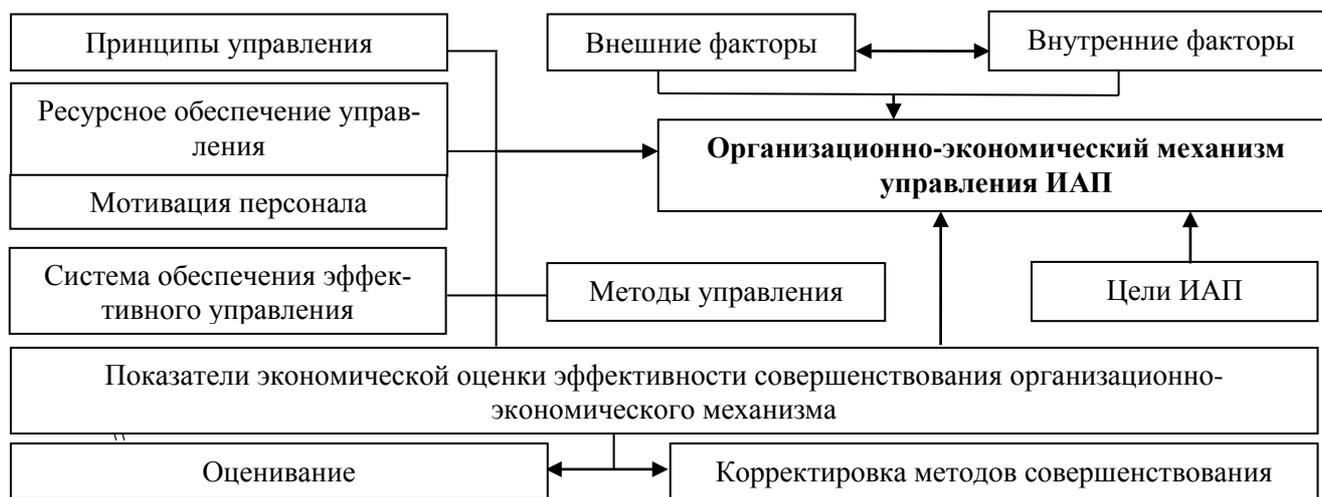


Рис. 1. Схема формирования организационно-экономического механизма управления инновационно-активным предприятием

Одним из наиболее важных элементов представленной схемы является информационная составляющая. Использование информационно-управляющих систем позволяет решать задачи координации трудовых ресурсов, обмена экономическим, социальным, научно-техническим и экологическим опытом, а так же

инновационными технологиями и методами управления, и их координации. Информационное обеспечение организационно-экономическим механизмов инновационно-активного предприятия является важнейшим компонентом его общего механизма управления,

так как поступающая информация должна соответствовать потребностям управляющего звена.

Экономическая информация инновационно-активного предприятия должна:

достоверно отражать изменения, происходящие в исследуемых процессах. В противном случае, результаты анализа инновационной деятельности, не будут соответствовать действительности, а разработанные методы совершенствования организационно-экономического механизма инновационно-активного предприятия не принесут прогнозируемых результатов;

структурироваться с учетом требования «единство информации», выполнение которого обеспечивает быстрый доступ к информации, устранение дублирования разных источников информации и оперативный учет, анализ, планирование и контроль за производящимися инновационными изменениями;

поступать к управляющему звену как можно быстрее, т.е. быть оперативной;

быть эффективной и требовать минимальное количество затрат на сбор, хранение и использование данных.

Таким образом, организационно-экономический механизм управления инновационно-активным предприятием включает сформированные цели, ресурсные ограничения, систему показателей экономической оценки эффективности, имеет необходимую систему экономической информации (информационное обеспечение) и формируется с учетом внешних и внутренних факторов влияния.

Выводы: Формирование организационно-экономического механизма управления инновационно-активным предприятием позволяет принимать эффективные управленческие решения по вопросам совершенствования организации производства, трудовой деятельности, финансового управления, внедрения инноваций. Организационно-экономический механизм управления инновационно-активным предприятием должен постоянно адаптироваться к условиям внешней и внутренней среды, поэтому является целесообразным дальнейшее исследование данной темы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андриенко В.Н. Пути решения проблем стратегического управления предприятием / Новое в экономической кибернетике: Модели и методы стратегического управления // Сб. науч. ст. ДонНУ. 2001. № 2. С. 10–13.
2. Андрієнко В.М. Стратегічне управління підприємствами реального сектору економіки: механізми, методи, моделі. Донецьк: ДонНУ, 2012. 156 с.
3. Голощапова Т.В. Сущность и содержание организационно-экономического механизма функционирования предприятия // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия «Экономика», 2006. С. 66-72.
4. Дригваль А. С. Формирование организационно-экономического механизма управления предприятием // Вісник НТУ „ХПІ”. Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. Х.: НТУ „ХПІ”. 2013. № 67. С. 155-161.
5. Каліна І.І. Організаційно-економічний механізм ефективного управління машинобудівним підприємством //Актуальні проблеми економіки. 2011. №9. С. 130–134.
6. Кульман, А. А. Экономические механизмы. М. : Прогресс; Универс., 1993. 92 с.
7. Симкин, Д.Г. Некоторые особенности развития организационно-экономического механизма управления регионом // Вестник ОГУ. 2009. № 8. С. 89–91
8. Федорович В.О. Состав и структура организационно-экономического механизма управления собственностью крупных промышленных корпоративных образований. Новоси�.: Сибирская финансовая школа. 2006. № 2. С. 45–54.
9. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. Механизм [Электронный ресурс]. URL: <http://ozhegov.info/slovar/?ex=Y&q=%D0%9C%D0%95%D0%A5%D0%90%D0%9D%D0%98%D0%97%D0%9C> (дата обращения 18.12.16)
10. Райзберг Б.А. Современный экономический словарь. М. : ИНФРА-М, 1996. 496 с.
11. Садеков А.А. Управление предприятием в условиях кризиса: моногр. Донецк: ДонГУЭТ, 2006. 178 с
12. Мельник Л.Г. Экономика предприятия. Сумы: Университетская книга, 2002. 632 с.
13. Мильнер Б. З. Управление территориально-производственными комплексами и программами их создания. М. : Наука, 1985. 232 с.
14. Мишенина Н.В. Внутренний экономический механизм предприятия [Электронный ресурс]. URL: <http://sumdu.telesweet.net/doc/lections/Vnutrenniy-ekonomicheskij-mehanizmpredpriyatiya/index.html> (дата обращения 18.12.16)
15. Сеялова Г. С. Организационно-экономический механизм управления предприятиями [Электронный ресурс]. URL: <http://litmir.biz/rd/142768/p4> (дата обращения 18.12.16)

Baldyniuk H.I.**FEATURES OF ORGANIZATIONAL-ECONOMIC MECHANISM OF MANAGEMENT OF INNOVATIVE ACTIVE ENTERPRISES**

The use of innovation and innovative activity of the enterprises determine its functionality. In this regard, the urgent task of innovation-active enterprises is the development and improvement of the organizational-economic controlling mechanism that takes into account the specifics of its activities. In the study, the theoretical position of the concepts of "mechanism" and "organizational-economic controlling mechanism", which is given on the basis of the author's interpretation of the concept of "organizational-economic mechanism of management of innovation-active businesses." Research essence, principles and methods of formation of the organizational-economic mechanism of management of innovation-active enterprises allowed to form and to propose a scheme of its formation, which in turn allows you to develop an effective organizational and economic mechanism of management of innovation-active businesses, contributing to the development of its innovation and aimed at meet the economic, social, environmental, scientific and technical needs of the society.

Key words: *mechanism, organizational and economic mechanism of management, innovation-active enterprise, innovation, innovative activity.*

Балдынюк Анна Игоревна, аспирант
Донецкий национальный университет
Адрес: ДНР, 83015, Донецк, ул. Челюскинцев, 198 а.
E-mail: baldynjuk-anja@rambler.ru

DOI: 10.12737/24130

*Карамышев А.Н., канд. экон. наук, доц.
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета*

АЛГОРИТМ ЗАВЕРШЕНИЯ МНОГОЦИКЛИЧНОГО ОТНЕСЕНИЯ СТОИМОСТИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПОДПРОЦЕССОВ НА ОСНОВНЫЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

antonkar2005@yandex.ru

Применение процессного подхода к управлению предприятиями дает возможность совершенствования технологий расчета себестоимости товарной продукции в части накладных расходов. На крупных промышленных предприятиях доля накладных расходов в себестоимости продукции составляет 15-35% и обоснованное отнесение этих затрат является актуальной задачей. Одним из основных недостатков существующих методов расчета себестоимости является игнорирование проблемы возникновения замкнутых экономических циклов взаимосвязей между вспомогательными бизнес-процессами. Это приводит к искажению себестоимости продукции в части накладных расходов. Автором статьи ранее был предложен принцип многоцикличности отнесения стоимости вспомогательных бизнес-процессов на себестоимость товарной продукции и обоснована необходимость его применения в методиках расчета. В данной статье приведен алгоритм прерывания многоциклического распределения, предложены и формализованы возможные условия выхода из многоциклического распределения.

Ключевые слова: бизнес-процесс, промышленное предприятие, себестоимость продукции, накладные расходы, процессный менеджмент.

Введение. Вспомогательные бизнес-процессы крупного промышленного предприятия связаны между собой экономически множественными замкнутыми циклами. Впервые автор статьи обнаружил данные замкнутые взаимосвязи между вспомогательными подпроцессами экспериментальным путем при моделировании бизнес-процессов Завода Двигателей ОАО «КАМАЗ». Анализ существующих методов отнесения накладных расходов на себестоимость продукции (в т.ч. «котловой метод» и производные от него методы [1–9], процессно-задачная методика Смирнова Ю.Н. [10], методика мультибазисного распределения Махмутова И.И., Карамышева А.Н., Сыча С.А. [12], компонентная методика Тельнова Ю.Ф. [13], ABC-методика [14–18] и другие) показал, что они не учитывают замкнутые циклы взаимосвязей между вспомогательными бизнес-процессами предприятия. С целью совершенствования технологий отнесения стоимости вспомогательных бизнес-процессов на товарную продукцию нами был предложен принцип многоциклического отнесения стоимости вспомогательных бизнес-процессов на себестоимость товарной продукции крупных промышленных предприятия [19]. Для реализации предложенного принципа в усовершенствованных методиках необходимо сформулировать условия выхода из процесса многоциклического распределения.

Основная часть. Обобщенный алгоритм прерывания многоциклического распределения будет иметь следующий вид:

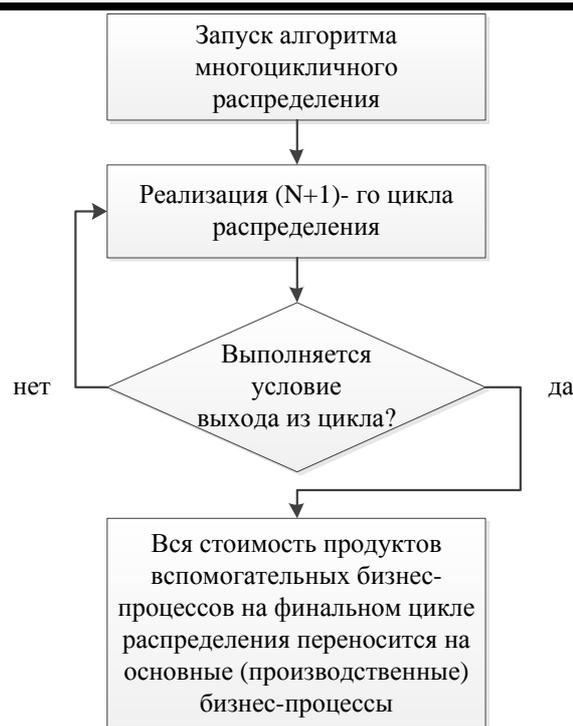


Рис. 1. Обобщенный алгоритм прерывания многоциклического распределения

В представленном алгоритме N – это число ранее осуществленных итераций распределения стоимости ВВП (т.е. это количество ранее невыполненных условий выхода из цикла).

Можно предложить следующие возможные условия выхода из многоциклического распределения:

1. Превышение заданного уровня распределения совокупной стоимости вспомогательных подпроцессов.

2. Превышение заданного уровня распределения стоимости одного из ключевых вспомогательных подпроцессов.

3. Совокупная распределяемая стоимость вспомогательных подпроцессов становится ниже некоторого директивно установленного лимита.

4. Распределяемая стоимость одного из ключевых вспомогательных подпроцессов становится ниже некоторого директивно установленного лимита.

5. Дальнейшая экономическая нецелесообразность осуществления многоцикличного распределения.

6. Осуществление директивно установленного лимита циклов распределения.

7. Комбинация из представленных выше вариантов условий выхода из многоцикличного распределения.

Формализуем часть предложенных условий выхода из многоцикличного распределения:

1. Превышение заданного уровня распределения совокупной стоимости вспомогательных подпроцессов. Превышение это будет достигнуто на одном из рассматриваемых циклов, т.е. на z' -м цикле.

$$K_{GLV} \times \sum_{j=1}^c PV_j < \sum_{z=1}^{z'} \sum_{s=h+1}^d \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^b AC_{jis}^{<z>} \tag{1}$$

где K_{GLV} – коэффициент заданного уровня распределения; PV_j – бюджетная стоимость j -го вспомогательного подпроцесса; c – количество вспомогательных подпроцессов на предприятии; z – порядковый номер цикла распределения; z' – цикл распределения, на котором будет выполнено условие выхода из многоцикличного распределения, $z' \geq 2$; $AC_{jis}^{<z>}$ – распределенная стоимость i -го вспомогательного подпроцесса j -го процесса на z -м цикле на s -й подпроцесс-потребитель; b – количество подпроцессов в j -м процессе; s – порядковый номер подпроцесса-потребителя продуктов i -го вспомогательного подпроцесса j -го процесса; l – количество основных бизнес-процессов-потребителей продуктов i -го вспомогательного подпроцесса j -го процесса ($s = \overline{h+1, d}$).

Количество основных бизнес-процессов рассчитывается по формуле:

$$l = d - (h + 1) \tag{2}$$

2. Превышение заданного уровня распределения стоимости одного из ключевых вспомогательных подпроцессов.

$$K_{GLV} \times BCS_{ji} < \sum_{z=1}^{z'} DM_{ji}^{<z>} \tag{3}$$

где BCS_{ji} – бюджетная стоимость i -го подпроцесса j -го процесса; $DM_{ji}^{<z>}$ – величина, распределяемая с i -го вспомогательного подпроцесса j -го процесса на z -м цикле на подпроцессы-потребители.

3. Распределяемая величина с одного из ключевых вспомогательных подпроцессов на одном из циклов распределения становится ниже некоторого директивно установленного лимита.

$$GVL > DM_{ji}^{<z>} \tag{4}$$

где GVL – величина директивно установленного лимита;

4. Совокупная распределяемая стоимость вспомогательных подпроцессов на одном из циклов распределения становится ниже некоторого директивно установленного лимита.

$$GVL > TCIP_s^{<z>} \tag{5}$$

где $TCIP_s^{<z>}$ – совокупная распределенная величина на z -м цикле на s -е основные бизнес-процессы.

Выводы. Предложенные условия выхода из многоцикличного распределения и их формализация предназначены для дальнейшего применения в методиках формирования себестоимости продукции промышленных предприятий, учитывающих принцип многоцикличного отнесения стоимости вспомогательных подпроцессов на основные бизнес-процессы. Усовершенствованные с учетом указанных выше принципа и алгоритма выхода из многоцикличного распределения стоимости вспомогательных бизнес-процессов методики позволят обоснованно рассчитывать себестоимость продукции в части накладных расходов и принимать более эффективные управленческие решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Палий В.Ф. Основы калькулирования. М.: Финансы и статистика, 2013. 288 с.
2. Палий В.Ф. Управленческий учет издержек и доходов (с элементами финансового учета). М.: ИНФРА-М, 2009. 279 с.
3. Агеева О.А. Распределение косвенных затрат // Бухгалтерский учет. 2006. № 20. С. 33–39.

