

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**ВЕСТНИК  
БГТУ им. В.Г. ШУХОВА**

**№ 5, 2015 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

<b>Логанина В.И., Рыжов А.Д.</b> СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СИНТЕЗИРУЕМОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ АМОРФНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ	7
<b>Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Шадский Е.Е., Юракова Т.Г.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	11
<b>Выскребенцев В.С.</b> О ПРИМЕНЕНИИ ГРУНТОВЫХ ПОДУШЕК НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ ОСНОВАНИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ	16
<b>Колесникова Л.И.</b> РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ХРАМОВ БЕЛГОРОДЧИНЫ НА ПРИМЕРЕ ХРАМА ПРОРОКА ИЛИИ В СЕЛЕ ВЕРХОСОСНА БИРЮЧЕНСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	21
<b>Рыбникова И.А., Рыбников А.М.</b> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ НЕГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ	26
<b>Клюев С.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИБРОБЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ	32
<b>Гнездилова С.А.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	36
<b>Гусев А.Д., Петухова Н.А., Самошина Е.Н., Зайцев И.Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ РЕЗИНЫ И ОТХОДОВ ПЛАСТИКА	39
<b>Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В. Ф., Глаголев Е.С.</b> НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ	42
<b>Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В.</b> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА	45
<b>Рыжкова О.С.</b> ОСОБЕННОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ФЕРМЕРСКИХ УСАДЕБ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	49
<b>Шошин Е.А., Былинкина Н.Н.</b> УГЛЕВОДЫ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ НАНОФАЗЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ	52
<b>Абакумов Р.Г., Рахматуллин А.Р.</b> АСПЕКТЫ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РЕВИТАЛИЗАЦИИ В ГОРОДЕ БЕЛГОРОДЕ	58
<b>Горожанкин В.К.</b> СЦЕНАРИЙ ТЕКТОНИЧЕСКИХ МЕТАМОРФОЗ В ПРОЕКТАХ ОСКАРА НИМЕЙЕРА	63
<b>Зобкова Н.В., Пшенов А.А.</b> ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ OSB-ПЛИТ ПО ИЗМЕНЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ	68
<b>Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А.</b> НАНОМОДИФИКАТОР ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ И БЕТОНА	72
<b>Клименко В.Г., Павленко В.И., Гасанов С.К.</b> КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ГИПСОСТЕКЛЬНЫХ СИСТЕМАХ	77
<b>Даниленко Е. П.</b> ОГРАНИЧЕНИЯ (ОБРЕМЕНЕНИЯ) ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В ВОДООХРАННЫХ ЗОНАХ ГОРОДА БЕЛГОРОД	82
<b>Ярмош Т.С.</b> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ К СОЦИОКУЛЬТУРНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖИЛОЙ СРЕДЫ	87



<b>Ахмедов М.А., Салямова К.Д.</b> ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛОТИН	91
<b>Низина Т.А., Старцев В.О., Селяев В.П., Старцев О.В., Низин Д.Р.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ МОРСКОГО КЛИМАТА	95
<b>Кузин И.Ю., Шилов Д.П., Галкин А.А.</b> УСИЛЕНИЕ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПУТЕМ ИНЪЕКЦИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТНО-ИЗВЕСТКОВЫМ РАСТВОРОМ	102
<b>Кузнецов Р.А., Степанова-Третьякова Н.С.</b> ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, КАК НАУЧНОЙ ОСНОВЫ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ	106
<b>Черныш А.С.</b> УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВЫТРАМБОВЫВАНИЕМ КОТЛОВАНОВ	112
<b>Калачук Т. Г.</b> К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ	120
<b>Чернышева Н.В., Дребезгов Д.А.</b> СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ	125
<b>Аверкова О.А., Плотников К.В., Толмачева Е.И., Емельянов Д.А., Логачев А.К.</b> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ПРИ РАЗГРУЗКЕ ВАГОНОВ В ПРИЕМНУЮ ВОРОНКУ КОРПУСА КРУПНОГО ДРОБЛЕНИЯ	134
<b>Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Яковлева Е.А., Гонта А.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕВЕРСА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИИ ЗЕРНИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ	140

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

<b>Семикопенко И.А., Воронов В.П., Горбань Т.Л., Трофимов И.О.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА ВСТРЕЧНЫМ ЛОБОВЫМ УДАРОМ В ЦЕНТРОБЕЖНО-ПРОТИВОТОЧНОЙ МЕЛЬНИЦ	148
<b>Романович А.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ В ПРЕСС-ВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ	150
<b>Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Антонов С.И.</b> ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ	156
<b>Полунин А.И., Смышляева Л.Г.</b> ОБ ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЦА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО КОЛЕБАНИЙ ПРИ ВРАЩЕНИИ НА ДВУХ ОПОРНЫХ РОЛИКАХ	162
<b>Фидровская Н.Н., Писарцов А.С., Ломакин А.А.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОГНУТОГО КАНАТА НА БЛОКАХ И БАРАБАНАХ	170
<b>Шарапов Р.Р., Бойчук И.П., Агарков А.М., Прокопенко В.С.</b> УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЗВЕШЕННОЙ В ПОТОКЕ ВОЗДУХА ЧАСТИЦЫ В ОНЦЕНТРАТОРЕ	175
<b>Горлов А.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСТИРАНИЯ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В КАМЕРЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВИХРЕ-АКУСТИЧЕСКОГО ДИСПЕРГАОРА	179
<b>Семикопенко И.А., Воронов В.П., Жуков А.А.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В АГРЕГАТЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА С ВНУТРЕННЕЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ	184
<b>Романович А.А., Т.Н. Орехова, С.А. Мещеряков, Прокопенко В.С.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК	188
<b>Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Маркова О.В., Антонов С.И.</b> ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА НЕКОТОРЫХ УЗЛОВ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ И ИХ МОДЕРНИЗАЦИЯ	193

<b>Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Агарков А.М.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОХОДИМОСТИ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ ГУСЕНИЧНЫХ И ШАГАЮЩИХ КРАНОВ	198
<b>Юдин К.А., Дегтярь А.Н.</b> ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В СМЕСИТЕЛЕ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ТИПА	201
<b>Абдразаков Ф. К., Хальметов А. А., Щенятская М.А., Жариков И.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОДТРЕЛЕВКИ ДЕРЕВА КЛЕЩЕВЫМ ЗАХВАТОМ	206

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<b>Королев Д.С., Калач А.В.</b> КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДЕСКРИПТОРОВ И МЕТОДА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	210
<b>Шафоростова Е.Н., Михайлюк Е. А., Ковтун Н.И.</b> МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ПЕЧАТНОЙ ТЕХНИКИ	214
<b>Радоцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В.</b> РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	219

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

<b>Векшин В.А., Грабовецкая Е.Р., Лобойко В.А., Кобзев А.В.</b> РАЗРАБОТКА БЛОЧНОГО КАТАЛИЗАТОРА СОТОВОЙ СТРУКТУРЫ И РЕАКТОРА ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА	223
<b>Зайцев С.В., Вашилин В.С., Прохоренков Д.С., Нарцев В.М., Евтушенко Е.И.</b> СТРУКТУРА ТОНКИХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА ОЛОВА, ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ ДУАЛЬНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ	228
<b>Кудеярова Н.П., Ломаченко Д.В.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ПОМОЛА ДОМЕННОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ШЛАКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ПОМОЛА	232
<b>Шошин Е.А., Широков А.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕВОДАМИ ЦЕМЕНТНЫХ ПАСТ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ГИДРАТАЦИИ	235

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Гулей И.А., Целютина Т.В.</b> КОМАНДНЫЙ КОУЧИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	241
<b>Рудычев А.А., Гавриловская С.П., Никитина Е.А., Ярмоленко Л.И.</b> К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ	244
<b>Мочалов В.Д., Мочалова Я.В., Петухов М.В.</b> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ СОВРЕМЕННЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ	248
<b>Лобанова В.А., Трофимова Н.В.</b> ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ОБЩЕСТВЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ	251
<b>Всяких М.В., Всяких Ю.В.</b> РАЗВИТИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КРЕДИТОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МИРОВОЙ ФИНАНСОВОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ	256
<b>Абакумов Р.Г.</b> ИНДИКАТОРЫ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ НА МАКРО- И МИКРОУРОВНЕ	261

---

<b>Старикова М.С.</b> ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АДАПТИВНОСТИ ОТРАСЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ	265
<b>Всяких Ю.В., Кочергин М.А.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БАНКА В УСЛОВИЯХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ	269
<b>Дубровина Т.А.</b> ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ТОВАРОВ	275
<b>Рамазанов М.А.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ И МАРКЕТИНГОВОГО ПОДХОДА В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ РЕГИОНА	278
<b>Божков Ю.Н.</b> ИННОВАЦИОННАЯ БИЗНЕС-СРЕДА: СУЩНОСТЬ И ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	281
<b>Глаголева Н.Н., Матвеева О.П.,</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ	286
<b>НАШИ АВТОРЫ</b>	291

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Логанина В.И., д-р техн. наук, проф.,  
Рыжов А.Д., аспирант

## Пензенский государственный университет архитектуры и строительства СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СИНТЕЗИРУЕМОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ АМОРФНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

loganin@mail.ru.

Приведены сведения о структуре и свойствах синтезируемой добавки для известковых отделочных составов. Показано, что в начальный период твердения образцов на основе известковых составов с применением синтезируемой добавки наблюдается быстрый рост прочности.

**Ключевые слова:** известь, синтезируемая добавка, гидроокислы алюминия, структурообразование, прочность.

Для реставрации и ремонта зданий и сооружений исторической застройки, как правило, используют известковые составы. Учитывая, что известковые составы характеризуются медленными сроками отверждения и обладают недостаточной водостойкостью, в их рецептуру предложено вводить нанодисперсные добавки - синтезированные гидросиликаты, алюмосиликаты, золь кремниевой кислоты, органоминеральную добавку [1...4]. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что применение в рецептуре известковых отделочных составов таких добавок способствует повышению водостойкости, морозостойкости отделочных покрытий.

В продолжение дальнейших исследований нами установлена возможность применения в

известковых составах синтезированных алюмосиликатов, полученных добавлением микродисперсных порошков алюминия в натриевое жидкое стекло при температуре 60 °С в течение 90 мин [5].

Синтезируемая добавка представляет собой легкий порошок светло-серого цвета (размер частиц 2...20 мкм), с насыпной плотностью  $0.55 \pm 0.05$  г/см<sup>3</sup>. В ходе синтеза добавки образуется большое количество газообразного молекулярного водорода, который создает в добавке поры различного размера и формы. Выход готового продукта составляет 90 %.

Химический состав синтезируемой добавки представлен в табл. 1,2.

Таблица 1

Химический состав синтезируемой добавки

Интервал изменения	Наименование элементов, %												
	C	O	F	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe	Cu
Макс	16,35	47,48	0,51	29,10	0,02	28,13	19,94	0,06	0,06	0,03	0,08	0,07	0,25
Мин	12,12	34,86	0,08	6,15	0,00	3,55	3,26	0,00	0,02	0,00	0,03	0,0	0,08

Анализ данных, представленных в табл. 1, свидетельствует, что в основном преобладают следующие элементы: C, O, Al, Si, Na.

Таблица 2

Содержание оксидов в составе добавки

Наименование оксида	Содержание, %	Погрешность
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51.03	0.25
SiO <sub>2</sub>	36.36	0.24
Na <sub>2</sub> O	11.89	0.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.110	0.006
CaO	0.107	0.005
MgO	0.105	0.005
SO <sub>3</sub>	0.0290	0.0014
TiO <sub>2</sub>	0.0124	0.0008
K <sub>2</sub> O	0.0112	0.0008
Σ	99.6546	

Рентгенофазовый анализ (РФА) показал, что минералогический состав добавки, в основном, представлен кристаллическими разновидностями

ми гидроокислов алюминия – байеритом –  $\alpha$ -Al(OH)<sub>3</sub> и бёмитом –  $\gamma$ -AlO(OH). Аморфная фаза представлена алюмосиликатами натрия.

На рис. 1 представлен электронно-

микроскопический снимок добавки.

Анализ снимков показывает, что структура представлена образованиями пластинчатой и игольчатой формы размером от 0,11 до 10,49 мкм.

Дополнительно минералогический состав оценивался дифференциально-термическим ана-

лизом с помощью установки «Термоскан-2». Термический анализ (ТА) образцов проводили в интервале температур 20...1000 °С в атмосфере воздуха при скорости нагрева 10°С/мин. На рис. 2 приведена термограмма добавки.

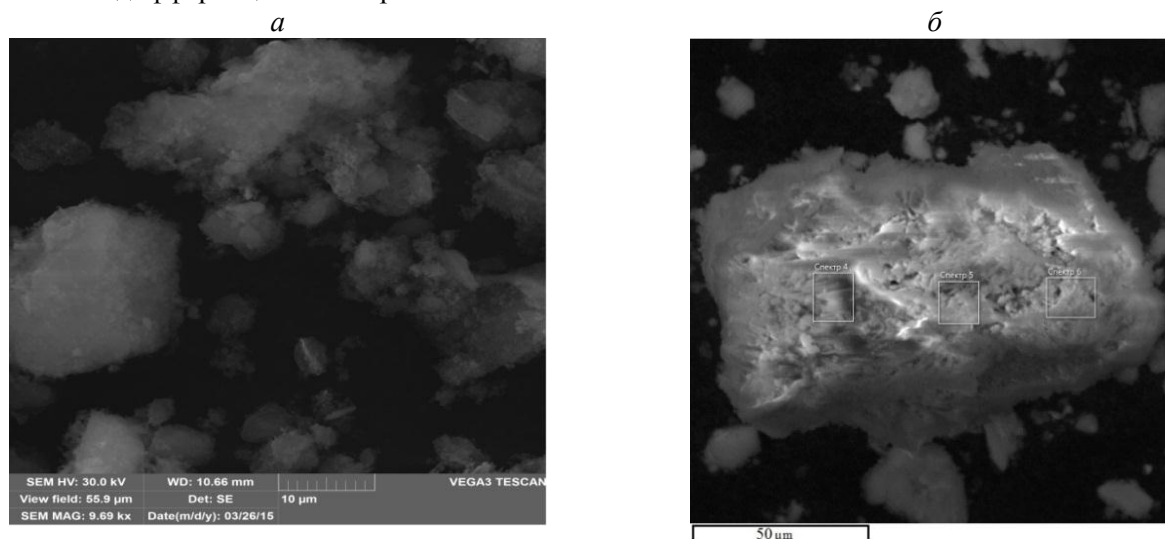


Рис. 1. Электронно-микроскопический снимок добавки

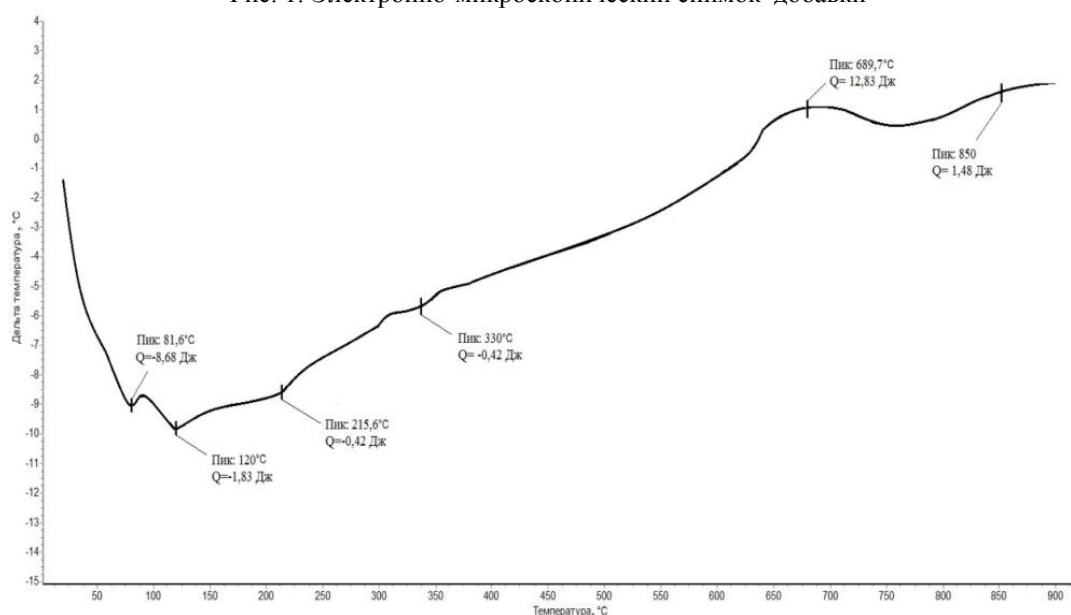


Рис. 2. Термограмма синтезированной добавки

При анализе термограммы синтезируемой добавки установлено, что эндозффект в области температур 100...135 °С связан с удалением свободной воды, потеря влаги составляет 5 %. Небольшой эндозффект при температурах 200...240°С, составляющий 0,42 Дж, связан с началом дегидратации байерита  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , изменение массы образца составляет 11 %. Эндозффект при температуре 310...350°С обусловлен частичной дегидратацией байерита с переходом в бемит  $\text{AlO}(\text{OH})$ . Изменение массы образца составляет 15,5 %.

Кривые дифференциально-термического анализа (ДТА) имеют экзотермический эффект с максимумом при 689°С, обусловленный образованием  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Величина теплового эффекта составляет 12,83 Дж. При температуре 850°С на кривой ДТА наблюдается размытый пик, характеризующий экзозффект и свидетельствующий о переходе  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  в  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Потеря массы составляет 18 %.

При ДТА анализе известкового композита с синтезируемой добавкой установлено, что тепловой эффект при температуре 80...130°С, составляющий 1,227 Дж, связан с удалением сво-

бодной воды (рис. 3, кривая 2). Эндотермический эффект при температуре 150...210 °С обусловлен ступенчатой дегидратацией гидроалюмината кальция и гидрокарбоалюмината кальция. Тепловой эффект составляет 2,17 Дж. Интенсивный эндоэффект в интервале 479...550 °С, составляющий 13,77 Дж, связан с дегидратацией портландита. Тепловой эффект при температуре 800...1000 °С, составляющий 16,82 Дж, характеризует диссоциацию кальцита, потеря массы составляет 9,93 %.

Анализ термограмм известкового композита с добавкой синтезируемых алюмосиликатов и

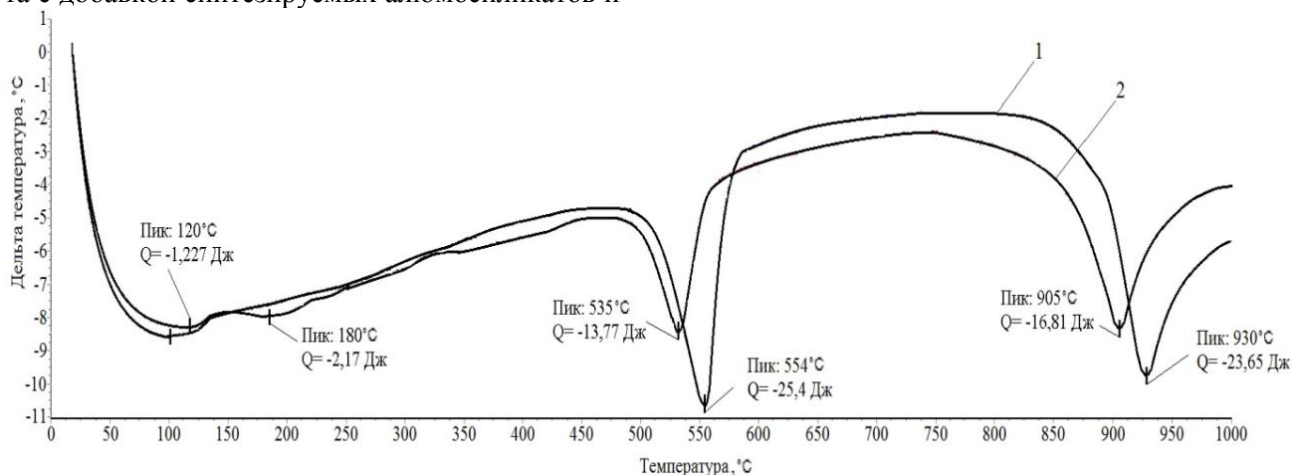


Рис. 3. Кривые дифференциально-термического анализа образцов:

1 – контрольный образец; 2 – образец с применением синтезированной добавки

Тепловой эффект в области температур 65,9...134,3 °С составляет 3,846 Дж, что также значительно больше по сравнению с образцами, содержащими синтезируемую добавку.

Предложено изготавливать известковое композиционное вяжущее (ИКВ) с применением синтезированной добавки в количестве 5...10 % от массы извести. Ниже приведены результаты исследований свойств композитов с применением ИКВ. В работе применяли известь пушонку, приготовленную из извести активностью 84 %. Водоизвестковое отношение В/И составляло В/И = 1,0. Образцы твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18...20 °С и относительной влажности воздуха 60...70 %.

Анализ данных свидетельствует, что образцы на основе ИКВ обладают большей пористостью по сравнению с композитом на известковом вяжущем. Так, пористость контрольных образцов составляет 53,81 %, а на основе ИКВ – 67,18...69,84 %. Несмотря на увеличение пористости, образцы на основе ИКВ характеризуются повышенной прочностью, составляющей 1,71...2,32 МПа (при содержании добавки 5 %) и 2,21...2,86 (при содержании добавки 10 %).

При оценке кинетики структурообразования композитов, приготовленных на ИКВ, уста-

новлено, что в начальный период твердения наблюдается быстрый рост прочности. Так, значение пластической прочности при содержании добавки 10 % от массы извести спустя 8 часов твердения составляет  $\tau = 0,019135$  МПа, а у контрольного состава (без добавки) –  $\tau = 0,001004$  МПа. С увеличением содержания добавки пластическая прочность возрастает.

Известковые образцы на основе ИКВ характеризуются большим значением коэффициента размягчения, составляющим в зависимости от содержания добавки и ее режима синтеза  $K_{\text{разм}} = 0,68...0,72$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логанина В.И., Макарова Л.В., Кислицына С.Н., Сергеева К.А. Повышение водостойкости покрытий на основе известковых отделочных составов // Известия высших учебных заведений. 2012. №1(637). С. 41–46.
2. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Черячукин В.В., Акжигитова Э.Р. Эффективность применения в сухих строительных смесях органоминеральных добавок на основе смешанослойных глин // Региональная архитектура и строительство. 2012. №3. С. 57–60.
3. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Жерновский И.В., Садовникова М.А. Известковые

отделочные составы с применением синтезированных наполнителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 55–57.

4. Логанина В.И., Жерновский И.В., Рыжов А.Д. Структура и свойства синтезированной добавки на основе аморфных алюмосиликатов для

сухих строительных смесей // Региональная архитектура и строительство. 2014. №3. С. 25–28.

5. Патент РФ № 2008118244/15, 07.05.2008. Шилина А.С., Милинчук В.К. Способ получения алюмосиликатного адсорбента // Патент России № 2 402 486.2010. Бюл. № 30.

---

**Loganina V.I., Ryzhov A.D.**

**STRUCTURE AND PROPERTIES OF ADMIXTURE BASED ON AMORPHOUS ALUMINOSILICATE**

*The information about the structure and properties of the synthesized additives for lime finishing compositions. It is shown that in the initial period of hardening lime samples based compositions using the admixture a rapid growth of strength.*

**Key words:** lime admixture, aluminum hydroxides, structure, strength.

Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.,  
Шановалов Н.Н., аспирант,  
Шадский Е.Е., магистрант,  
Юракова Т.Г., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ\*

alfimovan@mail.ru

*В настоящее время в отрасли строительных материалов приоритетными считаются исследования, связанные с энергосбережением, рациональным природопользованием, разработкой новых полифункциональных модификаторов и композиционных вяжущих, а также поиском сырьевых ресурсов, позволяющих использовать энергию геологических процессов, направленную на их образование. С этой позиции особый интерес представляют собой продукты вулканической деятельности. Актуальность использования, которых в строительном материаловедении заключается также и в том, что на данный момент их скопления по всему миру исчисляются миллиардами тонн. На территории Российской Федерации самая перспективная сырьевая база продуктов вулканической деятельности расположена на Камчатском полуострове.*

*Проведено комплексное исследование продуктов вулканической деятельности, которое позволило сделать вывод, что исследуемые вулканогенно-осадочные породы имеют предпосылки к использованию их как в качестве тонкомолотой минеральной добавки к цементам, так и в качестве компонента композиционного вяжущего.*

**Ключевые слова:** вулканогенно-осадочные породы, минеральная добавка, композиционные вяжущие.

**Введение.** В настоящее время одной из основных тенденций развития отрасли строительных материалов в мире, является создание бетонов с пониженным расходом цемента. Применение композиционных вяжущих (КВ) и минеральных добавок, способствующих снижению расхода клинкерной составляющей, являются одним из перспективных направлений, которое может лечь в основу создания таких высокоэффективных бетонов [1...12].

На базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова имеется целый ряд работ направленных на разработку композиционных вяжущих и минеральных добавок на основе как природного, так и техногенного сырья и спектр их постоянно расширяется [13...20].

Продукты вулканической деятельности характеризуется высокой концентрацией энергии геологических процессов и являются перспективными с позиции использования их в качестве энергосберегающего сырья при производстве строительных материалов и в частности композиционных вяжущих и тонкодисперсных минеральных добавок [21...24].

На территории Российской Федерации наибольшее количество вулканов расположено на Камчатском полуострове. Определить точное их количество крайне затруднительно. По различным источникам оно колеблется от нескольких сотен до тысяч. В настоящее время порядка

31 вулкана являются действующими, остальные относятся к древним, не проявляющим активность. Все они формировались в различные геологические эпохи и для них характерно разнообразия форм и размеров.

Начало четвертичного периода на Камчатке ознаменовалось возобновлением современного этапа вулканической деятельности. По сравнению с ранними этапами интенсивность его снизилась, но продолжается и по сей день. В восточной полосе, где сосредоточена современная вулканическая деятельность, на каждые 7 км приходится действующий вулкан, в результате чего более 40 % поверхности полуострова покрыто продуктами вулканической деятельности. В некоторых регионах Камчатки обломочные лавины и горящие пиропластические потоки способствовали интенсивному таянию снежного покрова и сходу лахаров – мощных грязевых потоков, движение которых сопровождалось разрушением дорог, а толщина скопления продуктов вулканической деятельности составляет порядка 10 м, это наносит существенный вред региону и ухудшает экологическую обстановку.

В связи с чем, актуальным является поиск новых областей использования данного сырья и, в первую очередь, при производстве строительных материалов.

**Методология.** Помол сырья производился в вибрационной лабораторной мельнице. Коэффициент качества кремнеземистых компонентов



( $K_k$ ) как компонента композиционных вяжущих, определялся по методики, разработанной на кафедре строительного материаловедения изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова. Данная методика позволяет оценить пригодность поро-ды как компонента композиционных вяжущих веществ и проранжировать их по эффективности путем определения их качества. Удельная поверхность дисперсных материалов измерялась с помощью прибора СОРБИ-М путем сравнения объемов газа-адсорбата, сорбируемого исследуемым образцом и стандартным образцом материала с известной удельной поверхностью. В качестве газа-адсорбата используется азот. Измерение удельной поверхности проводится по 4-х точечному методу БЭТ. Активность порообразующих минералов по отношению к гидроксиду кальция определяли по методу Запорожца. Анализ морфологии поверхности частиц проводился с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU, включающий энергодисперсный спектрометр X-MAX 50 Oxford Instruments NanoAnalysis.

**Основная часть.** С целью повышения эффективности использования природного сырья Камчатки, а также расширения сырьевой базы строительных материалов были исследованы

состав и свойства продуктов вулканической деятельности вулкана Жировской и проведено их сравнение по основным показателям с сырьем других месторождений, которое в настоящее время применяется при производстве строительных материалов.

Жировской вулкан, расположенный на юго-востоке Камчатки, является одной из самых древних вулканических построек, сохранивших-ся до наших времен, в связи с чем продукты его извержений сильно подвержены изменению от действия различных природных факторов.

Исследуемое сырье визуально представляет собой песок светло-серого цвета с насыпной плотностью  $1150 \text{ кг/м}^3$  и модулем крупности 3,62. Согласно результатам анализа вещественного состава порообразующими минералами продуктов вулканической деятельности являются: альбит, кристобалит и глинистые минералы, а основными соединениями – оксиды кремния и алюминия.

Рассев исследуемого сырья с последующим более детальным исследованием микроструктуры позволил установить, что все фракции представлены частицами двух видов, отличающимися друг от друга текстурно-структурными характеристиками поверхности и морфологией зерен.

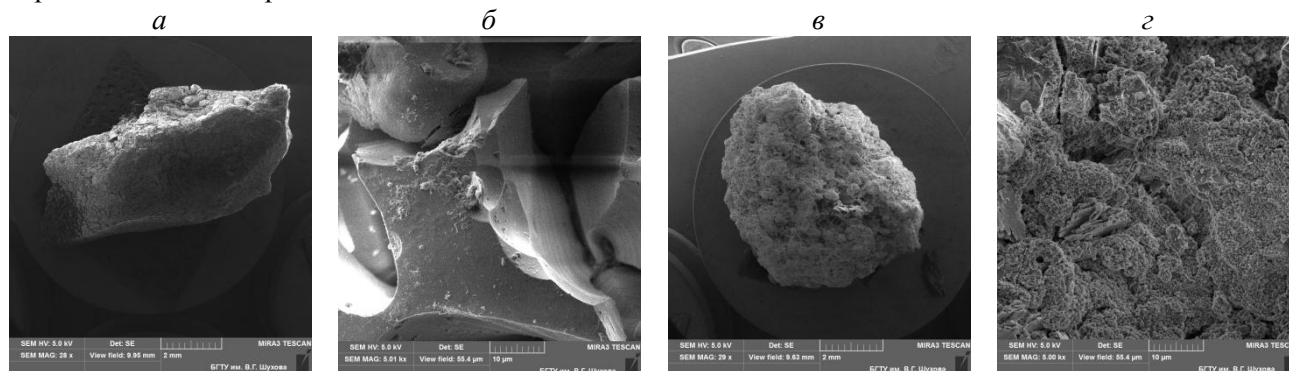


Рис. 1. Общий вид (а, в) и микроструктура поверхности (б, з) частиц фракция 5:  
а, б – частиц первого вида; в, з – частица второго вида

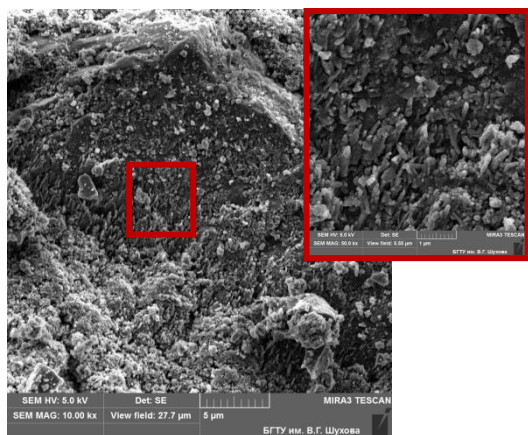


Рис. 2. Морфология поверхности частицы второго вида из фракции 0,16

Первый вид частиц (рис. 1, а) имеет угловатую форму, плотную структуру с большим количеством «полостей» на поверхности, частично заполненных продуктами разрушения.

Частицы второго вида – рыхлые с землистой поверхностью и имеют окатанную форму (рис. 1, б). Основная масса представлена ультрамикроагрегатами пластинчатой и листообразной формы размером порядка  $0,1 \text{ мкм}$  (рис. 2). Микроструктурные особенности данных частиц явно объясняются процессами выветривания.

Специфика формы и морфология поверхности, а также результаты анализа вещественного

состава позволили сделать вывод, что исследуемое сырье относится к породам вулканогенно-осадочного происхождения.

Многочисленными исследованиями установлено, что микроструктура и, как следствие, эксплуатационные свойства цементного камня с тонкомолотыми минеральными добавками зависят от ряда факторов: состава цемента и его активности, вещественного состава минеральных добавок, их дисперсности, способа введения и т.д. Так, максимальная активность цементного камня может достигаться при определенной величине общей удельной поверхности добавки, и в тоже время, при одном и том же значении данного показателя наибольший прирост прочности должен обеспечиваться добавкой, которая не способствует увеличению водопотребности вяжущего и характеризуется достаточно высокой гидравлической активностью. Кроме перечисленных факторов, влияющих на структурообразование цементного камня, необходимо учитывать также активность поверхности добавок, их гранулометрический состав, а также их дозировку. Оптимальное сочетание данных факторов путем их варьирования может позволить повысить эффективность использования минеральных добавок в цементе и бетоне.

В связи с чем, были проведены исследования изменения характеристик ВОП (активной удельной поверхности, гранулометрии, формы и морфологии частиц и т.д.) в зависимости от их дисперсности, которые позволили установить, что с ростом удельной поверхности от 300 до 500 м<sup>2</sup>/кг уменьшается объем пор с радиусом менее 94,6 нм. С позиции гранулометрии – увеличивается количество мелких частиц, однако характер их распределения не меняется. При этом зерна вулканогенно-осадочных пород с удельной поверхности 300 м<sup>2</sup>/кг имеют окатанную форму в отличие с зернами кварцевым песком (взятым для сравнения) с идентичной тонкой помола, но с ростом дисперсности, наблюдается нарастание угловатости и изометричности зерен как крупной, так и мелкой фракции.

Изучение сорбционной способности ВОП позволило установить, что при использовании исследуемого сырья в качестве минеральной добавки, наиболее целесообразным является его домол до удельной поверхности 400 м<sup>2</sup>/кг, дальнейшее увеличение дисперсности будет вести к более высоким затратам электроэнергии и увеличивать водопотребность смеси.

Оценка коэффициента качества вулканогенно-осадочных пород как компонента композиционного вяжущего, а также сравнения с другими песками показали, что данное сырье обла-

дает  $K_k$  равным 0,96. Снижение коэффициента качества относительно природного песка и продуктов вулканической деятельности других месторождений обусловлено, в первую очередь, минеральным составом исследуемого сырья и, в частности, наличием глинистых минералов.

Так как значительный вклад в себестоимость КВ вносит размолоспособность компонентов, используемых для их изготовления, были проведены исследования по определению кинетики помола ВОП и природного кварцевого песка. Который позволил установить, что исследуемое сырье обладает более высокими показателями размолоспособности, при этом время, затрачиваемое на достижение заданной удельной поверхности, сокращается примерно в 3 раза, что будет способствовать значительному снижению энергозатрат при изготовлении композиционных вяжущих. Лучшая размолоспособность ВОП объясняется меньшей твердостью входящих в их состав минералов, в сравнении с кварцем – основным минералом природного песка. А также тем, что прочность зоны контакта между минералами, образующими исследуемое сырье, которое по своему составу полиминерально, значительно меньше прочности самих минералов.

**Выводы.** Таким образом, результаты комплексного исследования вулканогенно-осадочных пород Камчатки дают основание сделать вывод о возможности использования данного сырья как в качестве минеральной добавки, так и в качестве компонента композиционного вяжущего. При этом стоит предположить, что благодаря воздействию природных факторов, частично выполнивших работу по преобразованию пород, использование их в указанных областях будет способствовать энергосбережению и оказывать комплексное влияние на процессы структурообразования в цементной матрице.

*\*Работа выполнена в рамках РФФИ: договор № 14-41-08002. «Теоретические основы проектирования и создания интеллектуальных композитов с заданными свойствами».*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны бетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия вузов. Строительство. 2012. №3. С. 10–20.
2. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Оптимизация состава неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 28–30.
3. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны

на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород, 2011. 150 с.

4. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В., Гаранин В.К. Ячеистые бетоны с использованием попутнодобываемых пород Архангельской алмазоносной провинции // Известия вузов. Строительство. 2007. №2. С. 13–18.

5. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79–79.

6. Володченко А.Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности // Сборник научных трудов Sword. 2012. Т 47. №4. С. 29–32.

7. Ключев С.В., Ключев А.В. Техногенное сырье – эффективный заполнитель для фибробетонов // Успехи современной науки. 2015. № 1. С. 33 – 35.

8. Тяжелонагруженные полы на основе мелкозернистых фибробетонов / С.В. Ключев, А.В. Ключев, Д.М. Сопин, А.В. Нетребенко, С.А. Казлитин // Инженерно-строительный журнал. 2013. №3. С. 7–14.

9. Ключев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих с использованием нанодисперсного порошка // Бетон и железобетон. 2014. №4. С. 14–16.

10. Ключев С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11. С. 38–39.

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

12. Ключев С.В., Лесовик Р.В., Ключев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.

13. Ключев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. К вопросу применения техногенных песков для производства мелкозернистого фибробетона // Сборник научных трудов Sword. 2014. Т 19. №1. С. 32–34.

14. Кара К.А., Шорстов Р.А., Сулейманов К.А. Реология газобетонных смесей на композиционных вяжущих с использованием техногенных песков // Сб. докл. «Наукоемкие технологии инновации» XXI научные чтения. Белго-

род: Изд-во БГТУ, 2014.

15. Ключев С.В. Разработка дисперсно-армированного мелкозернистого бетона на основе техногенного песка и композиционного вяжущего // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. Т. 11. Ч.2. С. 27–29.

16. Ключев С.В., Ключев А.В. Исследование физико-механических свойств композиционных вяжущих // Успехи современной науки. 2015. № 1. С. 21 – 24.

17. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP LAMBERT. 2013. 129 с.

18. Пат. 2385301 Российская Федерация, МПК С 04В 7/02 С. Композиционное вяжущее / Лесовик В.С., Хархардин А.Н., Вишневская Я.Ю., Алфимова Н.И., Шейченко М.С., Трунов П.В. // заявитель и патентообладатель Белг. гос. тех. универ. им. В.Г. Шухова – № 2009109034/03; заявл. 11.03.2009; опубл. 27.03.10, Бюл. №9 (П.ч.). 4 с.

19. Володченко А.Н. Нетрадиционное сырье для автоклавных силикатных материалов // Технические науки – от теории к практике. 2013. №20. С. 82–88.

20. Володченко А.Н. Вяжущие на основе магнезиальных глин для автоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sword. 2012. Т 30. №3. С. 38–41.

21. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте Велос Ф.А., Шейченко М.С. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 32–33.

22. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Mahmoud Ibrahim Husni Shakarna, Allaham Yasser Seyfiddinovich, Belikov D. A. Efficient binding using composite tuffs of the Middle East // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1286–1290.

23. Алфимова Н.И., Строкова В.В., Наваретте Велос Ф.А. Мелкозернистые бетоны на основе вулканического сырья: монография. Германия: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2014. 94 с.

24. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 52–55.

---

**Alfimova N.I., Shapovalov N.N., Shadsky E.E., Yurakova T.G.****IMPROVED UTILIZATION PRODUCTS VOLCANIC ACTIVITY**

*Currently, the building materials industry are considered priority research related to energy conservation, environmental management, development of new multifunctional composite binders and modifiers, as well as search for raw materials, allowing to use the energy of geological processes aimed at their education. From this point of particular interest are the products of volcanic activity. The relevance of the use of which in building materials is also in the fact that at the moment of their accumulation around the world billions of tons. On the territory of the Russian Federation is the most promising source of raw materials products of volcanic activity located on the Kamchatka Peninsula.*

*A comprehensive study of the products of volcanic activity, which make it possible-it possible to conclude that the studied volcanic-sedimentary rocks are the prerequisites to use them both as from fine mineral cement additive and as a component of the composite binder.*

**Key words:** *volcanic-sedimentary rocks, mineral supplement, cementitious composites.*

Выскребенцев В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## О ПРИМЕНЕНИИ ГРУНТОВЫХ ПОДУШЕК НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ ОСНОВАНИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

vovagjan@mail.ru

Получены результаты опытных уплотнений грунтов на строительных площадках, а также результаты при производстве работ по устройству грунтовых подушек на слабых основаниях инженерных сооружений.

**Ключевые слова:** просадочный грунт, степень уплотнения, оптимальная влажность, плотность, прочность грунта, толщина отсыпаемого слоя.

Вопрос уплотнения грунтов имеет большое значение при возведении дорожных насыпей и устройстве оснований под инженерные сооружения. Необходимая степень плотности грунтов устанавливается в зависимости от назначения уплотняемых грунтов и передаваемых нагрузок, возможностей изменения температурно-влажностного режима.

Искусственные изменения свойств грунтов, применяемых в строительстве, можно разделить на две основные группы:

1. Улучшение физико-механических свойств грунтов без коренного изменения их физико-механической природы;

2. Коренное изменение физико-химической природы с улучшением из физических свойств.

К первой группе относятся: искусственное уплотнение грунтов и регулирование водного режима грунтов.

Ко второй группе относятся: введение добавок (песчаных, крупнозернистых, глинистых), изменяющих состав твердой фазы грунта, добавок в виде растворимых в воде солей, изменяющих состав жидкой фазы грунта, введение вяжущих материалов (извести, силикат натрия, портландцемента, битумных и дегтевых материалов и т.д.).

Строительные свойства грунтов оценивают по их физико-механическим характеристикам в лабораторных и полевых условиях.

Нескальные грунты залегают в виде несцементированных между собой частиц различной крупности и подразделяются на крупнообломочные, песчаные, глинистые и особые.

К особым грунтам относятся: ил, лессовые, солончаковые грунты, строительные свойства которых оцениваются по специальной программе.

Процесс уплотнения грунта делится на два этапа: разрушение существующей структуры грунта и создание новой, более плотной структуры, устойчивой против влияния различных факторов – нагрузки, изменения температуры, влажности и т.д.

В процессе уплотнения грунта деформация проявляется в двух видах обратимая (упругая) и необратимая (остаточная). В начальный период уплотнения уменьшается расстояние между отдельными частицами грунта. Сжатие происходит за счет перемещения влаги из более напряженных мест в менее напряженные. Грунт уплотняется за счет накопления остаточной деформации при циклических нагрузках или при длительном действии статической нагрузки.

Процесс накопления остаточной деформации, а, следовательно, повышение, степени плотности грунта происходит до определенного предела после передачи на грунт определенной нагрузки. Дальнейшее увеличение нагрузки без изменения режима уплотнения сопровождается в основном обратимыми деформациями и не приводит к повышению плотности грунта.

Уплотняемость грунтов определяют по методике стандартного уплотнения. Согласно этой методике [1, 2] грунт уплотняют трамбованием при различной его влажности в цилиндре прибора диаметром 100 мм и высотой 127 мм в три слоя, обеспечивая по каждому слою 40 ударов груза массой 2,5 кг, сбрасывая с высоты 30 см.

По результатам уплотнения строят график зависимости плотности грунта в сухом состоянии  $\rho_d$  от влажности (рис. 1).

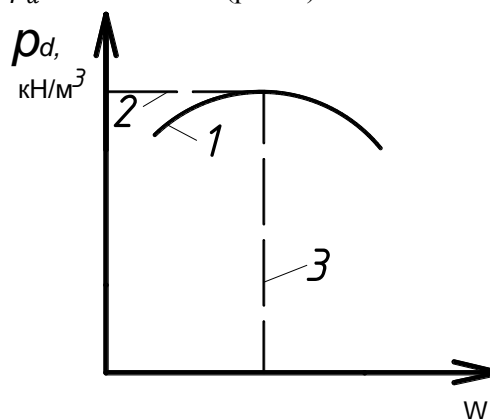


Рис. 1. Зависимость  $\rho_d = f(W)$ :  
1 – кривая стандартного уплотнения;  
2 – максимальная плотность; 3 – оптимальная влажность

Уплотняемость грунта характеризуется максимальной плотностью грунта и оптимальной влажностью. Оптимальной влажностью называется влажность, при которой достигается максимальная плотность уплотненного грунта, и при этом требуется наименьшая работа.

Одновременно с повышением плотности грунта понижается уплотняемая поверхность:

$$\Delta h = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_{dyn}}\right) h_{yn} m \quad (1)$$

где  $\rho_d$  и  $\rho_{dyn}$  – плотность грунта в сухом состоянии до и после его уплотнения,  $\text{кН/м}^3$ ;  $h_{yn}$  – толщина уплотнённого грунта, м;  $m$  – коэффициент, учитывающий расширение грунта в стороны, принимаемый 1...1,2.

В зависимости от назначения сооружений и способа их возведения могут быть использованы грунты, содержащие:

а) водорастворимые соли, если их количество в грунте не превышает 0,3 % по массе;

б) органического вещества (гумус) в количестве, не превышающем 5 % от массы минеральной части.

Количество каменистых включений не должно превышать 20 % от общего объема грунта в каждом слое (размер камня не должен превышать 20 см от 0,3 от толщины отсыпаемого слоя).

Прочность, устойчивость сооружений, возводимых на просадочных грунтах, обеспечивается путем устранения просадочных свойств грунтов и достигается:

1) в пределах деформируемой зоны или её

части – уплотнением тяжелыми трамбовками, устройством грунтовых подушек, вытрамбовыванием котлованов, уплотнением взрывами, химическим или термическим закреплением;

2) в пределах всей просадочной толщи – глубинным уплотнением грунтовыми слоями; предварительным замачиванием просадочных грунтов, в том числе с глубинными взрывами; химическим или термическим закреплением.

Если трамбование не обеспечивает уплотнение грунта на необходимую глубину, следует предусмотреть выемку просадочного грунта, устройство грунтовых подушек и их послойное уплотнение.