4. Фролова Т.А. Экономика предприятия: конспект лекций. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. 342 с.
5. Кулаева Н.С. Учет затрат в машиностроении: общепроизводственные и общехозяйственные расходы, обслуживающие производство // Справочник экономиста. 2007. № 2. С. 82–88.
6. Грибков Е. Методы учета затрат и расчета себестоимости // Экономика бизнеса. 2008. №50. С. 21–25.
7. Мицкевич А. Когда «котловой» учет правит бал...: эволюция методов распределения косвенных затрат // Экономика и жизнь. 2007. №3. С. 4–5 (прил).
8. Одинцова Е. Классификация методов учета затрат и калькулирования // Консультант директора. 2006. №20. С. 28–30.
9. Савчук Е. Действовать в заданном направлении: подсчет себестоимости продукции. Методологическое решение проблемы управленческого учета // Управленческий учет. 2007. № 3. С. 71–75.
10. Смирнов Ю.Н. Методология бюджетирования бизнес-процессов предприятия // Интеграл. 2008. №4. С.74–75.
11. Махмутов И.И., Карамышев А.Н., Сыч С.А. Методика оценки услуг вспомогательных подразделений // Интеграл. 2008. №6. С. 68–70.
12. Исавнин А.Г., Карамышев А.Н., Махмутов И.И., Сыч С.А. Методы оценки и распределения стоимости вспомогательных бизнес-процессов крупных промышленных предприятий. Н.Челны: издательство Казанского федерального университета в г. Н. Челны, 2010. 132 с.
13. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов. Компонентная методология. М.: Финансы и статистика, 2005. 320 с.
14. Бримсон Д., Антос Д., Коллинз Д. Процессно-ориентированное бюджетирование. Внедрение нового инструмента управления стоимостью компании. М.: Вершина, 2007. 336 с.
15. Каспина Р.Г., Петросян А.П. Расчет себестоимости единицы изделия на основе принципов функционально-процессного учета затрат // Экономический анализ. 2003. №3. С. 11–15.
16. Кондукова Э.В. ABC: себестоимость без искажений. М.: Эксмо, 2008. 288 с.
17. Маслова И.А., Прозорова С.С. Управленческий учет накладных расходов: возможности применения JT и метода ABC // Управленческий учет. 2006. № 4. С. 15–24.
18. Самусенко С.А. Элементы метода ABC в системе попередельного учета затрат и калькулирования себестоимости продукции // Управленческий учет. 2006. №5. С.19-32.
19. Карамышев А.Н. Принцип многоцикличности отнесения стоимости вспомогательных бизнес-процессов на себестоимость товарной продукции крупных промышленных предприятий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 34–38.

Karamyishev A.N.
ALGORITHM FOR COMPLETION OF MULTICYCLE ATTRIBUTING THE COST OF
SUBSIDIARY SUB-PROCESSES TO MAIN BUSINESS PROCESSES OF INDUSTRIAL
ENTERPRISES

Application of a process approach to enterprise management allows improving the technology for calculation of commodity products cost relating to overhead costs. The share of overhead costs in production cost is equal to 15-35% at large industrial enterprises and a reasonable allocation of these costs is an acute task. One of the main disadvantages of the existing methods of cost estimation is ignoring the problem of occurrence of closed economic cycles on interrelations between secondary business processes. This leads to a distortion in production cost as regards the overhead costs. The author of the article offered earlier the multicycle principle of attributing the costs of supporting business processes to commodity production costs and substantiated the necessity of its application in calculation methods. This article covers the algorithm for interruption of multicycle distribution, offers and identifies possible conditions of withdrawal from the multicycle allocation.

Key words: *business process, industrial enterprise, production cost, overhead costs, process-based management.*

Карамышев Антон Николаевич, кандидат экономических наук, доцент.
 Набережночелнинский институт Казанского федерального университета.
 Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19
 E-mail: antonkar2005@yandex.ru

DOI: 10.12737/24451

Мишланова М.Ю., канд. техн. наук, доц.,
Патрина Т.К., ст. препод.,
Чекунова А.С., магистрант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

MishlanovaMY@mgsu.ru

В статье введено понятие этапов развития ресурсно-продуктовых статусов в сквозной задаче создания продукции строительства. Методологической основой служит концепция жизненного цикла, которая разработана в отношении материальных ресурсов строительного производства. Авторами предложены базовые принципы модели жизненного цикла материальных ресурсов. Рассмотрена статусная классификация материальных ресурсов и графическое представление модели жизненного цикла ресурсов. Дана характеристика этапам жизненного цикла ресурсов и их интегрирования в циклы готовой продукции и, далее, в жизненный цикл конечной продукции строительства в виде каскадной или спиральной модели. Приведены возможности использования модели в разработке расширенной карты потока создания ценностей. Указано на перспективное использование модели в управлении стоимостью ресурсов, в оптимизации жизненного цикла ресурсов, которые можно рассматривать как адаптированные методы бережливого производства. Отмечена возможность применять модель жизненного цикла ресурсов при диагностике состояния субъекта хозяйствования и разработке стратегии интенсивного развития.

Ключевые слова: статус продукции строительства, материальные ресурсы, конечная продукция строительства, жизненный цикл материальных ресурсов, карта потока создания ценности, бережливое производство.

Введение. Создание конечной продукции строительства, возможно, рассматривать как сквозную производственную и научную задачу, в рамках которой происходит трансформация различных ресурсов и продукции. Статус «конечная продукция строительства» является композиционным, завершающим результатом поэтапного развития категории «строительная продукция». На основе натурально-стоимостного (комплексного) анализа жизненного цикла ресурсов, а так же строительной продукции, на всех этапах её трансформации, формируется система показателей деятельности субъектов инвестиционно-строительной сферы, позволяющая осуществить оценку её производства и потребления. В сквозной задаче можно выделить проблему выявления различных этапов развития ресурсов и строительной продукции с выделением фрагментарного вклада каждого участника инвестиционно-строительной деятельности. Решение данной задачи позволит рационализировать политику обращения со всеми статусами ресурсов и строительной продукции, разработать специальные методы управления ресурсами [1, 2 и др.].

Методология. Методологической базой данного исследования служит концепция жизненного цикла, которая применяется в разнообразных экономико-управленческих направлениях науки и практики [3, 4, 5, 6, 7 и др.]. В строи-

тельном производстве модель жизненного цикла материальных ресурсов может быть разработана на основе следующих базовых компонентов:

- стоимостная сущность ресурса, характеризующая долю себестоимости конечной продукции строительства, приходящуюся на каждый из использованных производственных ресурсов;
- пролонгированный срок существования материального ресурса, независимо от его физической переработки и изменения натуральной формы;
- трансформация ресурсов в продукцию, которая в следующем цикле может переходить в статус ресурса иного уровня, что в методологическом плане является очередной итерацией спиральной или каскадной модели;
- «вложенность жизненных циклов», как включение взаимоувязанных жизненных циклов всех ресурсно-продуктовых статусов в общий жизненный цикл конечной продукции строительства;
- ограничение конкретного представления жизненного цикла материальных ресурсов субъективными условиями хозяйствования, когда ресурс рассматривается как собственность производителя;
- использование производственно-экономических методов управления стоимостью

материальных ресурсов на каждом из этапов жизненного цикла и создания конечной продукции строительства;

- возможность развития принципов бережливого производства в отношении стоимости ресурсов на всех этапах жизненного цикла;
- использование методологии агрегирования и единовременности процессов обращения с материальными ресурсами.

Основная часть. Жизненный цикл материальных ресурсов – суть разрабатываемой модели – предполагает трансформацию статусов материальных ресурсов (таблица 1) и представляет собой последовательную реализацию следующих взаимосвязанных этапов:

1. планирование предполагает определение потребности в ресурсах в течение заданного

временного периода и выявление рационального способа их приобретения;

2. снабжение является комплексом процессов приобретения материальных ресурсов;

3. трансформация представляет собой последовательные операции переработки сырья и материалов, результатом которых является готовая продукция данного субъекта хозяйствования;

4. выбытие (в связи с реализацией или использованием для собственных нужд) готовой продукции данного субъекта хозяйствования, которая входит как ресурс в следующий цикл спиральной или каскадной модели (продукция-ресурс);

5. омертвление (незавершенное производство) предполагает состояние продукции, не прошедшей всех, предусмотренных технологическим процессом, стадий обработки.

Таблица 1

Статусная классификация материальных ресурсов в зависимости от этапа жизненного цикла

Этап ЖЦ	Статус материальных ресурсов
Планирование	Прогнозируемая потребность и планируемое ресурсообеспечение Этап завершается принятием решения в отношении ресурсообеспечения
Снабжение	Материально-производственные запасы – принадлежащее предприятию имущество, используемое в качестве сырья, материалов и т.д. при производстве продукции, предназначенной для продажи, выполнения работ, оказания услуг либо для управленческих нужд. Этап завершается передачей приобретенных материалов на производственные участки.
Трансформация	Средства в производстве – материально-производственные запасы, подвергающиеся обработке в ходе технологического процесса. Этап завершается созданием из сырья и материалов готовой продукции и передача ее на склад.
Выбытие	Готовая продукция – конечный результат данного производства, когда исходные материально-производственные запасы прошли все стадии обработки и готовы к продаже. Этап завершается переходом готовой продукции в новый жизненный цикл в статусе ресурса другого производства.
Омертвление	Незавершенное производство – продукция, не прошедшая к концу отчетного периода всех стадий обработки, предусмотренных технологическим процессом, и изделия, не прошедшие комплектацию, испытания и техническую приемку (когда продукция не переходит в новый жизненный цикл в статусе ресурса).

Для разработки и реализации на следующих этапах управленческих решений, материальные ресурсы субъекта хозяйствования, участвующие в производстве готовой продукции, можно причислить к общей категории «запасы». В зависимости от конкретного этапа жизненного цикла общая категория подразделяется на группы, отличающиеся степенью переработки и готовности. Общий вид модели жизненного цикла материальных ресурсов представлен на рисунке 1.

Кривая жизненного цикла отображает стоимостной вклад (ось ординат) материальных ресурсов в готовый продукт в определенный период времени (ось абсцисс) и, далее, в конечную продукцию строительства. Начальной точкой развития жизненного цикла полагаем этап планирования. Основная задача этапа планиро-

вания - определение величины материальных ресурсов для производства готового изделия. Первый этап ограничен отрицательными полуосями абсцисс и ординат, поскольку, отображает потенциальный вклад в ресурсы, необходимые для производства готовой продукции.

Следующий этап – закупка сырья и материалов. Гибкие взаимосвязи с поставщиками, скидочные и бонусные системы позволяют управлять закупочной ценой приобретения производственных запасов и ценой продукции, изготовленной субъектом хозяйствования. Отпуск основной массы приобретенных материалов со склада в производственные подразделения происходит в начале процесса производства и знаменует переход к следующему этапу, именуемому «трансформация».

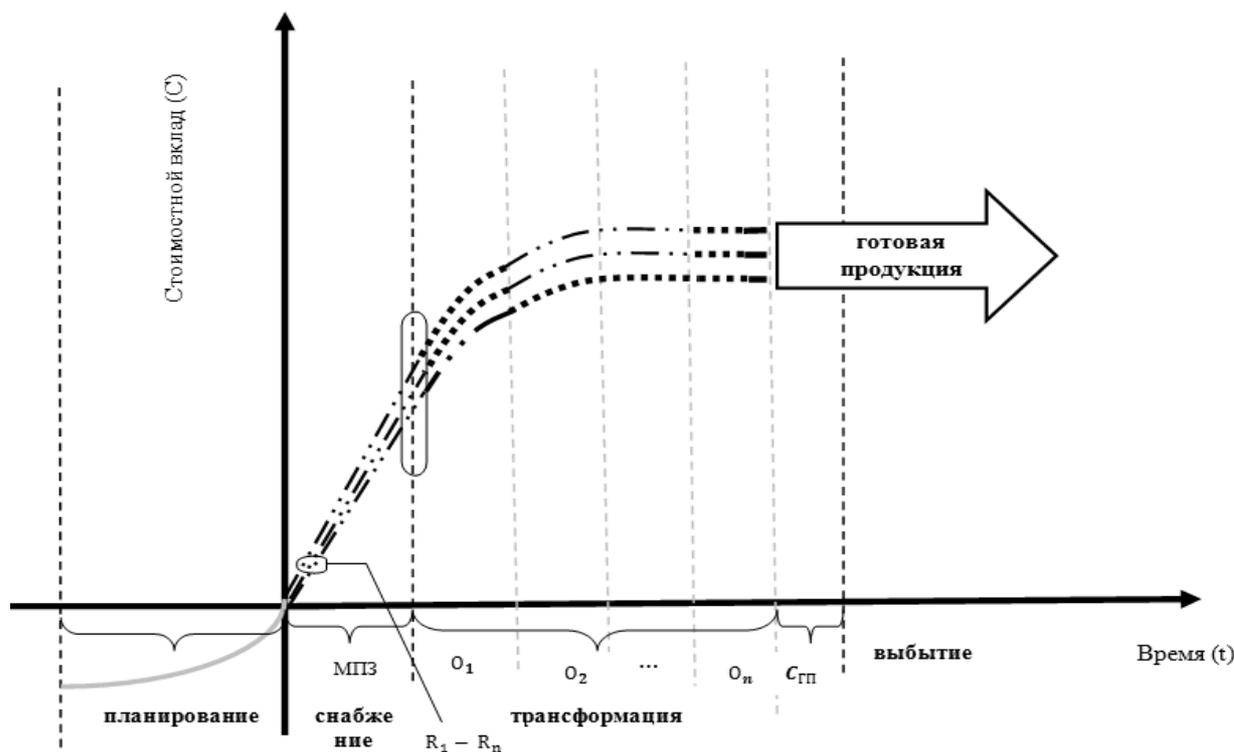


Рис. 1. Модель жизненного цикла материальных ресурсов (ЖЦР)

- $R_1 - R_n$ – материальные ресурсы, участвующие в процессе производства
- $O_1 - O_n$ – технологические операции по обработке материальных ресурсов
- МПЗ – материально-производственные запасы
- $C_{ГП}$ – склад готовой продукции
- НЗП – незавершенное производство
-  – склад сырья и материалов
-  – потенциальный стоимостной вклад материальных ресурсов, связанный с определением потребности в основных производственных материалах
-  – вложение каждого материально-производственного ресурса ($R_1 - R_n$) в единый ЖЦР
-  – графическое изображение технологических операций $O_1 - O_n$ по обработке материальных ресурсов
-  – поток готовой продукции

Технологический процесс является центральным звеном для предприятий стройиндустрии, создающих необходимые материальные ценности для промышленного и гражданского строительства. Процесс производства представляет собой строго определенную последовательность технологических операций. Выпуск промежуточного продукта является завершением очередной операции производственного про-

цесса. Результат последней операции на этом этапе жизненного цикла – продукт, готовый к использованию.

Трансформационный отрезок жизненного цикла материальных ресурсов отображает поэтапные изменения их состава, качественных характеристик (форма, физико-химические свойства и т.д.), а так же создание добавленной стоимости. От участка к участку разнородное

сырье и материалы трансформируются в готовый продукт, т.е. жизненный цикл каждого отдельного ресурса постепенно присоединяется или «встраивается» в жизненный цикл готовой продукции, тем самым формируя его конечную стоимость.

В качестве четвертого этапа модели жизненного цикла ресурса выделяем «выбытие» – реализацию изготовленного продукта, который в дальнейшем становится ресурсом для следующего этапа возведения объектов различного назначения – конечной строительной продукции. Однако сбыт не предполагает завершения существования исходных ресурсов, они продолжают «жить» в готовой продукции и в ко-

нечной продукции строительства на протяжении всего периода ее эксплуатации. Классический этап ликвидации ресурса наступает лишь после уничтожения конечного продукта, например, после сноса построенного здания. Принцип «вложенности жизненных циклов» предполагает возможность вторичного (возвратного) использования материальных ресурсов, которые вновь поступая на производственные участки «встраиваются» в жизненный цикл создаваемой готовой продукции.

Частным случаем модели жизненного цикла является «омертвление» материальных ресурсов в незавершенном производстве (рис. 2).

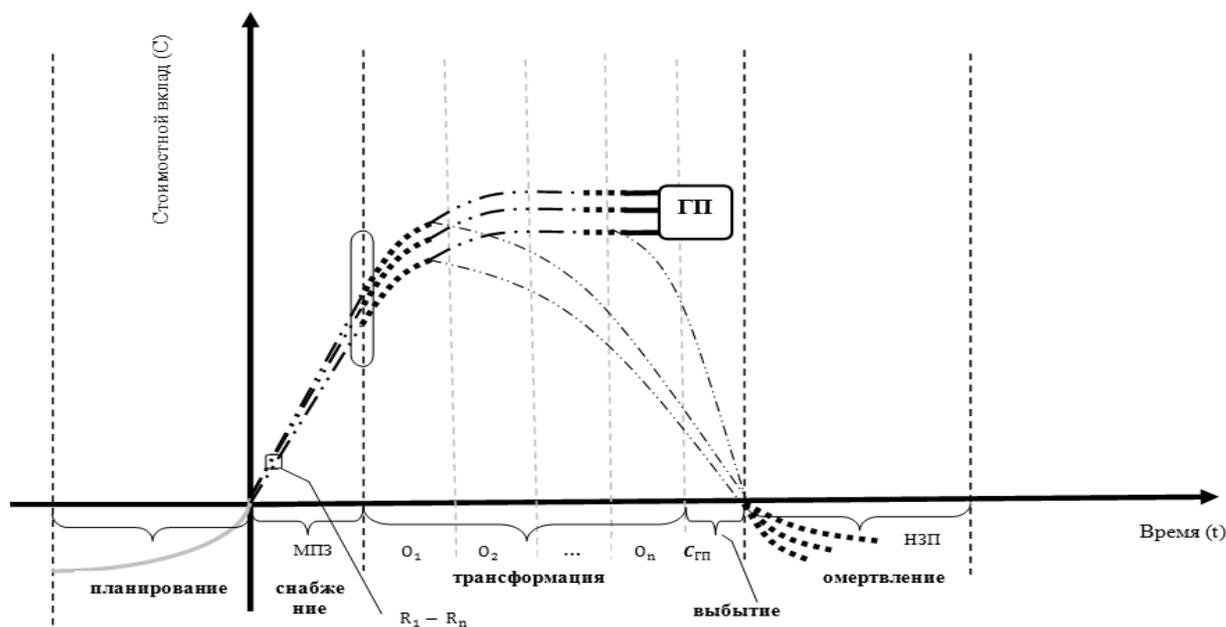


Рис. 2. Частный случай модели жизненного цикла материальных ресурсов (ЖЦР)

На практике не редко на отчетную дату является остаток незавершенного производства (НЗП) – материально-производственных запасов, не прошедших всех необходимых стадий обработки и локализованных на различных этапах технологического маршрута. Период «омертвления» может носить краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный характер. Для строительной отрасли причинами формирования НЗП краткосрочного характера является несвоевременность обеспечения производства необходимыми ресурсами, среднесрочного – длительность производственного цикла, а долгосрочного – как правило, административно-юридические аспекты деятельности. Поток НЗП расположен в отрицательной координатной четверти, ввиду того, что стоимостная оценка выявленных на конец отчетного периода запасов не относится на уже заверченный продукт. В

этом случае стоимостной вклад в готовую продукцию можно расценить как потенциальный.

Интегрально все циклы ресурсов, промежуточной продукции, продукции-ресурса формируют жизненный цикл конечной продукции строительства, который может быть представлен в виде каскадной или спиральной модели. Каждый очередной «вложенный» жизненный цикл вносит свой стоимостной вклад – добавляет стоимость конечной продукции строительства. Любое стоимостное приращение должно быть оправдано с точки зрения потребительской ценности поскольку, именно она определяет величину спроса и приемлемую для приобретателя цену.

Предлагаемая модель жизненного цикла ресурсов позволяет логично перейти к разработке карты потока создания ценности [8, 9]. Традиционно карта придаёт наглядность производственному процессу, визуализирует материаль-

ные и информационные потоки, позволяет увидеть проблемные зоны. Использование карты потока создания ценности с встроенной моделью жизненного цикла ресурсов предполагает более детализированный подход, дополнительно визуализирует развитие стоимости строительной продукции. Получается карта создания добавленной стоимости с выделением вклада каждого участника в эту стоимость. Всё это позволит развивать принципы бережливого производства в отношении стоимости ресурсов на всех этапах жизненного цикла и, в итоге, максимизировать синергетический эффект применения системы бережливого производства. В практическом аспекте представляется перспективным использование производственно-экономических методов управления стоимостью материальных ресурсов на каждом из этапов жизненного цикла и создания конечной продукции строительства.

Выводы. Методология модели жизненного цикла материальных ресурсов нацелена на построение эффективной системы управления строительными предприятиями на всех этапах производства конечной продукции. Для материалоёмких производств характерен значительный удельный вес сырья и материалов в структуре себестоимости продукции, поэтому, управление стоимостью материальных ресурсов является принципиально важной задачей. В настоящей статье предложена модель и выполнен экспресс-анализ этапов жизненного цикла ресурсов. Дальнейшие исследования предполагают анализ факторов, влияющих на реализацию этапов; разработку критериев эффективности и рекомендаций по управлению стоимостью ресурсов на всех этапах ЖЦР.

В настоящее время одним из приоритетных критериев развития экономических систем является эффективность использования ресурсов, что представляет собой интенсивный путь экономического роста [10]. Предложенный в статье подход к видению материальных ресурсов может быть раскрыт далее в методах анализа развития субъектов хозяйствования, которые позволяют по удельному весу интенсивных факторов и выручке определить тип экономического развития, разработать модель зависимости выручки от эффективности использования активов (материальных ресурсов). Кроме того, методы обращения с ресурсами на предприятии позволяют управлять деловой активностью [11]. Совершенствование характеристик ресурсов, технологии производства и реализации продукции, организация эффективных этапов жизненного цикла ресурсов являются интенсивными факторами деловой активности субъекта хозяйствования. Перспективой реализации предложенного

подхода является разработка и реализация ресурсной модели развития субъекта хозяйствования [12, 13, 14].

Рассмотренные в статье вопросы позволяют выявить направления создания качественно новой строительной продукции, сформировать условия для подъема предприятий стройиндустрии, что соответствует основным направлениям развития строительного комплекса [15]. Дальнейшее развитие национальной экономики и повышение ее конкурентоспособности неразрывно связано с созданием условий для обретения значимых позиций на глобальных и внутренних рынках за счет таких факторов, как технологические прорывы, участие в мировых "цепочках" создания добавленной стоимости, разработка новых материалов, внедрение в производственные процессы инновационных технологий, а также снижение затрат и рост производительности труда [16].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мишланова М.Ю. Проблемы качественно-стоимостной оценки продукции строительства // Научное обозрение. 2016. №13.
2. Птухина И.С., Вяткин М.Е., Мусорина Т.А. Стоимость строительной продукции и особенности её оценки // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №8 (23). С.116–127.
3. Адизес И. Управление жизненным циклом корпораций / пер. с англ. М.: Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2014. 500 с.
4. Широкова Г.В. Жизненный цикл организации: концепции и российская практика. СПб.: Изд-во "Высшая школа менеджмента"; Издат. дом С.-Петерб. гос. ун-та, 2008. 480 с.
5. Шаповалов В.Л. Методы комплексного исследования жизненного цикла продуктовых информационных: автореферат дис. канд. эконом. наук. Москва, 2011. 24 с.
6. Resource Life Cycle Management The Enterprise Architecture Component Integrator. Maryland, 2008. 22 p.
7. Life-cycle cost analysis (LCCA). URL: www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-LCCA (дата обращения: 17.12.2016)
8. Егорова А.В. Методический подход к совершенствованию системы управления затратами на предприятиях промышленности строительных материалов на основе формирования карты потока создания ценности // Организатор производства. 2016. №3. С.43–49.
9. Бельш К.В., Давыдова Н.С. Алгоритм составления карты потока создания ценности на промышленном предприятии // Вестник Уд-

муртского университета. 2015. Т.25. вып.1. С.7–13.

10. Бабичева Н.Э., Интегрированная методика экономического анализа развития организаций с использованием ресурсного подхода // Экономический анализ: теория и практика. 2013. №1 (304). С.10–18

11. Мухаррамова Эльмира Рафаиловна. Оценка состояния ресурсов строительных предприятий на основе их деловой активности // Российское предпринимательство. 2014. №20 (266). С.165–173.

12. Penrose E.T. The Theory of the Growth of the Firm. Oxford: Oxford University Press, 2009. 304 p.

13. Карлик А., Платонов В. Аналитическая структура ресурсно-ориентированного подхода.

Часть 1 // Проблемы теории и практики управления. 2013. № 6-7. С. 26–37.

14. Клейнер Г.Б. Ресурсная теория системной организации экономики // Российский журнал менеджмента. 2011. Т.9. №3. С.3–28.

15. Доклад о развитии строительного комплекса и совершенствовании градостроительной деятельности в Российской Федерации. Москва, Кремль, 2016. 170 с.

16. Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года. (утв. распоряжением Правительства РФ от 10 мая 2016 г. № 868-р). URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71294822/#ixzz4Tln4n38N> (дата обращения: 21.12.2016).

Mishlanova M.Y., Patrina T.K., Chekunova AS.

LIFE CYCLE MODEL MATERIAL RESOURCES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

The article introduced the concept of stages of development of the resource-product status through the task of creation of building products. The methodological basis is the concept of the life cycle that have been developed in relation to the material resources of the building industry. The authors proposed the basic principles of the model of the life cycle of material resources. Reviewed the status classification of material resources and graphical representation of life cycle model resources. The characteristic stages of the life cycle of resources and their integration into the cycles of the finished products, and further in the life cycle of the final product of construction in the form of a cascade or spiral model. Given the possibility of using models in developing an enhanced stream maps value creation. Listed on the prospective use of models in managing the cost of resources in optimizing the life cycle of resources, which can be considered as tailored methods of lean manufacturing. The ability to apply the life cycle model resources when diagnosing the condition of a business entity and developing the strategy of intensive development.

Key words: status of product development, material resources, the end products of construction, life cycle of material resources, map the value stream, lean manufacturing.

Мишланова Марина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и управления строительством.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: mishlanova_m@mail.ru

Патрина Татьяна Константиновна, старший преподаватель кафедры экономики и управления строительством.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: ums.tkp@yandex.ru

Чекунова Александра Сергеевна, магистрант кафедры экономики и управления строительством.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: scream1112@mail.ru

DOI: 10.12737/24191

Трунова Е.В., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОТИВАЦИЯ ПО КРІ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ: ПРИНЦИПАЛЬНЫЙ ПОДХОД И ТРЕБОВАНИЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ

trunova_ev@mail.ru

Статья посвящена выбору ключевых показателей эффективности (КРІ) для стимулирования работы персонала предприятия. При определении постоянной части заработной платы нужно учитывать ценность соответствующей должности для компании. Переменная часть зависит от выполнения целевых значений КРІ и должна отражать вклад каждого работника и/или его структурного подразделения в результат работы компании. Включение в карту КРІ показателей, оцифровывающих цели предприятия, стимулирует сплоченность коллектива, взаимосвязь финансового результата предприятия и размера премии персонала. При формировании карты КРІ необходимо учитывать функциональные обязанности работника. Предлагается формировать систему мотивации промышленного предприятия с учетом особенностей трех категорий персонала: рабочих, специалистов напряженного интеллектуального труда, занятых в реализации основных бизнес-процессов, а также административно-управленческого персонала. В статье приводятся примеры КРІ для конструктора, инженера автоматизированных систем управления технологическими процессами и топ-менеджера предприятия. Сформулированы требования, выполнение которых обеспечивает работоспособность системы мотивации.

Ключевые слова: персонал, стимулирование, система мотивации, ключевые показатели эффективности.

Введение. Система мотивации – всегда актуальный, многоаспектный и практически значимый объект исследований. Авторы многочисленных публикаций уделяют внимание принципам эффективной системы оплаты труда (СОТ), мотивирующим и демотивирующим факторам, этапам процесса внедрения системы мотивации в компании, материальной и нематериальной составляющим стимулирования и т.д. [1-6] В настоящей статье мы попытались ответить на вопрос: как выбрать ключевые показатели эффективности (КРІ), релевантные для разных категорий сотрудников? Прикладной характер объекта исследования обуславливает целесообразность понимания методических требований, которым должны соответствовать применяемые КРІ. Статья является логическим продолжением публикации [7].

Формирование постоянной части заработной платы: общие положения. Заработная плата складывается из постоянной (базовой, окладной) части и переменной (премиальной) части. Совершенствование СОТ компании в отношении постоянной части – это отдельный серьезный вопрос. Если говорить тезисно, то рабочие профессии распределяются по ступеням СОТ в зависимости от разряда из Единого тарифно-квалификационного справочника (ЕТКС). Окладная часть рабочего-сдельщика рассчитывается как произведение сдельного приработка (выпуск продукции в натуральном выражении, умноженный на

сдельную единичную расценку) и коэффициента трудового участия при бригадном способе работы. Чтобы рассчитать постоянную часть заработной платы рабочего-повременщика часы выхода на работу умножаются на часовую тарифную ставку и коэффициент трудового участия.

Выстраивание «пирамиды» должностей и соответствующих окладов для других категорий персонала предполагает проведение *оценки должностей (профессий)*, а именно *определение относительной внутренней ценности должности для компании* [8]. Оценка производится экспертным путем по нескольким факторам (критериям), для которых разрабатываются факторные шкалы, дифференцирующие различия между разными уровнями одного фактора. Приобрели популярность факторы, предложенные Э. Хэем (Edward N. Hay): необходимые знания и опыт, решение проблем, уровень ответственности. Их подробное описание можно найти в книге Р.И. Хендерсона [9]. Может использоваться и большее число факторов. На основе балльно-факторной шкалы с учетом коэффициентов значимости, присвоенных факторам, определяется суммарное число баллов каждой должности. По итогам оценки производится *рейтинг* [10, 11]: каждой должности присваивается уровень в иерархии СОТ. Назначение окладов для каждого уровня СОТ производится с учетом категории персонала

(основной, поддерживающий, приоритетный). Методика совершенствования постоянной части заработной платы подробно описана, например, в книге Е. Ветлужских [12, с. 29-51].

Таким образом, карьерный рост рабочих предполагает движение от разряда к разряду. Специалисты перемещаются от одного уровня иерархии СОТ к другому. Однако карьерный рост с перемещением по уровням может быть не так скор. Поэтому по решению работодателя внутри каждого уровня могут быть предусмотрены ступени. Например, у 6 уровня – Начальник ПТО есть 3 ступени со своими окладами и критериями (которым нужно соответствовать, чтобы получить соответствующую ступень). Это хорошая мотивация для карьерного роста и увеличения заработка внутри профессии.

Принципиальный подход к формированию переменной части заработной платы. Премия должна основываться на *оценке вклада каждого работника и/или его структурного подразделения* в результат работы компании. Оплате труда по результатам посвящена публикация [13].

Внимания разработчиков системы *KPI* заслуживает вопрос: «какие результаты работы – индивидуальные или коллективные – учитывать при расчете премии?» Есть три варианта: 1) используются только *KPI*, характеризующие результаты компании (структурного подразделения); 2) используются только *KPI*, связанные с функционалом сотрудников; 3) используется сочетание *KPI* вышеуказанных видов.

В качестве основного *KPI* для всех категорий персонала промышленного предприятия часто используется выполнение плана производства. При этом понятно, что должностные обязанности многих специалистов не оказывают прямого влияния на плановые

показатели выпуска и/или продаж. А степень влияния должностей, имеющих непосредственное отношение к технологическому процессу, зависит от функций, которые выполняет специалист соответствующей профессии. Главными показателями результативности работы промышленного предприятия выступают:

1) стабильная работа предприятия с производительностью, соответствующей плану продаж;

2) достижение целевого значения коэффициента использования оборудования;

3) достижение целевого значения удельных норм расхода сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов, влияющих на себестоимость продукции.

Первый показатель зависит от работы технологов. На значение второго показателя оказывает влияние работа персонала, занятого техническим обслуживанием и ремонтами оборудования. А оператор, управляющий ходом технологического процесса на высокотехнологичном рабочем месте, влияет сразу на три показателя. Поэтому *KPI*, характеризующие результаты и эффективность производства и сбыта, целесообразно дополнять частными показателями, отражающими функционал отдельных категорий сотрудников и даже отдельных должностей. Это позволит «привязать» заработную плату специалистов к показателям, на которые они реально могут повлиять.

Проиллюстрируем вышесказанное на примере конструктора цементного завода. Эта должность относится к категории инженерно-технических работников (ИТР). Выбор релевантных *KPI* для ИТР может вызывать практические трудности. В таблице 1 перечислены должностные обязанности конструктора.

Таблица 1

Сопоставление функционала и системы мотивации – типичное состояние «как есть»

	Функции конструктора цементного завода	Учет функции в системе мотивации (+ / -)
1	Своевременное и качественное выполнение заданий руководителя	-
2	Своевременная разработка и проверка технической документации	-
3	Своевременное осуществление контроля (надзора) за производством работ в соответствии с проектом	-
4	Своевременное внесение изменений в проектную документацию	-
5	Своевременное выполнение заявок от подразделений по разработке конструкторской документации	-
6	Выполнение правил техники безопасности и охраны труда	+
7	Выполнение правил внутреннего трудового распорядка	+
8	Выполнение требований локальных нормативных актов предприятия (положения о структурном подразделении, регламентов выполнения работ и взаимодействий в рамках конкретных бизнес-процессов и т.п.)	-

Можно утверждать, что действующая на заводе система мотивации не затрагивает тех функций конструктора, которые составляют сущность его профессии. В таблице 2 представлен вариант мотивации конструктора «как должно быть», т.е. такой, который обеспечивает заинтересованность конструктора

в результативном и инициативном труде. Отдельно подчеркнем, что здесь поощряется активность персонала в отношении постоянного улучшения бизнес-процессов (внесение и участие в реализации рационализаторских предложений, обеспечивающих экономический эффект).