Плотность скелета грунта  $\rho_d$  в пределах уплотненного слоя должна быть не менее величины, при которой просадка грунта исключается, а в грунтовой подушке – от 16,5 до 17  $\text{кН/м}^3$  и более, в зависимости от вида используемого грунта.

Прочность грунта в значительной степени зависит от его плотности, с повышением плотности грунта ее несущая способность увеличивается. Однако несущая способность грунта и его плотность по мере уплотнения грунта увеличивается до определенных пределов, после чего дальнейшая попытка уплотнить грунт может привести к разуплотнению грунта.

На (рис. 2) приведены графики, характеризующие затрачиваемую на уплотнение грунта работу в зависимости от достигаемой плотности скелета грунта при различной толщине уплотняемого слоя ( $h_1, h_2, h_3$ ).

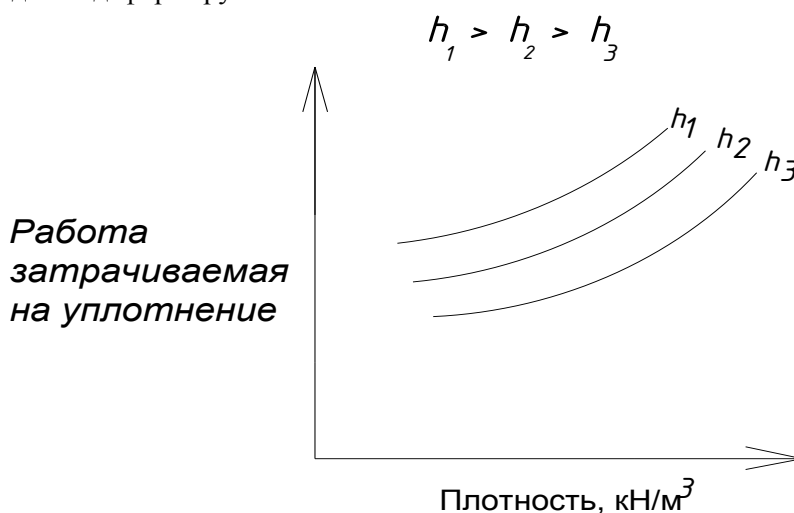


Рис. 2. Зависимость работы, затрачиваемой на уплотнение, от плотности скелета грунта и толщины слоя грунта

Сопоставление кривых показывает, что при каждом последующем увеличении плотности скелета грунта затрачиваемая работа возрастает все в более интенсивной форме и уменьшается с уменьшением толщины уплотняемого слоя.

Необходимые значения степени уплотнения грунтов в обратных засыпках котлованов и подсыпок под полы первого этажа в сооружениях назначается по (табл. 1).



Таблица 1

**Необходимая степень уплотнения в обратных засыпках котлована**

Вид грунта	Необходимая степень уплотнения в обратных засыпках котлована											
	Нагрузка на поверхность грунт Р, МПа											
	Р = 0				Р = 0,05...0,2				Р > 0,2			
	коэффициент К <sub>уп</sub> при общей толщине засыпки, м											
	до 2,0	2...4	4...6	> 6	до 2,0	2...4	4...6	> 6	до 2,0	2...4	4...6	> 6
Глинистый	0,92	0,93	0,94	0,95	0,94	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,98
Песчаный	0,91	0,92	0,93	0,94	0,93	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,97

Окончательное решение принимает проектная организация на основании исследований свойств грунтов.

Из практических опытов установлено, что отклонение плотности скелета грунта от проек-

ной не должно превышать  $0,06 \text{ г/см}^3$  в 20 % отобранных проб.

Отклонение влажности грунта от оптимальной не должно превышать приведенных в (табл. 2).

Таблица 2

**Допустимые отклонения влажности грунта**

Коэффициент уплотнения	Допускаемые отклонения влажности грунта ( $\pm$ ) от оптимальной	
	глинистого	песчаного
0,98...0,97	0,03	0,06
0,96...0,95	0,04	0,18
0,94...0,92	0,05	0,10
0,91	0,07	0,14

Плотность скелета грунта [3...5] должна быть не менее получаемой по компрессионной кривой при нагрузках, соответствующих массе вышерасположенной части сооружения.

При возведении сооружения III и IV класса капитальности, плотность скелета глинистого грунта, может быть определена по формуле:

$$\rho_d = \frac{[\gamma_s \gamma (1-V)]}{(\gamma_w + \gamma_s W_o)}, \quad (2)$$

где  $\rho_d$  – плотность скелета грунта, до которой следует производить уплотнение,  $\text{кН/м}^3$ ;  $\gamma_s$  – удельный вес частиц грунта,  $\text{кН/м}^3$ ;  $\gamma_w$  – удельный вес воды,  $\text{кН/м}^3$ ;  $V$  – объем заземленного воздуха в долях единицы, равной 0,04...0,06;  $W_o$  – оптимальная влажность грунта

в долях единицы, принимаемой на 0,01...0,04 ниже границы раскатывания.

В настоящее время широкий размах получил комбинированный метод, который заключается в одновременной передаче на грунт с целью его более эффективного уплотнения различных механических воздействий, вместо раздельной (пооперационной) технологии земляных работ предусматриваются уплотняющие строительные процессы, путем их совмещения с уплотнением грунтов.

Влажность грунтов (табл. 3), уплотняемых катками на пневматических шинах по отношению к оптимальному значению, определенному по ГОСТ 22733-2002 [6] не должна выходить за пределы.

Таблица 3

**Влажность грунта при требуемом коэффициенте уплотнения**

Вид грунта	Влажность при требуемом коэффициенте уплотнения		
	1...0,98	0,95	0,9
Супеси легкие и пылеватые	0,8...1,25	0,75...1,35	0,7...1,6
Супеси тяжелые пылеватые и суглинки легкие и легкие пылеватые	0,85...1,15	0,8...1,2	0,75...1,4
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	0,95...1,05	0,9...1,1	0,85...1,2

При влажности менее оптимальной следует увеличивать число проходов катка, а при влажности менее допустимых значений в таблице, увлажняют грунт.

Контроль плотности следует производить на глубине, равной 1/3 толщины уплотняемого слоя, но не менее 8 см.

Плотность и влажность грунта следует определять по ГОСТ 5180-84 [7]. Для текущего контроля допускается использовать ускоренные

и полевые экспресс-методы.

Отклонение от требуемого значения коэффициента уплотнения в сторону уменьшения допускается не более чем в 10 % при определении от их общего числа и не более чем на 0,04.

На основании многочисленных полевых и лабораторных испытаний были определены величины отсыпаемых слоев при различных значениях коэффициентов стандартного уплотнения, в зависимости от требуемой толщины

уплотняемого слоя грунта. Испытания выполнялись для различных видов грунта, начиная с песчаного, и кончая глинами. Как уже отмечалось выше, коэффициент стандартного уплотнения выбирается в зависимости от категории дороги и требуемой плотности грунта в основании инженерных сооружений. В (табл. 4) предлагаются значения толщины отсыпаемого слоя грунта оптимальной влажности при различных ко-

эффициентах стандартного уплотнения.

Эти данные можно использовать при составлении проектов производства работ, с целью определения объемов завозимых грунтов и толщины отсыпаемых слоев. Следует также учесть, что при таком в качественном отношении уплотнении достигается требуемая плотность, повышается надежность основания инженерных сооружений.

Таблица 4

**Толщина отсыпаемого слоя грунта оптимальной влажности при различных коэффициентах стандартного уплотнения**

Вид грунта	Толщина уплотняемого слоя грунта, см	Толщина отсыпаемого слоя, при коэффициенте стандартного уплотнения			
		0,98...0,97	0,96...0,95	0,94...0,93	0,92...0,91
Песчаный	40	60	55	50	45
	60	80	75	70	65
	80	105	100	95	90
	100	130	125	120	115
Супесь	40	60	55	50	45
	60	85	80	75	70
	80	115	110	105	100
	100	140	135	130	125
Суглинок лессовидный	40	65	60	55	50
	60	80	75	70	65
	80	130	125	120	115
	100	165	160	155	150
Суглинок	40	60	55	50	45
	60	80	75	70	65
	80	105	100	95	90
	100	125	120	115	150
Глина	40	60	55	50	45
	60	85	80	75	70
	80	115	110	105	100
	100	140	135	130	125

Для уточнения числа проходов (ударов) грунтоуплотняющих машин по грунту, плотность грунта в сухом состоянии и оптимальной его влажности и времени уплотнения, необходимо выполнять опытные уплотнения грунта непосредственно на строительной площадке.

С целью определения отметки поверхности в грунт забивают металлические штыри. Уплотнение ведется до момента, когда понижение головок (полосок) штырей по данным нивелирования от последнего прохода (удара) будет оставаться практически неизменным, т.е. до получения отказа.

В (табл. 5) предлагаются ориентировочные значения числа проходов грунтоуплотняющих механизированных средств.

После окончания опытного уплотнения грунта отрывают контрольный шурф, из которого через каждые 25...50 см по глубине (но обязательно в каждом слое) отбирают пробы грунта.

Опытные уплотнения связного грунта следует проводить при следующих значениях его влажности:

$W_1=W_p$ ;  $W_2=W_p-0,02$ ;  $W_3=W_p+0,02$ ;  $W_4=W_p-0,04$ ;  
где  $W_p$  – влажность на границе раскатывания.

В несвязных грунтах:

$W_1=W$ ;  $W_2=W+0,01$ ;  $W_3=W-0,01$ ;  $W_4=W-0,02$ ;  
где  $W$  – влажность соответствующая 0,06...0,08.

Если влажность меньше оптимальной на 0,03...0,04, необходимо предусмотреть увеличение числа проходов (ударов) уплотняющих машин (до 25 %) с одновременным уменьшением толщины уплотняемого слоя на 40 % по сравнению с рекомендуемым.

Грунт надо уплотнять сразу после его отсыпки. Отсыпку грунта производят на предварительно подготовленную поверхность горизонтальными слоями или с уклоном не более 0,005 в сторону отвода воды. Ширина отсыпки должна быть на 0,3...0,5 м больше в каждую сторону от проектного очертания.



Для предотвращения обрушения грунта в откосной части насыпи и сползания катка под откос, первые два прохода делают на расстоянии не менее 1,5 м от бровки откоса, а затем, смещая каждый проход катка в сторону бровки откоса примерно на 0,5 м, укатывают края насыпи.

После уплотнения откосной части насыпи укатку следует продолжить круговыми проходами от краев к середине насыпи. Давление в шинах катков не должно превышать при уплотнении песков 0,2 МПа, супеси – 0,4 МПа, суглинков и глин – 0,6 МПа.

Таблица 5

**Число проходов (ударов) грунтоуплотняющих механизированных средств при различных коэффициентах стандартного уплотнения**

Уплотняющие механизированные средства	Вид уплотняемого грунта	Толщины уплотняемого слоя, см	Число проходов (ударов) для достижения коэффициента стандартного уплотнения			
			0,98...0,97	0,96...0,95	0,94...0,93	0,92...0,91
Трамбующие свободно падающие плиты 1,2...1,6 м, массой 3,5...4,5 т	связный несвязный	120...160 140...180	16	12	8	4
Виброплиты самопередвигающиеся	несвязный	20...60	4	3	2	1
Виброплиты самопередвигающиеся ВУТ-5, ВУТ-4, СВТ-3МП	несвязный	20...40	4	3	2	1
Виброплиты подвесные к крану ВПП-6, ВПП-8, ВПП-13, ВПП-2	связный несвязный	50...80	30	25	20	15
Вибротрамбовка подвесная к крану или экскаватору ВВТ-3	связный несвязный	60 80	30	25	20	15

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по определению несущей способности подушек из различного материала на объектах строительства в Тур. ССР. Госстрой ТССР, Ашхабад, 1979. 20 с.

2. Куликов Г. В. Совершенствование методов строительства сооружений на просадочных грунтах Тур. ССР. Туркменское РП «СИ». Ашхабад, 1984. 48 с.

3. Куликов Г.В., Герасименко В.Г. Уплотнение искусственных оснований инженерных сооружений на слабых грунтах механическими методами. АДИ ДонГТУ, Горловка, 2001. 89 с.

4. Неклюдов М.К. Механизация уплотнения грунтов. М.: Стройиздат, 1985. 85 с.

5. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учёт влияния региональных природных особенностей на расчётные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник БГТУ им. Шухова. 2010. №1. С. 18-21.

6. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. 22 с.

7. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартиформ, 2005. 19 с.

Vyskrebentsev V.S.

#### ABOUT APPLICATION OF SOIL BEDDING ON SOFT SOIL OF BASES OF ENGINEERING STRUCTURES

*The results of the experimental compaction of the soils on the building area and the results of the work execution of the installation of soil bedding on the soft soil of engineering structure were obtained.*

**Key words:** collapsible soil, compaction degree, optimal moisture, density, soil strength, thickness of filled in layer.

*Колесникова Л. И., проф.*  
*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ХРАМОВ БЕЛГОРОДЧИНЫ НА ПРИМЕРЕ ХРАМА ПРОРОКА ИЛИИ В СЕЛЕ ВЕРХОСОСНА БИРЮЧЕНСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Arh.lik@yandex.ru

*В статье рассматриваются объемно-планировочные и архитектурно-композиционные особенности одного из немногих сохранившихся деревянных храмов в белгородском крае в с. Верхососна Бирюченского района конца XVIII века. Анализируются строительные периоды и влияние региональных особенностей украинской церковной деревянной архитектуры конца XVIII века на деревянное зодчество храмовых зданий Белгородского региона. При помощи натурных исследований сохранившихся конструкций первоначального объема и объемно-пространственного решения после реконструкции, произведенной в конце XIX в., изучения исторических документов и фотографий выполнен анализ архитектуры храма Пророка Илии, развитие его архитектурно-пространственной композиции во времени и характерные стилевые особенности;*

**Ключевые слова:** *деревянное зодчество, храм, церковь, объемно-планировочная композиция, архитектурная композиция, строительные периоды, конструкции памятника, четверик, восьмерик, двухярусный, двухсветовой, трехобъемное, реставрация, реконструкция.*

Искусство строить из дерева зародилось на Руси в глубокой древности. За многие столетия были накоплены богатые традиции и опыт возведения различных зданий, разработаны специфические конструктивные приемы, определились основные национальные черты деревянного зодчества. Лучшие памятники деревянного зодчества отличаются характерными объемно-пространственными решениями, рациональностью планировки помещений, мастерским исполнением конструктивных форм и деталей. Выразительность созданных народным зодчеством храмов достигнута ясностью и четкостью композиции и силуэта, хорошо найденными пропорциями, точной оценкой основных конструктивных элементов в формообразовании и

соразмерном выявлении художественных качеств декоративных деталей.

Специфика деревянного зодчества Белгородского края на протяжении веков определялась историческими и природными особенностями. До настоящего времени сохранились замечательные произведения деревянного зодчества, создавшие эту удивительную, не имеющую аналогов, самобытную архитектуру, авторы уникальных деревянных построек – были безвестные талантливые народные зодчие, как правило, выходцы из крестьян.

Одним из памятников деревянной архитектуры Белгородчины является храм Пророка Илии вс. Верхососна, возведенный в 1762 г. (рис. 1).



Рис. 1. План и северный фасад храма 1762 г.

В бывшем порубежном остроге, сооруженном в 1637 г. в верховьях притока Тихой Сосны и ставшим через 9 лет городом-крепостью Верхососенском. Рассматриваемому храму предшествовали два деревянных храма: Троицкий и Христорождественский, которые не сохранились. Храм Пророка Илии в 1991 – 1992 гг. был отреставрирован. В процессе натурных обследований при полном раскрытии основных конструкций памятника были выявлены все основные текущие ремонты и определено, что здание храма имело два основных строительных периода.

Первый период (с 1762 г. по 80-е гг. XIX в.) характеризуется объемно - планировочной композицией, включающей двухярусный и двухсветовой четверик со световым фонарем, освещенным с севера и юга. С востока примыкала пятигранная апсида, с запада - квадратная в плане трапезная со скошенными углами по сторонам света. Четверик имел оконца в скошенных углах по западному фасаду, заложенных при реконструкции церкви. Также были заложены два оконца второго света четверика и ниже прорублен высокий, уширенный проем. Прорубленные проемы с севера и юга вобрали в себя и окна нижнего света четверика. Исключительная тщательность подгонки и плоскостной обработки всех фасадов открытого сруба говорит о том, что первоначально сруб не был закрыт обшивкой. Первоначальный объем церкви имел классическое композиционное трехобъемное построение с ассиметрично расположенными объемами по горизонтали и такими же непринужденно прорезанными оконными проемами по противоположным фасадам. Подобная композиция из трех деревянных срубов отличительная черта украинского деревянного зодчества XVII-XVIII вв. Ближайшим аналогом трехсрубной деревянной церкви можно принять Юрьевскую церковь XVII-XVIII вв. на реке Сетки в г. Давид – Городок. Артели «рубленников» - распространенное явление для XVII-XVIII вв. Можно предположить, что эту церковь строили украинцы. Влияние украинской школы очевидно, так как церковь по своему объемно-планировочному решению и конструктивным приемам вписывается в один ряд с украинскими памятниками, но в ней уже чувствуется влияние русского народного деревянного зодчества средней полосы России. Судя по фактуре обработанной древесины здесь применялись несложные инструменты – топор, долото, скобель, нож. Можно отметить простоту средств и приемов по художественной обработке фасадов и вместе с

тем тщательную подгонку всех конструктивных элементов сруба. Некоторая неровность открытого (не обшитого тесом) сруба придавала постройке естественность и скульптурность. Наличие светового фонаря дает возможность открыть пространство храма до самого верха, создать ощущение беспредельности высоты здания, а это уже подражание каменной архитектуре.

Натурные исследования храма дают основание предположить, что храм оставался неизменным до 80-х годов XIX века (рис. 1).

Второй строительный период предположительно относится к концу XIX в. В это время была выполнена обширная реконструкция здания, которая включила расширение объемов храма, изменившая план, фасады и интерьеры. Для всех пристроенных объемов были использованы строительные материалы от ранее разобранной церкви, скорее всего это был Христорождественский храм, как более поздний из ранее построенных храмов. О применении строительного материала другого храма говорят следы маркировки на срубах и сводах, глухих фонарях. В процессе реконструкции конца XIX в. первоначальные карнизы не стали разбирать, а обошлись простым зашитием их обшивкой с накладной прорезной доской, представляющей собой орнамент из полуваликов и пик, повсеместно встречающихся по периметру всего объема. Первоначальный карниз представлял собой два бруса: полувал с полочкой и полувал с рельефным вырезным декором. Вырезной декор сохранил ярко красную окраску, предположительно, это результат поздних текущих ремонтов. Оконные проемы на апсиде и трапезной не соответствуют первоначальным размерам: они были увеличены в высоту и ширину. При реконструкции некоторые детали декора вошли в устройство чердачных помещений. Так для стропильной доски использовали карнизный брус из разобранной церкви. Карниз был украшен модульонами пропиловочной работы и окрашен в желто – светлый цвет. Весь объем храма по фасадам был обшит тесом. Фундаменты кирпичные на известковом растворе, неоднократно ремонтировались и поновлялись.

Храм Пророка Илии, реконструированный в конце XIX века, значительно утратил как свои архитектурно-художественные достоинства объемно-пространственной композиции, так и характерные детали в отделке фасадов. В результате в памятнике деревянного зодчества в полной мере нашла свое отражение стилизованная архитектура XIX века.

В конце XX века были выполнены натур-

ные обследования и подготовлен эскизный проект реставрации (проектно-изыскательский кооператив «Свод») 1991 г.) (рис. 2). Для производства реставрационных работ была приглашена украинская бригада плотников. Сохранившиеся конструкции здания храма с элементами архитектурно-художественного декора позволили с достаточной степенью достоверности воссоздать общий облик памятника на второй строительный период конца XIX века. Первоначальная трехсрубная церковь по высоте и длине четко вписывалась в квадрат со стороной 16,17 см. или семь греческих сажень. Ширина четверика

приближается к трем греческим саженьям. Пропорции новых объемов храма после второго строительного периода не вписываются в какие-либо четкие закономерности. Но надо отдать должное мастерам – строителям, сумевшим создать архитектурное единство, связав в одно целое новое и старое, добившись при этом живописности силуэта. Значительную роль сыграло включение отдельно стоящей звонницы в единую объемную композицию. Вертикаль примыкающей колокольни уравнивала основной объем храма, создав явно выраженную вертикальную ритмику.

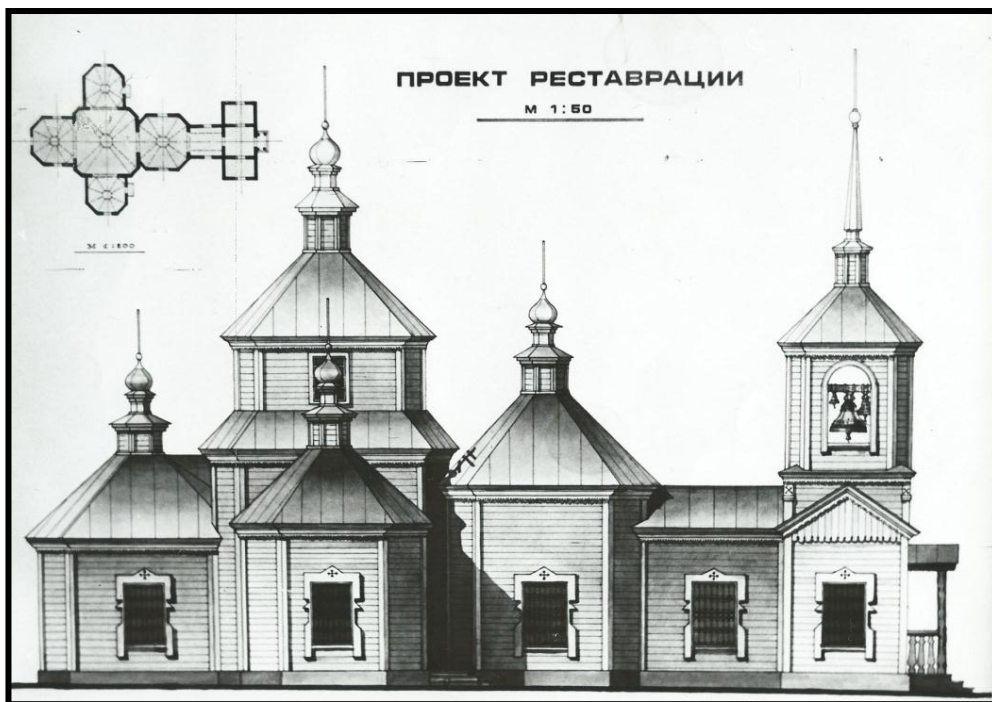


Рис. 2. План и северный фасад храма.

Проект реставрации, выполненный кооперативом «Свод» в 1991 г.

Во время реконструкции 1992 г. храм был перенесен на 150 метров южнее автодороги Бирюч – Верхососна.

В настоящее время храм Пророка Илии – это деревянный, рубленый «в лапу», пятиглавый храм, обшитый тесом, который имеет крестообразный план, вытянутый по продольной оси запад-восток. Разновеликие объемы завершены шатровыми крышами с фонарями и луковичными главами, покрытыми кровельным железом. В храме три входа, как указание на Святую Троицу (с запада через притвор колокольни и по входу по западным фасадам в прирубы с северной и южной сторон четверика). Оконных проемов пятнадцать, центральный фонарь храма – световой (окна расположены с севера и юга), в храме шесть деревянных сводчатых сомкнутых покрытий на тропках, двенадцать деревянных резных сводчатых связей. Снаружи и изнутри венцы стен с подтесом. В оконных про-

емах кованые металлические решетки ажурной работы. В интерьере фрагментарно сохранилась масляная живопись (рис. 3).

Современный вид храма имеет некоторые отличия от проекта реставрации, выполненного для второго строительного периода храма: восьмерик на четверике колокольни не возведен вовсе, и как следствие, отсутствуют тарки звонов и завершение в формах восьмигранной шатровой крыши, увенчанной фонарем и шпилем. Не выполнено обрамление окон резными наличниками (рис. 4...6). Стоит признать, что эти изменения исказили и ухудшили объемную композицию, вертикальную ритмику и общий силуэт храма – единственного в Белгородском регионе, построенного в традициях народного украинского деревянного зодчества в конце XVIII века, и реконструированного в духе стилизаторской эклектики конца XIX века.



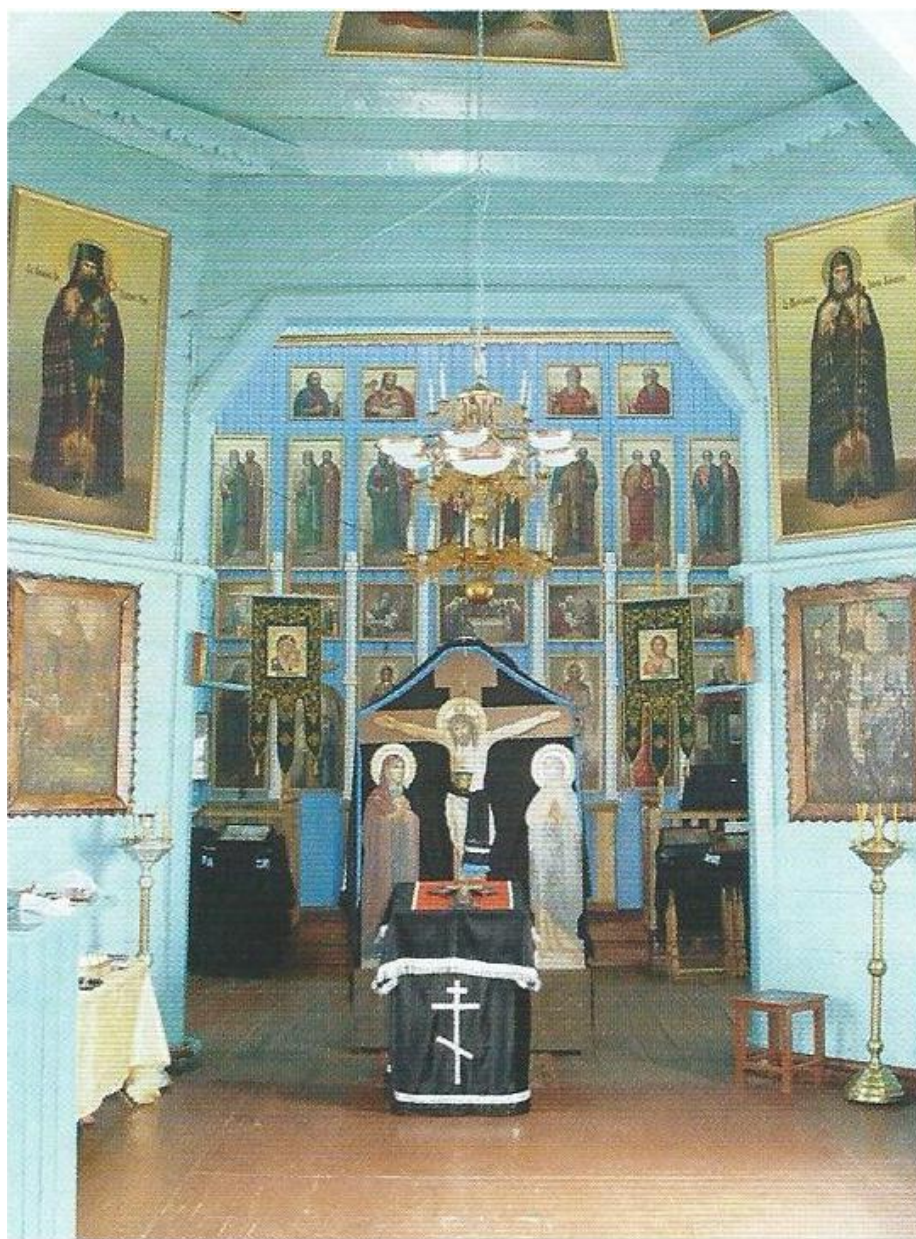


Рис. 3. Интерьер храма



Рис. 4. Общий вид храма





Рис. 5. Западный фасад



Рис. 6. Восточный фасад

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская архитектурно – строительная энциклопедия. Т.VIII: деревянное зодчество. М., 2002. 325 с.
2. Колесникова Л.И. Православные храмы. Особенности проектирования и строительства. Ч.1. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. 142 с.

3. Колесникова Л.И., Перькова М.В. Свято - Троицкий мужской монастырь: особенности бъемно-пространственной композиции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 70–74.

4. Колесникова Л.И. Свято-Троицкий собор: открытия и находки // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С. 35–39.

**Kolesnikova L.I.**

### REGIONAL FEATURES WOODEN CHURCH BELGORODCHINA THE EXAMPLE OF TEMPLE PROPHET ELIJAH VILLAGE VERHOSOSNA BIRYUCHENSKOGO BELGOROD REGION

*The article deals with space planning, architectural and compositional features one of the few remaining wooden churches in the Belgorod region in a. Verhososna Biryuchenskogo district of the XVIII century. Analyzes the construction period and the impact of regional peculiarities of the Ukrainian church wooden architecture of the XVIII century on the wooden architecture of temple buildings of the Belgorod region. Using field studies surviving structures of the original volume and volume-spatial solutions after reconstruction made in the end of XIX century., The study of historical documents and photos of the analysis of the architecture of the temple of the Prophet Elijah, the development of its architectural and spatial composition of the time and the characteristic style features*

**Key words:** wooden architecture, temple, church, space-planning composition, architectural composition, construction period, the construction of the monument, quadrangular, octagonal, two-tiered, dvuhsvetovoy, three-volume, restoration, reconstruction.

Рыбникова И.А., ст. препод.  
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова  
(Новороссийский филиал)

Рыбников А.М., канд. техн. наук, доц., с. н. с.  
Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ НЕГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

7upa7@mail.ru

Одним из перспективных направлений в фундаментостроении является совершенствование конструкций фундаментов неглубокого заложения на естественном основании. Положительно зарекомендовало себя использование промежуточной подготовки переменной жёсткости в ленточных фундаментах. Экономический эффект также даёт использование рабочей боковой поверхности у ленточных и одиночных фундаментов. К фундаментам неглубокого заложения в связных маловлажных грунтах естественного залегания относятся щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и плитные фундаменты. Технология их устройства исключает обратную засыпку боковой поверхности, и тем самым позволяет использовать боковое трение по их стенкам. Этого нельзя достичь при устройстве в открытых котлованах столбчатых или ленточных фундаментов. Приведенные конструкции исследованы, рассчитаны, запроектированы, внедрены на реальных объектах и эксплуатируются длительное время.

**Ключевые слова:** промежуточная подготовка переменной жёсткости, щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и плитные фундаменты.

**Введение.** Наиболее применяемыми конструкциями фундаментов в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве являются фундаменты неглубокого заложения на естественном основании. К перспективному направлению их совершенствования можно отнести использование промежуточной подготовки переменной жёсткости в ленточных фундаментах. Другим направлением является использование рабочей боковой поверхности как ленточных, так и одиночных фундаментов. К таким фундаментам неглубокого заложения в связных маловлажных грунтах естественного сложения относятся щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и одноплитные. Технология их устройства исключает обратную засыпку боковой поверхности и тем самым позволяет использовать боковое трение по их стенкам, чего нельзя достичь при устройстве в открытых котлованах столбчатых или ленточных фундаментов.

**Методология.** Имеется достаточный опыт применения эффективных конструкций фундаментов неглубокого заложения на реальных объектах. Прежде чем внедрялись в практику строительства усовершенствованные фундаменты, они испытывались как на моделях, так и на строительных площадках конкретных объектов в натуральную величину. По результатам исследований разрабатывалась методика расчётов, выполнялись проекты фундаментов, по которым они и возводились.

**Основная часть.** Одним из путей снижения стоимости ленточных фундаментов является

уменьшение площади опорной монолитной ленты или ленты из сборных железобетонных подушек и снижение расхода арматуры на них. Достигнуть это позволяет применение **промежуточной подготовки переменной жёсткости** (рис. 1, а). Указанная подготовка представляет собой сплошную бетонную полосу высотой 5...10 см, шириной 20...40 % от ширины подушки (ленты). По обе стороны полосы отсыпается слой рыхлого песка такой же высоты. Подушки или монолитная лента устраиваются непосредственно на этой подготовке после набора прочности бетонной полосой.

При такой конструкции фундамента начальная нагрузка передаётся на грунт основания через подошву бетонной подготовки. По мере возрастания нагрузки происходит осадка фундамента с одновременным уплотнением рыхлого грунта и при определённом её значении вся нижняя плоскость подошвы ленты вступает в работу. В результате суммарная эпюра контактных напряжений будет иметь ступенчатую форму с наибольшей ординатой под бетонной частью подготовки. Происходит разгрузка консольных частей подушки (ленты). Эта трансформация эпюры уменьшает изгибающий момент в расчётном сечении, а значит и процент армирования (площадь арматуры). С другой стороны, за счёт увеличения расчётного сопротивления грунта появляется возможность уменьшить ширину, то есть площадь подушки (ленты). На фундаменте с промежуточной подготовкой в г. Кустанае возведен многоэтажный

экспериментальный 144-квартирный четырёхсекционный жилой дом, который нормально эксплуатируется [1]. Однако для более широко-

го внедрения такой конструкции фундамента требуется его детальное исследование и создание методики расчёта.

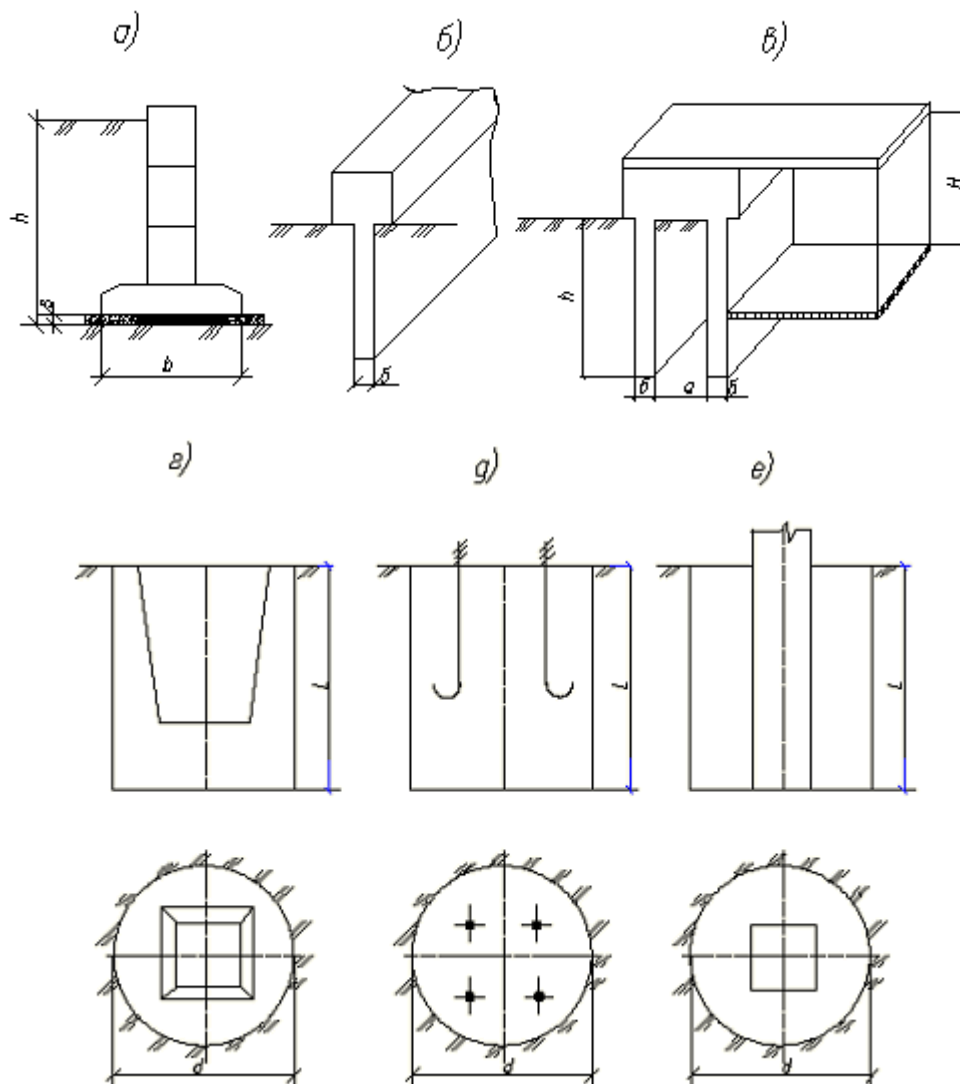


Рис. 1. Эффективные конструкции фундаментов неглубокого заложения:

*а* – с промежуточной подготовкой переменной жёсткости; *б* – однощелевой; *в* – двухщелевой – *г*, *д*, – круглые; *е* – железобетонная стойка, замолоченная в круглом фундаменте

К усовершенствованным фундаментам неглубокого заложения в связных маловлажных грунтах естественного сложения можно отнести также фундаменты с рабочей боковой поверхностью. Технология их устройства исключает обратную засыпку боковой поверхности, и тем самым позволяет использовать боковое трение по стенкам, чего нельзя достичь при устройстве в открытых котлованах столбчатых или ленточных фундаментов. К таким фундаментам можно отнести щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и одноплитные.

Достаточный объём проведенных исследований **щелевых фундаментов** показал их эффективность и простоту изготовления [2, 3]. Они

представляют собой одну или две узких бетонных (железобетонных) стенок в грунте с ростверком для передачи нагрузки от надземных конструкций на стенки. Процесс устройства стенок включает нарезку баром (цепным или роторным щелерезом) узких щелей в грунте шириной 100...300 мм, глубиной от 1 до 3 м с последующим их армированием для связи с ростверком и заполнением бетонной смесью. Разработанный рыхлый и осыпавшийся грунт на дне щелей удаляется или уплотняется трамбовкой. Параметры щелевых фундаментов выбираются в зависимости от типа и конструкции надземного сооружения, значений расчётных нагрузок, инженерно-геологических условий. Применять



такие фундаменты вместо ленточных на естественном основании под здания и сооружения целесообразно при отсутствии подвалов.

Особенность работы щелевых фундаментов заключается в следующем. Нагрузка на основание при однощелевом фундаменте (рис. 1, б) кроме подошвы ростверка передаётся боковыми плоскостями и торцом стенки. В двухщелевом фундаменте (рис. 1, в) в работу включается и заключённый между стенками массив грунта, за счёт чего основная нагрузка передаётся в плоскости на уровне нижних торцов стенок. Оптимальное расстояние между стенками, соответствующее максимальной несущей способности фундамента, составляет 0,6... 1,3 м. Заключённое между стенками грунтовое ядро, стенки и ростверк можно рассматривать как бетоногрунтовый фундамент на естественном основании, по высоте равный высоте рабочих стенок. Рассматриваемые однощелевые фундаменты предназначены для одно-двухэтажных коттеджей, дач, гаражей, двухщелевые – для жилых и общественных зданий высотой до 7-ми этажей, о чём свидетельствует практика проектирования и строительства на таких фундаментах [4...6].

Технология устройства **круглых фундаментов** глубиной до 3 м, диаметром 0,6...1,2 м, аналогична технологии устройства буронабивных свай. Однако конструктивно к сваям их отнести нельзя, так как у них отношение длины (высоты) к диаметру  $l/d \leq 5$ , что значительно превосходит число 10, по которому конструкцию относят к категории свай. Круглые фундаменты применяются под колонны железобетонных (рис. 1, з) и металлических (рис. 1, д) каркасов лёгких сооружений (заборов, складов, мастерских, гаражей, подсобных помещений). Как пример можно привести круглые фундаменты, выполненные под неотапливаемые полносборные склады из профилированных стальных оцинкованных листов [7].

Разновидностью круглых являются фундаменты под опоры инженерных коммуникаций в виде *железобетонных стоек, замоноличенных в буровых скважинах* на всю их высоту [8]. От забивных свай-опор они выгодно отличаются тем, что могут рихтоваться в плане и по высоте. Достигается это тем, что скважины выбуривают большего диаметра, чем сечение опор по диагонали (рис. 1, е). В случае перебуривания скважин в них до проектной отметки забоя засыпается и утрамбовывается песчано-гравийная смесь, в результате чего образовывается малосжимаемая подушка. Полости между стенками скважин и гранями опор (стоек-колонн) за-

полняются на всю высоту бетоном и уплотняются глубинным вибратором. Таким образом, достигается высокая точность прокладки таких коммуникаций как шинопроводы, топливопроводы, теплотрассы, кабельные трассы, компенсаторные участки трубопроводов [9].

**Шлицевые фундаменты** устраиваются ковшем в коротких траншеях (шлицах) с овальной формой подошвы длиной до 3 м, шириной 0,4...1,0 м, глубиной заложения до 3 м. Для работки шлицов используются экскаваторы, в том числе с зауженным ковшом. Также могут быть использованы штанговые напорные грейферы для устройства заглубленных сооружений и противофильтрационных завес способом «стена в грунте». При использовании грейфера размеры шлица в плане будут соответствовать его наружным габаритам при максимальном раскрытии челюстей. Шлам со дна шлица удаляется скребковым приспособлением, уплотняется плоской частью ковша или сомкнутым грейфером путём создания максимального давления на забой шлица. Шлиц бетонируется враспор (без опалубки) одновременно с выполнением гнезда (рис. 2, а) или стакана (рис. 2, б). Шлицевые фундаменты наиболее рациональны при значительных наклонных, моментных и горизонтальных нагрузках. Поэтому их лучше всего использовать под сельскохозяйственные здания из трёхшарнирных рам, а также под промышленные здания вспомогательного назначения каркасного типа с металлическим или железобетонным каркасом [10, 11].

**Траншейные фундаменты** бетонируются в траншеях шириной 0,3 ... 1,2 м и вертикальными стенками глубиной до 3 м различной конфигурации в плане: крестовые, тавровые, двутавровые (рис. 2, в). Вертикальность стенок фигурных конструкций обеспечивается обрамлением фундамента в плане узкими щелями баровым рабочим органом, особенно в мёрзлых и прочных грунтах. Технология устройства таких фундаментов аналогична технологии устройства шлицевых фундаментов. Например (рис. 2, г), под стальные осветительные мачты высотой 28 м в мёрзлых грунтах были применены траншейные фундаменты размерами в плане 5×4 м сложной конфигурации с шириной траншеи 0,6 м и глубиной 2,0 м [12]. Аналогичные фундаменты, но уже шириной 1,2 м и высотой 3,0 м (в грунте 2,5 м) с устройством стаканов использовались под железобетонные опоры сечением 40×40 см эстакады трубопроводов реконструируемого цеха галлия Павлодарского алюминиево-глинозёмного завода [13].

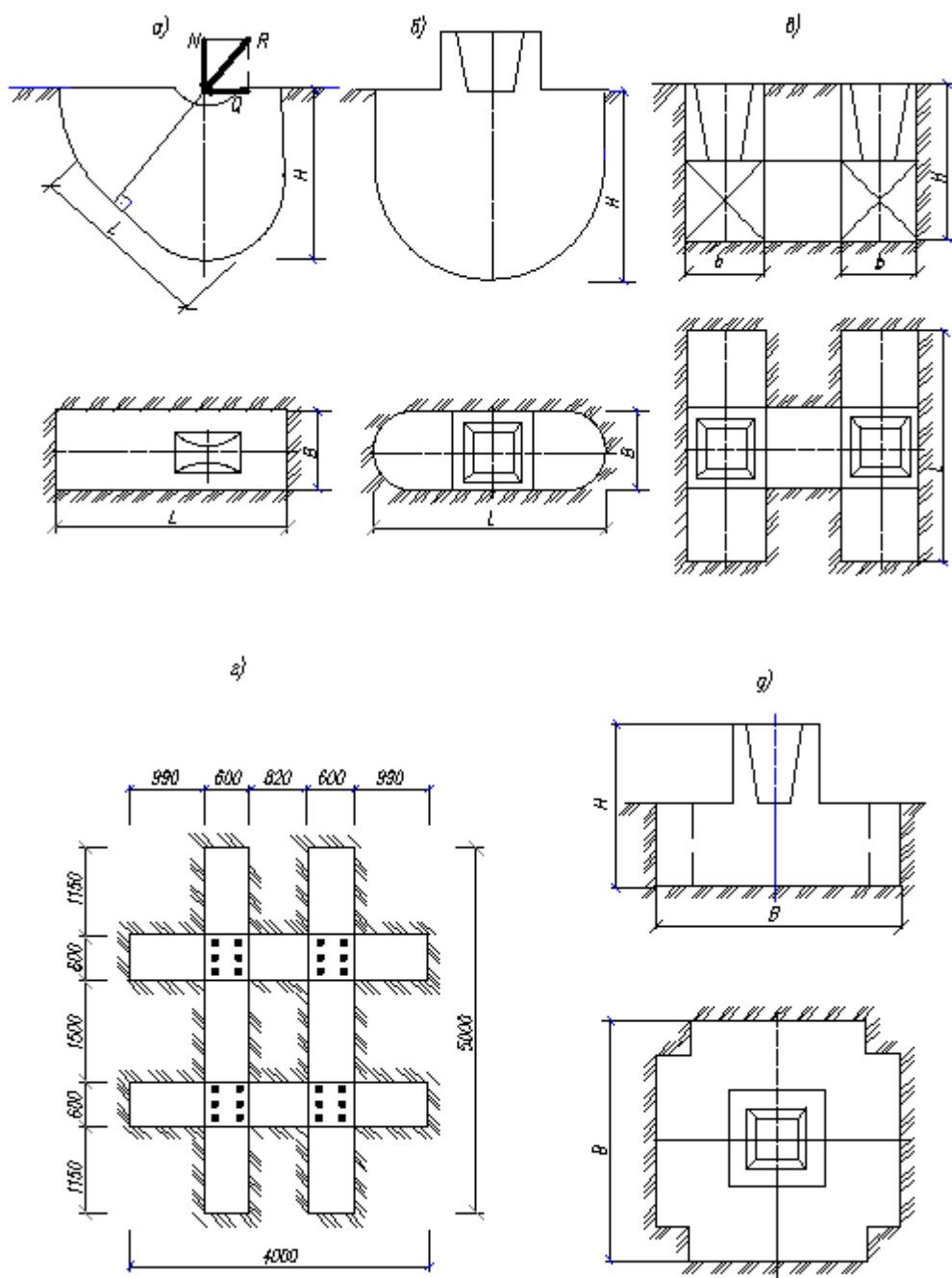


Рис. 2. Эффективные конструкции фундаментов неглубокого заложения с рабочей боковой поверхностью: а – шлицевой фундамент под трёхшарнирную раму; б – то же под железобетонную колонну; в – траншейный фундамент двутавровой формы; г – траншейный фундамент под осветительную мачту; д – одноплитный под железобетонную колонну

Усовершенствованной конструкцией столбчатых фундаментов на естественном основании являются **одноплитные фундаменты** (рис. 2, д). Их суть состоит в нарезке приямка прямоугольной или квадратной формы, с вырезами или срезами глубиной равной высоте плиты. Дно подчищается вручную, после чего приямок (плита) армируется и бетонируется. Вырезы и срезы в плитах делаются с целью сокращения расхода материала и уменьшения концен-

трации напряжений в грунтах основания. Для обеспечения арочного эффекта в местах прямоугольных вырезов их площадь не должна превышать 15...20 % площади плиты [14].