Таблица 2

Система мотивации конструктора

	KPI	Вклад KPI в общую сумму премии
1	Своевременное и качественное выполнение утвержденных плановых заданий руководителя	20 %
2	Внесение предложений по оптимизации технологических и бизнес - процессов, связанных с необходимостью разработки проектной документации, их защита и реализация в соответствии с утвержденным планом-графиком проекта	20 %, если работа выполнена в соответствии с планом-графиком
3	Сопровождение бизнес-процесса после внедрения рационализаторского предложения для получения максимального экономического эффекта	5 % от экономического эффекта в отчетном периоде
4	100 %-ное выполнение заявок от подразделений, ведущих операционную деятельность	20 %
5	100 %-ное выполнение заявок от подразделений, ведущих инвестиционную деятельность (сопровождение строительства)	20 %
6	Выполнение правил техники безопасности и охраны труда	10 %
7	Выполнение правил внутреннего трудового распорядка	10 %

Максимальная совокупная сумма премии, которую может получить работник, выполнив все KPI, как правило, устанавливается положением об оплате труда предприятия в процентах от оклада. В таблице 2 приводятся веса отдельных KPI в общей премии (исключение составляет третий показатель, который рассчитывается в процентах от величины полученного экономического эффекта).

На наш взгляд, система мотивации на промышленном предприятии должна учитывать наличие трех принципиально разных категорий персонала: 1) ведущие специалисты, управляющие основными технологическими процессами; 2) рабочие; 3) административно-управленческий персонал. [7, С. 218]

Первая категория – представляющие особую ценность для работодателя специалисты интеллектуального напряженного труда, обладающие специфическими навыками в области управления основными бизнес-процессами. Это инженеры автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), инженеры контрольно-измерительных приборов и автоматов (КИПиА), специалисты центра управления производством (ЦУПа). Их обучение в условиях реального производства возможно только в течение очень ограниченного времени, на этапе технического перевооружения или модернизации

действующего производства с выполнением пусконаладочных работ. Компания, по сути, «выращивает» команду специалистов, которые изучают теорию и проходят практическую подготовку в рамках повышения квалификации, знают технические и технологические особенности конкретного производства. Работодатель заинтересован в их лояльности (постоянной работе на предприятии в статусе высококвалифицированного работника) и передаче накопленного опыта вновь приходящим молодым специалистам.

Базовая часть заработной платы этой категории сотрудников, как правило, определяется исходя из часовой тарифной ставки в соответствии с разрядом по профессии из ЕТКС. Для мотивации специалистов интеллектуального напряженного труда, занятых в управлении основными бизнес-процессами, постоянную часть ОТ целесообразно рассчитывать с повышающим коэффициентом (надбавкой). Значение коэффициента может определяться установленным на аттестациях уровнем профессиональной компетенции, либо достижением определенных критериев для профессии, утвержденных внутренним нормативным актом предприятия. А премиальная часть по общему принципу рассчитывается по выполнению KPI. Пример системы KPI для инженера АСУТП представлен в табл. 3.

Таблица 3

Система мотивации инженера АСУТП

	KPI	Вклад KPI в общую сумму премии
1	Выполнение плана добычи сырья на 90-100%	15%
2	Выполнение плана производства полуфабриката (клинкера) на 90-100%	20%
3	Выполнение плана производства цемента	20%
4	Выполнение плана отгрузки продукции	20%
5	Отсутствие нарушений правил внутреннего трудового распорядка	10%
6	Отсутствие нарушений правил техники безопасности и охраны труда	15%

Вторая категория персонала – это рабочие профессии. Стандартный подход к организации оплаты труда рабочих заключается в том, что постоянная часть заработной платы определяется тарифными ставками в соответствии с иерархией разрядов по ЕТКС, а переменная представляет собой процент премии от оклада за выполнение плана производства. Вклад работника в достижение общих целей предприятия, как правило, оценивает руководитель структурного подразделения, исходя из собственных суждений (не основываясь на формальных критериях). В результате получается, что руководитель, для которого разработана карта KPI, управляет группой незамотивированных рабочих. С нашей точки зрения, премиальная часть заработной платы рабочих должна зависеть от:

- 1) выполнения оперативного плана производства по выпуску продукции;
- 2) достижения удельных норм расхода сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов, а также их экономии;
- 3) достижения планового значения коэффициента использования оборудования;
- 4) соблюдения норм охраны труда и техники безопасности, выполнения правил внутреннего трудового распорядка предприятия.

Третьей категорией, требующей особого подхода к мотивации, является административно-управленческий персонал. П. Друкер в книге «Эффективный руководитель» [14] обращает внимание на то, что для оценки умственного труда неприменимы системы измерений и тесты, разработанные для физического труда. «Мотивация работника умственного труда зависит от эффективности его работы, от способности достигать поставленных целей. Если его труд лишен эффективности, то желание трудиться и, соответственно, вклад в успех организации скоро уменьшатся и он превратится в обычного чиновника, отбывающего на работе восемь часов» [14, с. 9]. Система мотивации должна быть налажена таким образом, чтобы специалисты категории АУП не только

выполняли свои должностные обязанности в соответствии с законодательством и локальными нормативными актами, но и занимали активную позицию в части поисков резервов снижения себестоимости и оптимизации тех бизнес-процессов, участниками которых они являются. В табл. 4 представлен пример системы мотивации топ-менеджера предприятия промышленности строительных материалов.

Требования к системе KPI. С учетом вышесказанного систематизируем методические требования к системе мотивации персонала промышленного предприятия:

- 1) использование нескольких показателей премирования (3-7 KPI), значения которых формируются в системе оперативного учета и управленческой отчетности;
- 2) соответствие KPI должностным функциям сотрудника;
- 3) установление различной степени значимости (приоритетности) показателей путем определения их веса в совокупной премии;
- 4) прозрачность и однозначность алгоритма расчета премии на основе ограниченного числа KPI;
- 5) достижимость целевых значений показателей;
- 6) напряженность применяемых значений KPI, препятствующая превращению премий в гарантированную прибавку к тарифу (должностному окладу);
- 7) обоснованность значений показателей нормативной базой и плановыми документами: отраслевыми правилами промышленной безопасности, планом производства на месяц, годовой инвестиционной программой, кодексом корпоративной этики и т.п.

Требования 1-4 относятся к самим показателям премирования и алгоритму расчета суммы премии, требования 5-7 касаются установления целевых значений KPI.

Ряд специалистов рекомендует определять несколько диапазонов значений KPI от недопустимого до высокого. Соответствующая шкала должна включать граничные значения, отделяющие друг от друга соответствующие зоны. С нашей точки зрения, такой подход

может рассматриваться как одно из направлений совершенствования существующей работоспособной системы *KPI*, но не при внедрении системы мотивации «с нуля». Разработка оценочных шкал для *KPI* всех должностей – достаточно трудоемкое занятие, которое может привести к неоправданному усложнению системы мотивации. Она более

реалистична при высоком уровне автоматизации контроллинга в компании. При таком подходе к премированию необходимо решить, будет ли вообще выплачиваться премия, если один из *KPI* находится в зоне недопустимого уровня. Еще один вариант усложнения системы мотивации – комбинирование значений *KPI* с коэффициентами значимости целей.

Таблица 4

Система мотивации топ-менеджера

	KPI	Вклад KPI в общую сумму премии
1	Выполнение плана производства каменной продукции	30 %
2	Снижение бюджетных показателей сметы затрат на 1 тонну каменной продукции не менее чем на 5% при условии выполнения планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания	40 %
3	Выполнение плана мероприятий по внедрению системы управления автотранспортом	10 %
4	Соблюдение сроков и качества планирования в системе «Управление ремонтами и качеством оборудования»	10 %
5	Оценка руководства холдинга	10 %
6	Наличие мотивированных претензий по качеству продукции	снижение премии на 10 % за каждый случай мотивированной претензии
7	Нарушение правил промышленной безопасности и охраны труда	снижение премии на 100 % при смертельном случае на производстве или травме с тяжелыми последствиями; снижение премии на 20 % при производственной травме легкой степени тяжести

На практике наибольшее число спорных ситуаций вызывает на первый взгляд очевидное требование достижимости значений показателей, а также поиск «золотой середины» между достижимостью и напряженностью значения. Достижимость не всегда зависит от профессионализма и усилий специалиста, для которого установлен *KPI*. Предположим, положением о премировании предприятия установлена выплата премии, если менеджер сбытового подразделения продаст продукции на 20 млн. руб. Но план производства на месяц подразумевает выпуск продукции на 10 млн. руб., и на складе нет остатков готовой продукции. Очевидно, что целевое значение *KPI* заведомо недостижимо для менеджера, поэтому он не будет прилагать никаких усилий для наращивания продаж. Второй пример. Согласно плану производства завод должен выпустить 100 тыс. тонн цемента, и имеющиеся производственные мощности позволяют это сделать. Но на складе готовой продукции нет места в связи с невыполнением плана продаж. В результате целевое значение объемов производства становится недостижимым. Для предотвращения подобных ситуаций должно

выполняться седьмое требование к системе *KPI* – обоснованность значений показателей регламентирующей и плановой документацией.

Заключение. Принцип справедливости оплаты труда будет реализован, если постоянная часть заработной платы соответствует ценности должности для компании, а переменная зависит от результатов работы конкретного специалиста. Заработная плата в целом должна быть конкурентоспособной на локальном рынке труда. В противном случае все усилия по выбору *KPI* лишены смысла. Согласно теории мотивации Херцберга [15], самыми сильными мотивами, побуждающими человека к труду, являются достижения и их признание работодателем. Следовательно, система *KPI* должна создавать возможности для достижений. Сами *KPI* должны подбираться таким образом, чтобы сотрудник мог влиять на их значения, а целевые значения – быть выполнимыми, но напряженными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рудычев А.А., Мясоедов Р.А., Малыхина В.С. Ключевые показатели эффективности //

Белгородский экономический вестник. 2011. № 4 (64). С. 20–26.

2. Сатонина Н.Н. Ключевые показатели эффективности как способ повышения эффективности работы персонала организации // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Экономические науки. 2012. № 4 (6). С. 61–66.

3. Москалева Е.Г. Внедрение системы мотивации персонала на базе КРІ - ключевых показателей эффективности // Контентус. 2016. № 2 (43). С. 109–119.

4. Зорина Э. Ключевые показатели эффективности как инструмент управления персоналом // Управление персоналом. 2009. № 8. С. 49–50.

5. Утенин В.В. Разработка и внедрение системы КРІ в российских компаниях // Мотивация и оплата труда. 2014. № 2. С. 126–140.

6. Тарасова Н.Е., Гудков М.А. Методы построения эффективной системы мотивации на предприятии в целях оптимального управления персоналом // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. 2014. № 30. С. 109–112.

7. Трунова Е.В. Ключевые факторы мотивации персонала по КРІ на предприятии промышленности строительных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 214–219.

8. Озерникова Т.Г., Бокарева К.М. Мотивационная роль оценки персонала // Мотивация и оплата труда. 2008. № 4. С. 304–313.

9. Хендерсон Р.И. Компенсационный менеджмент. Стратегия и тактика формирования заработной платы и других выплат; пер. с англ. СПб: Питер, 2004. 880 с.

10. Штель Т.Л., Емельяненко Е.Е. Использование системы грейдирования персонала как основа развития инновационной экономики // Вестник науки Сибири. 2015. №4 (19). С. 39–48.

11. Ярышина В.Н. Использование грейдирования и КРІ при вознаграждении работников // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2012. Т. 18. № 6. С. 287–291.

12. Ветлужских Е. Мотивация и оплата труда: Инструменты. Методики. Практика. М.: Альпина Паблишер, 2013. 149 с.

13. Макаренко С.В., Попов А.Б. Оплата труда по результатам работы // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2015. № 1. С. 148–150.

14. Друкер П.Ф. Эффективный руководитель; пер. с англ. М.: Манн, Иванов и Фербер; Эксмо, 2014. 240 с.

15. Херцберг Ф., Моснер Б., Снидерман Б. Блох. Мотивация к работе; пер. с англ. М.: Вершина, 2007. 240 с.

Trunova E.V.

MOTIVATION BY KPI IN THE INDUSTRIAL ENTERPRISE: BASIC APPROACH AND MAIN REQUIREMENTS

The article is devoted to selection of key performance indicators (KPIs) to stimulate the personnel of the enterprise. When defining the constant part of the wages you need to consider the value of the position for the company. The variable part of the wages depends on the fulfillment of target values of KPIs and should reflect the contribution of each employee and/or the structural unit in the result of the work of the company. Using indicators which digitizing the objectives of the enterprise stimulates the cohesion of the team, the relationship of the financial results of the company and the size of the wages. When selecting KPI it is necessary to consider the functional responsibilities of the employee. It is proposed to form a motivation system of industrial enterprise taking into account features of the three personnel categories: workers, specialists involved in the implementation of main business processes, administrative staff. The article presents examples of KPIs for the designer, engineer of automated control systems and the CEO of the company. Requirements the implementation of which ensures the efficiency of the motivation system are defined.

Key words: *personnel, incentive, system of motivation, key performance indicator.*

Трунова Екатерина Викторовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансового менеджмента. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: trunova_ev@mail.ru

DOI: 10.12737/24431

Слабинская И.А., д-р экон. наук, проф.,
Бендерская О.Б., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕЛГОРОДСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ В 2014–2015 ГОДАХ

obenderskaya@gmail.com

В статье обоснована необходимость проведения планомерного периодического мониторинга и комплексной оценки устойчивости функционирования предприятий промышленности строительных материалов для оценки перспектив развития отрасли в Белгородском регионе, проведен анализ выборки из семи предприятий по производству строительных материалов г. Белгорода, по двенадцати показателям выполнена сравнительная комплексная оценка и построены рейтинги устойчивости функционирования предприятий за 2014 и 2015 гг.

Ключевые слова: управление предприятиями, анализ хозяйственной деятельности предприятий, промышленность строительных материалов, устойчивость функционирования предприятия, комплексная оценка, рейтинг устойчивости функционирования предприятий.

Введение. Производство строительных материалов является одной из основных отраслей промышленности Белгородской области. Экономическое положение предприятий этой отрасли и динамика их развития во многом характеризуют экономический климат в регионе, поэтому мониторинг деятельности предприятий по производству строительных материалов является актуальной задачей [1], особенно в условиях продолжающегося экономического кризиса. Как он уже сказался на промышленности стройматериалов, каковы тенденции ее развития, чего следует ожидать в ближайшем будущем? Для ответа на эти вопросы полезны мониторинг и сравнительная оценка конкретных хозяйствующих субъектов – типичных представителей отрасли.

Основная часть. Одной из важнейших в условиях кризиса является способность предприятий к устойчивому функционированию [2]. Поэтому в настоящей статье предметом проводимого анализа и комплексной оценки избрана устойчивость функционирования предприятий [3].

В III квартале 2016 г. российская экономика из состояния рецессии перешла в стадию стагнации [4]. Однако подробная и точная информация для глубоких выводов будет получена только после составления годовой бухгалтерской финансовой отчетности предприятий. В ожидании этих данных мы сочли необходимым оценить состояние и динамику устойчивости функционирования предприятий в 2014–2015 гг. Для выборочного мониторинга в качестве типичных представителей отрасли мы выбрали 7 наиболее известных и крупных предприятий по производству строительных материалов г. Белгорода (см. табл. 1). Организационно-правовая форма пред-

приятий указана по данным бухгалтерской отчетности за 2015 г.

Исследование проводилось по данным годовой бухгалтерской финансовой отчетности предприятий. В табл. 1 отражены некоторые показатели, характеризующие их активы, капитал, доходы и финансовые результаты. Данные о доходах и финансовых результатах приведены за 2014 и за 2015 гг., а данные об активах и капитале – по состоянию на конец этих периодов [5].

Наиболее крупным из представленных в табл. 1 предприятий по величине имущественного потенциала в 2014–2015 гг. с большим отрывом было ОАО «Завод ЖБК-1». Балансовая стоимость его активов в конце 2015 г. составляла 3 062 671 тыс. руб. Объемы имущества остальных предприятий – менее 1 млрд. руб. «Завод ЖБК-1» оба года лидировал и по объемам продаж (в 2015 г. его выручка составила 1 659 325 тыс. руб.). Второе место стабильно занимало ОАО «Белгородасбестоцемент» (в 2015 г. его выручка – 1 211 654 тыс. руб.). Почти все исследованные предприятия в 2014–2015 гг. были прибыльными. Исключение составило ООО «Завод «Краски КВИЛ», которое 2015 г. закончило с убытками. Пять из семи предприятий были обеспечены стабильными оборотными средствами (СОС). У ЗАО «Аэробел» СОС отсутствовали в конце 2014 г., а у ОАО «Стройматериалы» – весь 2015 г.

Стабильные оборотные средства – это часть оборотных активов, профинансированная за счет стабильных источников, собственного капитала (СК) и долгосрочного заемного капитала (ДЗК) [6]:

$$СОС = СК + ДЗК - ВНА, \quad (1)$$

где собственный капитал – сумма итога раздела доходов будущих периодов. бухгалтерского баланса «Капитал и резервы» и

Таблица 1

Экономические показатели исследуемых предприятий в 2014–2015 гг., тыс. руб.