**Выводы.** Приведенные конструкции фундаментов до настоящего времени нормально эксплуатируются, что позволяет сделать вывод о их надёжности. Опробированную методику расчёта несущей способности рабочей боковой поверхности фундаментов неглубокого заложения

можно рекомендовать к применению с дальнейшим усовершенствованием. Суть её заключается в следующем [6]:

Нагрузку, воспринимаемую боковыми поверхностями описанных конструкций фундаментов, можно определить по формуле

$$T = m \sum m_f u_i f_i l_i,$$

где  $m$  – коэффициент работы бетонной поверхности фундамента в грунте, принимаемый равным 0,9;  $m_f$  – коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности фундамента,

принимаемый для суглинков и супесей равным 0,7; для глин – 0,6 при устройстве фундаментов в летний период 0,5 и соответственно 0,4 – в зимний;  $u_i$  – периметр поперечного сечения фундамента или щелевой стенки (траншеи) на глубине  $h_i$ , м;  $l_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью фундамента (стенки, траншеи), м;  $f_i$  – расчётное сопротивление  $i$ -го слоя грунта по боковой поверхности фундамента, определяемое по табл. 1.

Таблица 1

**Расчётное сопротивление грунта по боковой поверхности фундамента**

Глубина расположения слоя грунта от планировочной отметки $h_i$ , м	Расчётное сопротивление грунта по боковой бетонной поверхности фундамента $f_i$ , кПа, при показателе текучести грунта $I_L$ , равном					
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,5	50	40	30	20	12	9
1,0	60	48	35	23	15	12
1,5	65	52	38	26	18	15
2,0	70	56	42	30	21	17
2,5	73	59	45	32	23	18
3,0	76	62	48	53	25	20

Примечания: 1. При определении расчётного сопротивления грунта по боковой поверхности фундамента  $f_i$  пласты грунта следует расчленять на однородные слои толщиной не более 0,5 м.

2. Для промежуточных значений показателя текучести грунта  $I_L$ , значения  $f_i$  следует определять интерполяцией.

3. Значения  $f_i$  необходимо принимать с учётом прогноза изменения  $I_L$  в процессе эксплуатации здания или сооружения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детков Н. З., Грицай Ю. П., Рыбников А. М. Фундаменты с промежуточной подготовкой под жилые дома / Устройство оснований и фундаментов в региональных грунтовых условиях Казахстана: тезисы докладов республиканского совещания // Респ. правление ВНТО Стройиндустрии (Алма-Ата 24-26 мая 1989 г.), Алма-Ата: Изд-во Казстройтехпроект, 1989. С. 24-25.

2. Сорочан Е. А., Пивень В. Г., Рыбников А. М. Монолитные фундаменты с рабочей боковой поверхностью // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1991. № 3. С. 2-3.

3. Кадыров А. С., Рыбников А. М.. Монолитные ленточные фундаменты с рабочей боковой поверхностью // Жилищное строительство. 1991. № 6. С. 17-18.

4. Сорочан Е. А., Пивень В. Г., Рыбников А. М., Журавлёв В. В. Опыт устройства ленточных фундаментов // Жилищное строительство. 1990. № 4. С. 23-25.

5. Рыбников А. М. Одно-и двухщелевые монолитные ленточные фундаменты неглубокого заложения // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 3. 4с.

6. Республиканские строительные нормы. РСН Каз.ССР 50-89. Расчёт, проектирование и

устройство монолитных одно-и двухщелевых ленточных фундаментов неглубокого заложения // Алма-Ата: Госстрой Каз.ССР. 1989. 33 с.

7. Рыбников А. М. Круглые фундаменты под неотапливаемые полносборные склады // Информационный листок. Серия: Сельское строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 90-122. 4 с.

8. Рыбников А.М. Бесфундаментные опоры инженерных коммуникаций // Экспресс-информация. Серия: Организация и технология строительства/ М.: ЦБНТИ Минуралсибстроя. 1988. Вып. 3. С. 12-17.

9. Воробьёв А.Н., Петров В.Н., Рыбников А.М., Першин В.Г. Прогрессивные фундаменты и заглубленные сооружения в тресте Павлодарпромстрой // Промышленное строительство. 1990. № 10. С. 30-32.

10. Рыбников А.М. Шлицевые фундаменты // Экспресс-информация. Серия: Сельское строительство/ Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 2. 6 с.

11 Рыбников А. М. Шлицевые фундаменты // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 6. 7 с.

12. Рыбников А. М. Траншейный фундамент под осветительную 28-метровую мачту // Информационный листок. Серия: Промышлен-

ное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 90-42. 3 с.

13. Рыбников А. М. Применение траншейных фундаментов под опоры эстакады трубопроводов // Информационный листок. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1988. № 88-120. 3 с.

14. Рыбников А. М. Одноплитные фундаменты с рабочей боковой поверхностью плиты // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 5. 5 с.

---

**Rybnikov A.M. Rybnikova I.A.**

**EMPLOYMENT OF EFFECTIVE SHALLOY SPREAD FOOTINGS**

*One of the prospective direction in foundation engineering is perfection of shallow spread footing constructions. The use of working side surface both of strip and single foundations is also economical. Such shallow foundations in cohesive semi dry soils of natural structure are slot, round, slit, Vtrench and one- slab foundations. Technology of these foundations eliminates backfilling of lateral surface. It allows to use lateral friction on their walls which cannot be achieved by building in open foundation pits and of intermediate layer of variable stiffness in strip foundations proved to be effective. The use of pier and strip foundations. All these constructions have been studied, calculated and projected. They have been implemented on real objects and are being operated for a long time.*

**Key words:** intermediate layer of variable stiffness, slot foundations, round foundations, slit foundations, trench foundations, slab foundations.

Клюев С.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИБРОБЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ\*

klyuyev@ya.ru

*В статье рассмотрено влияние фибр на эксплуатационные характеристики бетона. Установлено соотношение длины и ориентации фибр. Изучен вопрос дисперсного армирования бетона, при котором наблюдается повышение упругих свойств бетона.*

**Ключевые слова:** фибробетон, фибра, цементная матрица, ориентация фибр.

В настоящее время в строительной индустрии основным строительным материалом является бетон, обладающий высокой прочностью при сжатии [1...4]. Основным недостатком его является низкая прочность при растяжении, которая составляет 10...20 % от прочности при сжатии. Все это приводит к необходимости использовать арматуру (стальную, стеклопластиковую и др.) в растянутой зоне конструкций. Кроме того, возникает необходимость использования распределительной, поперечной и монтажной и арматуры, приводящее к увеличению трудоемкости изготовления изделий и конструкций. На сегодняшний день в России и в мире в целом находят свое место тонкостенные конструкции, изготовление которых является сложной задачей. Для того, что бы предать бетону упругие свойства (повысить предел прочности при растяжении и увеличить трещиностойкость), сократить использование арматуры в строительной индустрии, сделать универсальные конструкции в последние годы находит свое широкое использование дисперсное армирование [5...12].

Определение фибробетону можно дать следующим образом – это бетон, производимый из портландцемента с добавлением различных заполнителей и дисперсных волокон (фибр). В настоящее время для дисперсного армирования бетонов применяются большое количество разных видов фибр, пригодных для дисперсного армирования бетона. К основным относятся: сталь, стекло, полимеры (акрил, арамид, нейлон, полипропилен и др.), керамика, асбест, углерод и природные волокна (кокосовый орех, бамбук, дерево и др.).

Использование бетона, армированного стальными фибрами увеличилось за последние 40...45 лет. В строительном материаловедении произошло значительное развитие в области дисперсного армирования бетона различными видами фибр. Простые неармированные цементные материалы характеризуются низкой прочностью на растяжение, низкий потенциал деформации растяжения, то есть они являются хрупкими материалами. Таким образом, прежде

чем использовать такие бетоны в качестве строительных материалов, необходимо их армировать.

Исторически сложилось, что армирование происходит в виде непрерывного армирования стержнями, которые могут быть размещены в структуре в соответствующих местах, чтобы выдержать касательные и растягивающие напряжения. Фибры, с другой стороны, прерывисты и беспорядочно распределены по всей цементной матрице. Таким образом, они не столь эффективны при растягивающих напряжениях. С другой стороны, так как они расположены близко друг к другу, в отличие от простого армирования стержнями, они лучше контролируют образование трещин. Из-за этих различий существует несколько областей применения, для которых армирование фиброй лучше обычного армирования стержнями:

1. Тонкие листовые материалы, в которых невозможно использование арматурных стержней, и в которых волокна представляют собой основную арматуру. В тонких листовых материалах концентрация волокон очень высока и в основном составляет больше 5% от общего объема. В данной области применения волокна применяют для увеличения прочности и жесткости композита.

2. Части сооружения, которые должны выдерживать большие локально приложенные нагрузки или деформации, такие как туннельные прокладки, стойкие к разрушению (взрыву) сооружения или сборные сваи, забиваемые в землю.

3. Части сооружения, в которые добавляются волокна для предотвращения трещин, вызванных влажностью и колебаниями температуры, например плиты и дорожные покрытия.

В общем, армирование волокнами не заменяет стандартного армирования. Роль фибры и стальной арматуры различна, и существует множество областей, где они применяются вместе.

Несмотря на то, что определяющим фактором в использовании фибробетона является его физические свойства, стоимость играет немало-

важную роль, так как волокна являются дорогим материалом. И хотя фибробетон уже находит свое применение, его разработки находятся на начальном этапе, и в будущем он найдет гораздо большее применение, если целесообразность его использования будет доказана.

Цементные растворы, армированные фибрами применяются в качестве компонентов при производстве тонких листов, таких как целлюлоза или цемент упрочненный стекловолокном. При этом фибра является основным армирующим компонентом, ее содержание обычно варьируется от 2 до 15 % от общего объема [13...21].

В фибробетонах содержание фибры намного ниже (меньше 2 % от объема) и волокна используются для вторичного укрепления, для предотвращения образования трещин. Производство фибробетонов осуществляется обычными способами. Использование большего количества фибр возможно за счет использования простых технологий смешивания, но с использованием усовершенствованных матричных составов, основанных на сложном контроле реологии и микроструктуры смеси. Плотная микроструктура в этих композитах, также как и улучшенная реология, дают возможность объединить и унифицировать дисперсию в размере от 2 до 6 % за счет объема коротких фибр, которые могут обеспечить эффективное упрочнение.

Для упрочнения цементной матрицы использовался широкий диапазон фибр с различными механическими, физическими и химическими свойствами. Упрочненная фибрами матрица может принимать различную конфигурацию и при описании их природы необходимо рассмотреть два уровня геометрического описания: форму отдельных фибр и их распределение по всей цементной матрице.

Во многих случаях, при формировании дисперсно-армированных бетонов, волокна ориентированы случайным образом в двух или трех направлениях. Эффективность сочетания факторов длины и ориентации не может быть просто вычислена путем произведения их эффективностей. Это связано с тем, что фактор эффективности ориентации волокон зависит от их длины, в случае коротких фибр.

При формировании бетонной матрицы возможна их свободная ориентация или направленная ориентация волокон, в зависимости от поставленных целей. Направленная ориентация, например, стальных коротких волокон можно достичь за счет использования магнитного поля.

Произвольная ориентация реализуется, как правило, короткими волокнами, кроме того воз-

можно использовать и рулонные материалы в виде холстов и матов, в них волокна не имеют организованного переплетения. На практике в конструкциях могут реализовываться различные виды произвольной ориентации.

В дисперсно-армированных композитах, основную роль играют фибры, располагающиеся в зоне трещинообразования, в которой волокна являются связующими с бетонной матрицей. В композите с правильной ориентацией, волокна могут выполнять две основные функции в этой зоне:

1. Они могут увеличить прочность композита в зоне матрицы, путем осуществления передачи напряжений и нагрузок в местах образования трещин. Это предполагает увеличение напряженно-деформированного состояния в процессе трещинообразования и такое поведение называется деформационным упрочнением.

2. Наиболее важно то, что они увеличивают жесткость композита путем образования механизма поглощения энергии, что имеет отношение к нарушению связующих процессов волокон, связывающих трещины. Это происходит даже после увеличения напряженно-деформированного состояния после начала образования трещин.

При нагружении конструкции первая трещина, образовавшаяся в композите не приведет к катастрофическому его разрушению, но вызовет перераспределение нагрузки между бетонной матрицей и волокнами. То есть, нагрузка, действующая на зону возникновения трещин, перераспределится на волокна, и таким образом края трещин освободятся от напряжений.

Дополнительно приложенная нагрузка приведет к возникновению новых трещин, до тех пор пока матрица не разделится на несколько сегментов, разделенных друг от друга трещинами. Такой процесс известен как многочисленное растрескивание. Оно находится под приблизительно постоянным напряжением, которое соответствует напряжению, при котором возникли первые трещины.

Когда растрескивание больше невозможно и матрица разделена многочисленными параллельными трещинами, любые дополнительные растягивающие напряжения вызовут растяжение волокон. Таким образом, общее механическое поведение дисперсно-армированных композитов обычно может быть описано с точки зрения трех этапов растягивающих напряжений:

1. Упругий диапазон, до точки возникновения первой трещины. Матрица и волокна находятся на одной линии.

2. Диапазон многочисленного растрескивания, в котором деформации композита превысили максимальные деформации матрицы.

3. Диапазон, следующий за многочисленным растрескиванием, в котором волокна растягиваются или вырываются из матрицы.

Различные модели и аналитические процедуры были предложены для описания общей формы растягивающих напряжений – кривая деформаций и прогнозирования основных точек кривой: модуль упругости в упругой зоне, напряжения и деформации при возникновении первой трещины, деформации в конце зоны многочисленного растрескивания и предельные напряжения и деформации композита соответственно.

*\*Работа выполнена в рамках реализации стипендии Президента Российской Федерации СП - 265.2015.1 и Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 г. грант №Б-21/12.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 56 – 59.
2. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 52 – 55.
3. Алфимова Н.И., Жерновский И.В., Яковлев Е.А., Юракова Т.Г., Лесовик Г.А. Влияние генезиса минерального наполнителя на свойства композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 91 – 94.
4. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Вишневская Я.Ю., Шейченко М.С., Аслаханов А.Х. Модифицированное вяжущее // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 30 – 33.
5. Ключев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Свойства бетонной матрицы при дисперсном армировании фибрами // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 16. №2. С. 96 – 99.
6. Ключев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Ориентация и распределение фибр в цементной матрице // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 16. №2. С. 99 – 102.
7. Ключев А.В., Ключев С.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Мелкозернистый фибробетон армированный полипропиленовым волокном // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 67 – 72.
8. Ключев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. К вопросу применения техногенных песков для производства мелкозернистого фибробетона // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 19. №1. С. 32 – 34.
9. Ключев С.В., Ключев А.В., Сопин Д.М., Нетребенко А.В., Казлитин С.А. Тяжелонагруженные полы на основе мелкозернистых фибробетонов // Инженерно-строительный журнал. 2013. №3. С. 7 – 14.
10. Ключев А.В. Сталефибробетон для сборно-монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 60 – 63.
11. Ключев А.В. Усиление изгибаемых конструкций композитами на основе углеволокна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 38 – 41.
12. Ключев С.В., Ключев А.В. Исследование физико-механических свойств композиционных вяжущих // Успехи современной науки. 2015. № 1. С. 21 – 24.
13. Ключев С.В., Ключев А.В. Пределы идентификации природных и инженерных систем // Фундаментальные исследования. 2007. №12. Т.2. С. 366 – 367.
14. Ключев С.В., Ключев А.В. Техногенное сырье – эффективный заполнитель для фибробетонов // Успехи современной науки. 2015. № 1. С. 33 – 35.
15. Ключев А.В., Нетребенко А.В. Армирующие материалы и их свойства для производства фибробетонов // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2013. С. 17 – 21.
16. Ключев А.В., Нетребенко А.В. Экспериментальные исследования фибробетона для промышленного и гражданского строительства // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2013. С. 12 – 16.
17. Ключев А.В., Пикалова Е.К. Технология усиления конструкций углеволокном // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2013. С. 33 – 37.

18. Ключев А.В., Пикалова Е.К. Расчет усиления железобетонных колонн углеродной тканью // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2013. С. 38 – 41.

19. Ключев А.В. К вопросу формирования высококачественных фибробетонных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 55 – 57.

20. Ключев А.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон на техногенном песке КМА для изгибаемых изделий: автореф. дис. ... к.т.н. Белгород 2012. 24 с.

21. Ключев А.В. Стальные фибры и их применение для дисперсного армирования мелкозернистых бетонов // Инновационные материалы технологии; сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф.: Белгород, 11-12 окт. 2011 г. / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. Ч. 1. С. 229 – 232.

---

**Klyuyev S.V.**

**PECULIARITIES OF FIBER CONCRETE COMPOSITE MATERIALS FORMATION**

*The influence of fibres on the concrete performance properties is considered in the article. The length-to-orientation ratio of fibers is established.*

*The question of dispersed reinforcement of concrete at which the elastic properties of concrete increase is studied.*

**Key words:** fiber concrete, fiber, cement matrix, orientation of fibres.



Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

gnezdilka@yandex.ru

В работе приведены результаты исследований изменения влажности грунта земляного полотна автомобильных дорог, а также предложена зависимость для прогнозирования изменения влажности грунта в годовом цикле. Данная зависимость может быть использована для прогнозирования состояния нежестких дорожных одежд автомобильных дорог в период эксплуатации на территории Белгородской области.

**Ключевые слова:** влажность, температура воздуха, водно-тепловой режим, глинистые грунты.

Существующие расчётно–вероятностные методы прогнозирования влажности грунтов позволяют с достаточной степенью надёжности установить характеристики грунтов земляного полотна на сроки между капитальными ремонтами дорожной одежды. Однако по этим методам нельзя определить, какой год межремонтного периода будет расчётным. Проблему заблаговременной оценки состояния земляного полотна и прежде всего его влажности можно решить, основываясь на результатах полевых и лабораторных испытаний, а также математически обоснованного анализа погодных–климатических факторов, определяющих состояние грунта в течение года.

Существующие методы прогнозирования влажности грунта земляного полотна с достаточной степенью достоверности позволяют прогнозировать весеннюю или осеннюю влажность грунта земляного полотна. Тогда, как отсутствуют зависимости, позволяющие инженеру, не обладающему специальными знаниями в области численных методов решения дифференциальных уравнений, получить функцию измене-

ния влажности в годовом цикле.

Состояние грунта в летне–осенний период определяется величиной влажности, а в зимний – температурой мерзлого грунта. Поэтому задача заключалась в получении зависимости для прогнозирования влажности при отсутствии промерзания грунта [1].

Формирование водно-теплого режима дороги происходит под воздействием погодных–климатических факторов и наибольший вклад в изменение влажности вносит температура воздуха. Многие исследователи отмечают, что именно градиенты температуры определяют направление и интенсивность миграции влаги [2].

Для построения зависимости изменения влажности грунта в течение года были обобщены данные наблюдений за температурой воздуха и влажностью грунта земляного полотна с апреля по ноябрь [3]. Среднемесячные значения температур воздуха и влажности грунта земляного полотна за анализируемый период приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Характеристика температуры воздуха и величины влажности периода наблюдений

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С	Относительная влажность грунта земляного полотна
Апрель	8,67	0,687
Май	14,81	0,656
Июнь	21,40	0,620
Июль	21,95	0,560
Август	18,44	0,622
Сентябрь	16,45	0,652
Октябрь	8,59	0,676

Анализ данных непосредственных наблюдений за влажностью грунта и температурой воздуха показал, что влажность грунта и температура воздуха связаны регрессионным уравнением, представленным на рис. 1, и имеет сле-

дующий вид:

$$W = 0,748 - 0,007 \cdot T, \quad (1)$$

где  $W$  – влажность грунта земляного полотна, д.ед.,  $T$  – температура воздуха, °С.

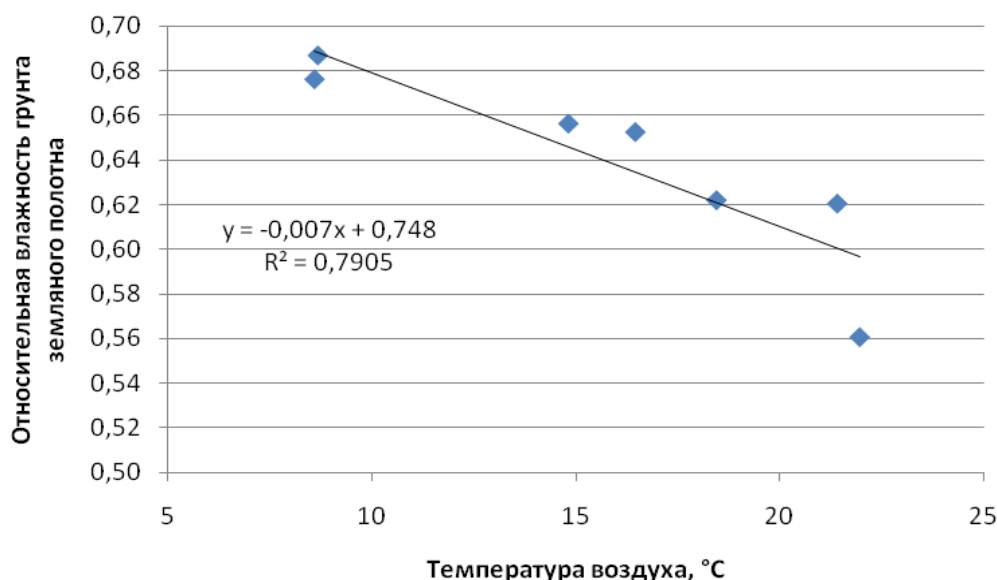


Рис. 1. График зависимости влажности грунта земляного полотна от температуры

Сила связи между исследуемыми параметрами составила  $R=0,88$ . Достоверность вывода о тесноте связи между изучаемыми признаками определяли по уровню значимости критерия Фишера, который должен быть меньше 0,05. Значимость  $F$  составила 0,0074, то есть  $p = 0,0074$  и модель значима. Стандартная ошибка теоретического корреляционного отношения составляет 2,1 %.

На основе анализа результатов испытаний получены поправочные коэффициенты для типов местности по условиям увлажнения и учёта особенностей материалов в основании.

Окончательно выражение для вычисления влажности грунта земляного полотна с учётом поправочных коэффициентов было принято в следующем виде:

$$W = \alpha\beta (0,748 - 0,007 \cdot T), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий условия увлажнения полотна поверхностной водой, равный 1 для I типа местности по условиям увлажнения, 1,01...1,03 – для II типа, 1,04...1,07 – для III типа;  $\beta$  – коэффициент, принимаемый равным 1 для пористых, традиционных граничных слоев, непосредственно укладываемых на полотно (песок, щебень, гравий, каменный отсев и др.), и 0,85... 0,95 для плотных материалов (укрепленные вяжущими грунты, грунтощебень).

Точность определения величины влажности в значительной степени зависит от используемой в расчётах температуры воздуха. Так как влажность грунта земляного полотна меняется достаточно медленно, то ежедневные или межсуточные колебания температуры воздуха не вызовут такое же изменение влажности грунта. В инструкциях США период прогнозирования параметров тепловлажностного состояния принимают равным двум неделям или одному ме-

сяцу, поэтому при прогнозировании вполне могут быть использованы среднемесячные значения температур воздуха [4, 5]. В случаях, когда необходимо учитывать изменение влажности грунта за более короткие сроки, на основании предварительных расчётов было установлено, что для получения адекватной картины изменения влажности в зависимости от температуры необходимо использовать её среднесуточное значение за предыдущие 5 дней.

Сравнение теоретических результатов возможности описания и прогнозирования процесса изменения влажности грунта с использованием выражения (2) и экспериментальных данных также было осуществлено графически на основании результатов имитационного моделирования В.П. Носова.

В.П. Носов в своей работе [6] приводит данные о влажности грунта в Москве за период 01.06.1986...01.06.1989. Используя данные о температуре воздуха, имевшей место в Москве в период с 01.04.87 по 01.11.1988, рассчитали соответствующие значения влажности с использованием указанной зависимости. Графики, построенные по этим данным, для глины представлены на рис. 2. При этом относительная ошибка определения значений влажности по вышеприведенной зависимости находится в интервале от 2 до 10 %.

Эти результаты позволяют сделать вывод, что гипотеза, характеризуемая выражением (2) о колебании влаги в грунте дает хорошую сходимость с натурными и расчётными данными. Таким образом, полученная зависимость позволяет прогнозировать на весьма длительные сроки процесс изменения влажности грунта земляного полотна для задаваемых метеорологических условий [7].

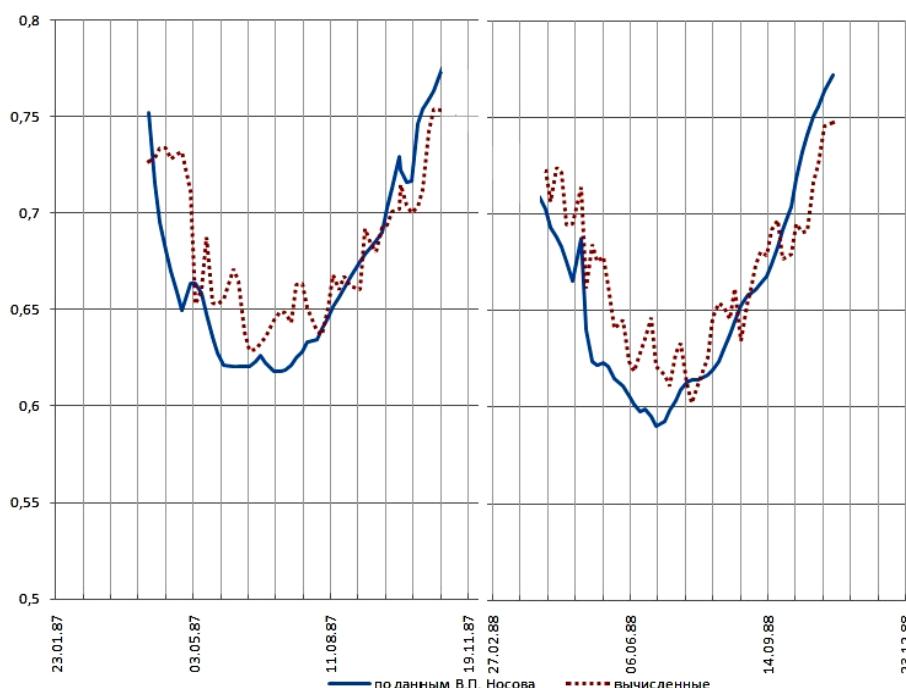


Рис. 2. Временные профили влажности грунта полотна

Таким образом, полевые исследования позволили подтвердить соответствие теоретической модели процессу влагонакопления грунта земляного полотна в течение летне-осеннего периода года.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / под ред. проф. И.А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко. М.: Транспорт, 1971. 416 с.
2. Фельдман Г.М. Передвижение влаги в талых и промерзающих грунтах. Новосибирск: Изд. Наука, 1988. 258 с.
3. Гнездилова С.А. Исследование процесса влагонакопления в грунте земляного полотна // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов (XIX Научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф. (Белгород, 5–8 окт. 2010 г.), Белгород :Изд-во БГТУ, 2010. Ч.3. С. 74–77.

4. 2002 Design Manual – Design of New and Rehabilitated Pavement Structures (2002): Draft Final Report, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Illinois, USA.

5. Hromadka T.V. Guymon T.V, Berg G.L. Sensitivity of a Frost Heave Model to the Method of Numerical Simulation. Cold Reg. Sci and Technol.1982. №6. P. 1-10.

6. Носов В. П., Носов В.В. Математическое моделирование водно-теплого режима автомобильных дорог с использованием метода динамической адаптации // Транспорт, наука, техника, управление. 1997. №3. С. 18-32.

7. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 18–22.

**Gnezdilova S.A.**

### PREDICTION OF MOISTURE CONTENT OF SOIL SUBGRADE OF ROADS FOR DESIGN PURPOSES AND OPERATING ON THE TERRITORY OF BELGOROD REGION

*In this work we present results of studies of changes in the moisture content of the soil subgrade of roads, and the proposed dependence for the prediction of the changes in soil moisture in the annual cycle. This dependence can be use for forecasting non-rigid road pavement of roads during operations on the territory of the Belgorod region.*

**Key words:** humidity, air temperature, water heating mode, clayey soils.

Гусев А.Д., канд. техн. наук, директор  
 ООО «НПП «Экоресурс» (МИП ПГУАС)  
 Петухова Н.А., канд. техн. наук, доц.,  
 Самошина Е.Н., канд. техн. наук, доц.,  
 Зайцев И.Е., студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ РЕГЕНЕРАТНОЙ РЕЗИНЫ И ОТХОДОВ ПЛАСТИКА

Naderevnydeduschke@yandex.ru

Изучены реологические свойства композиционного материала на основе пластика низкого давления и резиновой крошки в зависимости от содержания наполнителя и его морфологических особенностей связанных со способом механической переработки отходов резинотехнических изделий.

**Ключевые слова:** резиновая крошка, отходы пластика, композит, резинопласт, реология, удельная поверхность, вязкость, текучесть.

Сегодня в России, как и во многих странах мира существует огромная проблема в области загрязнения окружающей среды полимерными отходами. Это обусловлено тем, что они долгое время не разлагаются, а материалы на основе полимеров приобретают все большую популярность.

Для решения этой проблемы необходимо создание эффективной технологии по использованию продуктов переработки полимерных отходов. Это позволит создать экономически выгодную модель по утилизации данных видов ТБО и заинтересовать бизнес [1, 2].

Перспективным направлением использования наиболее распространенных полимерных отходов – резины и пластика низкого давления является создание на их основе композиционного материала – резинопласта. В рамках реализации данного направления ранее были проведены исследования методов механической переработки резинотехнических изделий и отходов пластика, изучены продукты переработки, подобраны наиболее оптимальные сочетания [3, 4]. Настоящее исследование посвящено исследованию реологических свойств композиционного материала на основе ПНД и резиновой крошки в зависимости от ее концентрации.

На рис. 1 показаны линии течения ПНД с резиновой крошкой фракцией 0,32 мм с различным процентным содержанием.

По результатам испытаний, мы можем наблюдать, что введение в состав композита на основе ПНД резиновой крошки существенно не изменяет поведение кривой течения. Система «скорость сдвига « $\dot{\gamma}$ » – показатель напряжения сдвига « $t$ » можно описать уравнением  $\dot{\gamma} = k \cdot t^n$ . При увеличении концентрации резиновой крошки более 30 % полученные прямые зависимости смещаются в сторону больших сдвиговых напряжений.

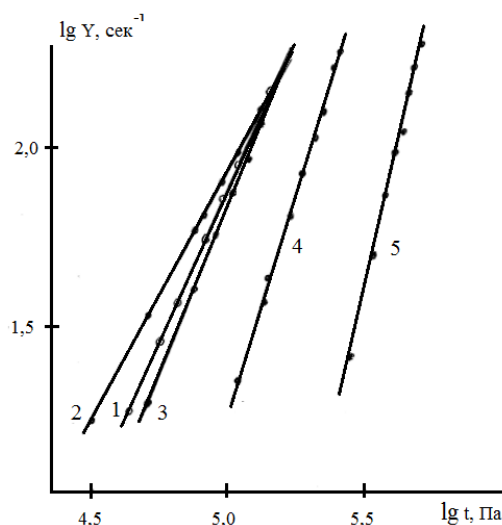


Рис. 1. Линии течения ПНД с резиновой крошкой фракцией 0,32 мм с различным процентном ее содержанием: 1 – 0; 2 – 4; 3 – 32; 4 – 45; 5 – 89

На рис. 2 можно видеть зависимость значения степени  $n$  уравнения  $\dot{\gamma} = k \cdot t^n$  от концентрации наполнителя в композите. При введении в состав ПНД резиновой крошки менее 30 % значение показателя  $n$  для чистого ПНД и с содержанием наполнителя практически совпадают. Тем самым режим течения композиционного материала практически описывается режимом течения ПНД.

При дальнейшем увеличении концентрации резиновой крошки в составе резинопласта рост величины  $n$  практически линейный с углом наклона в 45 °С. Изменение показателя  $n$  в уравнении течения, при увеличении концентрации наполнителя более 30 %, предположительно, связано с тем, что происходит смена процесса течения композиционного материала.

При неньютоновском течении композиционного материала его реологические свойства необходимо анализировать, сравнивая значения

уравнения и показателя вязкости расплава. При этом одна из величин – напряжение или сдвиговая скорость должны быть постоянны.

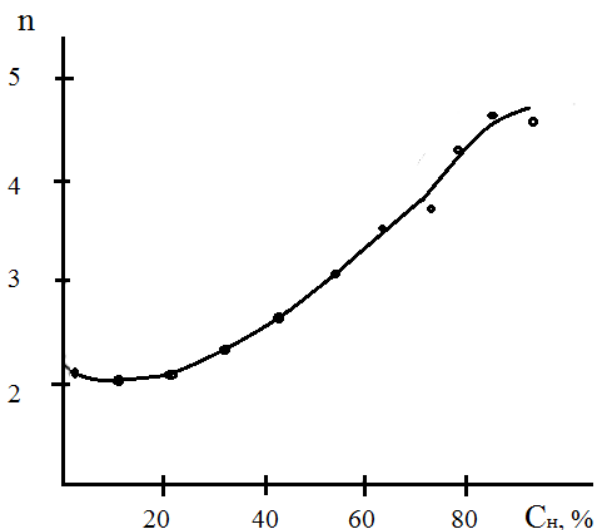


Рис. 2. Зависимость показателя режима течения ( $n$ ) Композиционного материала на основе ПНД от содержания регенератной резины

На рис. 3 показана зависимость вязкости композиционного материала от концентрации резиновой крошки  $C_n$  при сдвиговой скорости равной  $32 \text{ с}^{-1}$ . Можно наблюдать, что при концентрации наполнителя менее 3 % вязкость значительно снижается с повышением  $C_n$ . В дальнейшем показатель вязкости начинает увеличиваться и при концентрации резиновой крошки от 8 до 35 % стабилизируется и становится практически постоянной величиной, сопоставимой с вязкостью чистого ПНД. В дальнейшем, при увеличении концентрации РК происходит монотонное увеличение вязкости композита.

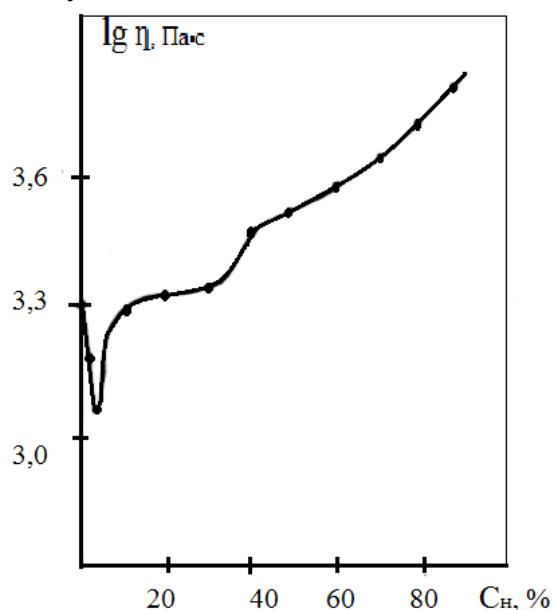


Рис. 3. Влияние концентрации наполнителя на вязкость резинопласта

Процесс снижения показателя вязкости в композиционных материалах при незначительных концентрациях наполнителя характеризует многие полимеры и минеральные наполнители. Появление минимального значения вязкости, вероятнее всего, связано с появлением пор в слоях композита на границе с резиновой крошкой.

Существенным фактором здесь является строение наполнителя (стеклообразное, «рыхлое»), которое зависит от метода механической переработки. В процессе смешивания, под действием напряжений сдвига, течение в системе идет по слою, имеющему больший свободный объем – область вокруг наполнителя, по этой причине, вероятно, и происходит снижение вязкости композита. При увеличении концентрации резиновой крошки, способствующей тому, что вся матрица оказывается вовлеченной в пограничный слой вокруг наполнителя, вязкость композита имеет минимальный показатель.

Беря во внимание тот факт, что показатель пор в композите при малых значениях наполнения в большой степени зависит от морфологии резиновой крошки, ее удельной поверхности, были изготовлены образцы резинопластов, содержащие 2,5 % по массе регенератной резины, полученной фрезовым и криогенными методами переработки колес автомобиля «Камаз». В процессе переработки колес данными методами была получена резиновая крошка с удельной поверхностью 0,55 и 0,47 м/гр. Показатели вязкости резинопласта с данными наполнителями составили 1169 и 1764 Па соответственно. Следовательно, можно утверждать, что вязкость резинопластов зависит от удельной поверхности резиновой крошки. Крошка, получаемая фрезовым методом, имеющая более развитую поверхность создает больший свободный объем в структуре резинопласта.

Увеличение показателя вязкости резинопласта при увеличении содержания наполнителя в пределах 3...12 %, возможно, связано с явлением – гидродинамический эффект от присутствия резиновой крошки, т.к. значение  $n$  сопоставимы с чистым ПНД.

На рис. 4 показано влияние удельной поверхности резиновой крошки на вязкость резинопластов с различной концентрацией наполнителя.

Можно видеть, что показатель вязкости резинопласта увеличивается с увеличением удельной поверхности резиновой крошки. Особенно это проявляется при концентрации резинового порошка более 60 %. Свойства ПНД, находящегося вокруг поверхности РК, изменяются. Это



связано с образованием межфазной прослойки со структурой, отличающийся от структуры матрицы в объеме. В то же время, полученный граничный слой является неоднородным и так же состоит из двух подслоев. А значит и свойства передвигаться относительно друг друга цепей на макромолекулярном уровне, входящих в эти подслои, различны. Уменьшение размера частиц или концентрации резиновой крошки в резинопласте способствует увеличению содержания доли ПНД в граничном слое и снижению толщины матрицы между частицами наполнителя.

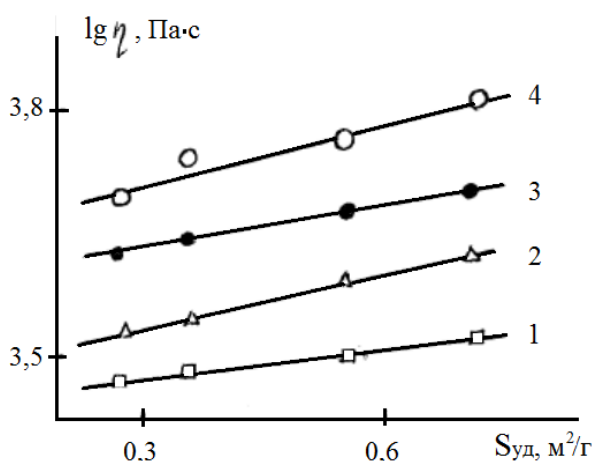


Рис. 4. Зависимость влияния удельной поверхности резиновой крошки на вязкость резинопластов с различной концентрацией наполнителя, %:  
1 – 62; 2 – 72; 3 – 82; 4 – 92

Эффект снижения, а затем роста показателя вязкости, при не значительных концентрациях наполнителя, возможно, связан с перекрытием не твердых фаз пограничного слоя. При увеличении содержания резиновой крошки свыше 60%, по всей видимости, перекрываются зоны граничного слоя, имеющие большую плотность, что приводит к уменьшению течения полимерной матрицы на молекулярном уровне, определяющей реологические свойства.

Следовательно, повышение показателя вязкости композиционного материала при концентрациях резиновой крошки больше 60 % можно объяснить повышением доли ПНД, заключенного в наиболее плотные подуровни межфазных областей на линии соприкосновения ПНД-резиновая крошка.

Отличительной характеристикой композиционных материалов имеющем в своем составе резиновую крошку, может являться, то, что при ее содержании до 90 % система остается вязко текущей и характеризуется, как течением матрицы на основе ПНД, так и течением самого наполнителя.

Данные исследования позволяют утверждать о возможности создания нового класса композиционного материала, сочетающими в себе все основные характеристики резин, но простых в переработке.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демьянова В.С., Артамонова Ю.С., Гусев А.Д. Экономическая эффективность рециклинга автомобильных шин // Международный технико-экономический журнал. 2011. №4. С. 50-55.
2. Аминов О.А. Технологии переработки шин: перспективы применения // Твердые бытовые отходы. 2009. №3. С. 46-48.
3. Агаянц И.М., Оськин В.М., Корнев А.Е. Альбом технологических схем переработки эластомерных материалов (часть 2) // Учебно-методическое пособие. М.: ИПЦ МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2010, стр. 84
4. Демьянова В.С., Гусев А.Д., Денисова Н.А. Композиционный материал на основе регенерата резины и отходов пластика // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 22-24.

Gusev A.D., Petukhova N. A., Samoshina E.N., Zaytsev I.E.

#### RESEARCH OF RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIAL ON THE BASIS OF REGENERATNY RUBBER AND WASTE OF PLASTIC

*Rheological properties of composite material on the basis of plastic of low pressure and a rubber crumb depending on the maintenance of a filler and its morphological features of the waste of rubber products connected with way of mechanical processing are studied.*

**Key words:** rubber crumb, plastic waste, composite, резинопласт, rheology, specific surface, viscosity, fluidity.

<sup>1</sup>Чернышева Е.В., канд. техн. наук, доц.,<sup>1</sup>Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.,<sup>2</sup>Стаинов В.В., ген. дир.,<sup>2</sup>Стаинов В.Ф., техн. дир.,<sup>1</sup>Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова<sup>2</sup>ООО НЦЭ «БелЭкс»

## НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ

inna\_ad@mail.ru

В данной работе изложен алгоритм расчета сталебетонной плиты по нормальному сечению с использованием метода предельного равновесия. Получены выражения для определения предельной нагрузки при разрушении плиты по нормальному сечению как в случае приложения равномерно распределенной нагрузки, так и при нагружении центрально приложенной сосредоточенной силой.

**Ключевые слова:** сталебетонная плита, несущая способность.

Изучение новых направлений в области совершенствования строительных конструкций показывает, что одним из перспективных является использование внешнего армирования, выполняющего одновременно силовые, защитные, изоляционные и технологические функции [1...7]. Практика применения конструкций с внешним армированием в строительстве свидетельствуют об их конкурентоспособности с традиционными железобетонными. Одним из вариантов конструкций с внешним армированием являются сталебетонные плиты. Наибольший эффект от внешнего армирования достигается в изгибаемых в двух направлениях плитах перекрытия и покрытия благодаря тому, что плоский стальной лист, работая в условиях двухосного растяжения, повышает жесткость и несущую способность плиты. Для широкого распространения в практику строительства сталебетонных конструкций необходима разработка теории и методов их расчета.

Считая справедливым основные предположения метода предельного равновесия, обоснование которых применительно к сталебетонным плитам дано в работе [8], можно предложить следующий способ определения несущей способности из условия прочности нормальных сечений.

Будем предполагать, что разрушение плиты произойдет по схеме пологой пирамиды с вершиной в точке приложения силы (рис. 1). При этом величина  $h_i = \frac{s_2}{s_1} = const$  в стали и в бетоне

постоянная, или, по крайней мере, незначительно меняется с появлением в конструкции деформаций нелинейного характера. Тогда величина  $\eta_i$ , найденная из упругого расчета, будет

справедлива для точек плиты вдоль линии пластического шарнира в предельном состоянии.

Напряженное состояние в сечении перпендикулярном линиям пластического шарнира принято в следующем виде (рис. 2).

Спроектируем все силы, действующие в сечении на горизонталь

$$\sum X = 0: R_b x - \sigma_s A_s = 0 \quad (1)$$

откуда

$$x = \frac{\sigma_s A_s}{R_b} \quad (2)$$

Составим уравнение моментов всех сил относительно нейтральной линии

$$R_b \frac{x^2}{2} + \sigma_s A_s (h_0 - x) = dM_u \quad (3)$$

с учетом (2) после простейших преобразований найдём предельный момент по линиям пластических шарниров (рис 2)

$$M_u = \int_0^{l_i} A_s \bar{\sigma}_{si} \left[ h_0 - 0,5 A_s \bar{\sigma}_{si} / \bar{R}_{bi} \right] d\ell, \quad (4)$$

где  $l_i$  – длина некоторого  $i$ -того участка пластического шарнира;  $\bar{\sigma}_{si}$  и  $\bar{R}_{bi}$  – предельные напряжения в стальном листе и бетоне в направлении перпендикулярном к линии пластического шарнира с учетом двухосного напряженного состояния;  $h_0$  – рабочая высота сечения,  $A_s$  – площадь листовой арматуры на единице ширины пластического шарнира.

Вследствие изотропного характера армирования сталебетонных плит, направление линии пластического шарнира можно считать перпендикулярным к направлению главных площадок, следовательно, величина предельных напряжений, совершающих работу на виртуальных перемещениях, равна напряжениям на главной площадке. Тогда в соответствии с условием пла-

стичности по энергетической теории Мизеса, имеем:

$$\bar{\sigma}_{si} = \sigma_T / \sqrt{1 + \eta^2 - \eta}, \quad (5)$$

где  $\sigma_T$  – физический предел текучести при одноосном растяжении,  $\eta$  – изменяющаяся вдоль линии пластического шарнира величина соотношения напряжений на главных площадках.

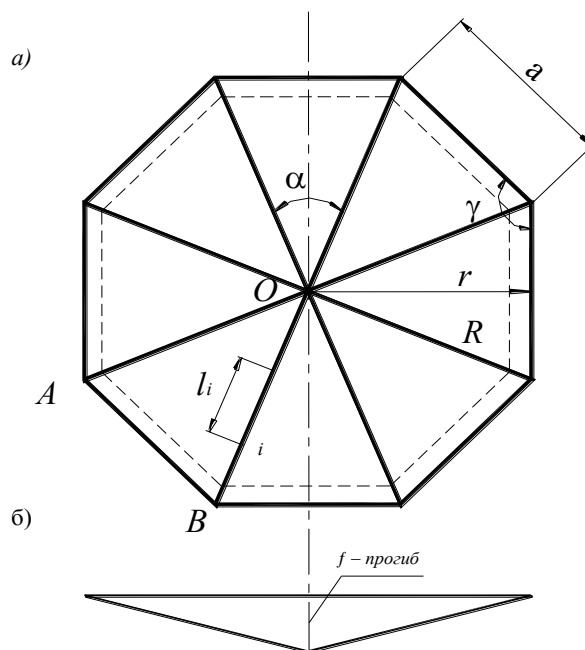


Рис. 1. Схема излома плиты:

а – схема излома плиты; б – эпюра прогибов в состоянии предельного равновесия

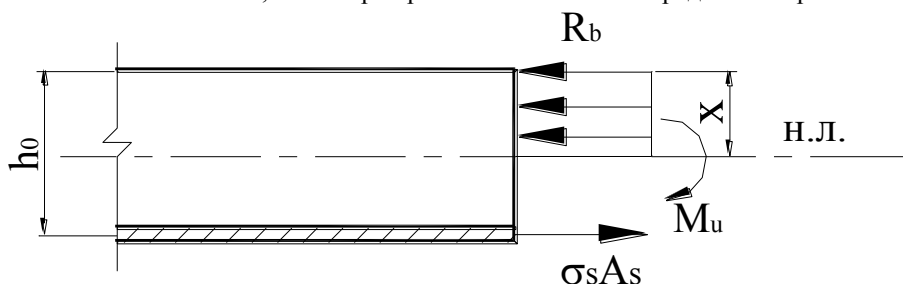


Рис. 2. Напряженное состояние по линиям пластических шарниров

Для определения прочности бетона  $R_{bi}$ , с учетом изменяющегося  $\eta$ , воспользуемся любым из имеющихся в литературе критерием. Как показывают численные расчеты, увеличение прочности до 30 % соответствующее двухосному сжатию, мало сказывается на величине предельного момента, поэтому для ориентировочного расчета в формуле (4) можно принять  $\bar{R}_{bi} = R_b$ , где  $R_b$  – прочность бетона при одноосном сжатии.

Закономерность изменения величины  $\eta = \sigma_2 / \sigma_1$  в явном виде очень сложна, поэтому вычисление предельного момента по формуле (4) производится численно. Для этого линия пластического шарнира разбивается на конечное число достаточно малых отрезков, в пределах которых можно считать  $\eta = const$ . Будем пред-

полагать, что в процессе нагружения с появлением в элементах конструкции деформаций нелинейного характера, перераспределение усилий с одного направления на другое незначительно. Тогда величина  $\eta$ , найденная из упругого расчета будет справедлива для точек плиты вдоль линии пластического шарнира в предельном состоянии.

Объем эпюры прогибов (рис. 1, б)  $V = \frac{1}{3} S f$ .

Площадь основания  $S = \frac{1}{2} n a r$ , где  $n$  – число сторон основания,  $a$  – сторона опирания пластины,  $r$  – радиус вписанной окружности для данного многоугольника. Следовательно

$$V = \frac{n a r}{6} f. \quad (6)$$



Работа внешних сил при равномерно распределенной нагрузке

$$W_q = qV = \frac{qnar}{6} f. \quad (7)$$

Работа внешних сил при центрально приложенной продольной силе

$$W_F = Ff. \quad (8)$$

Работа внутренних сил

$$A = -M_u \sum \phi_j a_j, \quad \phi_j = \frac{f}{r}, \quad (9)$$

где  $\phi_j = \frac{\partial W}{\partial n_j}$  – угол наклона грани эпюры прогибов,

прижимающей к  $j$ -й стороне контура опирания пластинки, в направлении перпендикулярном этой стороне;  $a_j$  – длина стороны опирания пластинки.

Приравняв между собой работу внешних и внутренних сил, получим выражение для определения предельной нагрузки при разрушении плиты по нормальному сечению

$$q_{np} = \frac{6M_u}{r^2}. \quad (10)$$

При нагрузке центрально приложенной сосредоточенной силой

$$F_{np} = \frac{8M_u a}{r} \quad (11)$$

где  $M_u = 8 \sum_{i=1}^m \frac{M_i}{m}$ ;  $m$  – число участков на которые разделена линия пластического шарнира.

Изложенный алгоритм расчета сталебетонной плиты реализован на ПЭВМ и позволяет при введении в программу радиуса окружности плиты, шага расположения анкеров и шага приращения получить усредненный предельный момент и предельную расчетную нагрузку. Варьирование вводимыми параметрами позволит оптимизировать конструкцию в целом [9...12].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений, 1990. № 2. С. 22-26.
2. Ватуля Г.Л., Орел Е.Ф., Ковальчук А.М. Экспериментальные исследования сталебетонных плит перекрытия // Збірник наукових праць.

Харьків, УкрДАЗТ. 2011. Вип. 126. С. 239-242.

3. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Эммануэль Я. Расчет сталебетонных плит с односторонним армированием // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2007. № 2. С. 33-37.

4. Ключев С.В., Гурьянов Ю.В. Внешнее армирование изгибаемых фибробетонных изделий углеволокном // Инженерно-строительный журнал. 2013. №1(36). С. 21-26.

5. Ключев С.В., Ключев А.В., Лесовик Р.В. Усиление строительных конструкций композитами на основе углеволокна // Germany. 2011. 123 с.

6. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Внешнее армирование конструкций композитами на основе углеродного волокна / Инновационные материалы и технологии: матер. Междунар. науч.-практ. конф., Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова. 2011. С. 239-243.

7. Ключев С.В. Усиление и восстановление конструкции с использованием композитов на основе углеволокна // Бетон и железобетон. 2012. № 3. С. 23-26.

8. Скоробогатов С.М., Бочагов В.П. О применении метода предельного равновесия к расчету несущей способности опертых по контуру плит с внешним листовым армированием // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1985. № 4. С. 1-5.

9. Лесовик Р.В., Ключев С.В., Ключев А.В. Основы оптимизации строительных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2008. № 2. С. 4-7.

10. Ключев С.В., Ключев А.В. Оптимальное проектирование строительных конструкций на основе эволюционных и генетических алгоритмов. 2011. 128 с.

11. Ключев С.В., Ключев А.В. Управление проектными параметрами в задачах оптимального проектирования // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2010. №.1 С. 15-20.

12. Лесовик Р.В., Ключев С.В., Ключев А.В. Оптимизация строительных конструкций на основе генетического алгоритма // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2010. №2. С. 20-24.

**Chernysheva E.V., Serykh I.R., Statinov V.V., Statinov V.F., Glagolev E.S.**

## BEARING CAPACITY OF STEEL CONCRETE SLABS ON NORMAL SECTION

*In this paper, the algorithm of calculation steel concrete slabs on normal cross-section using the method of limiting equilibrium has been presented. The expressions for calculation of ultimate load destruction of a slab normal cross section have been obtained as in the case of application of evenly distributed load as at load of centrally applied concentrated force.*

**Key words:** steel concrete slabs, bearing capability.

Радоуцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,  
Ветрова Ю.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА

zchs@intbel.ru

В статье приведены результаты теоретических расчетов звукоизоляции теплоизоляционных плит (пеностекла) и результаты экспериментальных исследований этих плит на акустическом стенде и в составе звукоизолирующих кожухов. Результаты исследований позволяют использовать теплоизоляционные плиты на основе пеностекла в качестве звукопоглощающих облицовок поверхностей производственных помещений или использовать в качестве звукопоглощающего слоя звукоизолирующих акустических экранов со стороны источника шума.

**Ключевые слова:** акустика, звукоизоляция, пеностекло, кожух, коэффициент звукопоглощения, ревербационный коэффициент.

**Введение.** Одним из важнейших свойств строительных материалов является их звукоизолирующая способность. Под звукоизолирующей способностью понимают снижение уровня шума после прохождения его через преграду.

Звукоизолирующая способность ограждения (дБ) от воздушного шума в общем виде определяется по формуле [1].

$$R = 10 \lg \left( \frac{1}{\tau} \right) \quad (1)$$

где  $\tau$  – коэффициент звукопроницаемости, представляющий собой отношение звуковой энергии, прошедшей через ограждение, к величине звуковой энергии падающей на него.

Новые строительные материалы, внедряемые в области промышленного и гражданского строительства, обладают, как правило, улучшенными строительно-физическими свойствами. Одним из важнейших свойств теплоизоляционных плит является низкая (150...250) кг/м<sup>3</sup> плотность, что придает им уникальные свойства [2].

Однослойные звукоизолирующие ограждения вследствие своей простоты и доступности имеют наибольшее распространение в практике борьбы с шумом.

Как показывают натурные измерения звукоизоляции, между расчетными и измеренными частотными характеристиками звукоизоляции однослойных ограждений из различных материалов зачастую имеются значительные расхождения [3].

Это объясняется недостаточным учетом при расчете всех факторов, влияющих на звукоизоляцию: косвенных путей распространения шума; характеристик потерь; условий закрепления и жесткости; резонансных эффектов; функций корреляции звукового давления и т.д.

Учет всех указанных факторов или даже некоторых из них значительно усложняет инженерный расчет звукоизоляции.

Цель работы – провести теоретические расчеты и экспериментальные исследования образцов теплоизоляционного материала (пеностекла) на звукоизолирующую способность.

**Методология.** В процессе работы был использован системный подход, включающий теоретические исследования и методы планирования и обработки результатов эксперимента.

**Основная часть.** Для проведения экспериментальных исследований было использовано пеностекло, созданное учеными БГТУ им. В.Г. Шухова, на основе дополнительного введения в состав готовой шихты карбонатной крупки, что позволяет создать в массиве пеностекла дополнительную систему пор эллипсной формы [4]. Средняя звукоизолирующая способность ограждения  $R$  (дБ) на частоте 500 Гц для ограждения со средней поверхностной плотностью до 200 кг/м<sup>2</sup> может быть определена по формуле [5]:

$$R = 13,51 \lg m + 13 \quad (2)$$

где  $m$  – средняя поверхностная плотность ограждения кг/м<sup>2</sup>.

Для теплоизоляционных плит (со средней плотностью 200 кг/м<sup>3</sup>) средняя поверхностная плотность при толщине 10, 20 мм составит 2, 4 кг/м<sup>2</sup> соответственно.

Для определения частотной характеристики звукоизолирующей способности ограждений в диапазоне частот от 125 до 4000 Гц необходимо к полученным по формуле (2) значениям прибавить следующие добавки [6]:

Частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
Поправка (дБ)	-8	-4	0	4	8	12

Теоретические расчеты звукоизолирующей способности плит в диапазоне частот от 125 до

4000 Гц с учетом поправки приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты теоретических расчетов звукоизоляции пеностекла**

Толщина плиты, (мм)	Средняя поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Снижение уровня звукового давления в октавных полосах на среднегеометрических частотах (дБ)					
		125	250	500	1000	2000	4000
10	2	9	13	17	21	25	29
20	4	13	17	21	25	29	33

Исследования проводились на акустическом стенде, представляющим собой бетонные заглушенные камеры между которыми герметично закрепляли образец пеностекла. Образец пеностекла помещали в проем между камерой высокого уровня с источником звука и камерой низкого уровня, где находился измерительный микрофон. В качестве источника шума использовался генератор звуковых сигналов ГС-33. Измерение величин уровней звукового давления производили измерителем шума и вибрации ВШВ – 003 – МЗ № 565 в диапазоне частот 63...8000 Гц.

Результаты экспериментальных испытаний ограждения из плит, толщиной 10 и 20 мм в диапазоне частот 63...4000 Гц приведены в табл. 2.

Сравнивая полученные результаты плит со звукоизоляцией однослойных ограждений можно сделать вывод, что звукоизолирующая способность выпускаемых плит составляет от 15 до 28 дБ на среднегеометрических частотах 63...8000 Гц и эти плиты могут использоваться для звукоизоляции промышленных зданий и сооружений наряду с теплоизоляцией.

Таблица 2

**Результаты экспериментальных испытаний теплоизоляционных плит**

Толщина плиты, (мм)	Средняя поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Снижение уровня звукового давления среднегеометрических частотах (Гц) в (дБ)						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
10	2	12	14	14	16	20	24	25
20	4	15	16	16	19	24	26	28

Результаты экспериментальных испытаний в сравнении с расчетными величинами плиты толщиной 10 мм приведены на рис. 1. Таким образом, выпускаемые теплоизоляционные плиты могут с успехом использоваться как для теплоизоляции, так и для звукоизоляции зданий и сооружений.

Для исследований звукоизолирующей способности теплоизоляционных плит использовалась также экспериментальная установка, состоящая из модели рабочего помещения. Внутри помещения установлен источник шума – электродвигатель и микрофон измерителя шума и вибраций.

Для измерения уровня звукового давления применялся измеритель шума и вибраций ВШВ – 003 – МЗ. В комплект экспериментальной установки входил также набор кожухов, внутренние поверхности которых облицованы различными строительными материалами, которыми укрывается источник шума при исследовании эффективности звукоизоляции. Структурная схема экспериментальной установки представлена на рис. 2.

Характеристика звукоизолирующих кожухов представлена в табл. 3.

Для проверки звукоизолирующих свойств теплоизоляционных плит использовался кожух,

облицованный с внутренней стороны этими плитами толщиной 30 мм, с коэффициентом звукопоглощения от 0,2 до 0,9 на среднегеометрических частотах 63...8000 Гц.

Требуемая звукоизоляция воздушного шума стенками кожуха в октавных полосах частот определялась по формуле [СНиП II-12-77]:

$$R_{ГР} = L - L_{доп} - 10 \lg \alpha_{обл} + 5 \text{ дБ} \quad (3)$$

где  $L$  – октавный уровень звукового давления, полученный по результатам измерений, дБ;  $L_{доп}$  – допустимый октавный уровень звукового давления на рабочих местах (по ГОСТ 12.1.003-83), дБ;  $\alpha_{обл}$  – реверберационный коэффициент звукопоглощения внутренней облицовки кожуха, определяемый по табл. 1, приложения 2 СНиП II-12-77.

Результаты лабораторных испытаний кожухов №1, №2 и кожуха с использованием пеностекла представлены в табл. 5 и рис. 3.

Анализируя результаты экспериментальных испытаний кожухов с различными звукопоглощающими материалами можно сделать вывод, что действительная звукоизоляция кожухов на всех частотах спектра больше, чем требуемая звукоизоляция  $R_{тр}$  для кожухов №1 и №2.

Звукоизолирующая способность пеностекла при использовании его в составе кожуха составляет от 17 до 45 дБ.

Расчет требуемой звукоизоляции кожуха представлен в табл. 4.

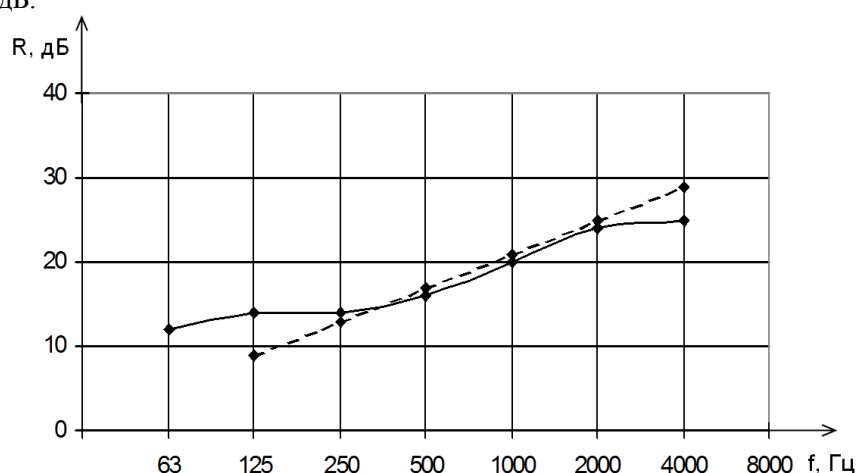


Рис. 1. Расчетные и измеренные значения звукоизоляции теплоизоляционных плит  
 ---- расчетные значения; — измеренные значения

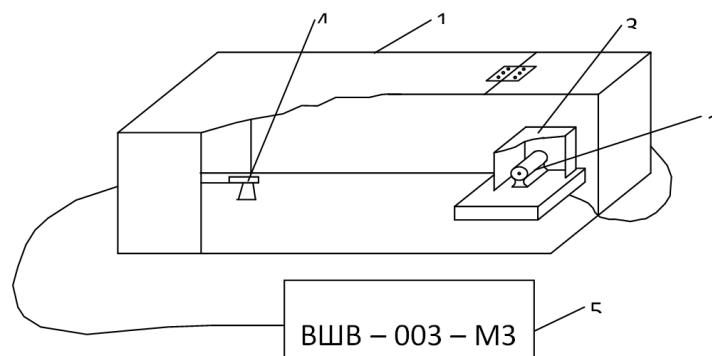


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки  
 1 – модель рабочего помещения; 2 – электродвигатель; 3 – защитный кожух; 4 – измерительный микрофон; 5 – измеритель шума и вибрации – ВШВ – 003 – М3

Таблица 3

### Характеристика звукоизолирующих кожухов

Номер кожуха	Облицовка внутренней поверхности кожуха	Реверберационный коэффициент звукопоглощения $\alpha_{обл}$ в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кожух 1	Плиты марки ПА/О, минераловатные акустические с несквозной перфорацией	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,2
Кожух 2	Плиты из супертонкого стекловолокна (ТУ 01-224-69) с оболочками из стеклоткани	0,1	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0

Таблица 4

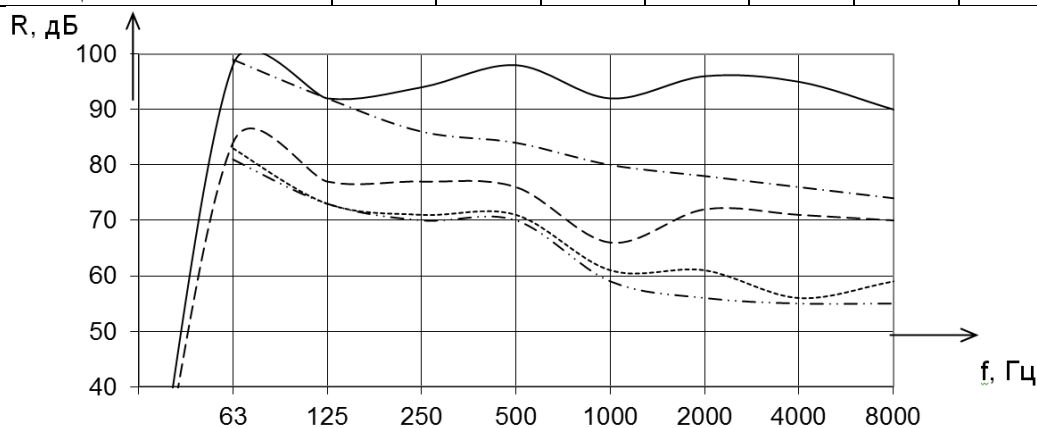
### Последовательность расчета

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L, дБ, по результатам измерений	98	92	94	98	92	96	95	90
L <sub>доп.</sub> по ГОСТ 12.1.003-83	99	92	86	83	80	78	76	74
$\alpha_1$ (кожух 1)	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,2
$\alpha_2$ (кожух 2)	0,1	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0
$10 \lg \alpha_1$	-16,9	-15,2	-7,6	-1,6	-0,08	-0,6	-3,4	-6,9
$10 \lg \alpha_2$	-10	-3,9	-0,7	-0,08	0	-0,3	-0,13	0
RTP <sub>1</sub>	20,9	20,2	20,6	21,6	17,1	23,6	27,4	28
RTP <sub>2</sub>	14	9	14	20	17	23	24	24

Таблица 5

## Звукоизолирующая способность кожухов

Звукоизоляция	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Без кожуха	98	92	94	98	92	96	95	90
Кожух №1	84	77	77	76	66	72	71	70
Кожух №2	83	73	71	71	61	61	56	59
Кожух с облицовкой пеностеклом	81	73	70	70	59	56	55	55



— уровень звукового давления без кожуха; ---- уровень звукового давления с кожухом №1;  
 - - - - - уровень звукового давления с кожухом №2; - · - · - · - допустимый уровень звукового давления

**Вывод.** Таким образом испытываемое пеностекло обладает достаточным ревербационным коэффициентом звукопоглощения в области частот 63...8000 Гц (от 0,2 до 0,9), что позволяет использовать его для применения в качестве звукопоглощающих облицовок поверхностей производственных помещений или использовать в качестве звукопоглощающего слоя акустических экранов со стороны источника шума.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеев Л.П., Усок В.Ф. Снижение шума на промышленных предприятиях. Киев. Техника. 1980. 143 с.
2. Радоуцкий В.Ю. Сравнительный анализ оптимальных параметров акустических материалов различного состава / Образование, наука, производство и управление в XXI веке // Материалы Международной научной конференции. Старый Оскол, 2004. С. 198-200.

3. Акустика. Справочник / под. общ. ред. М.А. Сапожкова. М.: Радио и связь. 1989. 157 с.

4. Шутов А.И., Моспан В.И., Воля П.А. Пеностекло как эффективный звукоизолирующий материал // Международный конгресс «Современные технологии в промышленности строительных материалов» / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №6. С. 57-61.

5. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Окунева Г.А. Исследование звукоизолирующих свойств строительных материалов и конструкций на основе пеностекла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. №4. С. 28-30.

6. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций. М.: Стройиздат. 1969. 180 с.

Radoutskyy V.Yu., Vetrova Yu.V.

# THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESOURCES SOUND-INSULATING OF ABILITIES OF HEAT-INSULATED PLATES ON THE BASIS OF FOAMED GLASS

In the article the results of theoretical calculations of sound proofing of heat insulating plates (foamglass) and the results of experimental researches of these plates on acoustic stand and consisting of sound proofing casings that allows to use heat insulating plates on the basis of foamglass as sound-absorbing revetments of surfaces of shopfloors or to use as sound-absorbing layer of sound proofing acoustic screens from sides of noise source are given.

**Key words:** acoustics, sound proofing, foamglass, casing, coefficient of sound absorption, reverbatory coefficient.

Рыжкова О.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОСОБЕННОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ФЕРМЕРСКИХ УСАДЕБ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

archisun@list

*Статья посвящена проблемам существования и развития фермерской усадьбы в Белгородской области. Раскрываются задачи, стоящие перед правительством, рассматривается его политика распределения земель РФ. Поднимается вопрос об актуальности жизни в сельской местности на фоне общего процесса урбанизации как в производственном, так и в социальном плане. Исследуется целесообразность проектирования фермерских усадеб на фоне растущих фирм-агрохолдингов. Проводится анализ сельскохозяйственных площадей в стране. Рассматривается вопрос увеличения площади земельных участков фермерских хозяйств. Исходя из выше сказанного, намечается путь решения земельной проблемы фермерских усадеб Белгородской области.*

**Ключевые слова:** фермерская усадьба, усадьба фермера, семейная ферма, агрохолдинг, земельная реформа, планировочная организация территории.

**Введение.** На фоне общего процесса урбанизации, сельской местности в настоящее время уделяется мало внимания. Однако сейчас на территории сельской местности проживает 38,2 млн. жителей (достаточно большой показатель), необходимо сосредоточить внимание на этом факте.

На сегодняшний день считается, что деревня постепенно вымирает. В 1980-е годы сельское население РСФСР сократилось на 3,7 млн. человек. Но с 1992 по 2000 годы процесс пошел в обратную сторону, и количество крестьян увеличилось на 1,3 млн. человек. С тех пор существует уверенная тенденция роста этих показателей.

Что касается состава населения данной территории, то четверть работников – мужчины до 30 лет, из которых у 7 % высшее образование, а у 18 % – среднее профессиональное. Этот фактор говорит о том, что база для создания качественных конкурентоспособных фермерских хозяйств существует, а следовательно правительству необходимо больше внимания уделять мелким предпринимателям.

Производство на селе поднимается с колен. Постепенно растут стада, а по птице – давно удалось превзойти эталонный советский уровень. Резко поднялась урожайность, и в целом село стало гораздо продуктивнее. Например, сейчас уже нет тех потерь, что бывали при перевозке, уборке и хранении сельхозпродукции.

**Основная часть.** Как мы видим, сельскохозяйственные территории содержат в себе огромный потенциал, который необходимо рационально использовать, не откладывая решения данной задачи в долгий ящик. Для того чтобы приступить восстановлению статуса сельской жизни, нам необходимо выявить те проблемы, с которыми приходится сталкиваться среднестатистическому крестьянину.

Одна из ключевых и самых главных проблем – с 1917 г. власти так и не выполнили знаменитое обещание. Земля не досталась крестьянам. Вот доказательство: в России – 450 млн. га земель, из них 166 млн. га – сельхозугодия. В руках агрохолдингов 132,3 млн. га. Малые крестьянские хозяйства имеют лишь 16 млн. га, а личные участки занимают 2,8 млн. га. Причем 20 % этой земли (1,5 млн. участков) – заброшено. Так что пока, о развитии фермерского хозяйства не приходится говорить. В такой ситуации фермерам просто не дают возможности развернуться. Средний размер крестьянского надела настолько мал (0,4) га, что говорить о производстве высококачественной продукции хотя бы для нужд самого фермера не имеет смысла.

С начала 2000-х годов агрохолдинги начали завоевывать потребительский рынок. На рабочие места предпочтительно нанимаются приезжие люди без образования, не требующие высокой оплаты труда. В итоге, коренное население фактически остается без работы. По опросам, 57 % сельчан хотели бы пойти на работу в хозяйства. Но для них – мест нет.

Политика правительства слабо поддерживает сельское население в этом плане. По статистике доля земли в частной собственности есть у 14,5 млн. жителей РФ. Всего население – 145 млн. человек. Следовательно, землей владеет лишь одна десятая населения. Если же теоретически поделить земельное богатство страны на всё население, каждый станет крупным землевладельцем. Получится около 10 с небольшим гектар на каждого. Семья из трех человек получит громадный участок. Это решило бы проблемы не только аграрного характера, но и социального.

На самом деле, у государства есть программы по раздаче бесплатных земель различным привилегированным категориям граждан

(например, закон о родовых поместьях в Белгородской области). Но в реальности обещания не работают, либо работают неправильно. Во многих регионах даже самые первоочередные льготники ждут земли по пять лет и больше.

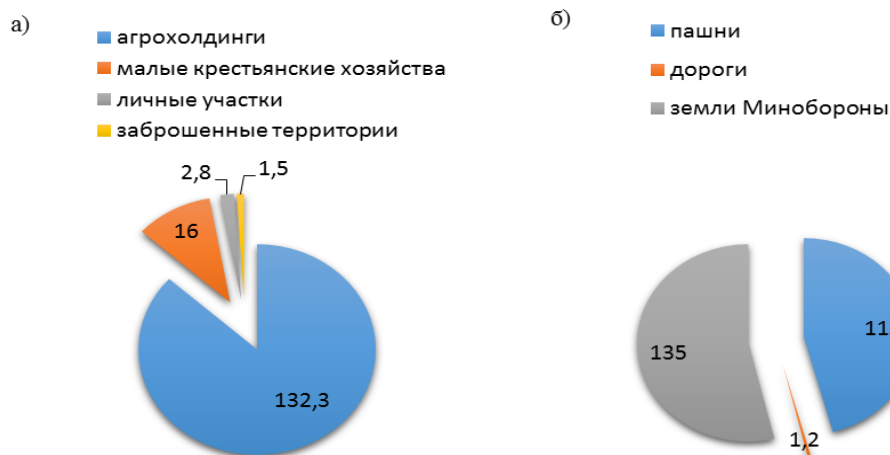


Рис. 1. а – диаграмма распределения земель Российской Федерации (млн. га);  
б – доли сельскохозяйственных земель страны (млн. га)

Причем почти вся госземля – федеральная, что странно, ведь в Конституции РФ четко прописано, что земля нашей страны принадлежит народу. Такая политика, суть которой поощрение деятельности агрохолдингов и крупных предпринимателей есть часть гораздо более масштабного плана. Он предполагает следующее. Чиновники уверены – в ближайшие 10...15 лет в стране возникнут восемь "городов – агломераций". Каждый с населением в десятки миллионов человек. Они станут такими же центрами притяжения рабочей силы, как сейчас Москва и Санкт-Петербург. Постепенно туда стянется 90 % населения, освободив сельскохозяйственные территории для различных корпораций.

Но это рискованный проект. За два года его реализации импорт продовольствия вырос с 17,4 до 27,6 млрд. долларов. Затем, за первый год выполнения госпрограммы, ещё на 9 млрд долларов. По сравнению с 2005 г. – рост более чем в два раза. Тем временем доля аграрного сектора в ВВП страны сократилась на порядок – до 1 %. При том, что на селе – 27 % населения [2].

При всей неэффективности работы агрохолдингов, государство все равно поддерживает их деятельность. Как пишут в статье "Новости АПК России": "Минсельхоз России на федеральном уровне поддерживает проекты интеграции крестьянских фермерских хозяйств с крупными сельскохозяйственными товаропроизводителями". Делают они это путем субсидирования процентных выплат по инвестиционным кредитам, а также некоторыми другими способами. Например, в Ростовской области взаимо-

Согласно данным Росреестра, земли РФ в общей сложности 1,6 млн. га. Из них 115 млн. га отдано под пашни, 1,2 млн. га выделено под дороги, 135 млн. га – земли Минобороны. В частной собственности только 7 % земельного фонда. Тогда как у государства – 92 % (рис. 1) [1].

действие крупных предприятий с малыми осуществляется в виде обеспечения граждан, ведущих личное подсобное хозяйство, кормами, минеральными удобрениями, семенным материалом, средствами защиты растений, а также молодняком сельскохозяйственной птицы и животных на договорной основе. В это же время, в Брянской области крупные перерабатывающие предприятия агропромышленного комплекса взаимодействуют с КФХ путем приобретения производимой фермерами сельхозпродукции на договорных началах. Всё это, естественно, делает малые хозяйства все более зависимыми от агрохолдингов, ведь вся полученная продукция потом отдается в руки крупных предпринимателей и неизвестно насколько ощутимой может быть польза от таких действий.

Из этого можно сделать вывод, что поглощение крестьянского фермерского хозяйства во многих областях уже началось. Сейчас оно завуалировано под помощь и поддержку агрохолдингам, но на самом деле вскоре границы сотрутся, и исчезнет уникальность фермерской продукции. Фермерам надо предоставить поддержку для индивидуального развития, чтобы сохранить индивидуальные особенности производства и качества продукции.

Крупные агрохолдинги, как правило, возникают из крупнейших городов России. Одним из путей развития КФХ является устойчивое социальное и экономическое развитие территорий малых городов. Существование и функционирование малых городов нашей области, а также их развитие представляется объективно не-

обходимым, поскольку именно они способны быть связующим звеном в достаточно большом и многообразном социальном и физическом пространстве Белгородчины [4].

Также не стоит забывать и о заповедных и самобытных местах Белгородчины. Туристический бизнес может являться образующим усадьбу фермера, и даже стать основным доходом. Данная отрасль хозяйства тоже требует больших земельных ресурсов, нетронутых сельхозтехники или восстановленных природных пейзажей. Развитие сельского туризма – включает себя формирование территорий туристического назначения, в частности создание музейно-туристских комплексов в малых городах и сельских поселениях Белгородской области [5].

Для этого необходимо развивать качество жизни на селе. Одним из, безусловно, важных факторов развития является модернизация производственных мощностей фермера. Для успешной конкуренции с агрохолдингами, фермерским угодьям необходима современная техника, отлаженная система водо- и газообеспечения, жилье, построенное по новейшим технологиям. Это даст толчок к развитию сельского хозяйства, освоению заброшенных территорий.

**Вывод.** Таким образом, мы приходим к выводу о том, что невозможно устроить полноценное, конкурентоспособное фермерское хозяйство на той территории, которую имеет сейчас подавляющее большинство землевладельцев (0,4 га). И даже в случае закона о родовых поместьях, где на семью выделяется 1,2 га [3], данной площади будет достаточно лишь для удовлетворения нужд самого фермера.

Так что можно сделать вывод о том, что для наиболее полноценного развития фермерской усадьбы и выхода ее на внешний рынок необходимо увеличение ее площади. Данное условие также можно осуществить путем долгосрочной аренды участков земли у государства. Это также позволит фермерскому хозяйству существовать, развиваться и успешно конкурировать с крупными агрохолдингами.

Ресурс земли – это тот ресурс, которым Россия владеет, пожалуй, даже в большей мере, чем необходимо работающему сельскому населению. Возможно стоит задуматься и использовать его более рационально.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К. Гурдин, Земля на столе президента // Агромакс. 2014. № 3 [55]. С. 16-18.
2. К. Гурдин, Селовое решение // Агромакс. 2014. № 3 [55]. С. 6-8.
3. Федеральный конституционный закон от 18 февраля 2010 г., в ред. законов Белгородской области от 03.05.2011 № 36, от 31.10.2013 № 239 "О родовых усадьбах в Белгородской области".
4. Перькова М.В. Малые города как фактор устойчивого развития территорий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 63-66.
5. Крушельницкая Е.И. Приоритетные направления градостроительного формирования территорий туристического назначения в Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 49-53.

**Ryzhkova O.S.**

## FEATURES EXISTENCE AND DEVELOPMENT OF FARMING ESTATES IN THE BELGOROD REGION

*The article investigates the existence and development of farm estates in the Belgorod region. Reveals the challenges facing the government considered its land distribution policy of the Russian Federation. Raises questions about the relevance of life in rural areas with the overall process of urbanization both in production and in social terms. Reveals the feasibility of designing farm estates amid growing companies of agricultural holdings. The analysis of agricultural land in the country. The question of increasing the area of land farms. On the basis of the above, planned way to solve the problem of farmers' land estates of the Belgorod region.*

**Key words:** farm homestead, homestead farmer family farm, agricultural holding, land reform, planning organization of the territory.



*Шошин Е.А., канд. техн. наук, доц.  
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина  
Былинкина Н.Н., н. с.  
Институт химии Саратовского государственного университета*

## УГЛЕВОДЫ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ НАНОФАЗЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Shoshin234@mail.ru

*Исследования изменений электрокинетического потенциала модифицированных углеводами цементных суспензий выявили колебательные процессы во время индукционного периода гидратации цемента. Микроскопическое исследование выявило изменения в характере нанofазы цементного камня, рентгенофазовый анализ выявил существенное обеднение кристаллических фаз модифицированных составов по сравнению с контрольным.*

**Ключевые слова:** цементный камень, углеводы, электрокинетический потенциал, рентгенофазовый анализ, микроскопический анализ, наночастицы.

Индукционный период гидратации цемента – одна из наиболее важных стадий гидратационного процесса, в ходе которой закладываются основные параметры будущего цементного камня [1]. Основной особенностью индукционного периода является низкая скорость гидратационных процессов и тепловыделение системы близкое к нулю. Существуют различные мнения о природе процессов происходящих в этот период в цементной системе: в большинстве случаев предполагают механическое блокирование поверхности клинкерных частиц поверхностными пленками из продуктов гидратации цемента и последующее их разрушение в ходе уплотнения [2, 3], либо под действием сил осмоса [4, 5]. Однако ряд авторов считают, что индукционный период имеет кинетическую природу и связан с процессами зародышеобразования и кристаллизации [6...9].

Наблюдение, косвенно подтверждающее последнюю точку зрения, сделали авторы [10], обнаружив в ходе калориметрических исследований гидратации  $C_3S$  экзотермический эффект, соответствующий образованию на поверхности частиц  $C_3S$  наночастиц цементного геля. Дальнейшие исследования различных видов портландцемента показали, что обнаруженный экзотермический эффект является характеристическим и связан с началом лавинообразного формирования на поверхности клинкерных частиц наночастиц  $C-S-H$ -геля [11]. Указанный экзотермический эффект проявляется в конце индукционного периода, его величина и временное положение зависят от удельной поверхности исходного портландцемента. Образование частиц новой фазы не может не отразиться на электрокинетических характеристиках цементной системы. Предварительная проверка этой гипотезы показала, что окончание индукционного периода гидратационного процесса цементной пасты сопровождается скачко-

образным ростом электрокинетического потенциала системы [12].

Современные бетоны – сложные композиции, в составе которых, как правило, присутствуют органические вещества-добавки различной природы и назначения. Высокая удельная поверхность нанообразований неизбежно приведет к адсорбции на их поверхности в том числе и органических добавок, присутствующих в водной фазе. Присутствие же органического адсорбата на поверхности наночастиц может существенно изменить эволюционный путь развития нанofазы [13]. Учитывая последнее, было предпринято сравнительное исследование развития электрокинетического потенциала модифицированных цементных систем во время и после индукционного периода гидратации.

Исследование  $Z$ -потенциала модифицированных цементных систем применяется достаточно давно [1, 14...16]. Целью этих исследований, как правило, является определение поверхностного заряда отдельных гидратных фаз ( $C-S-H$ -гель, эттрингитовые фазы, гипс) в зависимости от ионной силы и pH раствора, характера ионов, температуры и определения особенностей адсорбции пластификаторов и других добавок на этих фазах. Исследованию  $Z$ -потенциала в динамике гидратационных процессов должно было уделяться внимание.

В качестве объекта исследования был выбран бездобавочный цемент вольского завода ПЦ 400 Д0, аналогичный по химическому составу исследованному авторами [10] и характеризующийся удельной поверхностью  $S_{уд} = 3900 \text{ см}^2/\text{г}$ . В качестве модифицирующих органических добавок были использованы изомерные дисахариды сахара, лактоза и мальтоза (рис. 1, а–в).

Такой выбор был обусловлен несколькими причинами: с одной стороны, дисахариды не участвуют в процессах диссоциации и, следова-

тельно, будут индифферентны к величине и знаку поверхностного заряда как наночастиц, так и клинкерных минералов; с другой стороны, специфические взаимодействия (водородная связь) углеводов с поверхностью как алюминатных так и силикатных фаз определяется пространственной ориентацией гидроксильных групп дисахарида [17] и, следовательно, каждый углевод будет формировать уникальные по свойствам адсорбционный комплекс и двойной электрический слой (ДЭС).

В качестве инструмента наблюдения, позволяющего отслеживать изменения электрокинетических свойств частиц в жидкой фазе, был выбран метод регистрации электрокинетического потенциала методом динамического рассеяния света, реализованный в системе для характеристики наночастиц Malvern Zetasizer Nano ZS, («Malvern», Великобритания), мощность лазера  $10 \text{ мВт/см}^2$ , угол рассеяния  $173^\circ$ . Визуальные изменения в характере наночастиц контролировались с помощью просвечивающего электронного микроскопа CarlZeiss Libra 120.

Измерения проводились в Центре коллективного пользования научным оборудованием в области физико-химической биологии и нанобиотехнологии «Симбиоз» Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук (ИБФРМ РАН).

Препараты для измерения представляли собой 1,5 % суспензии цемента в деионизированной воде Milli-Q, подвергнутые кратковременной (30 с) обработке в ультразвуковой бане (УЗУМИ-05, Трима, Россия). Для увеличения точности измерения, подготовленные препараты подвергали кратковременной изотермической выдержке (1 мин), в ходе которой происходила седиментация грубых частиц цемента, что поз-

волило сконцентрировать в жидкой фазе частицы размером до  $2...3 \text{ мкм}$ .

Высокие В/Ц отношения вводят определенные искажения в гидратационный процесс, однако позволяют минимизировать взаимную коагуляцию эттрингита и С-S-H-фазы [16], минимизировать взаимодействие углеводов и частиц портландита (потенциальное количество гидролитической  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  незначительно превышает порог растворимости  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в воде) и увеличить число наночастиц в жидкой фазе.

Согласно общим представлениям о кинетике гидратационных процессов, первые 30 мин гидратации включают в себя прединдукционный период, когда наблюдается активный гидролиз силикатов и насыщение водного раствора гидроокисью кальция [1]. Анализ кинетических кривых показывает, что в этот период активной адсорбции углеводов не наблюдается – во всех рассмотренных составах начальная величина Z-потенциала фактически одинаковая (разница находится в пределах экспериментальной ошибки). Хотя нельзя исключать конкурирующего процесса взаимодействия дисахаридов с растворенным  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Дальнейший рост Z-потенциала как модифицированных, так и контрольного составов имеет индивидуальный характер, что, по-видимому, связано с образованием поверхностных углевод-силикатных комплексов [17] и изменением структуры адсорбционной (Штерновской) части двойного электрического слоя. Наблюдения показали, что кинетические кривые приобретают колебательный характер, а частота и амплитуда колебаний определяются модифицирующим углеводом. Среди рассмотренных углеводов выделяется лактоза, в присутствии которой колебательный процесс начинается уже через 60 мин гидратации.

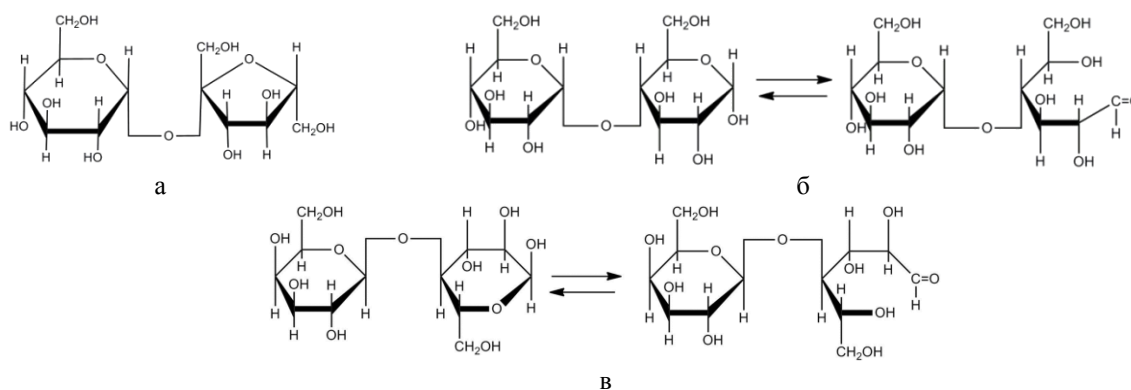


Рис. 1. а – сахароза, б – мальтоза и ее таутомер, в – лактоза и ее таутомер

Сравнительный анализ представленных кинетических кривых изменения Z-потенциала модифицированных цементных паст показал, что если на кинетической кривой контрольного состава наблюдается один широкий экстремум

(в интервале  $180...240 \text{ мин}$ ), то на кинетических кривых модифицированных составов наблюдается от 2 до 4 максимумов различной протяженности и интенсивности. Общим для всех модифицированных составов является более крутой

по сравнению с контрольным тренд увеличения Z-потенциала системы (рис. 2, табл. 1). Большой по сравнению с контрольным составом Z-потенциал модифицированных цементных паст объясняется внедрением в адсорбционный слой ДЭС объемных молекул углеводов и ростом электрокинетического потенциала в результате вытеснения противоионов в диффузную часть ДЭС. С развитием адсорбционных процессов величина Z-потенциала модифицированной системы предсказуемо увеличивается.