Наименование показателей	ЗАО «АэроБел»		ОАО «Строй-материалы»		ОАО «Завод ЖБК-1»		ООО «Завод «Краски КВИЛ»	
	2014 г. (конец 2014 г.)	2015 г. (конец 2015 г.)	2014 г. (конец 2014 г.)	2015 г. (конец 2015 г.)	2014 г. (конец 2014 г.)	2015 г. (конец 2015 г.)	2014 г. (конец 2014 г.)	2015 г. (конец 2015 г.)
Совокупный капитал	835809	709239	512200	582723	3129895	3062671	865725	923326
Оборотные активы	376719	284709	133279	160408	1644012	1661760	599862	501894
Выручка	920277	828769	659918	716289	2142242	1659325	1037724	1052569
Прибыль от продаж	264553	205619	12589	11967	273909	156660	62787	-2844
Прибыль (убыток) до налогообложения	193130	151257	3414	2023	265851	154326	24776	-21216
Прибыль (убыток) чистая	154353	120330	1602	638	211741	118655	16050	-18728
Собственный капитал	310486	430815	113521	114129	2626030	2744685	172791	154063
Краткосрочный заемный капитал	495817	251107	359727	443609	372324	189926	177916	312936
Долгосрочный заемный капитал	29506	27317	38952	24985	131541	128060	515018	456327
Стабильные оборотные средства	-119098	33602	-226448	-283201	1271688	1471834	421946	188958

Окончание табл. 1

Наименование показателей	ОАО «Белгород-асбестоцемент»		ОАО «Белгород-стройдеталь»		ОАО «Белгородский абразивный завод»	
	2014 г. (конец 2014 г.)	2015 г. (конец 2015 г.)	2014 г. (конец 2014 г.)	2015 г. (конец 2015 г.)	2014 г. (конец 2014 г.)	2015 г. (конец 2015 г.)
Совокупный капитал	746396	700606	542459	573276	928808	992328
Оборотные активы	541541	531885	317752	363575	352293	415741
Выручка	1259495	1211654	448584	523068	981390	1152000
Прибыль от продаж	145389	106138	29882	24150	99211	134908
Прибыль (убыток) до налогообложения	124671	55214	20665	13175	86739	128965
Прибыль (убыток) чистая	95973	40574	14613	12272	67805	103769
Собственный капитал	627530	607579	500395	509705	853939	907918
Краткосрочный заемный капитал	99199	72388	42064	63571	33284	43813
Долгосрочный заемный капитал	19667	20639	0	0	41585	40597
Стабильные оборотные средства	442342	459497	275688	300004	319009	371928

В качестве индикаторов устойчивости функционирования предприятий были отобраны 12 показателей: 4 показателя финансового состояния [7], 4 темповых показателя, характеризующих тенденции изменения доходов, финансовых результатов и собственного капитала предприятий в динамике, и 4 показателя рентабельности. Результаты их расчета за 2014 г. и за 2015 г. представлены в верхней части таблиц 2 и 4. Выделены лучшие значения по каждому из показателей.

В 2014 г. пять из исследованных предприятий имели довольно высокую долю стабильных источников финансирования в общем объеме капитала [8]. Наиболее высокий уровень этого показателя (94 % от общего объема капитала) был отмечен у ОАО «Белгородский абразивный

завод». Только два предприятия, ЗАО «Аэро-Бел» и ОАО «Стройматериалы», были обеспечены стабильными источниками недостаточно, менее чем на 50 %. Эти же два предприятия не имели стабильных оборотных средств и были неплатежеспособными (у ЗАО «АэроБел» текущие обязательства покрывались оборотными активами только на 57 %, а у ОАО «Стройматериалы» – на 38 %).

Наибольшая обеспеченность стабильными источниками запасов (на 274 %) в 2014 г. отмечалась у ОАО «Белгородстройдеталь». Еще у четырех предприятий уровень этого показателя был значительно выше нормативно установленного (от 60 % до 80 %).

ОАО «Белгородстройдеталь» было в 2014 г. и самым платежеспособным из обследованных

предприятий (его оборотные активы в 8,77 раза превышали текущие обязательства). Еще у четырех предприятий коэффициент текущей ликвидности был выше 2 [9].

Рост выручки в 2014 г. отмечался у трех предприятий из семи (у ОАО «Белгородасбестоцемент» этот показатель по сравнению с 2013 г. практически не изменился). Самый высокий темп роста, более 207 %, демонстрировало ОАО «Стройматериалы». У этого же предприятия была самая высокая деловая активность (скорость оборота совокупных активов составила 0,47 оборота за год) и наибольший темп роста собственного капитала (13726,84 %!). Столь высокое значение объяснялось малой величиной собственного капитала в начале года и было обеспечено проведенной в 2014 г. дооценкой внеоборотных активов [10].

$$KO_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij}}{m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{где } b_{ij} = b_{\min} + \frac{a_{ij} - a_{\text{худш}}}{a_{\text{лучш}} - a_{\text{худш}}} (b_{\max} - b_{\min}). \quad (2)$$

Здесь n – количество сравниваемых предприятий (в нашем случае $n = 7$); m – количество показателей (в нашем случае $m = 12$); a_{ij} – значение j -го показателя i -го предприятия; b_{ij} – балльная оценка j -го показателя i -го предприятия; $a_{\text{худш}}$ и $a_{\text{лучш}}$ – соответственно, худшее и лучшее среди значений j -го показателя; b_{\min} и b_{\max} – соответственно, минимальное и максимальное значения балльной оценки, которые соответствуют худшему и лучшему значениям показателей; $b_{\min} = 0$; $b_{\max} = 10$.

Значение KO (2) может варьировать от 0 до 10. Значение комплексной оценки, равное 0, означает, что оцениваемое предприятие хуже остальных предприятий по всем показателям оценки, а значение 10 – что предприятие лучше остальных по всем показателям.

Результаты расчета балльных оценок показателей и комплексных оценок предприятий приведены в нижней части табл. 2 и 4. На основе значений KO определены места предприятий в рейтинге устойчивости функционирования, которые представлены в последних строках этих таблиц.

Прокомментируем по данным табл. 2 результаты сравнительной оценки устойчивости функционирования предприятий в 2014 г. Наилучшую комплексную оценку (5,93) продемонстрировало ЗАО «Аэробел». Первое место в рейтинге ему обеспечили высокие финансовые результаты и их динамичный рост [12]. На втором месте было ОАО «Белгородасбестоцемент», на третьем – ОАО «Белгородский абразивный завод». По разнице значений комплексных оценок можно судить, насколько устойчивость функционирования у одних предприятий ниже,

Нужно отметить, что в 2014 г. по сравнению с 2013 г. прибыль от продаж выросла только у ЗАО «Аэробел» (на 68,92 %), а чистая прибыль – у ЗАО «Аэробел» (на 143,01 %) и у ОАО «Белгородасбестоцемент» (на 10,88 %). Собственный капитал за 2014 г. нарастили все семь предприятий.

Лидером по всем показателям рентабельности в 2014 г. было ЗАО «Аэробел», уровень рентабельности остальных шести предприятий был существенно ниже.

Для сравнительной оценки устойчивости функционирования предприятий была использована комплексная оценка (KO), рассчитанная модифицированным методом суммы баллов [11]:

чем у других. Так, видно, что ОАО «Белгородский абразивный завод», ОАО «Завод ЖБК-1» и ОАО «Белгородстройдеталь» достаточно близки по уровню устойчивости [13], а ОАО «Стройматериалы» является явным аутсайдером.

Чтобы оценить динамику устойчивости функционирования предприятий, мы рассчитали соответствующие индикаторы (табл. 3). Их значения показывают, сколько из 12 показателей устойчивости функционирования за соответствующий период имеют значения лучше, чем за второй из двух оцениваемых периодов. Нетрудно видеть, что в 2015 г. ситуация улучшилась по сравнению с 2014 г. (причем по всем 12 показателям) только у ОАО «Белгородский абразивный завод». У остальных шести предприятий большинство показателей (а у ООО «Завод «Краски КВИЛ» – все 12 показателей) были лучше в 2014 г., чем в 2015 г.

Теперь детальнее остановимся на результатах 2015 г. По данным таблицы 4 видно, что в этом году только одно предприятие, ОАО «Стройматериалы», недостаточно обеспечено стабильными источниками капитала (на 27 %). Те же два предприятия, что и в 2014 г., не имеют стабильных оборотных средств и не платежеспособны (у ЗАО «Аэробел» текущие обязательства покрываются оборотными активами на 95 %, а у ОАО «Стройматериалы» – только на 37 %).

Наибольшая обеспеченность стабильными источниками запасов, как и в 2014 г., отмечается у ОАО «Белгородстройдеталь» (уровень обеспеченности вырос до 283 %). Выше нормативно установленного уровень этого показателя, как и в 2014 г., у пяти предприятий.

Таблица 2

Показатели, сравнительная комплексная оценка и рейтинг устойчивости функционирования белгородских предприятий промышленности строительных материалов за 2014 год

Наименование показателей, единицы измерения	Значения показателей предприятий						
	ЗАО «Аэро-Бел»	ОАО «Строй-материалы»	ОАО «Завод ЖБК-1»	ООО «Завод «Краски КВИЛ»	ОАО «Белгородасбестоцемент»	ОАО «Белгород-стройдеталь»	ОАО «Белгородский абразивный завод»
1) коэффициент финансовой устойчивости (среднегодовое значение)	0,34	0,30	0,90	0,78	0,86	0,93	0,94
2) коэффициент обеспеченности СОС запасов (среднегодовое значение)	-1,77	-3,10	1,82	1,84	0,94	2,74	1,70
3) коэффициент текущей ликвидности (среднегодовое значение)	0,57	0,38	5,14	3,14	5,23	8,77	7,73
4) коэффициент оборачиваемости совокупных активов	0,30	0,47	0,18	0,38	0,43	0,21	0,26
5) темп роста выручки, %	135,46	207,71	93,94	103,34	100,18	92,01	94,58
6) темп роста прибыли от продаж, %	168,92	–	64,46	93,73	95,96	68,23	51,37
7) темп роста чистой прибыли, %	243,01	–	69,76	52,35	110,88	90,35	44,65
8) темп роста собственного капитала, %	198,82	13726,84	108,81	110,24	106,84	102,11	101,49
9) рентабельность продаж по прибыли от продаж, %	28,75	1,91	12,79	6,05	11,54	6,66	10,11
10) рентабельность продаж по чистой прибыли, %	16,77	0,24	9,88	1,55	7,62	3,26	6,91
11) рентабельность совокупных активов, %	12,55	0,48	4,52	1,80	8,57	1,94	4,63
12) рентабельность собственного капитала, %	33,08	1,40	4,20	4,87	7,90	1,48	4,00
Балльные оценки показателей:							
1)	0,68	0	9,36	7,44	8,72	9,81	10
2)	2,28	0	8,42	8,45	6,92	10	8,22
3)	0,22	0	5,67	3,28	5,78	10	8,76
4)	4,12	10	0	6,89	8,83	1,02	2,81
5)	3,76	10	0,17	0,98	0,71	0	0,22
6)	10	0	3,82	5,55	5,68	4,04	3,04
7)	10	0	2,87	2,15	4,56	3,72	1,84
8)	0,07	10	0,01	0,01	0,00	0,00	0
9)	10	0	4,05	1,54	3,59	1,77	3,06
10)	10	0	5,83	0,79	4,46	1,82	4,03
11)	10	0	3,34	1,10	6,70	1,21	3,44
12)	10	0	0,88	1,10	2,05	0,02	0,82
Комплексная оценка	5,93	2,50	3,70	3,27	4,83	3,62	3,85
Место предприятия в рейтинге	1	7	4	6	2	5	3

Таблица 3

**Индикаторы динамики устойчивости функционирования предприятий
в 2015 г. по сравнению с 2014 г.**

ЗАО «Аэробел»		ОАО «Стройматериалы»		ОАО «Завод ЖБК-1»		ООО «Завод «Краски КВИЛ»		ОАО «Белго- родасбесто- цемент»		ОАО «Белгород- стройдеталь»		ОАО «Бел- городский абразивный завод»	
2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.
9	3	10	2	9	3	12	0	9	3	8	4	0	12

В 2015 г. самое платежеспособное из обследованных предприятий – ОАО «Белгородский абразивный завод» (его оборотные активы в 10,04 раза больше текущих обязательств). Еще у четырех предприятий коэффициент текущей ликвидности – выше 2.

Рост выручки в 2015 г. отмечается у четырех предприятий из семи. Самый высокий темп роста, более 117 %, – у абразивного завода.

По скорости оборота совокупных активов (0,42 оборота за год) в лидеры вышло ОАО «Белгородасбестоцемент», но это значение ниже, чем у лидера 2014 г.

Прибыль от продаж и чистая прибыль выросли в 2015 г. только у ОАО «Белгородский абразивный завод» (соответственно, на 35,98 % и на 53,04 %). У пяти предприятий эти показатели снизились, а завод «Краски КВИЛ» получил убытки.

Если в 2014 г. все предприятия смогли увеличить собственный капитал, то в 2015 г. у двух

из них (у завода «Краски КВИЛ» и у ОАО «Белгородасбестоцемент») собственный капитал сократился.

Лидером по всем показателям рентабельности, как и в 2014 г., в 2015 г. стало ЗАО «Аэробел», но уровень его показателей рентабельности по сравнению с 2014 г. снизился [14].

В 2015 г. наилучшую комплексную оценку (7,62) продемонстрировало ОАО «Белгородский абразивный завод», бывшее в 2014 г. на третьем месте. Оно стало лидером рейтинга устойчивости функционирования по пяти из двенадцати показателей оценки. На второе место сместилось с первого ЗАО «Аэробел», на третьем оказалось ОАО «Белгородстройдеталь», бывшее в 2014 г. на пятом месте. ООО «Завод «Краски КВИЛ» оказалось на последнем месте, продемонстрировав худшие значения по пяти из двенадцати показателей.

Таблица 4

**Показатели, сравнительная комплексная оценка и рейтинг устойчивости функционирования
белгородских предприятий промышленности строительных материалов за 2015 год**

Наименование показателей, единицы измерения	Значения показателей предприятий						
	ЗАО «Аэро- Бел»	ОАО «Строй- матери- алы»	ОАО «Завод ЖБК-1»	ООО «Завод «Краски КВИЛ»	ОАО «Белго- родасбе- стоце- мент»	ОАО «Белго- род- строй- деталь»	ОАО «Белго- родский абразив- ный за- вод»
1) коэффициент финансо- вой устойчивости (средне- годовое значение)	0,53	0,27	0,91	0,73	0,88	0,91	0,96
2) коэффициент обеспе- ченности СОС запасов (среднегодовое значение)	-0,53	-3,62	2,18	1,53	1,03	2,83	1,71
3) коэффициент текущей ликвидности (среднегодо- вое значение)	0,95	0,37	6,58	2,49	6,40	6,64	10,04
4) коэффициент оборачи- ваемости совокупных ак- тивов	0,27	0,33	0,13	0,29	0,42	0,23	0,30
5) темп роста выручки, %	90,06	108,54	77,46	101,43	96,20	116,60	117,38
б) темп роста прибыли от продаж, %	77,72	95,06	57,19	0	73,00	80,82	135,98

7) темп роста чистой прибыли, %	77,96	39,83	56,04	0	42,28	83,98	153,04
8) темп роста собственного капитала, %	138,76	100,54	104,52	89,16	96,82	101,86	106,32
9) рентабельность продаж по прибыли от продаж, %	24,81	1,67	9,44	-0,27	8,76	4,62	11,71
10) рентабельность продаж по чистой прибыли, %	14,52	0,09	7,15	-1,78	3,35	2,35	9,01
11) рентабельность совокупных активов, %	9,79	0,18	2,49	-1,19	3,82	1,18	6,71
12) рентабельность собственного капитала, %	16,23	0,28	2,21	-5,73	3,29	1,21	5,89
<u>Балльные оценки показателей:</u>							
1)	3,73	0	9,27	6,64	8,87	9,22	10
2)	4,79	0	9,00	7,98	7,20	10	8,27
3)	0,60	0	6,43	2,19	6,24	6,48	10
4)	4,71	6,78	0	5,63	10	3,53	5,83
5)	3,16	7,79	0	6,00	4,69	9,80	10
6)	5,72	6,99	4,21	0	5,37	5,94	10
7)	5,09	2,60	3,66	0	2,76	5,49	10
8)	10	2,29	3,10	0	1,54	2,56	3,46
9)	10	0,77	3,87	0	3,60	1,95	4,78
10)	10	1,15	5,48	0	3,15	2,53	6,62
11)	10	1,25	3,35	0	4,56	2,16	7,20
12)	10	2,74	3,61	0	4,10	3,16	5,29
Комплексная оценка	6,48	2,70	4,33	2,37	5,17	5,24	7,62
Место предприятия в рейтинге	2	6	5	7	4	3	1

Выводы. По результатам проведенного анализа выборки белгородских предприятий промышленности строительных материалов можно сделать вывод об устойчивом функционировании большинства из них [15]. 2015-й год оказался сложнее 2014-го. В среднем по обследованной выборке замедляется оборачиваемость капитала, у большинства предприятий снижаются прибыли и уровень рентабельности, у некоторых началось сокращение собственного капитала. Однако большинство предприятий сохраняют способность к устойчивому функционированию, в первую очередь, благодаря грамотному управлению активами и капиталом [16]: они поддерживают высокий уровень стабильных источников финансирования и обеспеченности ими производственной деятельности, а соответственно, высокий уровень платежеспособности по текущим обязательствам. Лидер рейтинга устойчивости функционирования в 2015 г. – ОАО «Белгородский абразивный завод», и не только благодаря консервативной финансовой стратегии, которой руководство завода всегда придерживалось, но и из-за динамичного роста выручки и прибыли.