Колебательный же характер наблюдаемых процессов свидетельствует либо о наличии адсорбционно-десорбционных процессов, обусловленных изменениями структуры поверхности растущих наночастиц цементного геля, либо изменениями эволюции наночастиц в присутствии углеводов [13]. Характерно, что изменения в кинетических кривых носят строго индивидуальный характер и однозначно связаны с пространственной структурой модифицирующего углевода.

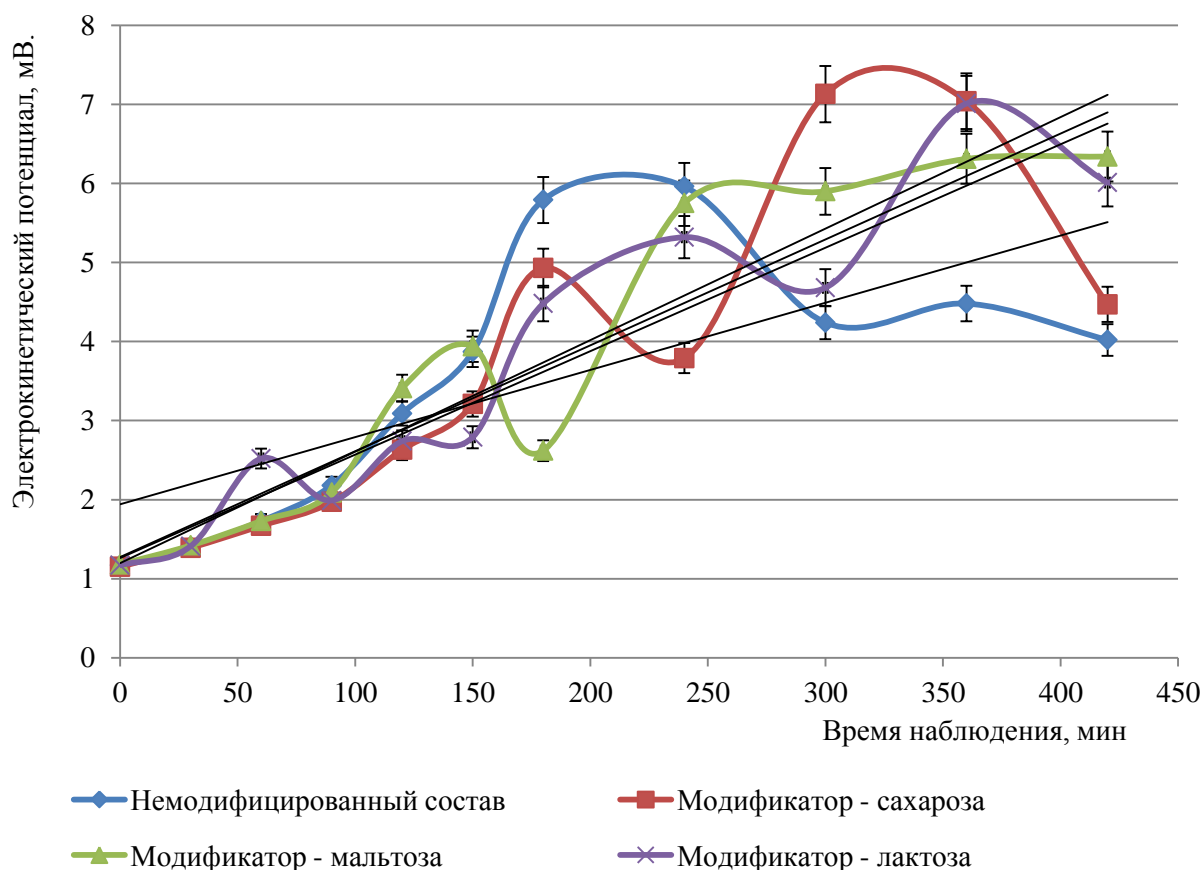


Рис. 2. Изменение электрокинетического потенциала цементных паст, модифицированных дисахаридами (содержание углеводов 0,003 моль/100 г цемента)

Таблица 1

**Изменения электрокинетического потенциала (мВ) модифицированных дисахаридами цементных суспензий во времени**

Время наблюдения (экспозиция), мин	Модификатор (3 ммоль/100 г цемента)			
	-	сахароза	мальтоза	лактоза
0	1,17	1,15	1,18	1,17
30	1,41	1,39	1,42	1,41
60	1,73	1,67	1,73	2,52
90	2,18	1,97	2,09	1,99
120	3,09	2,63	3,41	2,74
150	3,87	3,21	3,94	2,79
180	5,79	4,93	2,62	4,48
240	5,96	3,79	5,75	5,32
300	4,24	7,13	5,9	4,68
360	4,48	7,04	6,31	7,01
420	4,02	4,47	6,34	6,01

Исходя из теоретических представлений об эволюции наносистем [13] цементную суспензию в индукционном периоде следует рассматривать как систему, находящуюся в состоянии активного роста и развития (первая стадия эволюции наносистем) – в условиях роста концентрации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_3^+$  формируются разнообразные по свойствам наночастицы (зародышевая фаза), которые находятся в конкурентных отношениях между собой. К моменту достижения порога насыщения раствора по  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (скорость роста концентрации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  падает до нуля) первая стадия развития цементной суспензии как наносистемы заканчивается и начинается вторая стадия развития наносистемы – старение и компактизация: наиболее устойчивые формы наночастиц становятся доминирующими и определяют характер последующего

фазообразования – выпадения частиц цементного геля. В этом смысле, жидкая фаза цементной суспензии является своеобразным реактором, где формируется нанофаза, определяющая параметры цементного геля. Присутствующие в модифицированных системах углеводы вмешиваются в описанный процесс, посредством адсорбции стабилизируя те или иные наноформы, нехарактерные для немодифицированных цементных систем. В результате в растворе растет число относительно стабильных наноформ гидратных образований, обостряются процессы конкуренции между ними (увеличение амплитуд колебаний кинетических кривых Z-потенциала), а рост растворимости  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в присутствии углеводов позволяет значительно продлить первую стадию активного роста и развития «цементной» наносистемы.

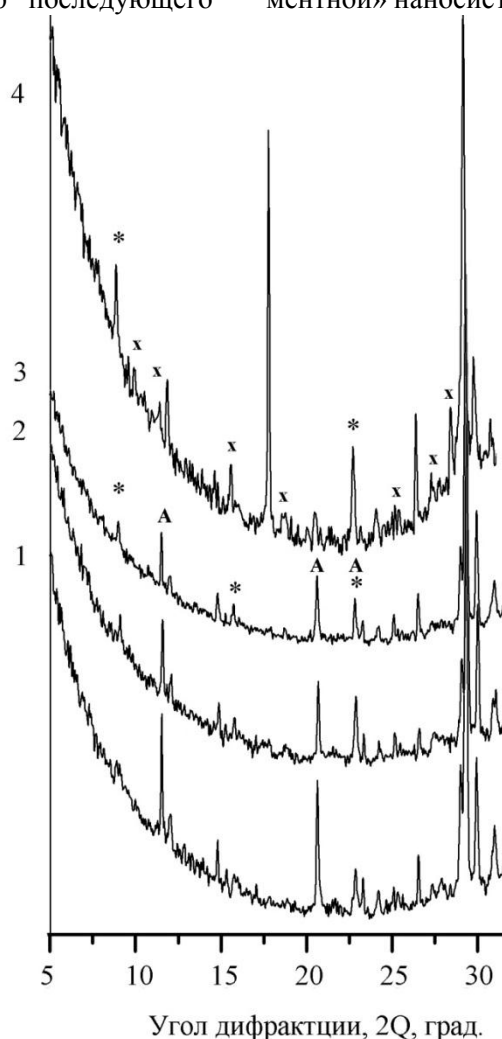


Рис. 3. Дифрактограммы модифицированных образцов:

Модификаторы: 1 – сахароза, 2 – мальтоза, 3 – лактоза, 4 – контрольный состав.

\* – этtringитовые фазы, А –  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6 \cdot 8-12\text{H}_2\text{O}$ , X – кристаллические фазы контрольного состава, отсутствующие в модифицированных составах

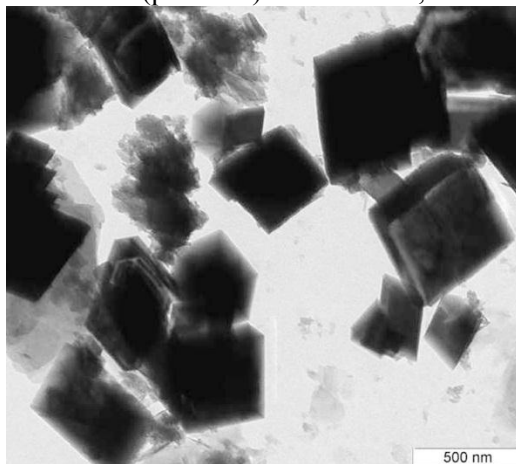
Естественно предположить, что различные углеводы формируют индивидуальный набор стабильных наноформ гидратных образований, что может проявиться в изменении фазового состава цементного камня, сформировавшегося,

например, на 1 сутки гидратации. Однако подробный фазовый анализ дифрактограмм модифицированных составов выявил отсутствие принципиальных различий в составе кристалли-

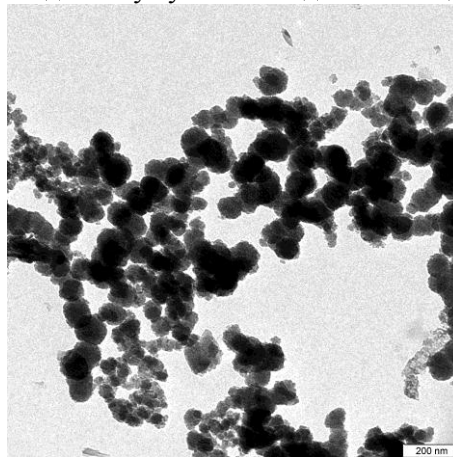
ческих фаз и, одновременно, выявил общие черты, отличающие их от контрольного состава.

Авторы [17] показали, что в присутствие углеводов наиболее активно гидратируются алюминатные фазы, тогда как гидратация алита максимально пассивируется. Анализ дифрактограмм подтвердил эти данные, выявив в качестве основных кристаллических фаз гидроалюминат  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6 \cdot 8-12\text{H}_2\text{O}$  и этtringитовые фазы (наиболее вероятно присутствие  $\text{Ca}_6\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 25-27\text{H}_2\text{O}$ ) (рис. 3.1...3.3). Однако сравнение с дифрактограммой контрольного состава (рис. 3.4) показывает, что в

составе контрольного образца на 1-е сутки гидратации присутствует значительно большее количество кристаллических фаз (отмечены X). Этот факт следует интерпретировать не как остановку гидратационных процессов в присутствии углеводов, но как признак преимущественного образования рентгеноаморфных фаз [18, 19]. Кальций-силикат-гидраты, обладая чрезвычайно высоким уровнем структурной сложности, могут иметь структуры от полукристаллических до почти аморфных, практически не фиксируемых дифракционным методом [20] и углеводы могут увеличить долю последних.

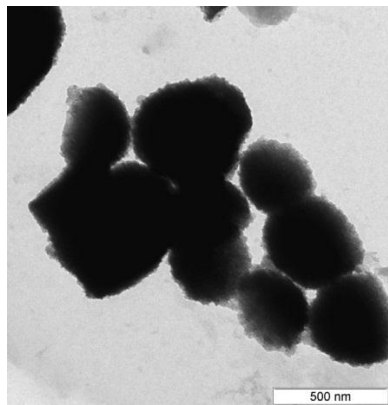


а

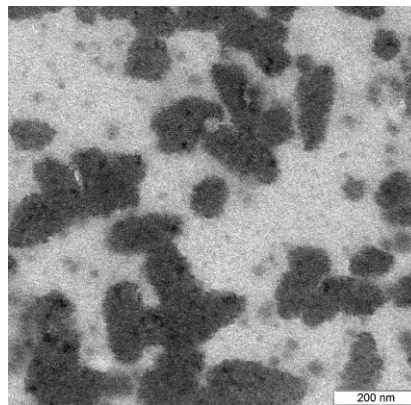


б

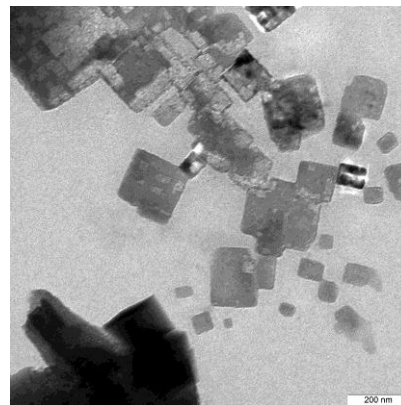
Рис. 4. Характеристические наноструктуры немодифицированного портландцемента



а



б



в

Рис. 5. Характеристические наноструктуры портландцемента, модифицированного:  
а – сахарозой, б – мальтозой, в – лактозой

И действительно, электронная микроскопия показала наличие в составе нанопазы модифицированного цементного камня помимо кубических кристаллов алюминатов и сферических наночастиц цементного геля ( $d=30-40\text{nm}$ ) (характерных и для контрольного состава, рис. 4 а,б) крупных ( $d = 100...500\text{ nm}$ ) элементов неправильной формы, предположительно продуктов компактизации первичных наночастиц геля (рис. 5, а, б).

Особое внимание привлекает лактоза, в присутствие которой в системе накапливаются крупные ( $d > 100\text{ nm}$ ) кристаллоподобные элементы (рис. 5, в). Их «выбеливание» под электронным пучком свидетельствует об их низкой плотности, что указывает на высокое водосодержание и/или наличие в структуре углевода.

Таким образом, изменения электрокинетического потенциала на протяжении индукционного периода гидратации цемента являются чувствительным индикатором изменения характера

процессов взаимодействия углеводов с гидратирующей цементной системой. Взаимодействие дисахаридов с зародышевой фазой цементного камня определяется пространственным расположением ОН-групп углевода, формирующих водородные связи с гидросиликатами. Результатом такого взаимодействия является с одной стороны, обеднение состава кристаллических фаз в цементном камне суточного возраста, а с другой – появление в составе нанофазы цементного камня продуктов компактизации наночастиц цементного геля, характер которых определяется природой модифицирующего углевода.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рамачандран В.С., Фельдман Р. Ф., Коллепарди М. Добавки в бетон: Справочное пособие. – М., Стройиздат, 1988. 575 с.
2. Brown P.W., Galuck K., Fronsdorff G. A kinetic model for the Hydration of tricalcium silicate // Cem. Concr. Res. 1985. №15. pp. 35-41.
3. Jennings H.M. Aqueous solubility relationship for two types of calcium silicate hydrate // J. Am. Ceram. Soc. 1986. v.69. №8. pp. 614-618.
4. Double D.D. New developments in understanding the chemistry of cement hydration // Phil. Trans. R. Soc. Lond. 1983. A 310. pp. 53-66.
5. Birchall J.D., Howard A.J., Bailey J.E. On the hydration of Portland cement // Proc. R. Soc. Lond. 1978. A360. pp. 445-453.
6. Fierens P., Verhagen J.P. Hydration of tricalcium silicate in paste – kinetics of calcium ions dissolution in the aqueous phase // Cem. Concr. Res. 1976. №6. pp. 337-342.
7. Odler I., Dörr H. Early hydration of tricalcium silicate II. The induction period // Cem. Concr. Res. 1979. №9. pp. 277-284.
8. Wu Z.-Q., Young J.F. Formation of calcium hydroxide from aqueous suspension of tricalcium silicate // J. Am. Ceram. Soc. 1984. v.67. №1. pp. 48-52.
9. Коупленд Л.Е., Вербек Дж. Дж. Структура и свойства затвердевшего цементного теста // VI Междунар. конгр. по химии цемента. - Т.2, книга 1.-М.: Стройиздат, 1976. 258 с.
10. Makar J.M., Chan G.W., Esseghaier K.Y. A peak in the hydration reaction at the end of the cement induction period // Journal of materials science. 2007. v.42. №4. pp. 1388-1392.
11. Makar J.M., Chan G.W. End of induction period in ordinary Portland cement as examined by high-resolution scanning electron microscopy // Journal of the American ceramic society. 2008. v.91. №4. pp. 1292-1299.
12. Шошин Е.А., Иващенко Ю.Г., Широков А.А., Руфимский П.В. Влияние фазовых переходов на электрокинетический потенциал дисперсной фазы цементной пасты // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2014. №1. Вып.74. С. 108-111.
13. Мелихов И.В. Тенденции развития нанохимии // Рос. Хим. Журнал. 2002. Т.46. №5. С.7-14.
14. Lucia Ferrari, Josef Kaufmann, Frank Winnefeld, Johann Plank. Interaction of cement model systems with superplasticizers investigated by atomic force microscopy, zeta potential, and adsorption measurements. // Journal of Colloid & Interface Science. 2010. № 347 pp. 15-24.
15. Plank J, Hirsch C. Impact of zeta potential of early cement hydration phases on superplasticizer adsorption // Cement and concrete research. 2007. V.37. pp. 537-542.
16. Zingg A., Winnefeld F., Holzer L., Pakusch J., Becker S., Gaucier L. Adsorption of polyelectrolytes and its influence on the rheology, zeta potential, and microstructure of various cement and hydrate phases // Journal of Colloid and Interface Science. 2008. 323. pp.301-312.
17. Smitha B. J., Rawala A., Funkhouser G. P., Robertsc L. R., Guptad V., Israelachvilia J. N., Chmelka B. F. Origins of saccharide-dependent hydration at aluminate, silicate, and aluminosilicate surfaces // PNAS. 2011. v.108. № 22. pp. 8949–8954.
18. Maria C. Garci Juenger., Hamlin M. Jennings. New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes // Cement and Concrete Research. V.32, 2002. Pp.393-399.
19. Шошин Е.А. Особенности влияния моно- и дисахаридов на процессы формирования гелевой фазы цементного камня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 28-32.
20. Taylor, H.F.W. Cement Chemistry. 2-nd ed., Thomas Telford, London, 1997. p. 475.

**Shoshin E.A., Bylinkina N.N.**

### CARBOHYDRATES AS A WAY TO CONTROL THE STRUCTURE OF CEMENT STONE NANOFAZY

*The zeta-potential of early cement hydration phase is high sensitivity to the presence of carbohydrates. Carbohydrates are forming the oscillatory processes during the induction period of cement hydration. Microscopic examination revealed a change in the nature of cement stone nano-phase.*

**Key words:** Modified cement stone, carbohydrates, zeta-potential, x-ray diffraction analysis, microscopic examination, nano-particles.



Абакумов Р.Г., канд. экон. наук, доц.  
Рахматуллин А.Р., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## АСПЕКТЫ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РЕВИТАЛИЗАЦИИ В ГОРОДЕ БЕЛГОРОДЕ

abakumovrg2000@mail.ru

*В статье рассматриваются аспекты объемно-планировочных и конструктивных решений производственных зданий, определяющие эффективность их реконструкции и перепрофилирования на примере города Белгорода. Предлагаются методические аспекты определения эффективности реконструкции и перепрофилирования на основе объемно-планировочных и конструктивных особенностей производственных зданий.*

**Ключевые слова:** конструктивные решения, реконструкция, перепрофилирование.

В настоящее время наиболее острой становится проблема роста городов по площади и по плотности застройки, особенно это актуально для развивающихся и постоянно растущих населенных пунктов с высокой плотностью населения в центральных наиболее привлекательных для строительства районах.

Под ревитализацией в данном случае нами понимается реконструкция и перепрофилирование промышленных зданий и сооружений с изменением их основного функционального назначения [1].

Ревитализация промышленных зданий становится оптимальным способом решения проблем существующей городской застройки и возможностью переориентации неиспользуемых промышленных помещений для диверсификации деятельности путем превращения заводской территории в современный жилой комплекс, торговый, офисные, развлекательные центры.

Можно выделить следующие основные причины, диктующие необходимость ревитализации промышленных зданий: несоответствие сложившейся планировочной структуры возрастающим требованиям, новым функциям и экологическим нагрузкам на городскую среду; недостаточная эффективность использования городских территорий; моральный и физический износ застройки; устаревание и снижение эстетических и функциональных показателей городских сооружений [2].

Основными методами ревитализация являются: редизайн – предполагает радикальное изменение внешнего облика здания и установление связи с окружением; аппликации – предполагает создание фальшфасада (вставок или накладок), которые изменяют пластику фасадов существующих промышленных зданий; интеграции – предполагает врезку элементов и структур в существующие конструкции здания

для создания объемно-пространственной композиции.

Основными форматами перепрофилирования промышленных зданий и территорий являются: жилые здания класса эконо, комфорт и премиум арендное жилье; торговые центры; автостоянки развлекательные учреждения; спортивные залы; организации бытового обслуживания населения; небольшие производства [3].

Рассмотрим различные типы объемно-планировочных решений промышленных зданий, характерных для города Белгорода и пути их эффективной ревитализации:

1) Одноэтажные промышленные здания составляют 80 % от общего числа промышленных зданий в городе Белгороде. Шаг колонн обычно равен 6 метрам, пролет зависит от длины несущей конструкции покрытия (балки, фермы) и обычно кратен 3 метрам (рис. 1).

При ревитализации отлично подходят для небольших производств, складов, ангаров, транспортных узлов, СТО, оптовых баз и прочего. Основным преимуществами является простота конструкции, крупные одноуровневые площади, с лёгким заездом и просторной планировкой. К недостаткам можно отнести большие затраты территории, протяженность инженерных и транспортных сетей [4].

2) Железобетонный многоэтажный каркас. Многоэтажные промышленные здания в городе Белгороде состоят из сборных железобетонных элементов с сеткой колонн 6×9 м при нагрузках на перекрытие до 15 кН/м<sup>2</sup> и 6×6 м при нагрузках на перекрытие до 25 кН/м<sup>2</sup>, с высотой этажей 3,6...7,2 м, числом этажей два - пять и числом пролетов от двух и более. В зависимости от типа перекрытий конструктивная схема здания может быть балочной и безбалочной (рис. 2). Многоэтажные корпуса расположены на территории завода «Энергомаш», «ЗМК», «Новатор», «Ритм». Основным направлением перепрофили-

рования является переоборудование под офисы, жилье, сложные производства.

3) Стальной одноэтажный большепролетный каркас применяют в зданиях со значительными

высотами при наличии в них тяжелых динамических нагрузок как от кранов, так и от технологического оборудования (рис. 3).

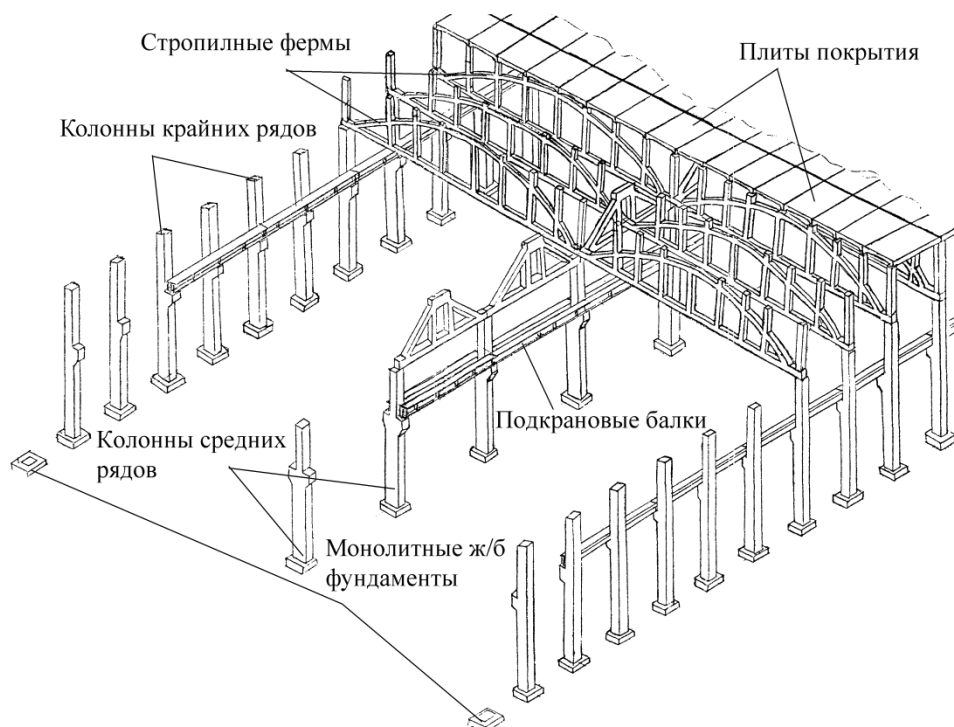


Рис. 1. Одноэтажные производственные здания

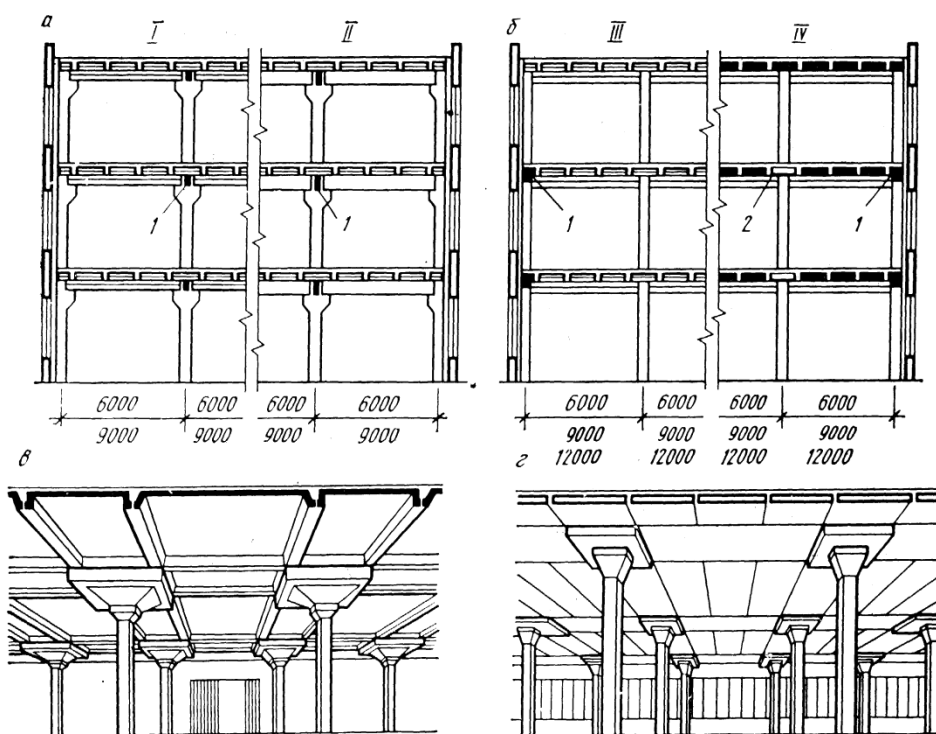


Рис. 2. Каркасы многоэтажных промышленных зданий:

а – балочный, при оперании ригелей на консоли колонн (I – вариант перекрытий с опиранием ребристых плит на полке ригелей; II – то же, с опиранием плит по верху ригелей); б – балочный, при бесконсольном опирании ригелей (III – перекрытия с ребристыми плитами; IV – то же, с многпустотными); в – безбалочный с надколонными плитами, расположенными в двух направлениях; г – то же, с надколонными плитами, расположенными в одном направлении; 1 – ригель продольной рамы; 2 – сантехническая панель



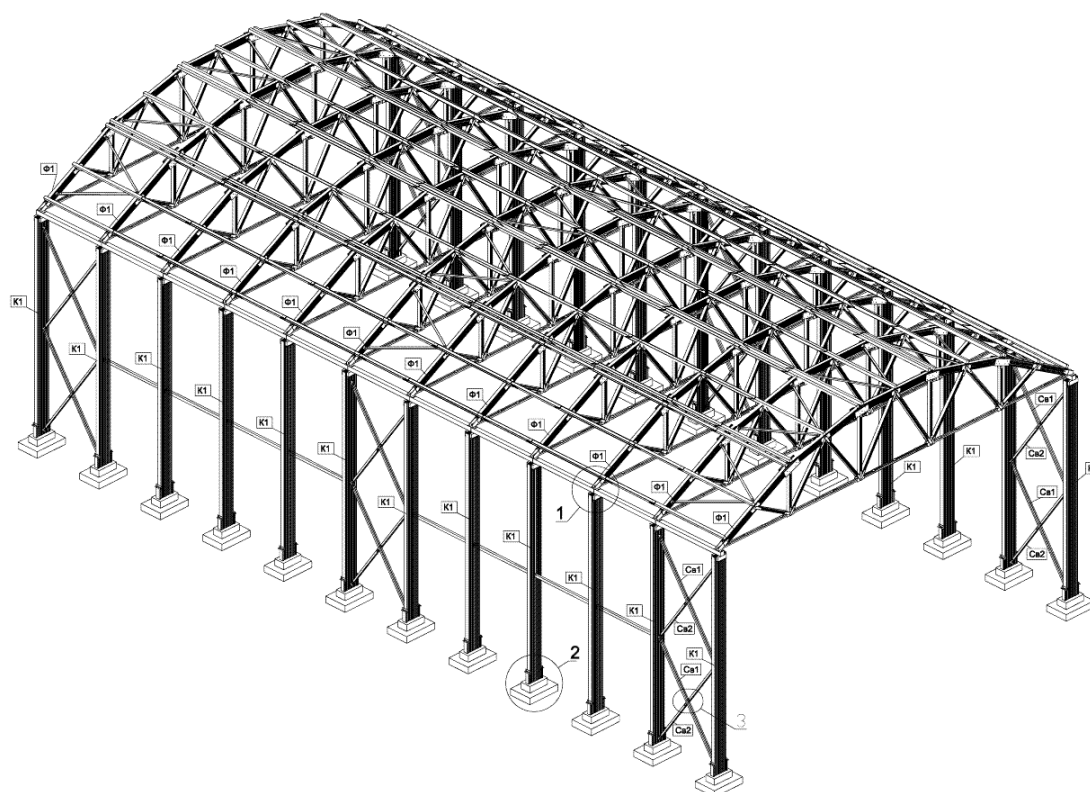


Рис. 3. Стальной однопролетный каркас

Примером могут служить автосалоны в р-не Аэропорта, промышленные здания в р-не Крейда. При реконструкции очень схожи с железобетонными одноэтажными зданиями, но более долговечные, неприхотливые и дорогостоящие.

4) Стальной одноэтажный многопролетный каркас обычно возводят с сеткой колонн 6х3, 9х6, 12х6, 18х6 м или с укрупненной сеткой 12х12, 18х18, 18х12 и более. На территории Белгорода и области распространены не сильно, в основном на территории крупных промышленных и аграрных организаций. При реконцепции целесообразно располагать в подобных помещениях крупные производства, крупные оптовые и прочие базы. Решающее значение при перепрофилировании имеет целостность и непосредственная близость корпусов здания, обширные площади, и как следствие возможность плотного взаимодействия различных корпусов и реализация сложных производственных цепочек, инсталляция конвейерных линий, установка сложного механического оборудования [5].

Многие конструктивные элементы промышленных объектов можно преобразовать и

использовать для новых целей реконструируемого здания. Вентеляционные системы в промзданиях обычно являются приставными, их легко демонтировать, модернизировать или переделать, и после реконструкции использовать как специализированные вентсистемы, вытяжки для помещений с совершенно разными температурно – влажностными условиями. Также можно преобразовать и использовать в новых условиях и инженерные системы водоснабжения, водоотведения, электроснабжения и отопления.

Использование широкопролетных ферм, арок и балок позволяет размещать в межбалочном, межарочном и межферменном пространстве вспомогательные технические этажи и дополнительное оборудование, будь то системы вентеляции, электроснабжения и прочие. Техэтажи можно располагать и в подвалах, при решетчатых несущих конструкциях покрытия – в пространстве между ними, а при сплошных – технические этажи выполняют подвесными. Подвесной потолок служит одновременно полом технического этажа и устроен из ребристых железобетонных плит, уложенным по ж/б балкам таврового сечения. Балки подвешены к несущим конструкциям покрытия [6].

Стеновые панели в промзданиях обычно выполняются навесными, а шаг колонн не менее 3... 6 метров, что позволяет свободно размещать входные группы, въезды и окна различных параметров. Также навесные стеновые панели, легко демонтируются и монтируются, что позволяет экономично и быстро менять их на другие панели, с необходимыми теплотехническими, химическими, визуальными, свето и звукопропускающими параметрами, практически без изменений несущих конструкций.

Крупные площади, с пролетами в 12...36 метров позволяют в промышленных зданиях размещать актовые залы, спортивные комплексы, бассейны, автосалоны, крытые автостоянки, оптовые базы и прочие учреждения, требовательные к территории.

При смене назначения промышленного здания, следует учитывать изменение требований, предъявляемых к новому профилю и классу помещения. Основные требования к административно-коммерческим зданиям включают соблюдение как минимум общих санитарных правил и норм, обязательных для всех зданий и помещений (это, например, требования к пожарной безопасности и противопожарным системам: СП 4.13130-2013, ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости»).

Перед специалистами строительной компании при реконструкции промышленных зданий ставятся следующие задачи: конструктивная оптимизация зданий (усиление фундамента, наращивание цоколя, утепление, устранение различных дефектов и прочее); полная или частичная перепланировка (включая изменение этажности); архитектурная реконструкция фасадов; ремонтные работы внутри зданий; установка современного, ремонт существующего оборудования и обеспечение новейшими коммуникациями.

Примерами ревитализации промышленных зданий на территории города Белгорода являются:

1. Примерном преобразования промышленных ангаров под торговую базу строительных материалов может служить Торговый комплекс «Строй - дисконт», находящийся на улице Студенческая. Несколько ангаров советской постройки, были дополнены двумя новыми ангарами (все они используются как склады) и центральным выставочным центром. Вокруг центрального здания, проходит кольцо, с расположенными по периметру парковочными местами и окружной проезд, с въездами в складские помещения и зонами погрузки/разгрузки. Подоб-

ная схема перепрофилирования, самая распространенная, подобными объектами, являются строительная база на ул. Ватутина (р-н Крейда), магазин «Балатон» по ул. Королёва, база стройматериалов по ул. Раздобаркина (р-н Спутник).

2. Под офисы были преобразованы здания администрации завода «Энергомаш» по ул. Богдана – Хмельницкого.

3. Промышленные ангары были преобразованы в автосервисы в районе «Мотор», по ул. Промышленный проезд.

4. По ул. Чичерина комплекс промышленных помещений переорганизован в Овощной рынок и цеха деревообработки.

5. По ул. Дзгоева (р-н Крейда) один из промышленных цехов переоборудован под отдел лазерной резки металла.

6. Комплекс промзданий по улице Магистральная 55 на сегодняшний день используется транспортной компанией «Деловые линии».

7. По ул. Макаренко в прежних промышленных зданиях, после реконструкции, было налажено производство газобетонного блока Аэробел.

8. В районе Аэропорта несколько промышленных зданий используется как автосалоны, наряду с рядом стоящими новыми зданиями.

План ревитализации промышленных зданий на территории города Белгорода, можно разбить на несколько групп.

1. Архитектурно-эстетическая составляющая, предполагает разработку привлекательной архитектурно конструктивной модели внешнего облика, эстетическим показателям.

2. Территориально-транспортная основа, разрабатывается оптимальная схема транспортной и пешеходной доступности.

3. Экономический план, определяет предпосылки экономического эффекта от вложения средств в реконструкцию: максимальное сохранение существующих конструкций в целях экономии материальных, трудовых и финансовых затрат; обеспечение надежности эксплуатации без изменения, либо с функциональным и экономически обоснованным изменением назначения объекта; мотивированный отказ от реконструкции, если по функциональным и техническим соображениям здание соответствует современным требованиям или если его замена экономически эффективнее, чем реконструкция; невозможность обеспечения в некоторых реконструируемых объектах таких параметров помещений, которые соответствовали бы современным объемно-планировочным и функционально-технологическим требованиям.

4. Природно-экологическая основа - реконструируемое и перепрофилируемое здание должно соответствовать нормам, описанным в государственных нормативных документах в соответствии с назначением.

5. Конструкции и материалы, используемые при проведении реконструкции должны отвечать предъявляемым требованиям, быть безопасными и экологичными, их параметры должны быть оптимальными для данных условий эксплуатации, должны быть недорогими, качественными, надежными, а также энергосберегающими, и легкими при монтаже и в эксплуатации.

6. Краткосрочные и долгосрочные перспективы развития города, в результате реконструкции должны проявляться в повышении качества жизни населения.

Одобрение и поддержка планов ревитализации промышленных зданий на территории города Белгорода со стороны местных органов власти, на основе предлагаемых методических аспектов определения эффективности реконструкции и перепрофилирования на основе объемно-планировочных и конструктивных особенностей производственных зданий, позволит внести весомым вкладом в благополучие и развитие города.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жариков И.С., Шарапова А.В., Скрипник О.Г. Эффективность реконструкции торговых зданий / В сборнике: Образование и наука: современное состояние и перспективы развития Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 6 частях. Министерство образования и науки Российской Федерации. 2014. С. 56-57.
2. Абакумов Р.Г. Методические аспекты выбора методов воспроизводства основного капитала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 1. С. 140-146.
3. Абакумов Р.Г., Аридова С. В. Экономико-математическая модель оценки социально-экономического эффекта воспроизводства зданий // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2014 : сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции (13-15 ноября 2014 года), в 2-х томах, Том 1. Юго-Зап. гос. ун-т., А.А. Горохов, Курск, 2014, С.17-19.
4. Абакумов Р.Г., Просяник О. С. Инновационные основы управления оптимальным вариантом воспроизводства городской территории // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2014 : сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции (13-15 ноября 2014 года), в 2-х томах, Том 2. Юго-Зап. гос. ун-т., А.А. Горохов, Курск, 2014. С. 122-125.
5. Абакумов Р.Г. Теория управления выбором метода воспроизводства основных средств организации // Качество в производственных и социально-экономических системах. Сборник научных трудов 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Юго-Западного государственного университета: в 2-х томах. Ответственный редактор Павлов Е.В.. 2014. С. 13-17.
6. Абакумов Р.Г. Инновационные инструменты управления воспроизводством основных средств организаций Белгородской области // Фундаментальные исследования в естественно-научной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области. «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». Белгород, 2013. С. 3-8.
7. Жариков И.С. Совершенствование системы оценки потенциала реконструкции зданий и сооружений // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2014. № 15. С. 121-125.
8. Жариков И.С., Ищук Я.Л., Пикалова А.А., Белых Т.В. Реновация промышленных предприятий и территорий, состояние и перспективы // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 26. № 4. С. 9-12.

**Abakumov R.G., Rahmatullin A.R.**

## **ASPECTS SPACE-PLANNING AND CONSTRUCTIVE DECISIONS INDUSTRIAL BUILDINGS, DETERMINING THEIR EFFICIENCY RESTORATION CITY ENVIRONMENT BELGOROD**

*In clause aspects space-planning and constructive decisions industrial buildings, their reconstruction determining efficiency example city of Belgorod are considered. Methodical aspects definition efficiency reconstruction are offered on basis of space-planning and design features industrial buildings.*

**Key words:** Constructive decisions, reconstruction.

Горюжанкин В.К., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СЦЕНАРИЙ ТЕКТОНИЧЕСКИХ МЕТАМОРФОЗ В ПРОЕКТАХ ОСКАРА НИМЕЙЕРА

Vk.goro@yandex.ru

На материале проектов, эскизов и высказываний Оскара Нимейера рассмотрена роль темы в композиционном мышлении великого архитектора модернистского направления, которая базируется на расширенном круге значений композиционных категорий, таких как контраст и тектоника. Такое расширение позволило включить в область композиционного моделирования восприятие и зрелище архитектуры, для чего использованы средства режиссуры и сценографии.

**Ключевые слова:** тектонический метаморфизм, метаморф, театральное пространство, архитектурный сценарий, сценограмма.

**Введение:** тектонический код. В 1955 году бразильский архитектор О. Нимейер представил на конкурс музея современного искусства в Каракасе свой необычный проект: пирамида, «стоящая на голове» на кромке горного склона. Проект произвёл на архитектурное сообщество запоминающееся впечатление. Оно основано на отрицании тектонического опыта, полученного человеком уже при играх в песочнице. Для профессионалов, а именно они представляли жюри конкурса, артефакты пирамидальной формы, найденные в Египте и в Мексике, подтверждают её тектонический код: нарастанию массы сооружения соответствует увеличение опорной поверхности, необходимой для перераспределения его веса в нижележащих слоях. Пирамида, «стоящая на голове» характеризует Нимейера как режиссёра, организовавшего мизансцену в конфликтном сосуществовании образов, один из которых предстоит в памяти зрителя, другой – видимый, представлен в проектной графике. Может быть, поэтому проект 1955-го года был жюри замечен и отмечен, но не был реализован строительством [1, 2].

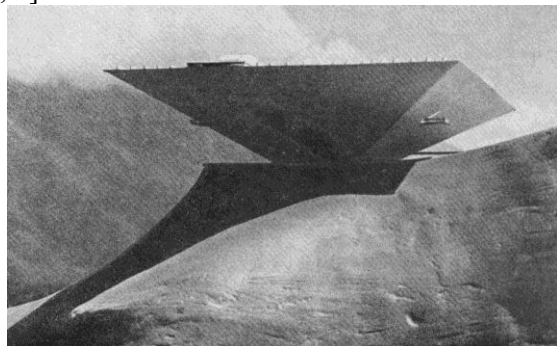


Рис. 1. Сюжет тектонического метаморфизма в проекте музея современного искусства в Каракасе. 1955

### 1. Сценарий тектонического метаморфа.

Спустя 20 лет, в 1976 году автор «антипирамиды» вновь обращается к теме тектонического метаморфизма, принимая её как

проработанную тему и, как знакомый профессиональному сообществу принцип формообразования. В образном предстании этого сюжета возник архитектурный ремейк – «тектонический метаморф» – форма, которая воплотила значения метаморфического кода (рис. 1, 2).



Рис. 2. Сценарий «тектонического метаморфа» был реализован в музее земли, воды и неба, Рио-де-Жанейро. 1976

### 2. Игра и сюжет метаморфизма.

Появившись в 1820 г слово «мизансцена» ознаменовало появление искусства режиссуры. Во второй половине 19 века режиссер «официально» несёт ответственность за организацию спектакля. «Под мизансценой понимается рисунок драматического действия. Это вся совокупность движений, жестов и поз, соответствие выражений лиц, голосов и молчаний; это вся целостность сценического спектакля, проистекающего из одной идеи, которая порождает его, управляет им, сводит его воедино. Режиссер сам придумывает эту скрытую, но осязаемую связь, опутывает ею персонажей; устанавливает между ними таинственную атмосферу отношений, без чего драма даже в исполнении прекрасных актеров теряет лучшую часть своей художественной выразительности» [3]. Говоря о воображении архитектора, О. Нимейер понимает под этим способность архитектора представлять здание уже законченным. Думая о контрасте позиций

видимой и представляемой пирамид, он развил этот сюжет применительно к контрапосту двух палатного конгресса Бразилии. Купол и перевёрнутая сфера (амфитеатр) подобно символам противоположностей «инь-ян», находясь в едином визуальном пространстве, сообщают композиции комплекса Национального конгресса единство и неделимость, баланс и гармонию его палат (рис. 3). В случае, когда наглядно-образные формы, означающие тяжесть, став знаковыми формами, – «тектоническими морфемами» – в сюжетной ситуации открывают способность «играть» перед зрителем скажем, с силами гравитации, тогда обнаруживается зрелище тектоники и, соответственно, возможен тектонический сценарий.

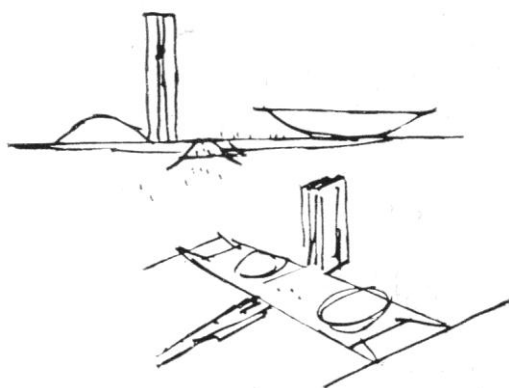


Рис. 3. Здание Национального конгресса. Бразилия, 1960. Сценарий 2: «суперпозиция тектоник»

3. *Принцип контраста и сценограмма.* Модернизму присуще отрицание и разрушение художественных традиций. Например, архитектор Мис ван дер Роэ постройкой стеклянного дома для доктора Эдит Фарнsworth разрушил архитектурный стандарт виллы: у этого дома нет деления на «окна и стены» – стеклянные поверхности запрещают видеть простенки и подоконники; у дома нет фундамента – вместо произрастающего из земли цоколя, мы видим изящные опоры, которые позволяют «парить» полу стеклянного дома, поднятому на 75 см над землёй [4]. В этом доме также нет (скатной) крыши, которая символизирует защищённость жилого пространства. Подобный приём «дематериализации» тектонического кода О. Нимейер использовал в проекте музея и не только там. Проектируя Кафедральный собор в Бразилиа, он выполнил рисунки, иллюстрирующие авторский замысел, и сопроводил их текстом: «Минув освещённый вход, верующие, прежде чем достигнуть нефа, должны пройти сквозь тёмный коридор, что по контрасту усиливает эффект освещения» [1, 2].

Работая над эскизом, он действует как режиссёр, организующий «зрелище невесомости» и парения конструкций собора, заполненных стеклом и украшенных витражами стен. Вход в собор начинается спуском по лестнице в землю – нужно пройти темный коридор, чтобы затем, быть ослеплённым в зале, залитым светом, с летящими под потолком ангелами и изящными, суженными к низу, едва касающимися земли опорами. Четыре рисунка и текст театроведы назвали бы сценограммой, но и архитекторы не решаются назвать их схемами «композиции». Из приведенного текста понятно, что «контраст» понимается Нимейером как зрелище конфликта темноты и освещённости, в котором свет побеждает [2] (рис. 4). «Сценограммой в теории театра называют текст, который выходит за рамки лингвистического, так как включает иллюстрации. Смешение элементов теории и графической практики направленно на то, чтобы, дать зримое представление о теории, которая была бы, одновременно записью театральной постановки» [3].

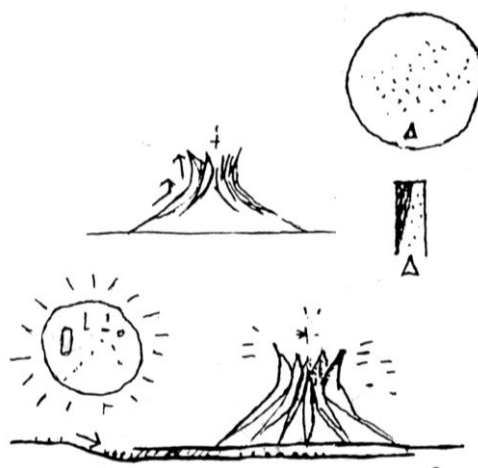


Рис. 4. Сценограмма идеи кафедрального Собора в Бразилиа, 1959

4. *Воплощение метаморфической формы.* Метаморфический образ многолик и непостоянен. Называя метаморфозом состояние перехода форм из одного вида в другое, В. Локтев нашёл способ «схватывания многоликости» в «иллюзорных объектах», подобных Эшеровской графике метаморфоз (рис. 5, 6). Рассуждая об устройстве обитаемых астероидов, парящих небоскрёбов и других архитектурных тел в космическом пространстве, где царит закон взаимного притяжения и полицентризм, Вячеслав Локтев открыл новую страницу футурологии: «метаморфическая архитектура космоса». Он писал, что «метаморфоза осознаётся как композиционный закон и новый тип художественного мышления,



преодолевшего неустанную опеку гравитации. Отсутствие верха-низа, горизонталь-вертикали, бессмысленность тяжести-легкости, взаимоисключающего противопоставления изнутри - снаружи - все эти катастрофические для гравитационной (земной) архитектуры условия оказываются естественными и обязательными для метаморфозы» [5].



Рис. 5. Метаморфоза «насекомые, рыбы, птицы» на гравюре Эшера

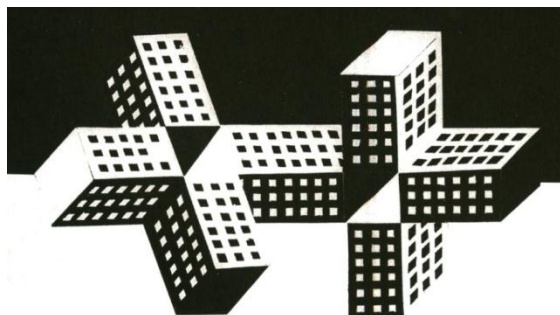


Рис. 6. Графика В. Локтева фиксируя фазы изменения формы, отображает тектонический метаморфизм архитектуры в космическом пространстве

**5. Архитектонический сценарий.** То, что профессор В. Локтев называет «взаимоисключающим противопоставлением изнутри - снаружи» имеет отношение, в первую очередь, к архитектурной структуре произведения. Уже в первом своей работе – «казино в Пампулье» (1942) - Нимейер интерпретирует корбюзийскую тему «архитектурного променада» с позиций «живости», тщательно продумывая систему пешеходных путей, которые предлагали социальную игру персонажей клуба, учитывая демонстрацию их «классовых ролей», что привнесло в интерьер casinos «театральную атмосферу» [4]. Позднее, в связи с застройкой городского центра, Нимейер объясняет «функцию воображения»: «Архитектор мысленно располагается в тех местах, которые порой трудно изобразить на чертеже и откуда лучше всего почувствовать проектируемые объемы во всем их величии и размахе. Так у него создается наиболее точное представление о будущей работе, которое не в состоянии дать ни чертеж, ни макет». Этим способом Нимейер разрабатывал проекты административных зданий в Бразилии. В ходе разработки «рождались решения, выбранные для тех конструкций, которые зрительно менялись в соответствии с изменением

точек наблюдения. Эти решения были направлены на то, чтобы придать зданиям более разнообразный и богатый характер». В рисунках видов, выполненных с фиксированных точек, подвижен фасад: он «сходит с места» и «поворачивается» перед зрителем, - графика Нимейера похожа на работу художника при создании мультфильма.

**6. Театральное пространство.** Тема «динамики», общая для экспрессионизма в архитектуре 60-х, выражена у О. Нимейера в виде мультипликации образа динамичной формы. Он отделяет колонны от здания и, создав проход по подиуму, прорисовывает сложную траекторию движения зрителя при подходе к зданию (рис. 7) для организации зрелища «подвижного» фасада (рис. 8). Таким образом, он создаёт пространство для подвижного зрителя, который, изменяя положение, в разных ракурсах видит объёмную декорацию фасада. «Конструкция», созданная О. Нимейером, - это театральное пространство, которое объединяет сцену (место действия актёров, в данном случае пластических элементов накладного фасада) и «театрон» (место для сидящих зрителей). Переходя от одного вида к другому, - двигаясь по сцене, - зритель воспроизводит задуманный автором спектакль архитектурного «действия» - ощущает себя «сидящим» в зале. Театральность проявляется в гиперболичности изображения сценической обстановки или костюма персонажа, которая подчеркивает «торжественную» дистанцию между актёром и зрителем [3]. Такую дистанцию «сцена / зал» создают очертания пилонов-колонн, нарисованных в манере нарочитой эстетичности (рис. 9, 10). Называя рисунок и слово двумя видами знаков, используемых человеком в коммуникации, Ю. Лотман подчёркивает стремление литературного текста к изобразительности - к наглядности, а картины к выразительности - к литературной интерпретации изображения. Как мы отметили, пространственный характер архитектуры проявляется в том, что мизансценической единицей предстаёт отношение предыдущего вида / следующая картина, которые связывает **тема**. В рассмотренных примерах дворцов в Бразилии О. Нимейер не формулирует тему «фасадной динамики», что служит поводом для обнаружения критиками и других тем, объясняющих его творческие замыслы. Пилоны Дворца Плоскогорья некоторыми критиками были отнесены к аллюзиям, намекающим на грациозный прыжок балерин, (на пуантах) изображающих лебедей.

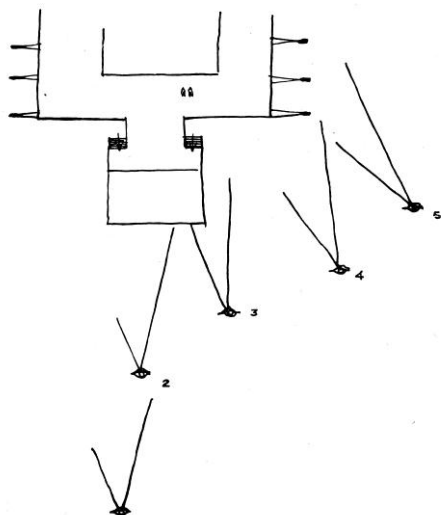


Рис. 7. Воображаемое движение зрителя на плане в виде фиксированных точек восприятия

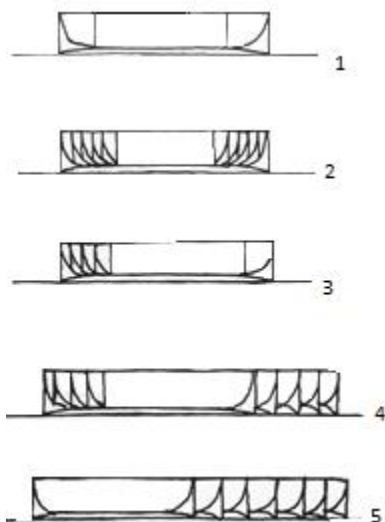


Рис. 8. Образ динамичного фасада в процессе восприятия с обозначенных точек

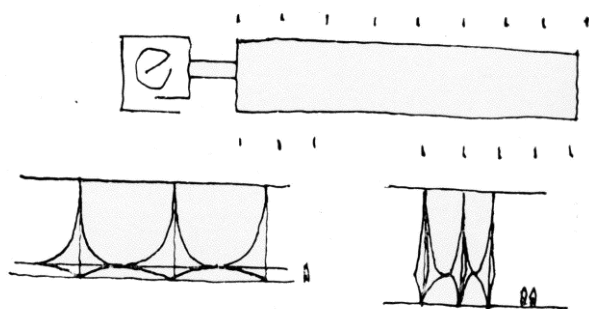


Рис. 9. Наброски формы пилонов Дворца Рассвета, 1958

7. Возвращаясь к теме сценария. В решении входа в здание Французской коммунистической партии он отмечает контраст размеров, усиливающий впечатление: «...большой холл, который кажется более просторным благодаря узкому входу...» (рис. 11). В этой мизансцене противостоят два

пространства-героя: «узкий вертикальный вход» и «вытянутый горизонт панорамы холла».

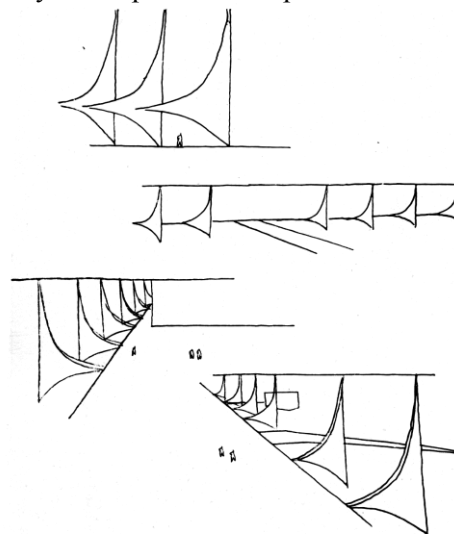


Рис. 10. Наброски перспектив фасада Дворца Плоскогорья, 1960



Рис. 11. Здание ЦК Французской коммунистической партии в Париже, 1966...1972 гг.

8. Заключение: *архитектонический сценарий*. Проблема организации пространства в «структуре променада», которая появилась при разработке «казино» в 1942-м, в том проекте трактовалась, как игровой лабиринт, затем, в проекте Кафедрального собора 56-го, - уже как спектакль борьбы «тьмы и света». Разработка темы «променада», привела к пониманию «ролевой персонификации» элементов пространственных форм таких как: «узкого входа и широкого холла», «физической и метафизической масок», подвижного фасада и неподвижного зрителя... Тема «променада» давала Нимейеру всё новые варианты пространственных композиций. Последнее воплощение архитектурного сценария произошло в 2007 при разработке проекта Национального музея имени Онестино Гимараэса (рис. 12). Войдя в музей по пандусу, посетитель оказывается вынужденным вновь пройти через открытое пространство, чтобы затем оказаться внутри помещения и, по контрасту с жарой, оценить комфорт... –



возможный вариант архитектурного сценария.

9.



Рис.12. Национальный музей им. Онестино Гимараэса, Бразилиа, 2007

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нимейер Оскар. М.: «Прогресс», 1975. 201 с.
2. Словесные конструкции 35 великих архитекторов мира: Сборник статей / Под редакцией Евгении Микулиной. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2012. С. 86-91.
3. Пави Патрик. Словарь театра. М.: «Прогресс». 1991. 481 с.
4. Фремpton К. Современная архитектура. Критический взгляд на историю развития. М.: Стройиздат, 1990. 535 с.
5. Дженкс Ч. Язык архитектуры постмодернизма. М.: Стройиздат, 1985. 136 с.
6. Локтев В. Архитектура космического пространства. «TATLIN NEWS» 2009, 1/49/68. С. 52-73.

**Gorozhankin V.K.**

### THE TECTONIC SCENARIO METAMORPHOSIS IN THE PROJECT OF OSCAR NIEMEYER

*On material projects, sketches and sayings of Oscar Niemeyer considers the role of the themes in the composite thinking of the great architect of modernism, which is based on an extended range of values of composite categories, such as contrast and tectonics. The expansion allowed to include in the composite modeling the perception and the spectacle of architecture, which used a means of directing and scenography.*

**Key words:** tectonic metamorphism, the Changeling, theatrical space, architectonic script.

Зобкова Н.В., канд. техн. наук, доц.,

Пшенов А.А., канд. техн. наук, доц.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.

## ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ OSB-ПЛИТ ПО ИЗМЕНЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

zobkovanv@yandex.ru

В статье описана методика оценки длительной стойкости OSB-плит. Оценка длительной стойкости требует проведения длительных испытаний. Испытания на длительную стойкость можно проводить в лабораторных и натуральных условиях. В работе предложены испытания в натуральных условиях. Данная методика основывается на испытании образцов плит на атмосферное воздействие. Приведены исследования атмосферных испытаний по данным определения прочности при статическом изгибе и плотности OSB-плит.

**Ключевые слова:** долговечность, предел прочности при статическом изгибе, плотность, атмосферные испытания, длительная стойкость.

Испытания на длительную стойкость проводились на открытом воздухе, которые позволяют выявить атмосферную стойкость плит. Важно понимать, что полученные результаты относятся только к конкретному климатическому району.

По данным [1, 2] на результаты атмосферных испытаний влияют географические условия и расположение образцов: на солнечной стороне или в тени, под открытым небом или под навесом, на крыше или у поверхности земли, под углом к горизонту или вертикальное, с ориентацией лицевой поверхности на юг или без ориентации, с вращением по ходу движения солнца или неподвижное.

С целью уточнения и проверки методов оценки долговечности (сопоставления ускоренных и длительных испытаний) OSB-плит авторами проведены длительные испытания образцов плит размером 50×150×12,5 мм на открытом воздухе. Цель испытаний заключалась в том, чтобы установить скорость снижения прочности образцов под влиянием атмосферных воздействий, с последующим сопоставлением полученных результатов с результатами ускоренных испытаний [3].

Для испытаний на атмосферостойкость был изготовлен стенд с постоянным углом наклона рамы 50° к горизонту, равным географической широте г. Саратов. Место расположения испытательной площадки находилось на крыше здания вдали от источников загрязнения воздуха на открытом месте. Расстояние от поверхности крыши до нижнего конца рамы составляет 0,8 м. Стенд представляет собой пространственную конструкцию с расположением рам на четыре стороны. Стенд с образцами был сориентирован таким образом, чтобы каждая рама была обращена лицевой стороной к сторонам света: юг, запад, север, восток рис. 1.

Кроме стендовых испытывали исходные и контрольные образцы. Исходные образцы служат для определения механических характеристик плит перед установкой образцов на стенд. Контрольные образцы служат для определения изменений, происходящих в плитах в условиях атмосферы за период проведения эксперимента, когда стендовые образцы подвергались воздействиям внешних факторов старения.

Испытания образцов на атмосферостойкость начинались в декабре 2013 года и длились 1 год. Сроки определения показателей назначались через 3, 6, 9 и 12 месяцев экспонирования.

До определения механических свойств образцов, снятых со стенда, их кондиционировали при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $(65 \pm 5)\%$  до равновесной влажности 10...12 % по [4], затем проверяли форму и размеры.

Как показали испытания, значительное снижение прочности наблюдается в образцах, сориентированных на запад; минимальное снижение прочности у образцов, сориентированных на север рис. 2. Надо отметить, что особенно интенсивное снижение прочности до 25 % в образцах наблюдается впервые 6 месяцев испытания. В последующие 6 месяцев испытания прочность снизилась на 3...5 % у образцов сориентированных на юг и север соответственно, 12 % у образцов сориентированных на восток и запад.

Помимо прочности при статическом изгибе, которая свидетельствует о структурных изменениях в плитах при атмосферных воздействиях, также проверяли плотность образцов, являющуюся одним из наиболее общих показателей физико-механических свойств материалов, и визуально оценивали состояние образцов.

На рис. 3 видно, что с увеличением продолжительности экспонирования плотность образцов плит уменьшается, причем наиболее зна-

чительно в образцах сориентированных на юг и запад.

При визуальном осмотре образцов на разных стадиях испытания (3, 6 и 12 месяцев) отмечается изменение внешнего вида и состояние поверхности плит. Цвет образцов после 3-х месяцев экспонирования становится более темным с коричнево-серым оттенком, поверхность име-

ет незначительную шероховатость, плотность изменяется неравномерно по толщине, уменьшается от середины к периферии. Цвет образцов после 12-и месяцев экспонирования становится серым, поверхность имеет значительную шероховатость, с некоторым отрыванием поверхностного слоя.

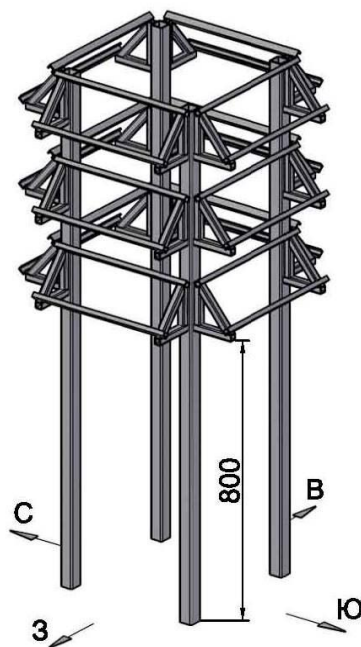


Рис. 1. Стенд для испытания образцов на атмосферостойкость

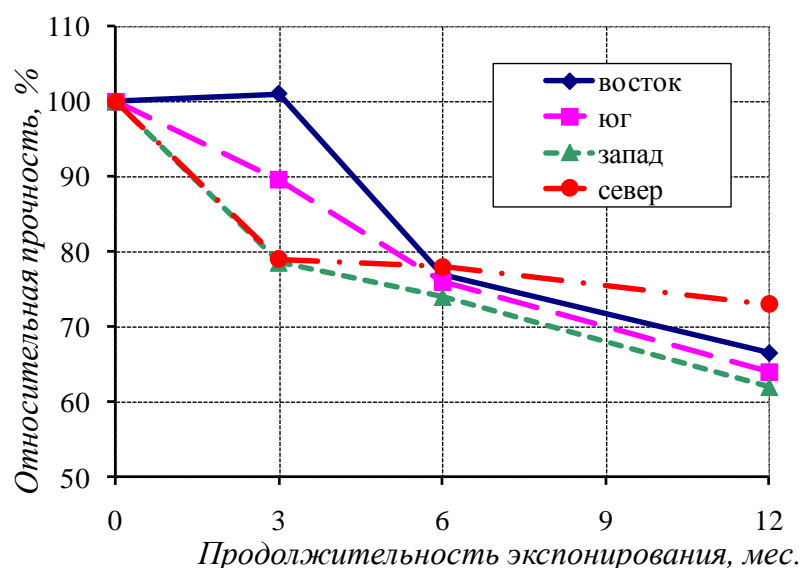


Рис. 2. Изменение прочности при статическом изгибе образцов OSB-плит

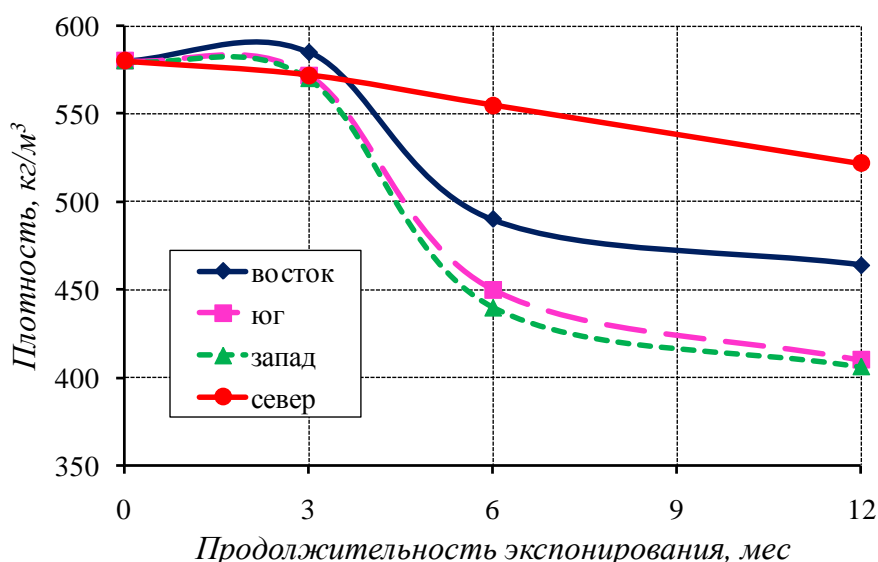


Рис. 3. Изменение плотности образцов OSB-плит, экспонируемых на крыше

Данные метеорологических наблюдений, по которым можно судить о характере атмосферных воздействий за указанный период, приведены в табл. 1.

Из результатов исследований можно заключить, что атмосферные воздействия оказывают влияние на свойства OSB-плит. Это объясняется тем, что при атмосферных воздействиях, которые носят ярко выраженный циклический характер, происходит миграция влаги в плитах,

меняющая своё направление в течение суток, недель, месяцев. В зависимости от частоты перемены направления движения влаги и колебаний температуры в плитах возникает неоднородное деформированное состояние, являющееся причиной внутренних напряжений разной степени интенсивности. Это приводит к нарушению связи между древесными частицами, ослаблению полимерных прослоек и в целом отражается на прочности плит.

Таблица 1

## Значения важности зон территории и здания объекта

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная температура воздуха, °C												
2013												-3,3
2014	-9,9	-9,5	-2,8	10,4	19,7	22,3	23,7	24,5	13,1	7,9	-6,1	
Среднемесячная дневная температура воздуха в 13 ч., °C												
2013												-2,2
2014	-10,4	-8,8	-2,2	12,2	19,9	22,1	24,8	25,1	17,2	8,4	-5,9	
Среднемесячная ночная температура воздуха в 1 ч., °C												
2013												-4,4
2014	-9,6	-10,1	-3,3	8,1	15,8	20,6	22,5	23,3	12,3	6,2	-7,7	
Месячные суммы осадков, мм												
2013												10,6
2014	11,5	15,7	54,7	24,5	15	82,2	12,2	35,6	6,2	17,3	25,4	
Среднемесячная относительная влажность воздуха, %												
2013												84,6
2014	82,5	81,8	78	53,6	43,2	57,7	48,3	58,2	59,5	66,3	90,2	
Среднемесячная дневная относительная влажность воздуха в 13 ч., %												
2013												82,4
2014	80	81,3	70,5	41,2	39,5	55,8	35,6	51,2	49,5	57,2	91,8	
Среднемесячная ночная относительная влажность воздуха в 1 ч., %												
2013												86,7
2014	85,5	84	80,5	55,8	48,3	68,2	51,5	65,3	67,5	69,9	90,2	
Число ясных дней при общей облачности												
2013												2
2014	8	5	10	9	12	20	19	18	13	5	2	

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Хрулёв В.М., Мартынов К.Я. Долговечность древесностружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1977. 168 с.
2. Хрулёв В.М. Долговечность клеевых соединений. М.: Гослесбумиздат, 1962. 159 с.
3. Зобкова Н.В., Пшенов А.А. Сравнение методов испытания ускоренного старения для оценки долговечности OSB-плит // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. Шухова. 2014. № 3. С. 25-28.
4. ГОСТ 10633-78 Плиты древесностружечные. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 7 с.

---

**Zobkova N.V., Pshenov A.A.**

**EVALUATION OF LONG-TERM DURABILITY OF OSB BOARD TO CHANGE THE MECHANICAL PROPERTIES**

*The article describes methods of evaluating oriented strand boards lasting quality. Lasting quality tests can be hold in laboratory and natural conditions. This research is based on natural conditions of weather impact. The article contains the results of weather tests on resisitibility within static bending of OSB and its density.*

**Key words:** *resisitibility, range within static bending , density, atmospheric resistance, lasting quality.*

Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.,  
Полужкова В.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## НАНОМОДИФИКАТОР ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ И БЕТОНА\*

val.po@bk.ru

*Оптимизация свойств бетонных композитов решена путем управления процессами их структурообразования на микро- и наноуровнях за счет высокоактивного наномодификатора на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров (СБ-ФФ). Его действие рассмотрено как регулирование процесса формирования структуры материала снизу вверх (от наноуровня к макроструктуре бетонной смеси). Наномодифицирование поверхности цементных частиц позволило получить бетонные смеси с высокой удобоукладываемостью и сохраняемостью достигнутого уровня реологических характеристик во времени. Доказано, что СБ-ФФ, адсорбируясь на поверхности микрочастиц минеральных дисперсий, пептизирует дисперсную фазу, при этом увеличивается доля наночастиц, что приводит к повышению прочности цементного камня и бетона.*

**Ключевые слова:** наномодификатор, реологические свойства, агрегативная устойчивость, удобоукладываемость, прочность бетона.

В строительной индустрии бетон на ближайшую перспективу остается одним из основных строительных материалов и его годовое мировое производство уже достигло объема в два миллиарда кубометров. От бетонных смесей, используемых в современном строительстве, требуется высокая удобоукладываемость, сохраняемость достигнутого уровня реологических характеристик во времени и возможность повышения прочности бетона. Одним из решений данных задач может быть оптимизация свойств бетонных композитов путем управления процессами их структурообразования на микро- и наноуровнях за счет высокоактивных наномодификаторов.

Рассматривая бетон в качестве композита, сформированного из крупного и мелкого заполнителя, цементного камня, воды и воздушных пор, можно сформулировать основную задачу наномодифицирования как регулирование процесса формирования структуры материала снизу вверх (от наноуровня к макроструктуре бетонной смеси), а также управление кинетикой всего спектра химических реакций, сопровождающих процесс твердения.

В БГТУ им. В.Г. Шухова есть положительный опыт получения наномодификатора на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров (СБ-ФФ) [1], применение которого позволяет управлять кинетикой взаимодействия цемента с водой затворения и добиваться максимальных положительных эффектов на стадиях:

- регулирования реологических свойств и агрегативной устойчивости суспензий;
- коллоидации, обеспечивая требуемую сохраняемость подвижности во времени;
- кристаллизации, усиливая гетерофазные границы контактных зон и, таким образом, повышая прочность бетона.

Определение реологических характеристик цементных суспензий проводили с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2» на Белгородском ПЦ-500 ДО и Новороссийском ПЦ-500 ДО с удельной поверхностью 354 м<sup>2</sup>/кг и 376 м<sup>2</sup>/кг соответственно.

В ходе исследований определяли зависимость между величинами сдвигающего напряжения и скоростью деформации. По полученным результатам строили реологические кривые, определяли значения предельного динамического напряжения сдвига  $\tau_0$ . При введении определенных количеств модификатора СБ-ФФ наблюдалось снижение предельного динамического напряжения сдвига суспензий до значений, близких к нулю, что свидетельствует о значительном ослаблении тенденции частиц суспензии к агрегации и структурированию. Реологические свойства суспензий приближаются к свойствам ньютоновской жидкости. Исследования показали, что для Новороссийского ПЦ-500 ДО необходимо большая концентрация добавки для достижения одинакового значения  $\tau_0$  по сравнению с Белгородским ПЦ-500 ДО. Это объясняется различным минералогическим составом и величиной удельной поверхности цемента.

Кроме сложного минералогического состава в цементных суспензиях дисперсионная среда и дисперсная фаза интенсивно взаимодействуют друг с другом. Это приводит к непрерывному изменению коллоидно-химических свойств системы, что затрудняет изучение механизма пластифицирующего действия разработанного наномодификатора. Поэтому в качестве модельных систем были выбраны суспензии мела СаСО<sub>3</sub>, глинозема Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и кремнезема SiO<sub>2</sub>. Выбор данных объектов был обусловлен достаточной однозначностью химического и дисперсного

состава, отсутствием заметных гидратационных процессов, а также тем, что в их состав входят соединения, близкие по составу к составляющим цемента.

Влияние модификатора СБ-ФФ на агрегативную устойчивость выбранных минеральных суспензий оценивали методом седиментации,

который основан на изучении закономерностей оседания частиц дисперсной фазы и позволяет получить дифференциальные кривые распределения частиц по размерам. Максимум на дифференциальных кривых позволяет определить наивероятнейший радиус частиц (рис. 1).

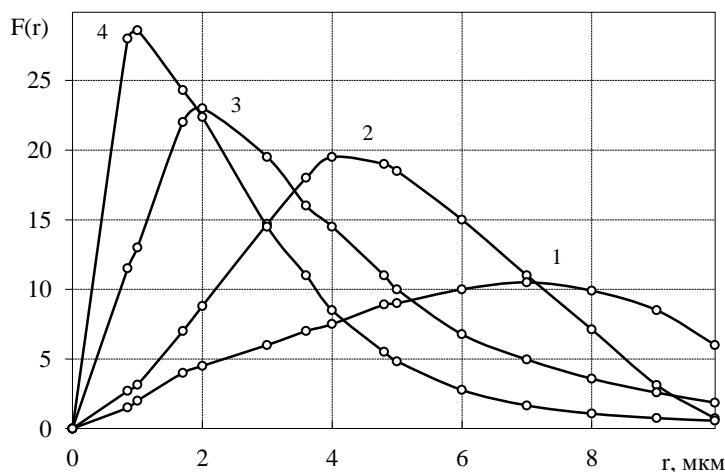


Рис. 1. Дифференциальные кривые распределения частиц мела по радиусам с СБ-ФФ:  
1 – без добавки; 2 – 0,05%; 3 – 0,1%; 4 – 0,15%

По данным электронной микроскопии [2], средний размер первичных частиц мела равен 1...1,5 мкм. Это хорошо согласуется со значением 1 мкм, полученным для меловой суспензии с

0,15 % СБ-ФФ. Изменение наивероятнейшего радиуса различных минеральных частиц в зависимости от концентрации модификатора показано на рис. 2.

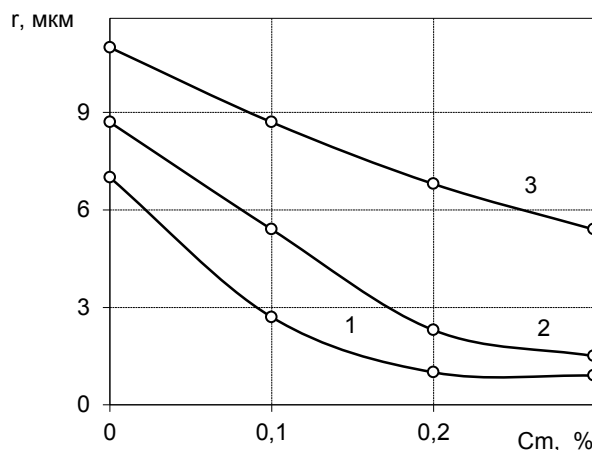


Рис. 2. Влияние СБ-ФФ на относительный размер агрегатов  
1 – мела; 2 – глинозема; 3 – кремнезема

Из рисунка видно, что при введении СБ-ФФ в количестве ~ 0,3 % от массы дисперсной фазы в суспензии мела и глинозема уменьшается среднечисленный радиус частиц с 6...9 до 1 мкм, что свидетельствует о пептизирующем действии СБ-ФФ на микроуровне и повышении агрегативной устойчивости данных суспензий.

Кривые, полученные в результате седиментационного анализа суспензий, достаточно хо-

рошо коррелируют с реологическими кривыми тех же суспензий [3].

При введении наномодификатора СБ-ФФ в водные минеральные суспензии происходит адсорбция олигомеров на поверхности дисперсных частиц. Изотермы адсорбции оксифенол-фурфурольных олигомеров на меле, кремнеземе и глиноземе имеют типичный характер мономолекулярной адсорбции [4]. При малых равновесных концентрациях наблюдается почти полное



извлечение адсорбата из раствора, при дальнейшем увеличении концентрации модификатора кривая выходит на насыщение и адсорбция достигает своего максимального значения. Исходя из этого, были сделаны расчеты некоторых параметров адсорбции. Так посадочная площадка для СБ-ФФ на меле равна  $2,5 \text{ нм}^2$ , на глиноземе  $1,19 \text{ нм}^2$ , на кремнеземе  $0,97 \text{ нм}^2$ . Толщина адсорбционного слоя на меле равна  $0,67 \text{ нм}$ , на глиноземе  $1,45 \text{ нм}$ , а на кремнеземе  $1,77 \text{ нм}$ . На меле насыщение монослоя наступает при концентрациях олигомеров в растворе  $1,5 \text{ кг/м}^3$ .

Сравнивая результаты реологических, седиментационных и адсорбционных исследований, можно сказать, что наибольшее изменение наивероятнейшего радиуса частиц наблюдается при степени заполнения адсорбционного слоя, при которой наблюдается переход суспензии от тиксотропного к ньютоновскому характеру течения по данным реологии [5].

Влияние наномодификатора СБ-ФФ на подвижность цементных паст изучали на смесях с одинаковой начальной подвижностью и с постоянным значением водоцементного отношения (В/Ц). Прочность цементного камня на сжатие определяли в соответствии с ГОСТ 310.4-81 через 7 и 28 суток нормального твердения. Исследования показали, что наномодификатор на основе оксифенолфурфурольных олигомеров при концентрациях  $0,1...0,25 \%$  от массы цемента

улучшает прочностные характеристики цементного камня при постоянном (В/Ц). При сокращении воды затворения наблюдается значительный прирост прочности цементного камня как после 7 суток, так и после 28 суток твердения в нормальных условиях. Максимальный прирост прочности достигается при большем процентном содержании добавки, чем для цементного камня, полученного при постоянном значении В/Ц, что обусловлено большей долей наночастиц в твердой фазе и большей тенденцией к структурообразованию.

Данные РФА показывают, что СБ-ФФ при содержании в цементной смеси в количестве  $\approx 0,1 \%$  значительно повышает интенсивность гидратации клинкерных минералов, при дальнейшем увеличении добавки интенсивность пика  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на рентгенограмме постепенно снижается, и при содержании около  $0,4 \%$  СБ-ФФ достигает значения контрольного образца [6].

Полученные результаты на цементных суспензиях были применены при производстве бетонных смесей и бетонов. Изучено исследовано влияние СБ-ФФ на подвижность бетонных смесей с одинаковой начальной подвижностью и с постоянным значением В/Ц. Влияние наномодификатора оценивали в соответствии с ГОСТ 10181.1-2000 и ГОСТ 10180-90. Результаты испытаний представлены на рис.3.

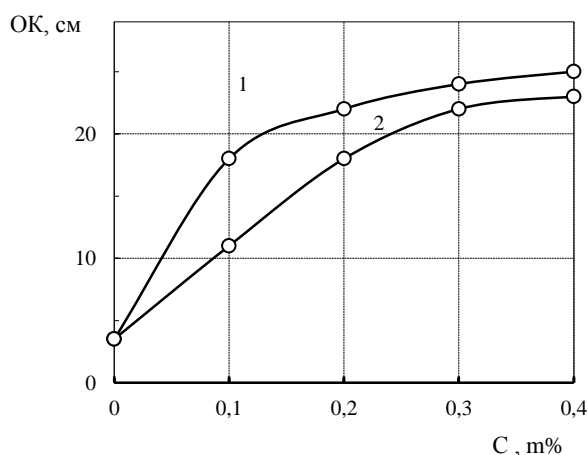


Рис. 3. Влияние концентрации наномодификатора СБ-ФФ на подвижность бетонных смесей на основе Белгородского ПЦ-500 ДО (1) и Новороссийского ПЦ-500 (1)

Исследования показали, что для получения подвижных бетонных смесей с осадкой конуса  $20 \text{ см}$  необходимо  $0,17...0,25 \%$  СБ-ФФ от массы цемента. Таким образом, полученный наномодификатор СБ-ФФ по ГОСТу 24211-2008 может быть отнесен к классу суперпластификаторов.

Важным технологическим свойством бетонных смесей является длительность сохранения подвижности, достигнутой за счет применения добавки. Зависимость подвижности бетонных смесей от времени при одинаковой начальной подвижности, равной  $20 \text{ см}$ , показана на рис. 4.

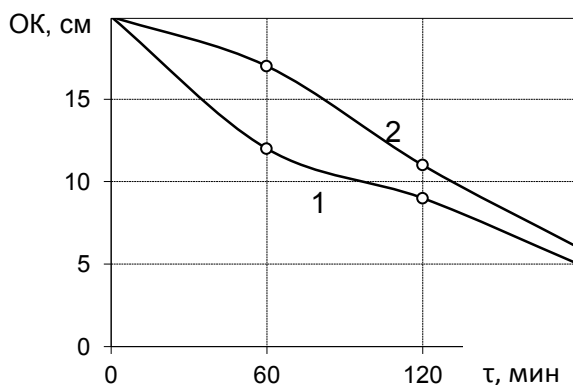


Рис. 4. Влияние СБ-ФФ на сохранность бетонной смеси: 1 – без добавки; 2 – СБ-ФФ

Для испытаний применяли бетонную смесь на Белгородском ПЦ 500 Д0 с оптимальной дозировкой наномодификатора, начальную подвижность бетонной смеси без добавки довели до 20 см увеличением воды затворения. Как видно из рис. 4, бетонная смесь с добавкой СБ-ФФ замедляет потерю подвижности бетонной смеси в течение 2-х часов. Изменение кинетики потери подвижности бетонной смеси с добавкой объясняется изменением гидратации и структурообразования в начальный период при введении СБ-ФФ.

Требования к суперпластификаторам таковы, что, значительно улучшая реологические свойства бетонной смеси, они при этом не должны вызывать снижения прочностных характеристик бетона более чем на 5 %, а при по-

лучении бетонов из равноподвижных смесей прочность бетонов должна значительно возрастать. Было исследовано влияние СБ-ФФ на прочность бетонов после 28 суток нормального твердения, полученных из бетонных смесей с постоянным водоцементным отношением ( $V/C = 0,490$ ) и из бетонных смесей равной подвижности ( $ОК = 4$  см), но сниженным значением  $V/C$ . Применялись бетонные смеси с содержанием основных компонентов: цемент –  $469 \text{ кг/м}^3$ ; песок –  $440 \text{ кг/м}^3$ ; щебень –  $1418 \text{ кг/м}^3$ .

Исследования показали, что при введении СБ-ФФ в бетонную смесь в количестве 0,15...0,20 % наблюдается увеличение прочности бетона. Результаты исследований представлены на рис. 5.

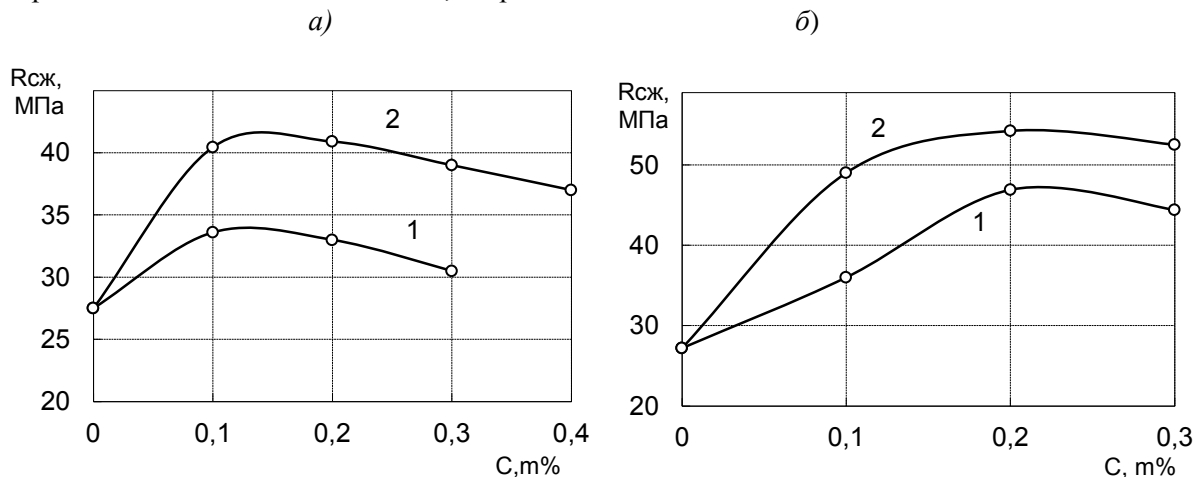


Рис. 5. Влияние концентрации СБ-ФФ на прочность бетонов, полученных из бетонных смесей в при постоянном В/Ц (а) и равной подвижности (б) на основе: 1 – Белгородского ПЦ-500 Д0; 2 – Новороссийского ПЦ 500 Д0

При введении полученной суперпластифицирующей добавки в бетонные смеси, полученные на основе разных видов цемента, прочность бетонов увеличивается, что особенно заметно при концентрации равной 0,1 %. Повышение прочности бетонов с добавкой можно объяснить пептизирующим действием наномодификатора,

в результате чего увеличивается доля наночастиц, а как следствие и поверхность гидратирующихся цементных частиц и образуется более плотная, мелкокристаллическая структура цементного камня.

Результаты экспериментов позволили выявить, что максимальный прирост прочности

бетон достигается при концентрациях СБ-ФФ, несколько меньших тех, при которых имеет место максимальная осадка конуса бетонной смеси. Наибольший прирост прочности наблюдается при концентрациях СБ-ФФ, дающих осадку конуса ~ 18...20 см.

Исследования показали, что различный минералогический состав и величина удельной поверхности цементов влияет на удобоукладываемость бетонной смеси и прочностные характеристики бетонов на их основе, так для Новороссийского ПЦ-500 Д0 необходимо большая концентрация добавки для достижения одинаковой подвижности смеси по сравнению с Белгородским ПЦ-500 Д0, либо можно получить более высокую прочность бетона на основе Новороссийского ПЦ-500 Д0 без увеличения концентрации наномодификатора.

Таким образом, суперпластификатор СБ-ФФ, обладающий высокой разжижающей способностью, адсорбируясь на поверхности микрочастиц минеральных дисперсий, пептизирует дисперсную фазу. При этом увеличивается доля наночастиц, что приводит к повышению прочности цементного камня и бетона. Следовательно, добавка на основе флороглюцинофурфурольных олигомеров может быть использована в качестве эффективного наномодификатора при производстве строительных материалов на основе цементных и бетонных смесей.

*\*Работа выполнена в рамках научного проекта № 14-41-08015 п\_офи\_м при финансовой*

*поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Белятинская Л.Н. Синтез и строение суперпластификаторов на основе оксифенольных олигомеров // Фундаментальные исследования. 2013. № 11. Ч. 6. С. 1136-1141.
2. Паус К.Ф., Евтушенко И.С. Химия и технология мела. М: Стройиздат, 1977. 138 с.
3. Слюсарь А.А., Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А. Регулирование реологических свойств цементных смесей и бетонов добавками на основе оксифенолфурфурольных олигомеров // Строительные материалы. 2008. №7. С. 42-43.
4. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Белятинская Л.Н. Адсорбция оксифенолфурфурольных олигомеров на дисперсных материалах // Фундаментальные исследования. 2012. №11. Ч.6. С. 1470-1474.
5. Слюсарь А.А., Полуэктова В.А., Мухачева В. Д. Коллоидно-химические аспекты пластификации минеральных суспензий оксифенолфурфурольными олигомерами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С. 66-69.
6. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Малиновкер В.М. Влияние суперпластификатора СБ-ФФ на фазовый состав цементного камня // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2014: сб. науч. тр. SWorld. Вып.4(37). Том 1. Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2014. С. 14-19.

**Shapovalov N.A., Poluektova V.A.**

## NANOMODIFIER FOR CEMENT MIXTURES AND CONCRETE

*The concrete composites properties have been optimized by the process management of their structure formation at micro- and nanolevels with the help of the nanomodifier based on the phloroglucinefurfural oligomers (SB-FF). Its effect has been considered as the control of the process of material structure formation from bottom to top (from the nanolevel to the macrostructure of concrete mixture). The nanomodification of the cement particles surface has allowed to get concrete mixtures of high placeability and preservation abilities of the achieved level of rheological characteristics at the time. It is proved that being absorbed on the surface of mineral dispersions particles SB-FF peptizates the dispersion phase and the share of particles is increasing. As a result the strength of cement brick and concrete is improved.*

**Key words:** nanomodifier, rheological behavior, aggregative stability, concrete strength.

Клименко В.Г., канд. техн. наук, доц.,  
Павленко В.И., д-р техн. наук, проф.,  
Гасанов С.К., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ГИПСОСТЕКОЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Klimenko3497@yandex.ru

*Представленная статья посвящена изучению кислотно-основных равновесий в гипсостекольных системах. С помощью потенциометрического метода анализа получены зависимости изменения величины pH гипсостекольных систем и их исходных компонентов в ранние и поздние сроки твердения, позволяющие прогнозировать составы и свойства композиционных материалов на их основе. Предложены возможные продукты взаимодействия сульфата кальция и компонентов тонкомолотых отходов стеклобоя различного состава.*

**Ключевые слова:** потенциометрия, кинетические кривые pH, нерастворимый ангидрит, гипс, строительный гипс, отходы стеклобоя.