Все перечисленное дает основания надеяться, что по результатам 2016-го года отрасль производства строительных материалов Белгородской области сохранит устойчивость функционирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорошенко Ю.А., Антипов Е.А. Оценка управления стратегическим развитием промышленного холдинга // Российское предпринимательство. 2011. № 8–2. С. 43–48.
2. Бендерская О.Б. Устойчивое функционирование: основа или альтернатива устойчивому развитию? Белгородский экономический вестник. 2016. № 1 (81). С. 132–137.
3. Slabinskaya I.A., Benderskaya O.B. Stable development' term and its usage in Russian economic editions // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2016. Vol. 8. № 2S. P. 1494–1501.
4. Итоги 2016 года: российская экономика – сюрпряс, местами переходящий в цейтнот [Электронный ресурс]: <http://www.interfax.ru/business/543640> (дата обращения: 23.01.2017).

5. Современные методы учета, анализа и аудита: монография / под. общ. ред. проф. И.А. Слабинской. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 135 с.
6. Бендерская О.Б., Слабинская И.А. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности на предприятии промышленности строительных материалов. Белгород: изд-во БГТУ им. Шухова, 2011. 452 с.
7. Слабинская И.А., Кравченко Л.Н. Об особенностях методики финансового анализа неплатежеспособных организаций // Белгородский экономический вестник. 2012. № 1 (65). С. 82–87.
8. Учет, анализ и аудит: современный взгляд и подходы: монография / под общ. ред. проф. И. А. Слабинской. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 140 с.
9. Учет, анализ и аудит: перспективы развития: монография / под. общ. ред. проф. И.А. Слабинской. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 245 с.
10. Слабинская И.А., Атабиева Е.Л., Слабинский Д.В., Ковалева Т.Н. Добавочный капитал: особенности формирования и учета // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 190–195.
11. Бендерская О.Б. Развитие методов расчета комплексных оценок // Белгородский экономический вестник. 2015. № 1 (77). С. 101–108.
12. Слабинская И.А., Атабиева Е.Л., Слабинский Д.В., Ковалева Т.Н. Учет распределения прибыли в организациях разных форм собственности // Актуальные проблемы экономического развития: сб. докладов VII Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С.231–236.
13. Слабинская И.А. Современная интерпретация финансовой устойчивости организации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 253–256.
14. Актуальные вопросы развития учета, анализа и аудита: монография / под. ред. проф. И.А. Слабинской. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 226 с.
15. Чижова Е.Н., Шевченко М.В. Интегральная эффективность системы управления промышленным предприятием // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 95–99.
16. Слабинская И.А., Ткаченко Ю.А. Модель внутреннего контроля в строительстве // Application of New Technologies in Management and Economy – ANTiM 2016: 5th International Conference, 21-23. April 2016., Belgrade, Serbia. Belgrad: Beopress, 2015. V.2. P. 375–383.

Slabinskaya I.A., Benderskaya O.B.

A COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF BELGOROD BUILDING MATERIALS INDUSTRY ENTERPRISES IN 2014-2015

The article substantiates the need for systematic monitoring and periodic comprehensive assessment of the sustainability of construction materials industry enterprises to assess the prospects for the industry in the Belgorod region, an analysis of a sample of seven Belgorod companies producing construction materials, twelve indicators performed a comparative evaluation of the complex and built sustainability ratings of enterprises in 2014 and 2015.

Key words: *business administration, analysis of the economic performance of an enterprises, construction materials industry, sustainability of enterprise, comprehensive assessment, sustainability rating of enterprises.*

Слабинская Ирина Александровна, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита.

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

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

E-mail: slabinskaja@intbel.ru

Бендерская Ольга Борисовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита.

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

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

E-mail: obenderskaya@gmail.com

DOI: 10.12737/24217

Трошин А.С., д-р экон. наук, доц.,
Носов С.М., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

БИРЖЕВЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ФОНДЫ ETF – КАК ИНСТРУМЕНТ АКТИВИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

sergey_nosov94@mail.ru

Развитие мирового финансового рынка способствует постоянной диверсификации финансовых инструментов. Сравнительно недавно на российском фондовом рынке появился такой финансовый инструмент, как биржевой инвестиционный фонд ETF. Принцип формирования данного фонда в некоторой степени схож с широко известными Паевыми инвестиционными фондами. Главное отличие, а скорее, даже преимущество данного фонда перед Паевыми инвестиционными фондами заключается именно в многофункциональности и большей свободе действий инвестора с паями ETF. В данной статье было проведено исследование, характеризующее сильные и слабые стороны ETF, а также разобрана структура формирования и многофункциональности паев ETF.

Ключевые слова: ETF, биржевые инвестиционные фонды, FinEx, Московская биржа, Российский фондовый рынок, инвестиционные паи, паи, ПИФы.

В период экономического спада, оттока инвестиций и снижения производственной активности наиболее актуальным становится вопрос эффективного капиталовложения и структуризации инвестиционных портфелей как для предприятия, так и для частных инвесторов. Нестабильность внутреннего сектора экономики значительно повышает риски в рынке ссудного капитала и в инвестиционных операциях. Среди данных рисков можно выделить следующие:

- неплатежеспособность заёмщика по долговым обязательствам;
- неплатежеспособность по текущим обязательствам;
- снижение темпа оборачиваемости рынка ссудного капитала;
- отсутствие равновесия спроса и предложения на рынке ссудного капитала и др.

Если учитывать перечисленные риски, то направление свободных денежных потоков не будет являться инвестиционно-привлекательным. Ко всему прочему, не имея статуса «квалифицированного инвестора», инвестор ограничен в рамках российского фондового рынка, что является косвенным следствием возврата в реальный сектор экономики.

Появление биржевых инвестиционных фондов ETF (Exchange Traded Funds) на Основном рынке Московской биржи позволило инвесторам «выйти» на зарубежный рынок, не имея для этого специального статуса. Возможность инвестирования в индексы ведущих мировых экономик может значительно повысить уровень диверсификации инвестиционных портфелей. Более упрощенная система выхода инвесторов за рамки национального рынка позволит снизить степень зависимости от данного рынка, что по-

влечет за собой решение ряда проблем, а также поспособствует активизации производственной активности.

Биржевые инвестиционные фонды ETF представляют собой новый вид финансового инструмента для торговли на фондовом рынке. Ценная бумага ETF определяется динамикой движения биржевых инструментов, лежащих в основе данного фонда, также она обладает высокой ликвидностью, что упрощает её куплю/продажу и значительно снижает комиссионные издержки инвестора [1].

Особенность биржевых инвестиционных фондов заключается в возможности коллективного инвестирования, которое позволяет инвестору принимать активное участие в голосовании на собраниях акционеров и получении дивидендов. Также основным преимуществом фонда ETF будет являться то, что активы фонда сегрегированы, и каждый участник будет нести риски в рамках своего пая, несмотря на то, что управляющая компания будет являться. Выпуск акций фонда ETF осуществляется управляющей компанией, которая посредством приобретения биржевых инструментов, формирует индекс ценной бумаги ETF (рис.1).

В роли маркет-мейкеров выступают международная компания GoldenbergHelmeyer, базирующаяся в Лондоне и ФК «Открытие». Благодаря поддержанию достаточного уровня ликвидности, инвесторы могут совершать сделки объемом в 10–15 млн. руб. без расширения спреда. В целом, торговля данными бумагами (ETF) не отличается от торговли обычными акциями [8].

Биржевые инвестиционные фонды подразделяются на два вида:

1. Фонды открытого типа: участник фонда может приобретать и продавать паи ETF каждый рабочий день.

2. Фонды закрытого типа (SEF): участник фонда может совершать операции в определенные дни, установленные управляющей компанией.



Рис. 1. Принцип обращения фондов ETF [6]

Для инвесторов, участвующих исключительно в рамках российского фондового рынка, биржевой инструмент ETF может восприниматься как аналог ПИФа (Паевого инвестиционного фонда). Но главное их различие заключается в том, что сделки с паями ETF можно совершать точно также, как и с акциями в рамках Основного рынка Московской биржи.

Первые торговые операции с паями ETF зарегистрированы в 1990 году на Торонтской Фондовой бирже. В настоящий момент наибольшая доля рынка ETF сосредоточена в США – 71 %. В Европе доля составляет порядка 17 %, а Азии 12 %. На европейском рынке наибольшую долю занимает Ирландия, в которой зарегистрировано около 30 % ETF. Не удивительно, что в 2013 году паи ETF на Московской бирже были представлены ирландской компанией FinEx [4].

Торги паями ETF на Московской бирже начались в апреле 2013 г. В настоящий момент на Московской бирже торгуются 12 ETF на еврооблигации российских корпоративных эмитентов в рублях и долларах, на золото, фондовые индексы Германии, Японии, Австралии, Великобритании, Китая, а также на индекс РТС и индекс на краткосрочные казначейские облигации США. (табл. 1) [6].

На сегодняшний день большинством инвесторов воспринимаются паи ETF как аналог паев ПИФа, поэтому необходимо выделить ряд отличий между двумя инвестиционными инструментами:

1. **Формирование фонда.** Образование ПИФа может занимать до нескольких месяцев. В это время протекает аккумуляция денежных средств участников и покупка производных финансовых инструментов. В то время как образование фонда ETF сравнимо с первичным разме-

щением акций на рынке, сформированный фонд позволяет иметь более высокую ликвидность своих базовых активов. Также держатели акций ETF получают дивидендные выплаты в размере суммы дивидендов акций, входящих в портфель биржевого инвестиционного фонда.

2. **Процент отклонения биржевого индекса от бенчмарка.** Бенчмарк представляет собой показатель для оценки финансового рынка или его сегментов, как правило, он выражен фондовыми индексами – в России таким индексом является ММВБ. Среднегодовое отклонение российских ПИФов от динамики индекса ММВБ (бенчмарка российской экономики) составляет 5 %, в то время, как отклонения ETF от их бенчмарков равно 1% [1].

3. **Операции спаями фонда.** В паевом инвестиционном фонде индивидуальный инвестор может совершать операции приобретения и погашения паев напрямую с управляющей компанией. Также данная операция, в рамках российского законодательства, осуществляется в течение трех дней со дня подачи заявки. В то время как паи ETF можно приобрести мгновенно на фондовой бирже через брокера, который имеет право прямой покупки пая в управляющей компании с целью его перепродажи индивидуальному инвестору [1].

4. **Комиссия за управление инвестиционным портфелем.** В ПИФах комиссия составляет от 1,5 до 6 % среднегодовой стоимости чистых активов. В биржевых инвестиционных фондах комиссия за управления взимается в размере 0,3–0,6 %.

5. **Раскрытие информации.** Открытые ПИФы публикуют информацию о структуре портфеля ежеквартально. Фонды ETF – ежедневно.

6. **Определение стоимости пая.** В открытых ПИФах стоимость определяется ежедневно в

момент закрытия торговой сессии. В фондах ETF определение стоимости происходит ежеми-

нута, в зависимости от динамики движения биржевых котировок.

Таблица 1

Перечень ETF, допущенных к торгам на Московской бирже [6]

	Фонды ETF	Наименование провайдера ETF	Базовый актив	Класс акций	Тикер
1	FinEx Tradable Russian Corporate Bonds UCITS ETF (RUB)	FinEx Funds plc	Еврооблигации российских корпоративных эмитентов	Рублевый класс акций	FXRB
2	FinEx Tradable Russian Corporate Bonds UCITS ETF (USD)	FinEx Funds plc	Еврооблигации российских корпоративных эмитентов	Долларовый класс акций	FXRU
3	FinExGold ETF (USD)	FinEx Physically Backed Funds plc	Золото	Долларовый класс акций	FXGD
4	FinEx MSCI Germany UCITS ETF (EUR)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса MSCI Germany	Класс акций в евро	FXDE
5	FinEx MSCI USA Information Technology UCITS ETF (USD)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса MSCI USA InformationTechnology	Долларовый класс акций	FXIT
6	FinEx MSCI Japan UCITS ETF (USD)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса MSCI Japan	Долларовый класс акций	FXJP
7	FinEx MSCI Australia UCITS ETF (USD)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса MSCI Australia	Долларовый класс акций	FXAU
8	FinEx MSCI USA UCITS ETF (USD)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса MSCI USA	Долларовый класс акций	FXUS
9	FinEx MSCI United Kingdom UCITS ETF (GBP)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса MSCI UnitedKingdom	Класс акций в фунтах стерлингов	FXUK
10	FinEx MSCI China UCITS ETF (USD)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса MSCI China	Долларовый класс акций	FXCN
11	FinEx UCITS ETF (RUB)	FinExFundsplc	Краткосрочные казначейские облигации США (1-3 month US Treasurybills)	Рублевый класс акций	FXMM
12	FINEX RUSSIAN RTS EQUITY UCITS ETF (USD)	FinEx Funds plc	Акции, входящие в состав индекса RTS	Долларовый класс акций	FXRL

7. Спекулятивная торговля. Ценные бумаги ETF могут быть использованы в рамках спекулятивных сделок, в том числе при совершении открытия и закрытия свопов в течение одной торговой сессии. Также возможно открытие и

закрытие сделок с помощью маржинального кредитования (кредитного плеча).

8. Выплата дивидендов. В ПИФах дивиденды реинвестируются, т.е. полученная прибыль инвестиционной деятельности вкладывается в новые инвестиционные проекты. В фондах

ETF есть два вида распределения дивидендов. Первый – это реинвестирование, второй – получение (перевод) на банковский счет участника суммы дивидендов [6].

9. Покупка иностранных ценных бумаг. На сегодняшний день на Московские биржи только 2 из 12 ETF номинированы в рублях. При покупке ETF номинированных в валюте происходит автоматическая конвертация по текущему биржевому курсу. Данная особенность позволяет инвесторам приобретать иностранные ценные бумаги без специального брокерского счета [7].

Таким образом, отметим преимущественные характеристики биржевых инвестиционных фондов перед ПИФаами:

- низкая совокупная комиссия за управление инвестиционным портфелем;
- возможность совершения спекулятивных сделок;
- упрощенная система совершения паевых операций;
- определение стоимости пая;
- возможность самостоятельно распоряжаться дивидендами;
- высокий уровень корреляции с бенчмарками финансового рынка;
- возможность приобретения иностранных ценных бумаг, без специального брокерского счета, совершения внебиржевых операций и наличия валютного контрагента.

Регулирование ETF в Российской Федерации осуществляется на основании ФЗ-39 «О рынке ценных бумаг», ст. 51.1 «о допуске иностранных ценных бумаг» и также Приказом ФСФР 10/5 пн-з о нормах допуска ETF. Нормы допуска ETF детализированы в «Правилах листинг Московской биржи».

По результатам проведенного исследования следует отметить, что ETF как инструмент биржевой торговли значительно превосходит аналогичного ему ПИФа. Ряд преимуществ, получаемый инвестором после покупки данного пая, дает возможность для более детальной диверси-

фикации портфеля и снижению рисков. Отрицательной стороной будет являться неоптимальная законодательная база РФ, которая местами ущемляет широкий спектр возможности данного инструмента. Также следует добавить, что возможность совершения сделок с паями ETF возможна в рамках внебиржевого рынка с участием валютного контрагента в режиме DVP по адресной цене сделки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аипов А.Н. Биржевые инвестиционные фонды (ETF): особенности инструмента и перспективы развития на российском фондовом рынке // Финансы и кредиты. 2016. №7(679). С.42–47.
2. Носов С.М., Ткаченко Ю.А. Анализ динамики курса рубля к доллару // Белгородский экономический вестник. 2016. №1(81). С.137–140.
3. Божков Ю.Н., Ковалева Т.Н., Носов С.М. Специфика инвестиционных процессов в российской экономике // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 246–250.
4. Никифорова В.Д., Сергеев И.Г. Специфика предпринимательской деятельности российских инвестиционных фондов в условиях глобального финансового кризиса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2014 №2(17). С.17–27.
5. Беломытцева О.С., Ерыгина Н.С. Развитие ETF в Российской Федерации // Проблемы учета и финансов. 2015. № 4(20). С.58–62.
6. Фонды ETF на Московской бирже [Электронный ресурс] // Московская биржа. Фонды ETF на Московской Бирже URL: <http://moex.com/s221> (дата обращения: 27.12.2016).
7. Библиотека ETF [Электронный ресурс] // FinEx. Библиотека ETF URL: <https://finexetf.ru> (дата обращения: 27.12.2016).