**Введение.** Основными составляющими компонентами стеклобоя (СТБ) являются силикаты  $\text{Na}^+$ ;  $\text{K}^+$ ;  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SiO}_2$ . Стекло это аморфное вещество, компоненты которого находятся в неустойчивом активном состоянии. Дробление и помол приводят к разрушению его структуры и повышению активности образующихся продуктов. В местах разрушения структуры стекла появляются кислотно-основные центры, способные поляризовать воду. Попадая в воду, составляющие СТБ выщелачиваются, подвергаясь растворению, гидролизу и гидратации. При выщелачивании СТБ сначала в раствор переходят ионы щелочных металлов, а затем  $\text{Ca}^{2+}$ . Щелочная среда, создаваемая ими, повышает растворимость кремнезема. В нейтральной и кислой среде растворимость аморфного и кристаллического кремнезема минимальна, а в щелочной среде резко возрастает. При этом в щелочной среде при  $\text{pH} > 10$  полимеризация кремниевой кислоты практически не происходит. Наиболее энергично полимеризация кремниевой кислоты идет при  $\text{pH} = 5 \dots 6$  [1]. Предельно допустимое выщелачивание  $\text{Na}_2\text{O}$  с 1  $\text{дм}^2$  поверхности стекла составляет 0,71...0,76 мг. Поверхность стекла при этом гидроксيليруется с образованием силанольных групп  $-\text{Si}-\text{OH}$  [2]. Уже на вторые сутки в суспензиях тонкомолотых СТБ начинает выделяться гидрозо́ль кремниевых кислот. Устойчивость гидрозо́ля кремнезема минимальна при  $\text{pH} = 5 \dots 6$ . При повышении pH его устойчивость заметно возрастает, достигая максимума при  $\text{pH} = 13$ . В сильно кислой среде ( $\text{pH} = 1 \dots 3$ ) устойчивость гидрозо́ля кремнезема также максимальна.

Гидроксильированная поверхность продуктов термообработки гипса, являющихся основными компонентами гипсовых вяжущих, обладает амфотерными свойствами. Имея электронодонорные и электроноакцепторные центры,

сульфат кальция может поляризовать воду двояко с образованием ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , которые в свою очередь оказывают влияние на его растворимость. В интервале  $\text{pH} = 3 \dots 6$  сульфат кальция имеет минимальную растворимость. Уменьшение pH до 2 и увеличение до 9 приводит к резкому повышению его растворимости [3]. При этом каждая модификация сульфата кальция имеет свое значение pH, которое не остается постоянным, а изменяется в связи с процессами, протекающими в твердеющих системах.

Таким образом, в водных суспензиях тонкомолотых СТБ щелочная среда ( $\text{pH} > 10$ ) создает благоприятные условия для формирования устойчивого, не подвергающегося полимеризации золя кремниевых кислот с повышенной растворимостью  $\text{SiO}_2$ . В гипсовых вяжущих щелочная среда также повышает растворимость сульфата кальция, увеличивая тем самым концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  в их суспензиях. Преобладающими в гипсостекольных системах являются Льюисовские основные центры, поляризующие воду с отрывом ионов  $\text{H}^+$  и выделением в раствор ионов  $\text{OH}^-$ . В таких условиях возможны реакции между  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и ионами  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+$ ;  $\text{K}^+$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$  с образованием новых соединений.

Анализ состава исходных веществ и имеющихся литературных данных [4,5] позволяет предположить существование следующих продуктов в гипсостекольных системах: гидросиликаты кальция, глауберит, сингенит, коктаит, гидроксиллестадит, трехводный натрийпентакальциевый сульфат (рис. 1).

Ранее нами показано [6], что тонкомолотые натрий-кальциевые отходы стеклобоя ( $\text{Na}-\text{СТБ}$ ) по-разному влияют на физико-механические характеристики гипсовых вяжущих. При этом явно прослеживается зависимость количества

добавки Na-СТБ от вида гипсового вяжущего. В материалах на основе строительного гипса добавки СТБ выступают как замедлители сроков схватывания вяжущих и пластифицирующие добавки, снижающие В/Г. В многофазовых гипсовых вяжущих (МГВ) и ангидритовых вяжущих

добавки Na-СТБ являются активаторами твердения нерастворимого ангидрита ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$ ). Для управления процессами структурообразования в гипсостекольных системах необходимо прогнозировать процессы, протекающие в этих системах и образующиеся продукты.

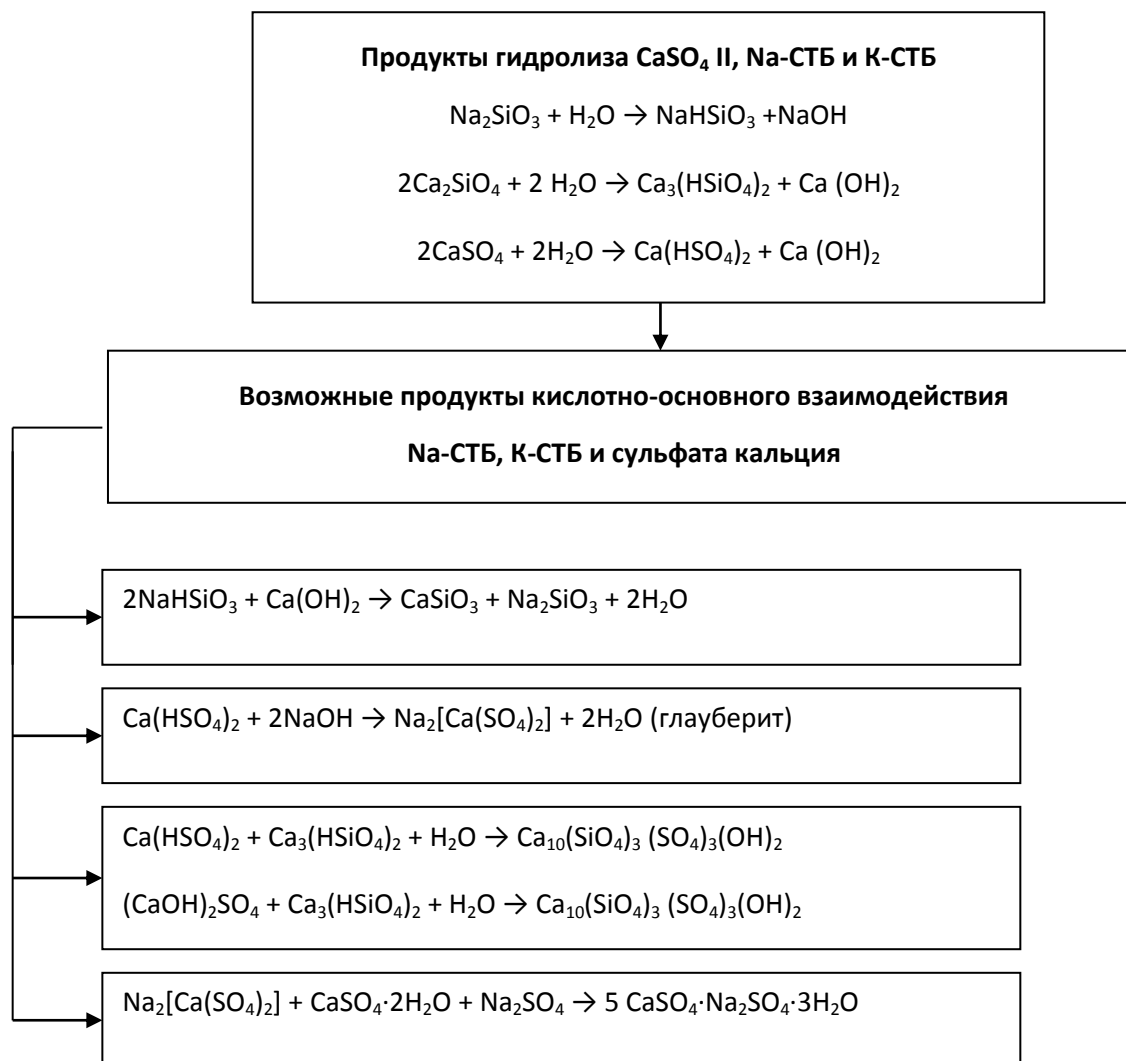


Рис. 1. Возможные продукты кислотно-основных взаимодействий в гипсостекольных системах

**Цель работы.** Установление возможности применения потенциометрии для изучения процессов и продуктов гидратационного взаимодействия в гипсостекольных системах.

**Методология.** Количественно процессы, протекающие в гипсостекольных системах, можно охарактеризовать величиной pH их суспензий. В связи с этим нами были исследованы кислотно-основные свойства отдельно Na-СТБ;  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$ ; строительного гипса Г-5 ЗАО «Усть-Джегутинский гипсовый комбинат им. Р.А. Джанибекова» ( $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ), многофазовых гипсовых вяжущих, кварцевого песка, флинтот (отходы производства хрусталя). и их смесей с соотношением 1:1. Величина pH водных суспензий (В/Т = 12,5) строительного гипса равна 8,0. Термический  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$  получали обжигом гипса Баскунчакского месторождения при 650°C в

течение 2 часов в муфельной печи. Величина pH его водных суспензий (В/Т = 12,5) равна 11,45.

Кинетика кислотно-основного взаимодействия изучалась потенциометрическим методом по изменению величины pH суспензий с В/Т = 12,5. Суспензии компонентов исследуемых систем находились в плотно закрывающихся бюксах, хранящихся в эксикаторе над насыщенным раствором NaCl. Такая методика позволяет значительно сократить карбонизацию гипсостекольных систем. Гранулометрический состав материалов и их удельную поверхность изучали согласно ГОСТ 310.2-81 с использованием прибора ПМЦ-500, работающего по принципу воздухопроницаемости уплотненного материала и методом лазерной гранулометрии на установке анализатора частиц «FRITSCH», поз-

воляющим исследовать частицы размером от 0,2 до 600 мкм.

**Основная часть.** Выщелачивание составляющих Na-СТБ зависит от размера частиц и удельной поверхности ( $S_{уд}$ ). Поэтому в начале работы было исследовано влияние  $S_{уд}$  СТБ на величину pH их суспензий. Установлено (рис. 2), что  $S_{уд}$  СТБ особенно сильно увеличи-

вается в первые 5 минут помола в вибромельнице. Дальнейший помол изменяет  $S_{уд}$  в меньшей степени, что можно объяснить агрегированием частиц СТБ. Через 25 мин помола  $S_{уд}$  СТБ составляет 1150...1200 м<sup>2</sup>/кг. Для сравнения  $S_{уд}$  кварцевого песка, подвергнутого помолу в течение такого же времени, больше 2000 м<sup>2</sup>/кг.

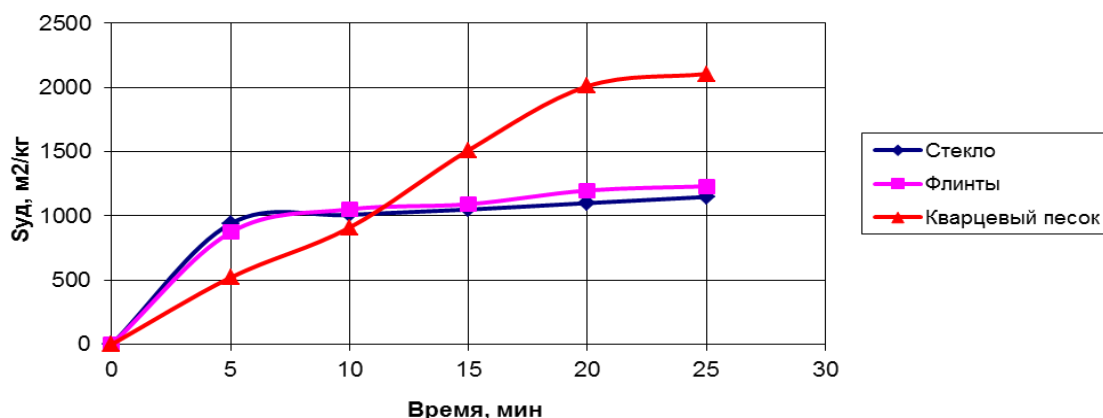


Рис. 2. Зависимость удельной поверхности от времени помола СТБ и кварцевого песка

$S_{уд}$  СТБ, определенная на приборе ПМЦ-500, больше на 117...263 м<sup>2</sup>/кг, чем  $S_{уд}$  определенная с помощью лазерного гранулометрического анализа. И чем тоньше помол, тем эта разница больше (табл. 1). Наиболее сильно от времени помола зависит доля частиц с размером < 5 мкм. На количество мелкой фракции с размером частиц менее 1 мкм время помола влияет в меньшей степени. Величина pH продуктов помола СТБ (рис. 3), в исследуемом интервале времени помола, изменяется незначительно, находясь в щелочной среде с pH = 11,0...11,5. Выщелачивание и гидролиз составляющих СТБ усиливается с увеличением их  $S_{уд}$ . Молотые отходы тарного Na-СТБ и флинты в начальный момент гидратации имеют щелочную реакцию среды (pH = 11,5), а молотый кварцевый песок слабокислую (pH = 6,5...6,8). Величина pH суспензий молотого кварцевого песка с увеличением  $S_{уд}$  несколько увеличивается, стабилизируясь после 1000 м<sup>2</sup>/кг. Для молотых отходов тарного Na-СТБ и флинтов стабилизация pH их суспен-

зий также наблюдается при  $S_{уд} = 1000$  м<sup>2</sup>/кг. Увеличение  $S_{уд} > 1000$  м<sup>2</sup>/кг не приводит к существенному изменению величины pH их суспензий. Независимо от вида отходов СТБ максимальная величина pH суспензий составляет 11,5. Таким образом, для получения оптимальной величины pH суспензий, отходы СТБ нужно подвергать помолу до  $S_{уд} = 1000...1100$  м<sup>2</sup>/кг.

Наряду с краткосрочными были проведены длительные кинетические исследования. Установлено, что величина pH тонкомолотых отходов тарного Na-СТБ в течение 22 сут. гидратации снижается с 11,2 до 10,3 не монотонно, а ступенчато, оставаясь в щелочной среде. Причем стабилизация pH наблюдается на 7...11 сут. (pH = 10,66) и 14...22 суток (pH = 10,30) гидратации. Ступенчатое уменьшение pH суспензий Na-СТБ мы связываем с последовательным гидролизом силикатов натрия и кальция, входящих в состав стекла. Эти же интервалы pH отмечены и для суспензий смесей CaSO<sub>4</sub>·II и тонкомолотых Na-СТБ.

Таблица 1

#### Дисперсность Na-СТБ по результатам лазерной гранулометрии

№ п/п	Показатель	Продукты помола Na-СТБ в течение	
		25 мин	5 мин
1.	Среднеобъемный размер частиц, мкм	11,74	10,65
2.	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	887,5	743,0
3.	Удельная поверхность по данным ПСХ, м <sup>2</sup> /кг	1150	860
4.	Доля частиц с размером, %		
	– менее 1 мкм	40	41
	– менее 5 мкм	68	85
	– менее 10 мкм	99	99

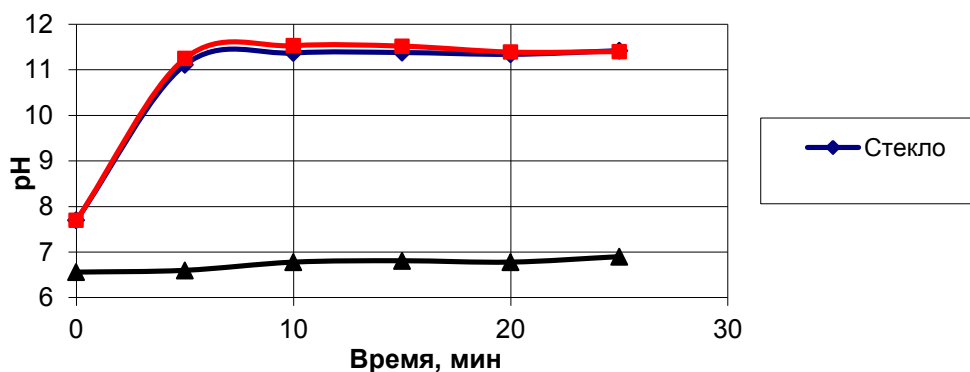


Рис. 3. Зависимость pH от времени помола СТБ и кварцевого песка

Так как гипсовые вяжущие являются быстротвердеющими, то важно знать поведение гипсостекольных систем в ранние сроки твердения и уметь управлять этими процессами.

Потенциометрическими исследованиями показано, что Na-СТБ понижают pH суспензий  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$  (рис. 4), активируя его твердение и увеличивают pH суспензий строительного гипса, удлиняя его сроки схватывания (рис. 5). Щелоч-

ная среда, создаваемая СТБ, способствует увеличению сроков схватывания строительного гипса, на что указывает анализ зависимостей изменения pH суспензий строительного гипса с добавками СТБ (рис. 5). Так, у бездобавочного строительного гипса конец схватывания наступает через 16 мин., а у вяжущего с добавкой СТБ – через 25 мин.

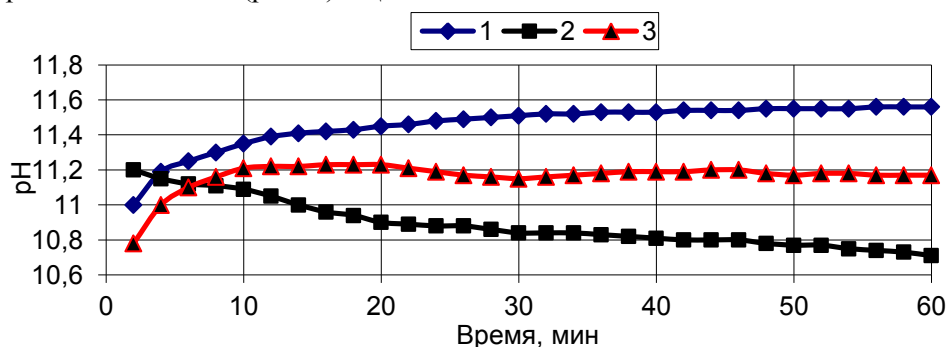


Рис. 4. Кинетика изменения pH суспензий:

1 –  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$ ; 2 – Na-СТБ (15 мин измельчения); 3 – состав (50 %  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$  + 50 % Na-СТБ)

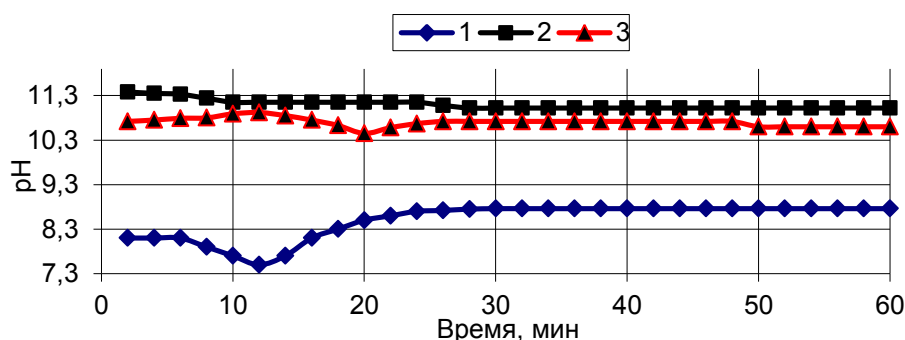


Рис. 5. Кинетика изменения pH суспензий:

1 – строительный гипс Г-5; 2 – Na-СТБ (15 мин измельчения); 3 – состав (50 % строительный гипс Г-5 + 50 % Na-СТБ)

Тонкомолотые отходы тарного Na-СТБ ( $S_{уд} = 1181 \text{ м}^2/\text{кг}$ ), введенные в многофазовые гипсовые вяжущие (МГВ), также снижают pH его суспензий ниже pH исходных веществ. Особенно хорошо это видно после 2 сут. выщелачивания. Так pH суспензий  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$  через 7 сут. гидратации составляет 11,5; тонкомолотых от-

ходов тарного Na-СТБ – 10,66, а смеси  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$  и тонкомолотых отходов тарного Na-СТБ – 9,6 [6].

Возможными причинами такого снижения pH могут быть реакции взаимодействия исходных веществ –  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{II}$  и тонкомолотых Na-СТБ – и продуктов их поляризационного



взаимодействия с водой. Кроме того, возможны реакции компонентов системы с  $\text{CO}_2$  атмосферного воздуха и взаимное подавление гидролиза составляющих гипсостекольных композиций. Выяснению данных вопросов будут посвящены последующие работы. Исследования в данном направлении продолжаются.

Понижение pH суспензий сульфата кальция и кремнекислоты Гордашевский П.Ф. связывал с образованием гидросиликатов кальция и серной кислоты [4]. Кроме гидросиликатов кальция, по данным некоторых авторов [5], возможно образование сульфосиликатов кальция.

**Выводы.** Процессы, протекающие при гидратации и твердении гипсостекольных систем, наглядно и информативно отображаются на кинетических кривых изменения pH. Форма кинетических кривых изменения pH зависит от фазового состава сульфата кальция вида и удельной поверхности стеклобоя. Величина pH суспензий гипсостекольных систем не постоянна и изменяется в связи с теми процессами, которые протекают при их гидратации и структурообразовании.

Показано, что потенциометрия может служить одним из инструментов в изучении кислотно-основных взаимодействий в системах на

основе сульфата кальция и тонкомолотых отходов стеклобоя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Айлер Р. Химия кремнезема. М.: Мир. Ч. 1. 1982. 416 с.
2. Фролов Ю.Г. Кремниевые кислоты: получение и применение гидрозолей кремнезема. М.: 1979. 342 с.
3. Клименко В.Г. Многофазовые гипсовые вяжущие: монография / Белгор. гос. технол. ун-т. им. В.Г. Шухова, Белгор. инж.-экон. ин-т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 198 с.
4. Гордашевский П.Ф., Долгарев А.В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсодержащих отходов. М.: Стройиздат. 1987. 105 с.
5. Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновской И.В., Войтович Е.В. Особенности фазообразования в композиционном наноструктурированном гипсовом вяжущем // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 9–12.
6. Klimenko V.G., Pavlenko V.I., Gasanov S.K. The Role of pH Medium in Forming Binding Substances on Base of Calcium Sulphate / Middle-East Journal of Scientific Research. 2013. T.17. №8. С. 1169-1175.

**Klimenko V.G., Pavlenko V.I., Gasanov S.K.**

#### ASID-ALKALINE INTERACTION IN GYPSUM-GLASS SYSTEMS

*The article devotes to researching acid-alkaline balance in gypsum-glass systems. Potentiometric method of analyze lets to received dependents of quantitative changes of pH gypsum-glass system and its initial components at earlier and later periods of hardening gypsum system, this makes it possible to forecast the compound and the property of the composition material. In the article offers the probable products interaction of calcium sulfate and different thin-milled cullet components.*

**Key words:** potentiometry, pH kinetic curves, insoluble anhydrite, gypsum, gypsum plaster, cullet.

Даниленко Е.П., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**ОГРАНИЧЕНИЯ (ОБРЕМЕНЕНИЯ) ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В ВОДООХРАННЫХ ЗОНАХ ГОРОДА БЕЛГОРОД**

danilenko\_ep@mail.ru

*В настоящее время в большинстве населённых пунктов Белгородской области назрела проблема реализации вещных прав граждан и юридических лиц на земельные участки, расположенные в водоохранных зонах. Как показали исследования, возникновение обозначенных проблем является следствием не информированности правообладателей земельных участков об особых условиях пользования земель. В статье рассмотрены вопросы формирования водоохранных зон, внесения сведений о водоохранных зонах в государственный кадастр недвижимости, порядок информирования землепользователей об ограничениях использования земельных участков. Предложен механизм кадастрового учёта и регистрации ограничений (обременений) земельных участков и их частей в водоохранных зонах.*

**Ключевые слова:** землепользование, водоохранная зона, государственный кадастр недвижимости, ограничения (обременения) прав, земельные участки.

**Введение.** В последние годы в населённых пунктах Белгородской области активизировалось строительство частных домов, коттеджей, и более крупных объектов вдоль рек, водохранилищ и иных водных объектов. Зачастую такие объекты и прилегаемые к ним земельные участки пространственно располагаются в водоохранных зонах. Однако собственники таких объектов и земельных участков, в большинстве случаев, даже не осведомлены о тех запретах и ограничениях хозяйственной деятельности, которые установлены российским законодательством для водоохранных зон.

**Методология.** Водоохранные зоны, в соответствии со ст.1 Градостроительного кодекса РФ, отнесены к зонам с особыми условиями использования территорий [2]. Водным Кодексом РФ на земли, расположенные в границах водоохранных зон, установлены определённые запреты и ограничения хозяйственной деятельности, однако допускается строительство и эксплуатация хозяйственных и иных объектов. Основной целью установления водоохранных зон является предотвращение загрязнения, засорения, заиления водных объектов и истощения их вод, а также сохранение среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. Кроме того, на территориях прибрежных защитных полос, установленных в границах водоохранных зон, вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности, основным условием использования является оборудование таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения и истощения вод. При этом Водным Кодексом РФ установлены размеры водоохранных зон, ширина которых составляет от пятидесяти

до двухсот метров для рек различной протяжённости [2].

**Основная часть.** В соответствии с Правилами установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов, утверждёнными Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.01.2009 г. №17, установление на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов должно осуществляться уполномоченным органом государственной власти. При этом обязательны: составление описания границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водного объекта, определение координат и опорных точек границ, отображение границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов на картографических материалах [6]. Фактически же в большинстве населённых пунктов Белгородской области водоохранные зоны (также как и другие зоны с особыми условиями использования территорий) отображаются только на картах градостроительного зонирования, но не установлены на местности, не внесены в государственный кадастр недвижимости, что исключает соответствующие ограничения землепользования для правообладателей земельных участков.

Непосредственно на местности установление границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов, в соответствии с законодательством РФ, должно производиться посредством размещения специальных информационных знаков на всем протяжении границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов в характерных точках рельефа, а также в местах пересечения водных объектов дорогами, в зонах отдыха и других местах массового пребывания граждан.

Основной целью установления границ водоохранных зон на местности является информирование граждан и юридических лиц – землепользователей и правообладателей земельных участков, которые полностью либо частично расположены в границах водоохранных зон, о специальном режиме осуществления хозяйственной деятельности на земельных участках и о дополнительных ограничениях хозяйственной и иной деятельности в границах прибрежных защитных полос.

Практика показывает, что установление границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов на землях населённых пунктов Белгородской области, как правило, не производится. В том случае, если реки на территории городов не имеют искусственных берегов и набережных, а также повсеместно в местах пересечения водных объектов с дорогами, в зонах отдыха и других местах массового пребывания граждан обозначения водоохранных зон, как правило, отсутствуют. Такая же ситуация складывается и в малых населённых пунктах – землевладельцы и землепользователи зачастую не осведомлены о том, что их приусадебные, садовые либо огородные земельные участки расположены в границах водоохранных зон. Соответственно землепользователи и не предполагают об ограничениях и запретах на определённые виды деятельности на таких земельных участках, иные установленные законодательством требования, которые должны соблюдаться во избежание загрязнения, засорения, заиливания водных объектов и истощения их вод, сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира в границах водоохранных зон.

Федеральным законом РФ от 21.07.2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (далее – Закон о кадастре) и Постановлением Правительства РФ от 03.02.2014 №71 «Об утверждении Правил направления органами государственной власти и органами местного самоуправления документов, необходимых для внесения сведений в государственный кадастр недвижимости, в федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный в области государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, кадастрового учета и ведения государственного кадастра недвижимости, а также о требованиях к формату таких документов в электронной форме», установлено, что в случае установления или изменения границ зон с особыми условиями использования территорий, федеральный орган исполнительной власти, орган государственной власти субъекта

РФ или местного самоуправления, принявший решение об установлении или изменении границ зон с особыми условиями использования территорий, направляет в орган кадастрового учета документ, воспроизводящий сведения, содержащиеся в решении об установлении или изменении границ таких зон, включая их наименование и содержание ограничений использования объектов недвижимости в их границах. При этом в случае внесения в государственный водный реестр сведений о водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах, зонах затопления, подтопления и других зонах с особыми условиями их использования, установленных в отношении водного объекта, либо изменений сведений об указанных зонах в государственном водном реестре федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий ведение государственного водного реестра, в срок не более чем пять рабочих дней направляет в орган кадастрового учета документ, воспроизводящий сведения о наименовании водного объекта и установленных параметрах таких зон (координаты, ширина, площадь при наличии).

Состав сведений государственного кадастра недвижимости (далее – ГКН) о зонах с особыми условиями использования территорий, в том числе водоохранных зонах, определен статьей 10 Закона о кадастре. К указанным сведениям, в том числе относятся описание местоположения границ зон, наименования органов государственной власти или органов местного самоуправления, принявших решения об установлении или изменении зон, реквизиты указанных решений и источники официального опубликования этих решений. В качестве основания для внесения в ГКН сведений о зоне (решения об установлении зоны) может выступать непосредственно нормативный правовой акт, предусматривающий общие правила установления зон определенного вида, и документы, описывающие местоположение границы соответствующей зоны.

Пунктами 6 и 7 статьи 15 Закона о кадастре установлено, что «органы государственной власти и органы местного самоуправления направляют в орган кадастрового учета документы в течение пяти рабочих дней с момента вступления в силу соответствующих решений, а в случае, если требуется карта (план) объекта землеустройства, – в течение шести месяцев с даты принятия решений. В случае если выше указанные сведения не поступили в ГКН в установленные сроки, заинтересованное лицо вправе обратиться в орган кадастрового учета с заявлением о внесении соответствующих сведений в ГКН. В этом случае орган кадастрового учета само-

стоятельно запрашивает содержащие указанные сведения документы в органах государственной власти и органах местного самоуправления» [4].

По мнению Департамента недвижимости Министерства экономического развития РФ, изложенном в письме от 17.12.2009 г. № 22066-ИМ/Д23, сведения о зонах могут быть внесены в ГКН любыми заинтересованными лицами (в том числе правообладателями объектов, в связи с обеспечением условий эксплуатации которых устанавливаются соответствующие зоны) [6]. Однако граждане – правообладатели земельных участков и объектов недвижимости, расположенных в границах водоохранных зон, не заинтересованы во внесении в ГКН сведений о водоохранных зонах. Основной причиной, по нашему мнению, являются не столько финансовые затраты и трудоёмкость землеустроительных работ по формированию водоохранных зон, а возможность свободного бесконтрольного использования земельных участков.

Муниципалитеты также не проявляют должной заинтересованности в соблюдении законодательства о водоохранных зонах. Использование органами местного самоуправления Белгородской области достоверной и актуальной информации о водоохранных зонах сегодня крайне затруднено, однако при принятии градостроительных решений необходимость их учёта в ГКН очевидна. Неточная информация о водоохранных зонах на территории населённых пунктов или её отсутствие может привести к непоправимым градостроительным ошибкам, последствия которых могут привести к созданию угрозы жизни и здоровью населения, проживающего на соответствующих территориях.

В ходе исследования, проведённого автором настоящей статьи, был проведён анализ использования земельных участков, расположенных в водоохранных зонах города Белгород. На основе картографических материалов, представленных на Публичной кадастровой карте Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр), в кадастровом районе 31:16 «Город Белгород» на кадастровые кварталы, непосредственно примыкающие к водным объектам города, были нанесены границы водоохранных зон вдоль рек Везелка, Северский Донец и Белгородское водохранилище. При нанесении на кадастровую карту границ водоохранных зон учитывалось, что размер водоохранной зоны р. Везелка составляет 50 м, размер водоохранной зоны р. Северский Донец и Белгородского водохранилища составляет 200 м.

В каждом кадастровом квартале была произведена выборка земельных участков, по ме-

стоположению, учтённому в ГКН, попадающих на территорию выделенных водоохранных зон полностью либо частично (1061 участок). Анализ сведений о земельных участках показал, что в водоохранных зонах расположены в основном земельные участки граждан с видами разрешённого использования «личное подсобное хозяйство» и «индивидуальное жилищное строительство», а также имеются земельные участки ряда промышленных предприятий и иных юридических лиц. Также в водоохранных зонах расположены объекты инженерной и транспортной инфраструктуры города – автомобильные дороги, линии электропередач и т.д. В то же время, ни один из расположенных в водоохранных зонах 1061 земельных участков не имеет ограничений (обременений) использования. Отсутствие ограничений в использовании приводит к бесконтрольному использованию земельных участков их правообладателями, а захламливание, загрязнение земель в водоохранных зонах отрицательно сказывается на состоянии городских водных объектов, что в целом может привести к серьёзным экологическим проблемам.

В случае государственной регистрации ограничений (обременений) в Едином государственном реестре прав на недвижимое имущество и сделок с ним и отражение этих ограничений (обременений) в сведениях Государственного кадастра недвижимости позволит контролирующим и надзорным органам применять к нарушителям земельного и водного законодательства меры административного и иного воздействия в соответствии с законодательством РФ.

В соответствии со ст. 56 Земельного кодекса РФ, ограничения прав на землю подлежат государственной регистрации [1], и в соответствии с ч. 3 ст. 15 Закона о кадастре, сведения об ограничении (обременении) вещного права на соответствующий объект недвижимости, включающийся в кадастр после осуществления государственной регистрации соответствующего ограничения (обременения). Таким образом, внесение в ГКН сведений о том, что в отношении земельного участка, который полностью либо частично входит в границы соответствующей водоохранной зоны, установлено ограничение (обременение) права в связи с установлением зоны, возможно только после государственной регистрации такого ограничения (обременения) права.

С другой стороны, для государственной регистрации прав (ограничений (обременений) прав) необходимы, в том числе, сведения государственного кадастра недвижимости. Однако законодательством РФ не установлен порядок

предоставления сведений ГКН о зонах с особыми условиями использования территорий. Возможны только выписки из ГКН в виде кадастрового паспорта, кадастровой выписки и ряда других документов о конкретных объектах недвижимости.

Выходом из создавшейся ситуации нам видится необходимость разработки механизма легитимных процедур, юридически устанавливающих на земельные участки в водоохранных зонах ограничений и обременений. Такой механизм должен включать в себя помимо принятия соответствующего акта органа государственной власти (местного самоуправления) также землеустроительные работы по формированию границ водоохранной зоны, внесения сведений о водоохранной зоне в раздел государственного кадастра недвижимости «Земельные участки» в и государственную регистрацию ограничений (обременений) прав на соответствующие земельные участки.

Основываясь на действующих нормативных правовых актах, можно предложить два варианта решения проблемы:

Вариант 1. Ограничения в использовании земельных участков в водоохранной зоне автоматически будет считаться установленным после учёта водоохранной зоны в государственном кадастре недвижимости, с последующей передачей сведений о земельных участках, пространственно расположенных в водоохранной зоне, в органы местного самоуправления и органы по регистрации прав.

Механизм установления ограничений должен включать в себя:

- принятие соответствующего акта органа государственной власти (местного самоуправления);
- формирование границ водоохранной зоны в соответствии с действующим законодательством с изготовлением Землеустроительного дела и карты (плана) водоохранной зоны;
- внесение сведений о сформированной зоне в государственный кадастр недвижимости;
- государственную регистрацию ограничений (обременений) прав на те земельные участки, которые полностью (либо частично) располагаются в водоохранной зоне.

При этом выдаваемые органом кадастрового учёта выписки государственного кадастра недвижимости должны содержать сведения об ограничениях (обременениях) земельного участка путём заполнения раздела В.3 кадастрового паспорта и/или раздела КВ.3 кадастровой выписки о земельном участке. Также сведения о нахождении земельного участка в границах водоохранной зоны могут быть указаны в строке

16 раздела В.1 кадастрового паспорта либо в строке 16 раздела КВ.1 кадастровой выписки в виде индивидуального обозначения (вида, типа, номера, индекса и тому подобного) такой зоны.

Формирование частей земельных участков, расположенных в границах водоохранной зоны, должно обеспечиваться в результате проведения кадастровых работ в соответствии с требованиями Закона о кадастре и принятыми в его развитие подзаконными актами с изготовлением Межевого плана. Сформированные части земельных участков подлежат учёту в государственном кадастре недвижимости. Если в границах водоохранной зоны располагается только часть земельного участка, в кадастровый паспорт или кадастровую выписку может быть внесена соответствующая информация. Если такая часть земельного участка не сформирована и государственный кадастровый учёт её не осуществлен, в строке 16 дополнительно должно быть указано, что в кадастре отсутствуют сведения о части земельного участка, расположенной в водоохранной зоне.

Также при наличии соответствующей технической возможности границы водоохранной зоны могут отображаться в разделе В.2 кадастрового паспорта или кадастровой выписки.

Вариант 2. После формирования и утверждения границ водоохранной законодательно зоны в установленном порядке, соответствующий орган государственной власти, принявший решение о формировании зоны и утвердивший землеустроительное дело, направляет в орган по государственной регистрации прав нормативно-правовой Акт об установлении ограничений (обременений) использования земельных участков с приложением Перечня таких земельных участков. Регистрирующий орган вносит соответствующие сведения в Единый государственный реестр прав на недвижимое имущество и сделок с ним и уведомляет правообладателей земельных участков о наложенных ограничениях.

**Выводы.** Предложенные механизмы установления и регистрации ограничений (обременений) земельных участков упорядочивают процесс землепользования в водоохранных зонах. Ограничения использования земельных участков должны быть зарегистрированы в документах, удостоверяющих права на земельные участки – свидетельствах о праве собственности, договорах аренды земельных участков. При таком подходе к проблеме установления водоохранных зон, каждый землевладелец, землепользователь, арендатор земельных участков в границах водоохранных зон при осуществлении хозяйственной деятельности на участке будет чув-

ствовать свою ответственность и соблюдать требования земельного и водного законодательства Российской Федерации.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Земельный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ. [Электронный ресурс]: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 13.04.2015).

2. Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ. [Электронный ресурс]: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 06.04.2015).

3. Градостроительный кодекс РФ. Федеральный закон от 29.12.2004 г. №190-ФЗ. [Электронный ресурс]: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 06.04.2015).

4. Федеральный закон от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости». [Электронный ресурс]: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 13.02.2015).

5. Постановление Правительства РФ от 03.02.2014 №71 «Об утверждении Правил направления органами государственной власти и органами местного самоуправления документов, необходимых для внесения сведений в государственный кадастр недвижимости, в федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный в области государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, кадастрового учета и ведения государственного

кадастра недвижимости, а также о требованиях к формату таких документов в электронной форме». [Электронный ресурс]: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 13.02.2015).

6. Постановление Правительства РФ от 10.01.2009 № 17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов» [Электронный ресурс]: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 13.02.2015).

7. Письмо Министерства экономического развития РФ 17.12.2009 г. № 22066-ИМ/Д23 «О внесении в государственный кадастр недвижимости сведений о зонах с особыми условиями использования территорий». [Электронный ресурс]: <http://www.rosreestr.ru/about/structure/> (дата обращения 13.02.2015).

8. Даниленко Е. П., Ефремова А. В. Установление ограничений использования земельных участков в водоохранных зонах Белгородской области // Материалы V Международной научной конференции «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах». Белгород, 28-31 октября 2013. Москва-Белгород: 2013. С. 43–47.

9. Ширина Н.В., Кононова О.Ю. Актуальность проблемы учёта зон с особыми условиями использования территории // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 135-138.

**Danilenko E.P.**

### **RESTRICTIONS (ENCUMBRANCES) OF LAND PLOTS IN WATER PROTECTION ZONES IN THE BELGOROD REGION**

*At the moment in most localities of the Belgorod region has ripened problem of realization of property rights of citizens and legal entities on land, in water protection areas. Research has shown emergence the above problems is the result of lack of information land owners about specific conditions of use of lands. The article discusses the procedure for the formation of water protection zones, the particulars of the water protection areas in the State Immovable Property Cadastre, land users informed about the limitations of the use of land plots. The mechanism of cadastral registration and registration restrictions (encumbrances) of the land and their parts in riparian zones.*

**Key words:** land use, land plots, water protection zone, State Immovable Property Cadastre, restrictions (encumbrances) of rights.

Ярмош Т.С., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ К СОЦИОКУЛЬТУРНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖИЛОЙ СРЕДЫ

t.yarmosh@yandex.ru

*В настоящее время проектирование жилой среды ориентировано на формирование жизненного пространства человека как единого социокультурного комплекса. Приступая к архитектурному проектированию городского пространства архитекторы и строители должны прежде всего начинать с социокультурного проектирования. В статье дано его определение, указаны категории, готовность которых необходима для социокультурного проектирования, а также выделены и описаны компоненты готовности жилой среды: информационный, ценностный, перцептивно-когнитивный, мотивационный, ресурсный, нормативный и организационный.*

**Ключевые слова:** *жилая среда, социокультурное проектирование, компоненты готовности, комфортность, самореализация, информативность.*

**Введение.** Под влиянием новых социальных условий и материальных возможностей людей, под воздействием развивающейся техники и научно-технического прогресса изменяются представления человека о своем жилище, его оценка с точки зрения комфортности, степени удовлетворенности тем или иным решением [9]. Иметь квартиру или дом (пусть разные по площади и комфортности) в районе с чистым воздухом, вдали от промышленных предприятий, с ухоженными дворами, оборудованными местами для отдыха, благоустроенными детскими и спортивными площадками, зонами тихого отдыха и скверами стремятся – вне зависимости от их статуса – все горожане.

Ведь именно окружающая нас среда, физическое пространство может способствовать чувству комфорта, гармонии, согласованности человека с окружением либо наоборот может вызывать чувство отчужденности [6].

При новых социальных условиях и материальных возможностях людей, под воздействием научно-технического прогресса изменяются представления человека о своём жилище, его оценка с точки зрения комфортности, степени удовлетворенности тем или иным решением. На жилище и его оценку влияют также образ жизни человека, его социальное положение, место жительства, природно-климатические условия, национально-бытовые традиции [1].

Устаревшая сегодня, используемая ранее, а в некоторых случаях и сейчас система проектирования, строительства и распределения жилища, была основана на едином глобальном принципе: каждый может получить лишь тот унифицированный стандарт жилья (квартиры), который заложен в системе типового жилищного строительства. То есть каждому давалось не то, что ему нужно, а то, что есть в наличии. Последнее время становится очевидным, что она

неприемлема уже сегодня, даже в рамках «социального» жилья.

В настоящее время жилая среда организуется при максимально возможной свободе деятельности ее субъектов (жителей). Причем здесь роль профессионалов (архитекторов, исследователей, строителей) отнюдь не принижается, а только ставится на службу реальным заказчикам и осуществляется в тесном контакте с ними.

Главным в новом жилищном строительстве является обеспечение высоких качеств жилой среды не зависимо от «диктата производителя», а при условии абсолютного приоритета жителей. Каждый элемент жилой среды должен наконец обрести реальных, а не фиктивных хозяев, вроде бывших ЖЭКов, ДЭЗов, ЖСК и т.п. Только тогда появятся действительные возможности для решения важнейших социальных аспектов жилищной проблемы – удовлетворенности своим жилищем, сплоченности жителей, их активности и ответственности по отношению к своей среде.

Какие же появятся эффекты саморегулирования жилой среды?

**Психологический эффект.** С созданием жилища нового типа у людей появляется возможность материализации своей индивидуальности, организации окружения по личным (групповым) склонностям и предпочтениям, что, несомненно, увеличивает чувство хозяина, хозяйское отношение к окружающей среде (вместо сегодняшней отчужденности в жилых домах и районах). Появляется чувство защищенности в своей жилой среде, формируется психологическая «сращенность» со своим жилищем, районом и городом.

**Социальный эффект.** Совместное формирование жилой среды содействует раскрытию деятельностного потенциала людей. В результате человек воспринимает себя уже не как одинокую личность, а как члена группового субъекта,



дееспособного сообщества людей. Происходит увеличение потенциальных субъектов инновации, что приводит к здоровой конкуренции и взаимообогащению.

**Культурный эффект.** Учитывая, что новый жилой кондоминиум во многом «самогенерирующее явление», при массовом переходе к такому типу средообразования происходят заметное увеличение разнообразия домашнего и придомового образа жизни, увеличение разнообразия домашней культуры, что непременно ведет к возрождению локальных культур, к дальнейшему развитию местных традиций и обычаев [5].

Строительство и благоустройство этой среды, вообще любого объекта начинается с работы заказчика, потом подключается проектировщик, и далее всё это доходит до потребителя.

Без признания фактора человека в качестве основного в организации городской среды невозможно проектирование городской среды, ведь учет его потребностей в комфортности окружения должен быть решающим в работе над оптимизацией жизненной среды человека.

Поэтому архитектурное проектирование городского пространства, а тем более жилой среды необходимо прежде всего начинать с социокультурного проектирования.

Социокультурное проектирование – это специфическая технология, представляющая собой конструктивную, творческую деятельность, сущность которой заключается в анализе проблем и выявлении причин их возникновения, выработке целей и задач, характеризующих желаемое состояние объекта, разработке путей и средств достижения поставленных целей. Ведь сам смысл культурной деятельности заключается в ее «улучшающем» характере, в «культивировании» всех составляющих человеческого бытия [3].

Какова же готовность к социокультурному проектированию?

*Готовность* – это первичное фундаментальное условие успешного выполнения любой профессиональной деятельности. Термин «готовность» используется обычно для характеристики состояния субъекта деятельности.

Применительно к социологии можно сформулировать такое определение: готовность – это состояние социального субъекта, обеспечивающее успешное начало деятельности и ее последующее исполнение [4].

Для социокультурного проектирования необходима готовность трёх основных категорий, которые должны быть взаимосвязаны.

Заказчик.

Проектировщик.

Потребитель.

И.В. Конев, следуя системному подходу к исследованию сложных социальных явлений, выделяет и рассматривает десять компонентов применительно к инновационной готовности персонала организаций: информационный, перцептивно-когнитивный, ценностно-ориентационный, мотивационный, морально-нормативный, социально-психологический, ресурсный, деятельностный, технологический, организационный [2].

Эти же компоненты готовности могут быть рассмотрены в случае с проектированием жилой среды.

**Компоненты готовности к социокультурному проектированию жилой среды.**

**1. Информационный.** Любое проектирование начинается с предпроектного сбора информации. Это должны быть данные по уже существующей застройке: количество жителей на проектной территории, их проблемы, плотность застройки, активность населения района, ситуационная схема, топографический план проектируемой территории, а также генеральный план, транспортно-пешеходная схема, схема зонирования территории, наличие учреждений обслуживания, образования, отдыха, здравоохранения, спортивных сооружений и тд. прилегающих к ней территорий. Проектировщик должен заранее изучить все эти данные, чтобы ориентироваться в потребностях населения, проживающего на данной территории, иметь общие понятия о проблемах территории различных категорий: транспортная проблема, нехватка пешеходной зоны, нехватка предприятий обслуживания, нехватка парковочных мест и тд.), чтобы в процессе проектирования, улучшить качество жизни населения, привести проектируемую зону к современным стандартам и дать толчок для дальнейшего развития территории.

**2. Перцептивный-когнитивный** (восприятие, понимание смысла, сути) Данный компонент готовности нераздельно связан с информативным. Как уже говорилось ранее, проектировщик, должен подробно изучить имеющийся уже информативный банк данных, чтобы ориентироваться в потребностях зоны застройки, в ее проблемах и проблемах, проживающего в ней населения, и выделить именно то, что требуется в данном месте, в данное время, и что реально осуществимо. Ведь процесс социокультурного проектирования не просто офисная работа или дизайн-проект какого либо объекта, это сложный процесс выделения самого нужного для развития данного территориального участка. Очень важно правильное понимание смысла проектирования данного объекта в данном ме-

сте, как он будет вписан в существующую среду, насколько он важен здесь. Вот на этом этапе необходимо применить термин: «Архитектурное соучастие». Что же такое «Архитектурное соучастие»? Это привлечение жителей к процессу проектирования для выявления истинных потребностей и проблем людей. Центры соучаствующего проектирования являются ареной информационного взаимодействия архитектора с местными организациями жителей, структурами власти и инвесторами.

В соучаствующем проектировании архитектор выполняет функцию посредника между конечным пользователем, местным сообществом, заказчиком, администрацией. Здесь архитектор не просто исполнитель-проектировщик. Он анализирует проблемы и потребности конечного пользователя, местного сообщества и разрабатывает программу проектирования, осуществляет консультативную деятельность. Архитектор может выполнять только функции консультанта и составлять проектную программу, либо консультанта и проектировщика одновременно [7].

**3. Ценностной** (содержание, представляет ценность, значимость)

Предметные и субъективные ценности являются двумя сторонами, полюсами ценностного отношения человека к предметно-пространственной, в данном случае жилой среде.

Очень важным элементом социокультурного проектирования является накопленный опыт предыдущих поколений в различных сферах. Например, культурно-историческое наследие, духовно-нравственные принципы и социокультурные нормы, политические и экологические нормы, художественные стили и социально-психологическая среда обитания, мировоззрение людей, проживающих на данной территории. И проектировщику несомненно важно не забывать об этом в процессе сбора информации, анализе ее и дальнейшем проектировании и решении каких-либо проблем. Ведь очень важно в ходе такой сложной деятельности не потерять главное – то, что цель социокультурного проектирования – это следования потребностям, желаниям и нуждам населения, общества, социума. Поэтому каждый социокультурный объект индивидуален, т.к. учитываются его ценность для населения данного района, значимость в их жизни и его содержание. При работе с благоустройством жилой среды необходимо учитывать ценность старой застройки (исторического и архитектурного наследия), природных ландшафтно-рекреационных зон, того или иного существующего объекта.

**4. Мотивационный** (желание создания среды) Как уже говорилось ранее социокультурное проектирование – это сложный процесс совокупности анализа нужд и потребностей населения, и воплощение этих нужд в проектирование и в дальнейшем строительство значимого и необходимого для них объекта или создание благоприятной среды обитания. Поэтому в современных условиях важность создания среды, в которой "человек городской" способен восстанавливаться для успешной жизни в агрессивной городской среде, является вопросом биологического выживания человека. Во все времена человеку свойственно желание сделать комфортным своё жилище. Причем это желание по созданию комфортной, качественной среды для проживания, жизнедеятельности и отдыха людей среды должно быть обоюдным и возникать не только у потребителя но и у проектировщика.

**5. Нормативный.** Этот компонент готовности включает в себя жесткие и мягкие нормы. Жесткие, которые законодательно закреплены и предстают в виде СНиПов, ГОСТов, СП и т.д., и мягкие – это социокультурные нормы, т.е. нормы, которым гласно и негласно следует каждый человек, и которые отражают всю совокупность его жизнедеятельности.

**6. Ресурсный** (материально-техническая и экономическая база)

Существует несколько видов ресурсов:

- кадры. Без хороших специалистов невозможно создание хорошей проектной документации

- время. На создание проектной документации и строительство сооружения необходимо иметь достаточно времени.

- материально – технический. Материально – техническая база строительства – это сложная и динамичная производственно-экономическая система, обслуживающая строительство. Она включает в себя помещения, оборудование и т.д.

- Информационный. Ведь сбор информации по району строительства и анализ её является основой любого проектирования.

- Политический. Когда проектирование и строительство данного объекта является частью политики региона или области.

**7. Деятельностный** (нужно работать на основе имеющегося опыта) Новаторство – это всегда хорошо, но любой новаторский проект или объект опирается на опыт, собранный до него. Мы используем проверенные временем и собранные веками средства и знания, чтобы создавать новинки. При социокультурном проектировании, опираясь на жесткие нормативные документы и мягкие социокультурные нормы, на

культурно-историческое наследие, мы вбираем весь этот опыт поколений и можем предложить новаторские и самые смелые идеи и проекты для их дальнейшей реализации.

**8. Технологический** (работать по имеющемуся алгоритму, на основе чужих примеров).

Проективная (или проектная) деятельность относится к разряду инновационной, творческой деятельности, ибо она предполагает преобразование реальности, строится на базе соответствующей технологии, которую можно унифицировать, освоить и усовершенствовать. [3]

Для любой строительной и проектной деятельности существует уже составленная, часто даже законодательно зафиксированная технология. Следование уже существующим алгоритмам или технологиям даёт качественный результат.

**9. Организационный.** Очень важна сама организация проектного процесса, и работа в структуре. Для успешной деятельности людей, занимающихся проектированием помимо создания комфортной среды, (удобные рабочие места, наличие технического оснащения проектной деятельности и т.д.), обязательно должна быть создана

психологически комфортная среда:

- должно быть достигнуто единство коллектива в достижении цели, - понимания и взаимной поддержки внутри коллектива.

- морально-психологической поддержки как руководством коллектива, так и внутри коллектива.

**Вывод.** Без учета интересов человека, как потребителя, без понятий о его пребывании в любом конкретном объекте городской жилой среды не может осуществиться цивилизованного обустройства его жизненного пространства. [8] Фактор человека должен быть признан решающим в организации городской жилой среды, без которого невозможно её архитектурное проектирование, поэтому оно должно начинаться

с социокультурного проектирования, компонентами готовности которого являются – информационный, ценностный, перцептивно-когнитивный, мотивационный, ресурсный, нормативный и организационный.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данакин Н.С., Ярмош Т.С. Атрибутивная модель исследования жилой среды // Управление городом. 2013. №1(8). С. 75-80.
2. Конев И.В. Социальное управление организационными инновациями в развивающейся корпорации. Белгород: Изд-во ГП «Белгородская областная типография». 2004. 180 с.
3. Марков А.П., Бирженюк Г.М. Основы социокультурного проектирования. Санкт-Петербург. 1997. 205 с.
4. Маттейс В.С. Социологический анализ готовности персонала муниципальных органов к целевому управлению. Белгород. Изд-во ГП «Белгородская областная типография». 2006. 172 с.
5. Овсянников В. Н., Среда обитания. Социально-психологическое обоснование концепции развития жилой среды // Политический журнал. 2009. №4. С. 83-88
6. Понукалина О.В. Социальная экология городского пространства. Города региона: культурно-символическое наследие как гуманитарный ресурс будущего: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 2003. С. 59-63.
7. Снигирёва Н.В. Архитектурное формирование жилой среды как проблема коммуникаций. Архитектон. 2012. №38. С. 63-65
8. Ярмош Т.С. Социокультурные принципы проектирования жилой среды // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 254-258.
9. Ярмош Т.С. Жилище и человек // Управление городом: теория и практика, Белгород. 2012. С. 125-126

**Yarmosh T.S.**

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF PREPAREDNESS SOCIOCULTURAL DESIGN LIVING ENVIRONMENT

*Currently designing a living environment focused on shaping the living space of a person as a socio-cultural complex. Getting to architectural design of urban space architects and builders must first begin with the socio-cultural design. The article given its definition, specified categories, readiness for socio-cultural development as well as identified and described the components of readiness of the living environment: information, values, perceptual-kognitivnyy, motivational, resource, regulatory and organizational. Keywords: living environment, socio-cultural design, components of readiness, comfort, fulfillment, informative.*

**Key words:** living environment, socio-cultural design, components of readiness, comfort, fulfillment, informative.

Ахмедов М.А., канд. физ-мат. наук, ст. н. с.,

Салямова К.Д., д-р техн. наук, проф.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУЗ, г. Ташкент, Узбекистан

## ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛОТИН

Klara\_51@mail.ru

*Рассмотрены повреждения гидротехнических сооружений (ГТС) при наводнениях, сильных землетрясениях и других природных катастрофах. Изучены причины их повреждений и разрушений. На основе анализа технического состояния ныне эксплуатируемых ГТС разработан ряд предложений-рекомендаций по их безопасности и надежности.*

**Ключевые слова:** землетрясение, плотина, гидротехническое сооружение, повреждения, разрушение.

**Введение.** Землетрясения представляют наибольшую опасность для плотин и других гидротехнических сооружений. Статистика свидетельствует [1...3], что вызванные повреждения подпорных сооружений в связи с сейсмическим факторам насчитывают десятки, а с учётом земляных дамб – сотни случаев, включая высокие плотины различных конструкций. Выход их из строя чреват серьезными экономическими потерями, поскольку даже частичное их разрушение может иметь катастрофические последствия - наносится экономический ущерб с многочисленными человеческими жертвами, происходит нарушения экологии окружающей среды, затрудняются аварийно – спасательные работы и ликвидация последствий и многое другое.

**Методология.** На основе опыта изучения последствий ряда землетрясений, произошедших в прошлом в республике (Ташкентское –

1966 г., Газлийское – 1976, 1984 гг., Назарбекское – 1980г. и т.д.) для г. Ташкента разработана методология и концепции оценки сейсмического риска с целью составления планов мероприятий по его снижению [1], которые вполне приемлемы для плотин и других гидротехнических сооружений, с учетом корректировки отдельных положений, учитывающих их специфику.

**Основная часть.** Только за последние 40...50 лет серьезные повреждения вследствие землетрясений имели десятки крупных плотин мира. Наглядным примером тому- последствия Сычуаньского землетрясения в Китае в 2008 году, которое произошло 12 мая с магнитудой  $M=8$  по шкале Рихтера и интенсивностью  $J_0=11$  баллов по шкале MSK-64. На рис. 1 виды повреждения плотины «Зипингпу» в Сычуане [2, 3].

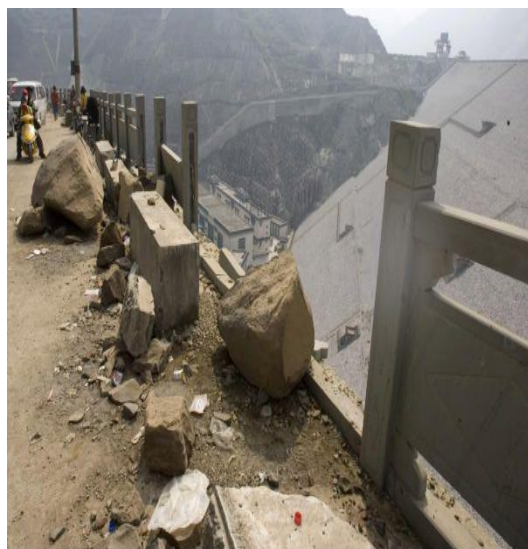


Рис. 1. Виды плотины «Зипингпу» после землетрясения [2, 3]

В результате подземных толчков разной степени повреждения получили 1583 плотины самых разных типов, в том числе несколько крупных. Рассчитанная на 8 баллов каменно-набросная с железобетонным экраном плотина «Зипингпу» высотой 156 м находилась в 17 км от эпицентра. При воздействии землетря-

сения плотина дала осадку 70 см и сместилась в нижний бьеф на 18 см, были отмечены повреждения экрана и парапета на гребне. Определенные повреждения получила здание ГЭС с гидроагрегатами мощностью 700 Мвт (рис. 1). Каменно-набросная с суглинистым ядром плотина «Бику» высотой 102 м, рассчитанная на



землетрясение в 7,5 баллов, перенесла это землетрясение, только с максимальной осадкой 24 см и смещением на 30 см. Рассчитанной на 7 баллов у арочно-бетонной плотины «Шэйпай» высотой 132 м - пострадало здание ГЭС (рис. 2) [3]. Помимо этого из-за возникновения оползней появились опасные вторичные последствия - запруды, их прорыв и затопления расположенной ниже местности. Ни одна из крупных плотин не разрушилась хотя они находились всего на расстоянии 12-17 км от эпицентра землетрясения. Их сохранность была обеспечена высоким качеством проектирования, правильной эксплуатацией и своевременным принятием необходимых мер в критической ситуации.

При Бхуджском (Индия) землетрясении 26.01.2001г. с  $M=7,9$  повреждения различной тяжести получили 245 небольших земляных плотин и дамб (рис. 4) [2]. При этом землетрясении, сила которого была  $J_0=8$  баллов, погибли 80 тыс. человек [3].



Рис. 2. Плотина Шэйпай [2, 3]

На сегодняшний день уже хорошо известно об усилении сейсмостойкости в связи с заполнением больших водохранилищ в различных районах Земли. Возбужденная локальная сейсмичность зарегистрирована также при закачивании жидкости в глубокие скважины и разломы [6]. Высокая интенсивность некоторых возникших, таким образом, землетрясений приводит иногда к значительным разрушениям, повреждениям плотин и человеческим жертвам [2...6].

Анализ многочисленных возбужденных землетрясений, стимулированных гидротехническими сооружениями, позволяет сделать следующие обобщения. Чаще всего толчки имеют магнитуду менее 2,0...2,5 иногда они достигают 3,5...5 и только изредка становятся более 6 баллов, глубина очага в основном менее 5...6 км.

В результате Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 года произошло проседание гребня плотины озера Яшинкуль, затем ее разрушение в центральной части и формирование волны прорыва. В 1,5 км от плотины, вследствие размыва около 3 млн.  $m^3$  грунта сформировался водокаменная сел, высотой 12 м, обрушившаяся в долину реки Тегермоч [4].

В настоящее время, по данным Международного центра анализа безопасности плотин, во всем мире насчитывается более 800 тысяч плотин различных типов, из которых 50 тысяч имеют высоту более 15 м. Накопленная информация свидетельствует о более тысячи случаев разрушения грунтовых плотин подобных размеров [5].

Но бывают случаи, когда от воздействия землетрясения разрушаются каменно-набросные и бетонные плотины. Например, бетонная гравитационная плотина была разорвана землетрясением Chi-Chi (с высотой 25, магнитудой  $M=7,6$  и глубиной очага  $h=10$  км), на Тайване в 1999 г. (рис. 3) [2, 3].



Рис. 3. Разрушение плотины Ши-Кань на Тайване во время землетрясения Чи-Чи 21.09.1999 г [2, 3]

Только в некоторых случаях землетрясения имели разрушительные последствия район Кремаста в Греции, Койны в Индии, Карибы на реке Замбези, Вайонт в Италии.

Не все возбужденные землетрясения опасны. Они опасны, когда максимальный напор достигает 90...100 м, а объем воды превышает  $10^3 m^3$  [7, 10]. Вероятность толчков повышается и при увеличении зеркала воды.

Приведенные примеры ещё раз подтверждают, что вопрос безопасности приобретает особое значение: во-первых, возникает необходимость в обеспечении безопасности каждой плотины, для этого необходимо принять все меры к тому, чтобы данное сооружение не представляло угрозы для жизни людей, их здоровья, имущества, а также для окружающей среды. Во-

вторых, безопасность плотин непосредственно связана с устойчивостью проектов строительства, социальными и экономическими фактора-



Рис. 4. Продольные трещины на верховой грани плотины Фейтигадх (Индия), вызванные землетрясением Бхудж 26.01.2001г. [2, 3]

Для территории, имеющих такой дополнительный фактор риска, как высокий уровень сейсмической активности, вопрос предотвращения трагических и разорительных последствий сильных землетрясений на гидротехнических сооружениях и, в частности, плотинах, является особо важным и требует особого индивидуального подхода. Все государства Центральной Азии, расположены в сейсмоактивном регионе, где происходили катастрофические землетрясения и вероятность повторения их очень высока. Поэтому, возможные разрушения плотин, крупных водных резервуаров как искусственного, так и природного происхождения, под воздействием землетрясений представляют серьезную опасность для Центрально азиатского региона. Так, например, если от Чарвакского водохранилища исходит опасность затопления городов Узбекистана, то разрушение плотины Сарезского озера (Таджикистан) угрожает целому ряду городов Узбекистана, Таджикистана, Афганистана и (меньшей степени) Туркменистана [8, 9]. Из различных природных факторов, землетрясения представляют наибольшую опасность для плотин и водохранилищ. И, недоучет этого фактора может привести к повреждению или разрушению гидротехнических объектов с чрезвычайно тяжелыми последствиями. Статистика свидетельствует, что аварии плотин в связи с сейсмическим фактором насчитывают десятки, а с учетом земляных дамб - сотни случаев [5, 7].

В результате указанных разрушений формируются так называемые «волны прорыва». Эти волны, возникающие в результате прорыва плотин или завальных озер, в условиях горной местности имеют совершенно иной характер в сравнении с аналогичными, имеющими место на

ми. С учетом этого, проблемам безопасности таких объектов следует уделять внимание на всех стадиях их жизненного цикла.



Рис. 5. Повреждения плотины Чирюртской ГЭС при Дагестанском землетрясении 14.05.1976 г. [Красников Н.Д., 1981г.]

равнинных реках. Основное отличие этих волн, с одинаковым названием, состоит в том, что у равнинных рек максимальные параметры волны прорыва наблюдаются в месте разрушения плотины или завала, а в горных рек, в зависимости от уклонов местности, оно может быть смещено на несколько десятков километров вниз по течению. Следовательно, в горных условиях существует эффект нарастания удельной энергии сечения потока по мере его движения, не имеющий аналога на равнинах.

Так, например, в результате Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. произошло проседание гребня плотины Яшинкуль (Кыргызстан), затем ее разрушение в центральной части и формирование волны прорыва. В 1,5 км от плотины, вследствие размыва около 3 млн. м<sup>3</sup> грунта, сформировался водокаменный сель с высотой волны прорыва 12 м, обрушившийся в долину реки Тегермоч. Все это указывает на необходимость срочного рассмотрения вопроса сейсмической уязвимости гидротехнических сооружений и безопасности их функционирования. Это достигается, на наш взгляд, периодическим контрольным инспектированием сооружений, организацией регулярных ремонтных и восстановительных работ, как это делается на строительных объектах гражданского и промышленного назначения. Сказанное касается всех водохозяйственных объектов, расположенных в сейсмоактивных регионах, особенно, если среди них имеются гидротехнические сооружения, которые эксплуатируются уже более 50...60 лет и нуждаются в капитальном ремонте и усилении в соответствии с требованиями норм сейсмического строительства [1...3].

Проведение периодических оценок технического состояния гидротехнических сооружений и соответствующие мероприятия по ликвидации повреждений плотин дают возможность предотвратить возможные разрушения водных объектов. Для этого необходимо, в первую очередь, выполнить анализ и обработку повреждений плотин как в мирное время (работающие плотины), так и повреждений плотин после воздействия сильных землетрясений; классифицировать и обобщать повреждения по типам конструкций и размеров плотин. В целях снижения риска разрушения, в том числе сейсмического риска, на выявленных поврежденных местах принять соответствующие мероприятия усиления, с учетом других категорий причин повреждений [2, 3, 7], и провести восстановительные работы.

**Выводы.** В странах, которые большей частью являются сельскохозяйственными, ирригационные сооружения, многие системы энергетики и коммунальной инфраструктуры связаны со строительством различных плотин, дамб и заградений. Они являются важнейшими объектами экономики этих стран, и важнейшей проблемой становится повышение их устойчивости, надежности и безопасности функционирования, поскольку даже их частичное разрушение может иметь катастрофические последствия - наносится огромный экономический ущерб с многочисленными человеческими жертвами, происходит нарушение экологии окружающей среды.

Имея это в виду, в таких странах для выполнения задач, связанных с определением технического состояния плотин и других гидротехнических сооружений, необходимо проведение исследований по оценке и снижению сейсмического риска плотин и других особо важных гидротехнических сооружений, используя современные методологии, базирующихся на мировом и отечественном опыте [1...3, 11].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rashidov T.R., Kondratiev V.A., Akhmedov M.A., Tuchin A.I. Strategy of reduction

of seismic risk for hydro-technical structures // Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering-from Case History to Practice: - proceedings of the international conference on performance based design in earthquake geotechnical engineering (is-Tokyo), 15-18 June 2009. p. 975-984.

2. Бронштейн В.И. Повреждения плотин при землетрясениях и методы их сейсмоусиления // bronshtvi@mail.ru, nasha ucheba.ru

3. Плотины и землетрясения // www.rushydro.ru, images yandex.ru

4. Нежиховский Р.А. Наводнение на реках и озерах. - Л.: Гидрометиздат. 1988. 184 с.

5. Брэдли Д. Д., Пальмиери А., Салман М. А. Нормативно-правовая база безопасности плотин. (Сравнительно-аналитический обзор). - М.: Весь мир. 2003. 173 с. Отчет THE WORLD BANK. Washington, В.С.

6. Болт Б. Землетрясения. - М.: «МИР», 1981. 255 с.

7. Ахмедов М.А. О повреждениях и сейсмостойкости водохозяйственных объектов // Водохранилища, чрезвычайные ситуации и проблемы устойчивости. Ташкент. 2004. С.15-31.

8. Ахмедов М. А. Наводнение и пожары, влияющие на сейсмический ущерб при сильных землетрясениях в зависимости от водо- и энергоснабжения / Матер, научно-практич. конф. «Проблемы управления водными ресурсами и эксплуатации гидромелиоративных систем в условиях деятельности ассоциации водопользователей». Ташкент. 2002. С.188-190.

9. Рысбеков Ю.Х. Озеро Сарез - как потенциальная угроза национальной и региональной безопасности. /Матер. первой респуб. научно-практ. конф. Ташкент. 1999. С. 29-31

10. Гупта Х., Растоги Б. Плотины и землетрясения. М.: Мир. 1979. 251 с.

11. Савич А. И., Бронштейн В. И. Современное состояние и пути обеспечения сейсмостойкости и гидродинамической безопасности крупных энергообъектов // Гидротехническое строительство. 2000. № 8-9. С. 60.

**Akhmedov M.A., Salyamova K.D.**

## EARTHQUAKES AND DAM SAFETY

*Damage to hydro-technical structures under flooding and strong ground motion and other natural catastrophes is considered. The causes of damage and destruction are studied. On the basis of analysis of technical state of operated now hydro-technical structures a number of recommendations on their safety and reliability have been worked out.*

**Key words:** earthquake, dam, hydro-technical structure, damage, destruction.



<sup>1</sup>Низина Т.А., д-р техн. наук, проф.,<sup>2</sup>Старцев В.О., канд. физ.-мат. наук, с.н.с.,<sup>1</sup>Селяев В.П., академик РААСН, д-р техн. наук, проф.,<sup>2</sup>Старцев О.В., д-р техн. наук, проф.,<sup>1</sup>Низин Д.Р., аспирант<sup>1</sup>Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва<sup>2</sup>Геленджикский центр климатических испытаний им. Г.А. Акимова ФГУП «ВИАМ»

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ МОРСКОГО КЛИМАТА\*

nizinata@yandex.ru

Длительность нормальной эксплуатации зданий и сооружений, как правило, непосредственно связана с интенсивностью внешних агрессивных воздействий климатических факторов. Для повышения надежности и долговечности строительных материалов, изделий и конструкций используют разнообразные методы защиты, наиболее распространенным из которых является нанесение защитно-декоративных покрытий на основе полимерных связующих. Известно, что наиболее агрессивное разрушающее воздействие на полимерные покрытия оказывает солнечная радиация, существенно меняющаяся в зависимости от региона и времени экспонирования. При проведении натурных испытаний полимерных композитов в условиях воздействия климатических факторов необходимо учитывать не только длительность экспонирования в сутках, но и интенсивность воздействия актинометрических параметров (суммарная солнечная радиация, ультрафиолетовое излучение). Приведены результаты исследования эксплуатационной стойкости составов эпоксидных связующих с повышенными реологическими характеристиками в условиях морского климата. Оценка изменения цветовых характеристик осуществлялась на основе визуального, а также двух инструментальных методов анализа – с помощью спектрофотометра X-Rite SP-64 и программного комплекса «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий». На основе проведенных исследований выявлена тесная корреляционная связь между значениями полных цветовых различий, определенных различными методами ( $R^2 = 0.96$ ).

**Ключевые слова:** старение полимеров, морской климат, климатические факторы, актинометрические параметры, эпоксидные связующие, полное цветовое различие.

В связи с постоянно усиливающимся негативным влиянием внешних агрессивных факторов, для защиты строительных изделий и конструкций все чаще используются полимерные покрытия [1, 2]. Однако, в процессе эксплуатации защитные покрытия строительных изделий и конструкций подвергаются воздействию многочисленных климатических факторов (тепла, солнечного света, проникающей радиации, влаги, кислорода), что создает условия для их старения. Старение полимерных материалов представляет собой совокупность физических и химических процессов, протекающих в полимерах и приводящих к изменению их состава и структуры под действием различных факторов [3, 4]. Помимо физико-механических свойств полимерных покрытий под действием климатических факторов происходит изменение и цветовых характеристик, существенное снижение которых, как правило, свидетельствует об интенсивном протекании деградационных процессов [5...7].

Различное сочетание агрессивных факторов существенно зависит от климатической зоны, а их действие носит непостоянный характер в течение времени эксплуатации. Принято считать,

что при натурном экспонировании изменение цветовых характеристик обусловлено совокупным воздействием различных климатических факторов, таких как солнечная радиация, перепады температур, влага, осадки хлоридов и другие. Ранее показано [8], что наиболее значимыми факторами являются суммарная накопленная доза солнечной радиации в диапазоне 305...2800 нм, и, в особенности, ее ультрафиолетовая компонента, определенная в диапазоне 280...320 нм.

Полимерные композиционные материалы, используемые для защиты зданий и сооружений, должны обладать высокими упруго-прочностными характеристиками, достаточной подвижностью, а также стабильностью свойств в процессе эксплуатации. Эпоксидная смола ЭД-20 является одной из наиболее распространенных во множестве отраслей, в том числе и строительной. При этом она обладает достаточно высокой вязкостью, что делает работу с ней чрезвычайно трудоемкой. Для получения более подвижных полимерных составов с высоким комплексом эксплуатационных характеристик использовался алифатический разбавитель

Этал-1. Так же в качестве объекта исследования была выбрана эпоксидная смола Этал-247, многократно превосходящая ЭД-20 по реологиче-

ским характеристикам. Составы исследуемых эпоксидных композитов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Составы исследуемых эпоксидных композитов

Номер состава	Эпоксидное связующее	Вид отвердителя
1	ЭД-20 – 100%	Этал-45 М
2	ЭД-20 – 90%, разбавитель – 10%	
3	ЭД-20 – 75%, разбавитель – 25%	
4	Этал-247 – 100%	

Исследуемые образцы экспонировались на испытательной площадке Геленджикского центра климатических испытаний Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов имени Г.В. Акимова. Геленджикский центр климатических испытаний ВИАМ расположен на западном берегу Геленджикской бухты (44°34' с. ш., 38°02' в. д.) в 20 м от уреза воды и по ГОСТ 9.906 относится к береговому типу. По климатическим признакам Центр принадлежит к умеренно теплому климату с мягкой зимой (ГОСТ 16350) и повышенной коррозионной агрессивностью атмосферы (9 баллов по

ГОСТ 9.039). Испытательный полигон ГЦКИ ВИАМ обладает уникальными климатическими характеристиками: количество солнечных дней в году 270...280; количество дней с осадками 103...107; суточный перепад температур для серых образцов в солнечные дни достигает 30 °С при максимальной температуре разогрева свыше 50 °С; частые северо-восточные ветра со скоростью > 10 м/с срывают водяные брызги с поверхности моря и выносят их на берег, покрывая мелкодисперсными частицами морской воды поверхность испытуемых образцов.

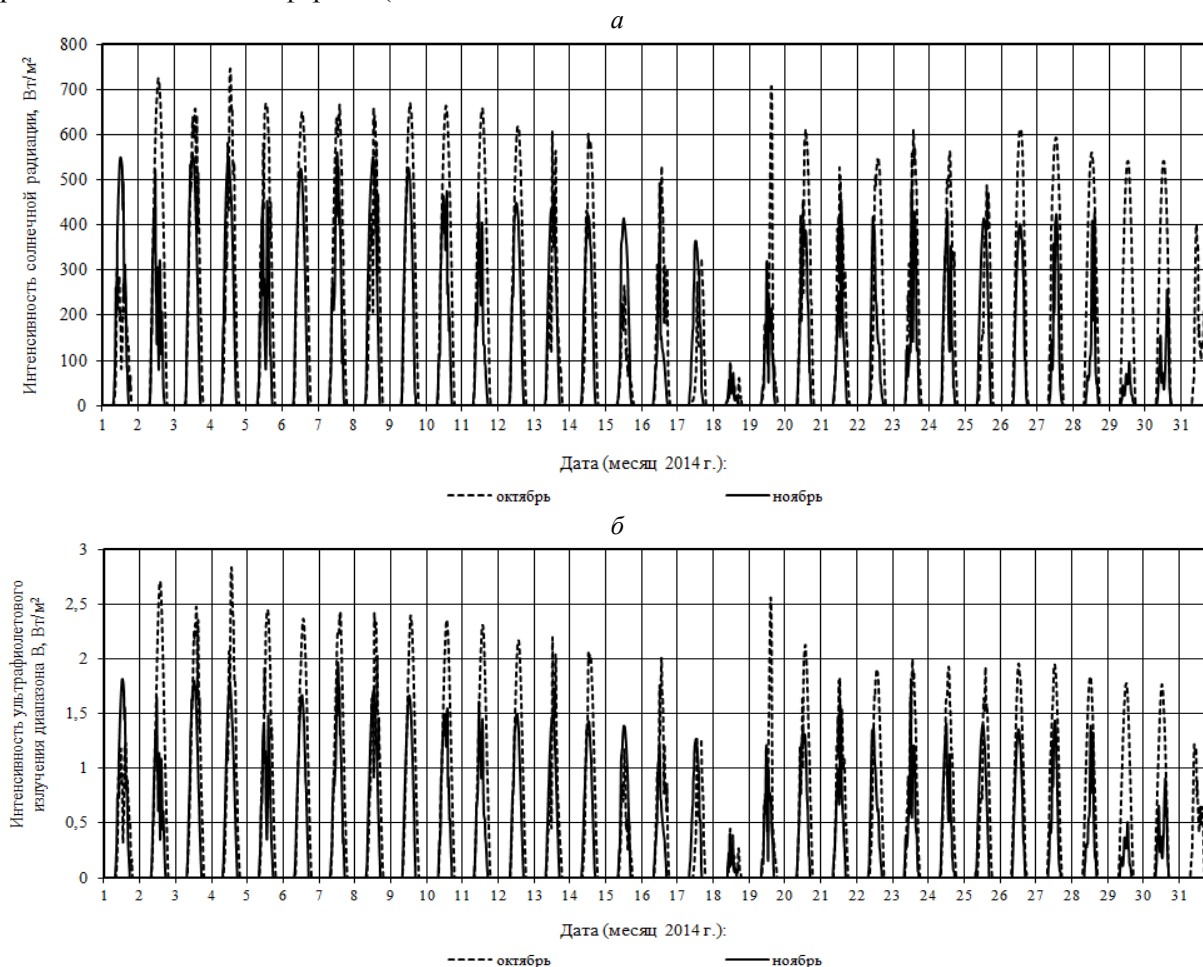


Рис. 1. Изменение интенсивности солнечной радиации (а) и ультрафиолетового излучения диапазона В (б) в октябре и ноябре 2014 года

Цель данной работы заключалась в сравнении изменений колориметрических характеристик исследуемых составов полимерных покрытий на основе эпоксидных связующих, экспонированных в условиях воздействия натуральных климатических факторов, на основе визуального осмотра, с помощью спектрофотометра X-Rite SP-64 и разработанного программного комплекса «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий» [9].

Для оценки интенсивности воздействия солнечной радиации и ультрафиолетового излучения использовался актинометрический комплекс СКМП-2. Фиксация актинометрических параметров происходила каждые 20 минут. Кривые изменения интенсивности солнечной радиации и ультрафиолетового излучения диапазона В (280...315 нм) в октябре-ноябре 2014 года приведены на рис. 1; значения их суммарных характеристик за сутки – на рис. 2.

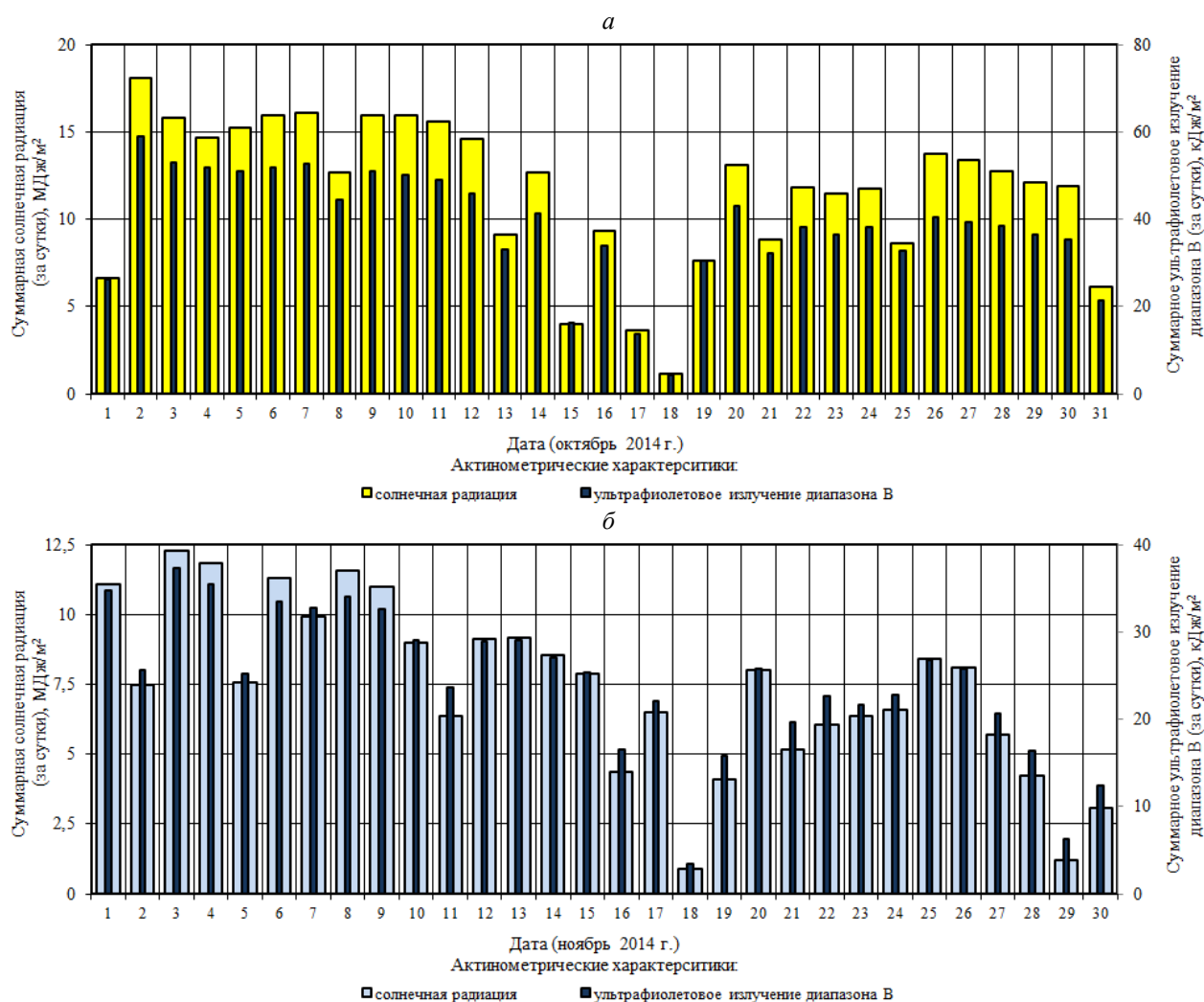


Рис. 2. Изменение суммарной солнечной радиации и суммарного ультрафиолетового излучения диапазона В за сутки (а – октябрь; б – ноябрь 2014 года)

Из анализа рис. 1, 2 видно, что интенсивность солнечной радиации и ультрафиолетового излучения существенно варьируется в зависимости от даты и срока экспонирования. Поэтому при изучении изменения цветовых характеристик в натуральных условиях, а также при проведении экспериментальных исследований в различных регионах, необходимо учитывать не только длительность экспонирования в сутках, но и интенсивность воздействия актинометрических параметров.

Используемый спектрофотометр X-Rite SP-64 со сферической оптикой с переключаемыми апертурами 4 и 8 мм позволяет производить измерения абсолютных и разностных характеристик различных колориметрических систем ( $L^*a^*b^*$ ,  $\Delta L^*\Delta a^*\Delta b^*$ ,  $L^*C^*h^\circ$ ,  $\Delta L^*\Delta C^*\Delta H^*$ ,  $\Delta E^*_{ab}$ ,  $\Delta E_{CMC}$ ,  $\Delta E_{CIE94}$ , XYZ, белизна и желтизна в ASTM E313-98, Metamerism Index и DIN 6172) в спектральном диапазоне 400...700 нм с высокой воспроизводимостью (0,05  $\Delta E^*_{ab}$  на белой керамике). При проведении исследования

измерялись цветовые характеристики  $L^*, a^*, b^*$  (10 измерений каждого значения).

Расчет полного цветовых различия  $\Delta E_{ab}^*$  проводился по формулам ГОСТ Р 52490-2005 в системе МКО 1976 г. (ГОСТ Р 52489):

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

где  $\Delta L^* = L_T^* - L_R^*$ ;  $\Delta a^* = a_T^* - a_R^*$ ;  $\Delta b^* = b_T^* - b_R^*$ ,  $L_T^*, a_T^*, b_T^*$  – координаты цвета испытуемого образца;  $L_R^*, a_R^*, b_R^*$  – координаты цвета образца сравнения;

Графики изменения полного цветового различия в зависимости от суммарной дозы солнечной радиации и ультрафиолета В приведены на рис. 3.

Программный комплекс «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий» позволяет разбивать отсканированное в системе СМΥК изображение на цветовые составляющие и определять их значения в каждой точке (пикселе) исследуемой поверхности. Для оценки каждой цветовой составляющей (голубой, пурпурной, желтой и черной) используется цветовая палитра с 256 цветами. Для реализации математической модели использовался язык программирования Borland Delphi 7, воз-

можные операционные системы – Windows 98/Me/2000/XP/7. Сканирование образцов выполнялось с помощью полноцветного планшетного сканера Epson Perfection V330 Photo с разрешением 2400 dpi. Размер сканируемого участка составлял 20×20 мм, что позволяло на каждом образце проводить анализ 1889<sup>2</sup> пикселей.

Количественное описание цветового различия по насыщенности выполнялось путем сравнения исследуемого состава с абсолютно белым, имеющим максимальную плотность распределения ( $f(X) = 100\%$ ) при  $X = 255$  [2]:

$$S_p = \frac{\sum_{i=0}^{255} (255 - X_{pi}) \times f(X_{pi})}{255 \times 100}, \quad (2)$$

где  $X_{pi}$  – уровень цветовой составляющей, изменяющийся от 0 до 255;  $f(X_{pi})$  – плотность распределения.

Цветовая насыщенность покрытия в целом по 4-м цветовым составляющим и яркости определялась по формуле:

$$E_{СМΥКН} = \sqrt{S_C^2 + S_M^2 + S_Y^2 + S_K^2 + S_H^2}, \quad (3)$$

где  $S_C, S_M, S_Y, S_K$  и  $S_H$  – цветовое различие по насыщенности для голубой, пурпурной, желтой, черной составляющих и яркости.

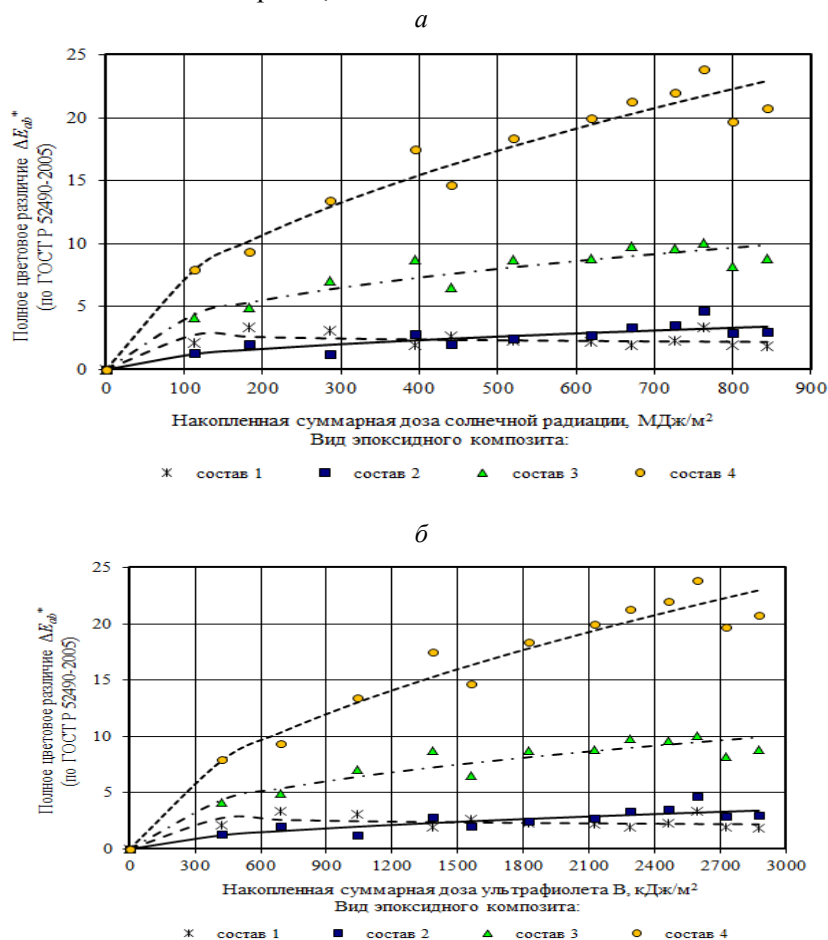


Рис. 3. Изменение полного цветового различия  $\Delta E_{ab}^*$  (ГОСТ 52490-2005) полимерных композитов, экспонированных в морском климате, в зависимости от суммарной дозы солнечной радиации (а) и дозы ультрафиолета В (б)

Для оценки комплексного изменения данных, полученных с помощью метода цветных характеристик полимерных композитов в процессе старения на основе прямого сканирования, использовалось полное цветовое различие:

$$\Delta E_{\text{СМУКН}} = \sqrt{(\Delta S_C^t)^2 + (\Delta S_M^t)^2 + (\Delta S_Y^t)^2 + (\Delta S_K^t)^2 + (\Delta S_H^t)^2}, \quad (4)$$

где  $\Delta S_C^t, \Delta S_M^t, \Delta S_Y^t, \Delta S_K^t, \Delta S_H^t$  – изменение голубой, пурпурной, желтой, черной цветового различия по насыщенности в составляющих и яркости: процессе экспонирования соответственно для

$$\begin{aligned} \Delta S_C^t &= S_C^{t=0} - S_C^t; \