Troshin A.S., Nosov S.M.

STOCK INVESTMENT FUNDS ETF - AS A TOOL FOR ACTIVATION OF REAL SECTOR OF ECONOMY

The development of the world financial market contributes to the ongoing diversification of financial instruments. Relatively recently in the Russian stock market there is such a financial instrument exchange traded Fund ETF. The principle of formation of such a Fund is to some extent similar to the long familiar to us mutual funds. The main difference advantage of the Fund before unit investment trusts lies in the versatility and greater freedom of action of the investor a shares ETF. In this article a study showing the strengths and weaknesses of ETFs mutual Funds before, and dismantled the structure for the formation and versatility of the ETF shares.

Key words: ETF, exchange traded funds, FinEx, Moscow exchange, Russian stock market, investment units, shares, mutual Funds.

Трошин Александр Сергеевич, доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: as_troshin@inbox.ru

Носов Сергей Максимович, студент кафедры стратегического управления.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: sergey_nosov94@mail.ru

DOI: 10.12737/24256

Азаренко Н.Ю., канд. экон. наук, доц.,
Ковалевский В.В., д-р техн. наук, проф.,
Серова Е.Д., студент

Брянский государственный инженерно-технологический университет

ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КАК ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

salovanat@mail.ru

В настоящее время стратегия экономического роста должна быть направлена на обеспечение более высокого качества и уровня жизни населения Российской Федерации. Актуальность темы исследования определяется тем, что экономическое развитие все в большей степени связывается с включением в качестве основной движущей силы хозяйственного прогресса человеческого фактора. Человеческий капитал Брянской области является необходимым самостоятельным фактором, фундаментом экономического роста. Возрастание роли человеческого капитала требует более полного учета физических, духовно-нравственных и социальных характеристик людей, обеспечения возможностей для каждого человека вести здоровую, полноценную, творческую, активную жизнь. Это ведет к необходимости формирования в Брянской области принципиально новой политики, направленной на социальное развитие и на воспроизводство человеческого капитала.

Ключевые слова: человеческий капитал, развитие человеческого капитала в регионе, образовательный кластер.

Введение. Совокупность мер по обеспечению развития экономики, одним из ключевых направлений которой является развитие человеческого капитала (далее ЧК), обуславливает устойчивость социально-экономического развития экономической системы как на национальном, так и на региональном уровне управления, что в свою очередь, является важнейшим фактором обеспечения региональной конкурентоспособности.

Методология. В статье использовались эволюционный, исторический и системный подходы, абстрактно – логический метод, диалектический метод познания экономических процессов и явлений, методы теоретического, сравнительного, структурно-функционального, экономического и статистического анализа, а также метод теоретических обобщений

Основная часть. Человеческий капитал

является основным фактором экономического роста. Переход на инновационный путь развития российской экономики, главными движущими силами которой являются новые знания, интеллектуальный и творческий потенциал человека и государства, позволяет отнести человеческий капитал к стратегически важным ресурсам развития и поддержания конкурентоспособности страны [2, с.225].

ЧК формируется за счет инвестиций в воспитание, образование, здоровье, знания, информационное обеспечение и т.д. Человеческий капитал региона означает совокупность локализованных в регионе трудовых ресурсов, обладающих определенным уровнем образования, профессиональных компетенций, уровнем здоровья.

Рассмотрим уровни человеческого капитала (рис. 1).

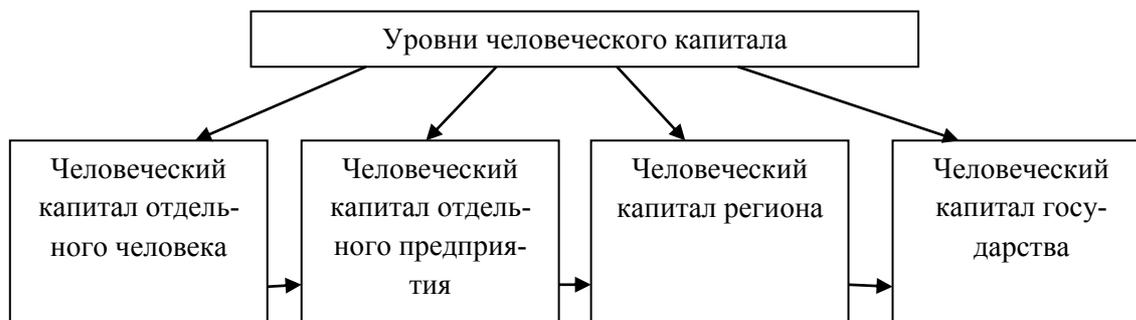


Рис. 1. Уровни человеческого капитала

Возрастающая роль ЧК проявляется в следующем:

– оказывает влияние на имидж региона, на его отношения с партнерами;

- способствует преодолению кризисных ситуаций в регионе;
- способствует реализации инновационных идей и замыслов при выходе из кризиса (высокий уровень образования, творческий потенциал).

Процесс управления ЧК состоит из двух взаимозависимых управленческих воздействий: инвестирование в человеческий капитал (развитие базового ЧК) и управление инновационным развитием человеческого капитала (развитие инновационного ЧК) (рис. 2) [2].

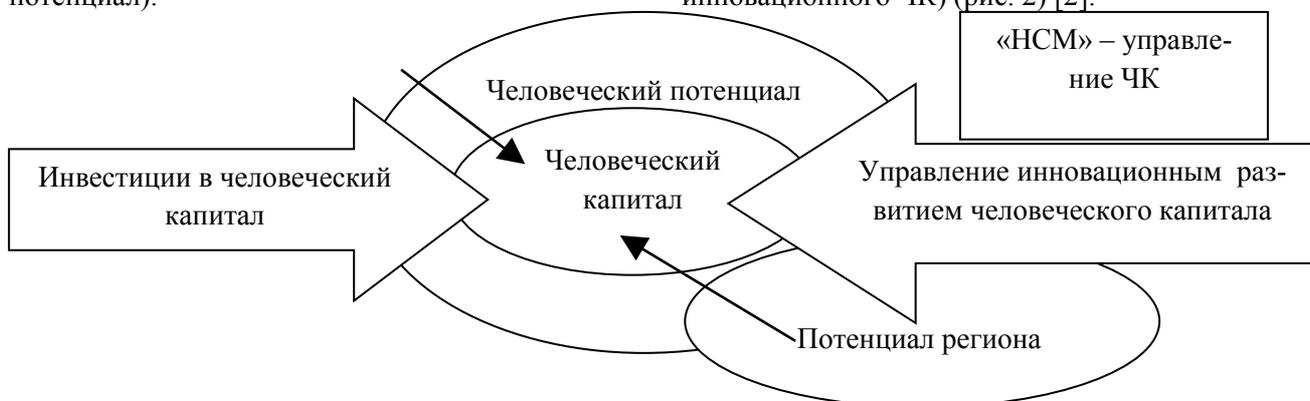


Рис. 2. Процесс управления ЧК в системе инновационного развития

В данном случае инвестиции в ЧК должны осуществляться через человеческий потенциал, представленный не только уже накопленным запасом основных компонентов, но и потенциальной возможностью для их развития, используя уже имеющиеся компоненты и развивая их для укрепления базовых характеристик ЧК.

Управление же инновационным развитием ЧК осуществляется через инновационный потенциал компании, развивая способности и мотивации к обучению, профессиональному развитию и осуществлению инноваций.

Объектная структура и виды человеческого капитала представлены на рис. 3 [4].



Рис. 3. Объектная структура человеческого капитала

Составляющие, от которых зависит формирование ЧК, объединены в следующие группы:

1) Институциональная: законы и законодательные акты, регулирующие права человека, его развитие и социально-трудовую сферу; государственная политика в сфере человеческого и социального развития; обеспечение равных прав и возможностей устранения дискриминации.

2) Интеграционная: особенности государственной политики поддержки интеграционных процессов; уровень сотрудничества страны с другими странами мира; уровень распространения транснациональных компаний с главным офисом в данной стране; поддержка населением страны глобализационных процессов.

3) Экономическая: номинальные и реальные доходы населения; показатели бедности и имущественного расслоения; уровень инфляции; покупательная способность населения; чистый национальный доход на душу населения; размещение продуктивных сил по территории; уровень специализации и кооперации.

4) Производственная: рынок труда: спрос на рабочую силу; условия использования рабочей силы; социальное развитие персонала.

5) Демографическая: численность населения; половозрастная структура; средняя продолжительность жизни; миграция населения.

6) Экологическая: общее экологическое состояние; природно-климатические условия; рекреационные ресурсы; санитарно-гигиенические условия труда.

7) Социально-ментальная: преобладающие социальные ценности и нормы поведения; социальная ценность знаний; направленность на самореализацию, признание.

8) Социально-экономическая: общий уровень образования; условия использования рабочей силы; уровень развития социальной инфраструктуры; уровень технико-экономического развития.

9) Социально-демографическая: численность занятого и безработного населения, его административно-территориальное деление; деление населения по отраслям и секторам экономики; продолжительность трудоспособного периода жизни [13, с.60].

Категория ЧК является сложным структурно-системным объектом социально-экономического исследования, на формирование которого влияет большое количество разнообразных факторов [1].

Рассмотрим развитие ЧК в Брянской области.

Брянская область относится к числу регионов, для которых качество ЧК является в высшей степени актуальным. Программы модернизации производства, реализуемые в Брянской области и направленные на модернизацию технологического процесса, использование инновационных разработок, коренным образом меняют требования к компетенциям работников, к качеству человеческого капитала.

Ежегодно в Российской Федерации публикуется индекс развития ЧК. На протяжении последних лет наибольший показатель индекса развития ЧК имеют города федерального значения – Москва и Санкт-Петербург. Брянская область занимает 64 место по индексу развития ЧК.

Объем валового регионального продукта в 2015 году оценивается в объеме 273,5 млрд. рублей или 103 % к уровню 2014 года (рис. 4).

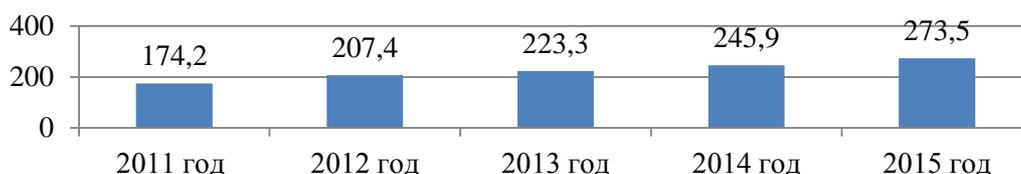


Рис. 4. Динамика ВРП Брянской области за 2011-2015 гг.

На основе данных видно, что ВРП Брянской области увеличивается. Ведущими видами экономической деятельности являются: обрабатывающие производства; оптовая и розничная торговля; сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, строительство; транспорт и связь, на долю которых приходится около 70 процентов произведенного ВРП [3].

Промышленными предприятиями области отгружено товаров собственного производства в действующих ценах на 175,4 млрд. рублей, что

на 26,8 процента больше, чем в 2014 году. Индекс промышленного производства составил 113,3 процента (рис. 5).

Среднедушевые денежные доходы в среднем за год сложились в сумме 25196,9 рубля (больше на 14,3 %), реальные денежные доходы населения составили 97,4 процента к уровню 2014 года (рис. 6).

Численность официально зарегистрированных безработных в 2016 году увеличилась на 1415 человек и составила 8,2 тыс. человек (на 1

января 2015 года — 6,7 тыс. человек). Уровень официально регистрируемой безработицы составил 1,3 процента к численности экономиче-

ски активного населения (на 1 января 2015 года — 1,1 процента) (рис. 7) [2].

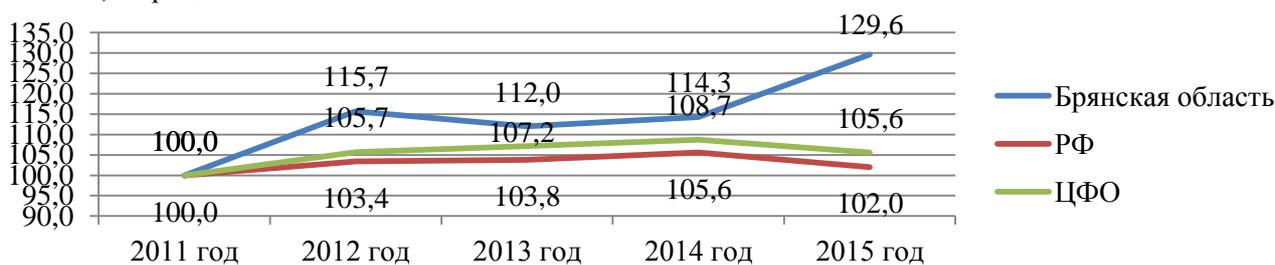


Рис. 5. Динамика индексов промышленного производства, в % к 2011 году

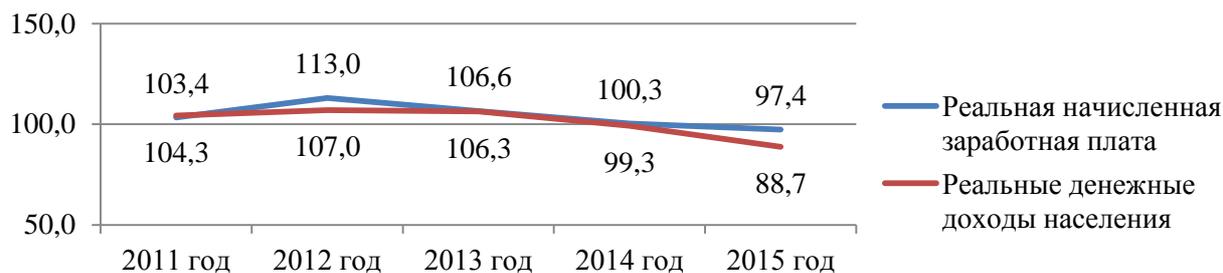


Рис. 6. Реальная начисленная заработная плата одного работника, реальные денежные доходы населения, в процентах к предыдущему году

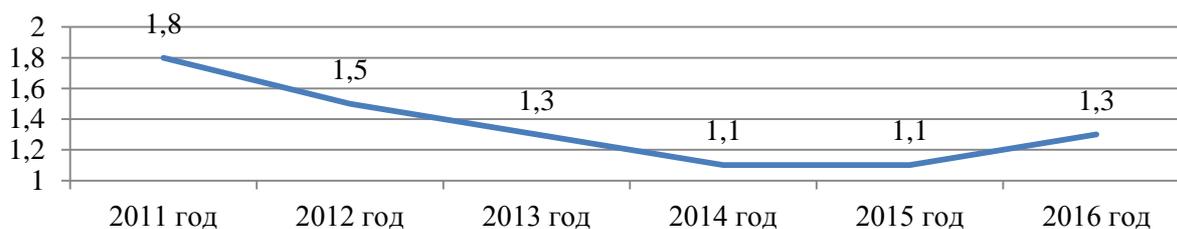


Рис. 7. Уровень регистрируемой безработицы на начало года, в %

Наиболее острой проблемой рынка труда области остается несоответствие спроса и предложения, порождающее структурную безработицу: в структуре спроса преобладают вакантные должности для рабочих, в то время как в числе безработных более 25 % составляют инженерно-технические, экономические работники и государственные служащие.

Несоответствие профессионально-квалификационной структуры предлагаемой рабочей силы и спроса на нее приводит к тому, что часть потребности в новых кадрах, испытываемой работодателями, остается неудовлетворенной. Также следует отметить, что эффективность использования регионального трудового потенциала в Брянской области находится на низком уровне и подвержена значительной территориальной дифференциации.

Анализ ситуации на рынке труда показывает, что большинство молодых людей, включая и студентов высших учебных заведений, не обладают навыками и знаниями, необходимыми для самостоятельного поиска работы и иных форм

занятости. Главная причина столь неэффективного поведения выпускников видится в том, что они плохо представляют, как нужно действовать в данной ситуации.

Между тем пребывание молодых специалистов в статусе безработных оказывает весьма негативное влияние на общее и профессиональное развитие личности: утрачиваются полученные знания и навыки, снижается жизненный тонус и самооценка, возникает ощущение ненужности, появляются иждивенческие тенденции в отношении самообеспечения, отмечается деградация мотивационной сферы личности.

Сформировавшаяся в Брянской области система профессионального образования не смягчает, а наоборот, все больше увеличивает дисбаланс спроса и предложения рабочей силы. Объемы, структура и качество подготовки кадров ориентируются не на происходящие изменения в структуре спроса на профессии и специальности регионального рынка труда, а на сформированные субъективным образом потребности в образовательных услугах у населения.

Спрос работодателей на подготовленных молодых рабочих и специалистов продолжает оставаться низким; они предпочитают молодежи опытных работников. Профессиональные учебные заведения до сих пор слабо ориентируются на потребности рынка труда, не изучая положение на нем своих выпускников. Происходит фактическая девальвация высшего образования [3, с.11].

В целях развития ЧК Брянской области необходимо создание в регионе образовательного кластера. Образовательный кластер – совокупность взаимосвязанных учреждений профессионального образования, объединенных по отраслевому признаку и партнерскими отношениями с предприятиями отрасли.

Наполнение модели должно происходить через социальное партнерство, которое в условиях образовательного кластера будет эффективным, если:

- все уровни образования одной отрасли

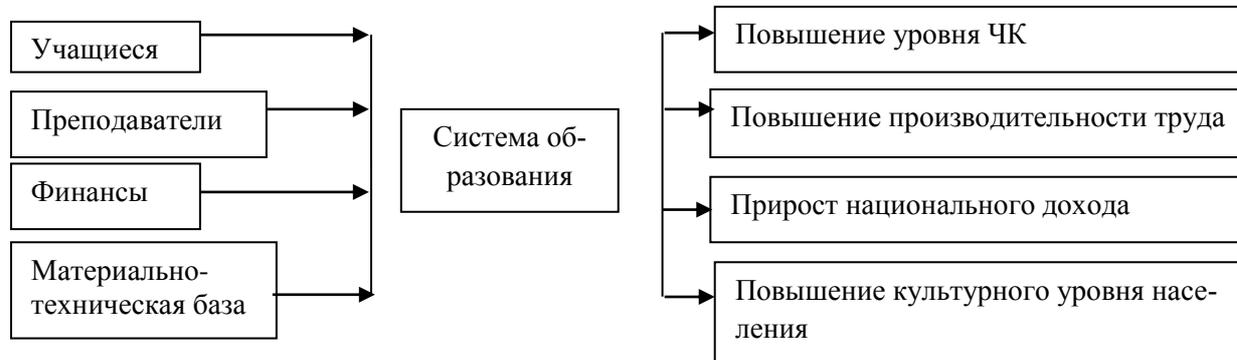


Рис. 8. Модель «черного ящика» системы образования

В образовательном кластере Брянской области все субъекты участия будут регулировать многоуровневую систему подготовки специалистов необходимой квалификации. Система взаимодействия образовательного учреждения и предприятия представлена на рис. 9.

Также в 2016-2017 гг. вводятся профстандарты, которые детализируют конкретные знания и умения, которыми нужно владеть педагогическому работнику, а также подробно описывают его трудовые действия, т.е. необходим новый уровень подготовки педагогов.

Для решения данной проблемы необходимо разработать модель формирования потенциального регионального образовательного кластера Брянской области, с учетом создания Агентства, ядром которого является Брянский государственный инженерно-технологический университет (рис. 10).

В настоящее время в Брянской области отсутствует специализированный орган по развитию ЧК на региональном уровне. Таким органом

находятся в преемственном соподчинении на основе сквозных образовательных программ;

- образовательные программы создаются с учетом требований профессиональных стандартов, разработанных представителями отрасли;

- коллективы учебного заведения (учебных заведений) и предприятий взаимодействуют на основе принципа корпоративности.

Построение образовательного кластера в Брянской области связано с необходимостью объединить в рамках одной зоны бизнес-проекты в конкретной образовательной области, фундаментальные разработки и современные системы проектирования новых технологий, методик, интеллектуальных продуктов и подготовку производства этих продуктов.

Территориальная система образования Брянской области представляет собой модель «черного ящика», которая представлена на рис. 8.

может стать Агентство по развитию ЧК Брянской области. Важным фактором достижения успеха является четкое определение функций Агентства:

- Информационное и организационно-методическое сопровождение мер по привлечению работников из других субъектов Российской Федерации или муниципальных образований;

- Информационная и методологическая поддержка работодателей в вопросах обеспечения трудовыми ресурсами;

- Реализация проектов и инициатив по улучшению имиджа Брянской области, как территории благоприятной для жизни, профессионального и карьерного развития;

- Внедрение передовых практик в систему дополнительного профессионального образования и профессионального обучения и другие функции.

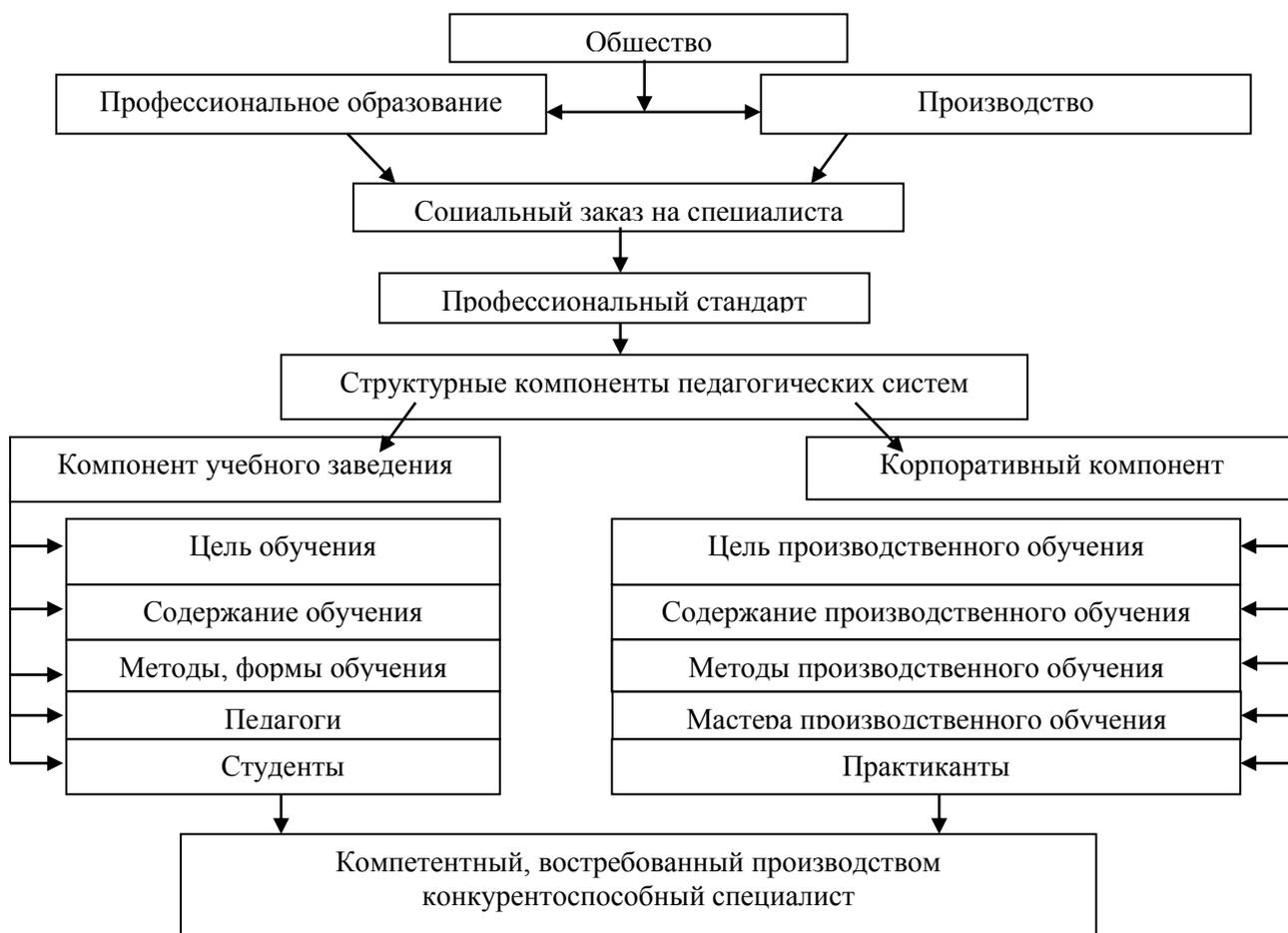


Рис. 9. Система взаимодействия образовательного учреждения и предприятия

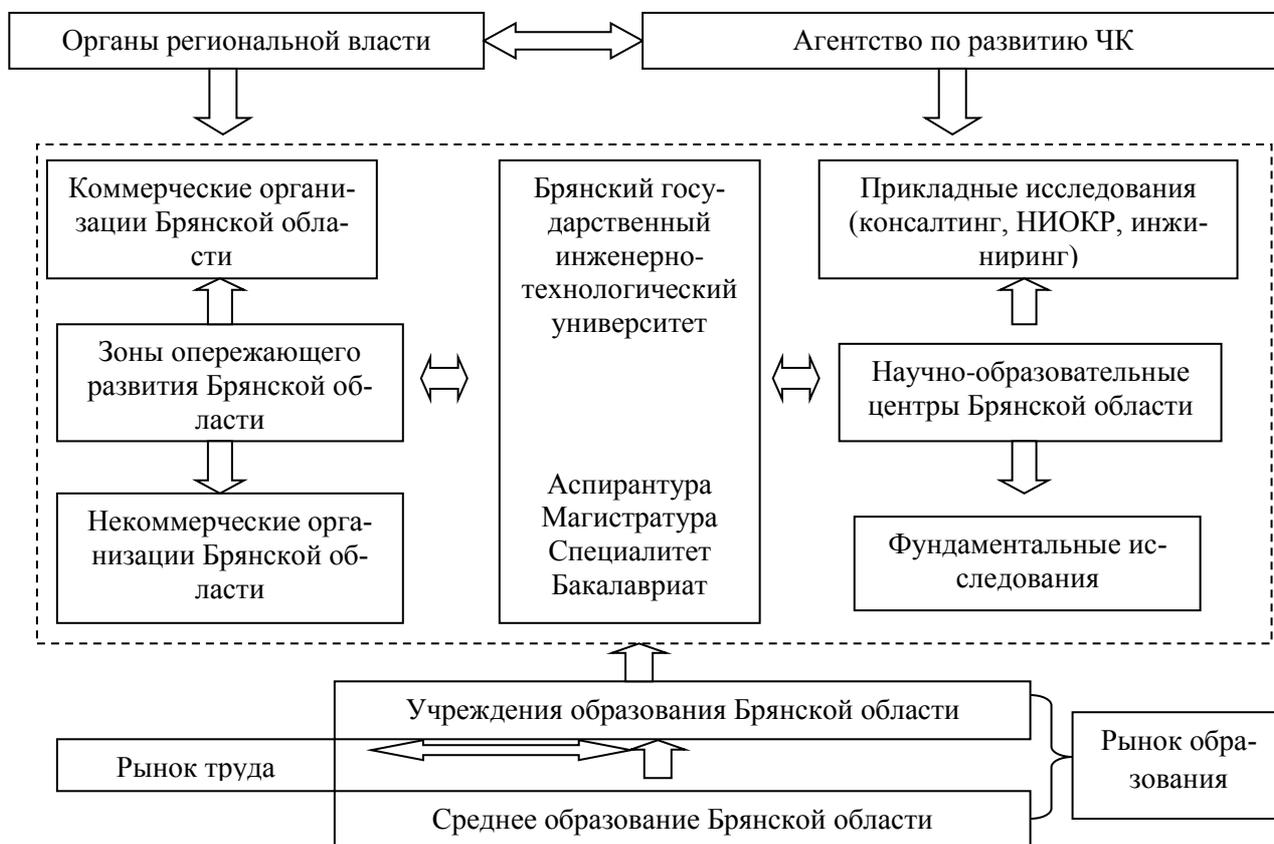


Рис. 10. Модель образовательного кластера в Брянской области

Источником финансирования деятельности Агентства по развитию ЧК будут средства областного бюджета в рамках реализации государственной программы Брянской области «Развитие образования в Брянской области», а также привлеченные средства, полученные от платной образовательной деятельности.

Оценка эффективности предложенных мероприятий в настоящее время является достаточно непростой, так как данные предложения носят долгосрочный характер и требуют длительных мер, к числу которых можно отнести разработку образовательного кластера и процесс обучения в вузе в течение 4-5 лет. Таким образом, оценить эффект возможно через несколько лет.

Создание регионального образовательного кластера Брянской области позволит обеспечить предприятия высококвалифицированными кадрами, привлечь дополнительные инвестиции в регион, создать условия для межкластерных взаимодействий.

Выводы. В настоящее время стратегия экономического роста должна быть направлена на обеспечение более высокого качества и уровня жизни населения Российской Федерации.

Брянская область относится к числу регионов, для которых качество ЧК является в высшей степени актуальным, т.к. наиболее острой проблемой рынка труда области остается несоответствие спроса и предложения, порождающее структурную безработицу.

Несоответствие профессионально-квалификационной структуры предлагаемой рабочей силы и спроса на нее приводит к тому, что часть потребности в новых кадрах, испытываемой работодателями, остается неудовлетворенной. Также следует отметить, что эффективность использования регионального трудового потенциала в Брянской области находится на низком уровне и подвержена значительной территориальной дифференциации.

В целях развития ЧК Брянской области необходимо создание в регионе образовательного кластера, т.е. совокупности взаимосвязанных учреждений профессионального образования, объединенных по отраслевому признаку и партнерскими отношениями с предприятиями отраслей промышленности региона.

Предложенная в работе модель формирования регионального образовательного кластера позволит повысить инвестиционную привлекательность региона, содействовать его экономическому развитию, повысить доходную часть бюджета региона, является доказательством необходимости учитывать развитие человеческого капитала при формировании социально-

экономической политики в регионе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 8 декабря 2011 г. № 2227-р). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
2. Азаренко Н.Ю., Лысенко А.Н. Роль человеческого капитала в процессе инновационного развития высокотехнологичных машиностроительных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 224–228.
3. Азаренко Н.Ю., Серова Е.Д. Развитие человеческого капитала молодежи в Брянской области // Экономика и бизнес: теория и практика. 2015. №10. С.10–16.
4. Бондаренко Г.И. Стратегия оценки человеческого капитала в современных условиях // Научная мысль Кавказа: научный и общественно-теоретический журнал. 2015. №7. С. 61–66.
5. Бондарь А. В., Корнеевец И.В. Человеческий капитал - ключевой ресурс постиндустриального общества // Вестник БГЭУ. 2016. №1. С. 5–11.
6. Дятлов С.А. Основы теории человеческого капитала. СПб.: СПбУЭФ, 2014. 469 с.
7. Егоров С. Человеческий фактор и экономический рост в условиях постиндустриализации // ВЭ. 2014, № 5. С. 12–19.
8. Згонник Л.В. Национальная доктрина развития человеческого капитала // Управление персоналом. 2012. № 3. С. 56–58.
9. Казарьян М. Концептуальные подходы к формированию конкурентоспособного человеческого капитала // Человек и труд. 2012. №10. С. 30–34.
10. Корнеевец И.В. Концептуальные основы теории человеческого капитала // Экономика и управление. 2013. № 2 (14). С. 129–133.
11. Крутий И.А., Красина О.В. Человеческий капитал: эволюция представлений // Социологические исследования. 2012. № 8. С. 127–130.
12. Лонидова Г. В. Основные направления оценки интеллектуального потенциала // Федерализм. 2011. № 2. С. 69–80.
13. Никерова Т.А. Человеческий капитал и стратегия социально-экономического развития региона // Качество, инновации, образование. 2014. № 1 (56). С. 58–61.
14. Ковалевский В.В., Никитина Т.И., Азаренко Н.Ю. Социальные инвестиции и инновации в России. М.: Издательство «Перо», 2014. 186 с.
15. Ярушкин Н.Н. Проблема

регионального развития человеческого капитала 2013. №2. С. 69–78.
// Вестник Самарской Гуманитарной академии.

Azarenko N.Y., Kovalevsky V.V., Serova E.D.

FORMING AN EFFECTIVE MECHANISM OF THE DEVELOPMENT OF HUMAN CAPITAL AS A REGIONAL BASIS ECONOMY OF THE BRYANSK REGION

Currently, economic growth strategy should be aimed at ensuring higher quality and standard of living of the Russian population. The relevance of the research topic is determined by the fact that economic development is increasingly linked with inclusion as the main driving force of the economic progress of the human factor. Human capital Bryansk region is a necessary independent factor, the foundation for economic growth. The increasing role of human capital requires better integration of physical, spiritual, moral and social characteristics of the people, providing opportunities for everyone to lead a healthy, full, creative, active life. This leads to the necessity of forming in the Bryansk region a fundamentally new policies on social development and the reproduction of the human capital.

Key words: *human capital, the development of human capital in the region, educational cluster.*

Азаренко Наталья Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного управления и финансов.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3

E-mail: salovanat@mail.ru

Ковалевский Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой государственного управления и финансов.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3

E-mail: kovalevsky@bgita.ru

Серова Елена Дмитриевна, магистрант 1 курса по направлению «Экономика»

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3

E-mail: serowa95@mail.ru

Научное издание
«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 2, 2017 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 10.01.17. Подписано в печать 09.02.17. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 31,15. Уч.-изд. л. 33,5.
Тираж 1000 экз. Заказ 4. 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

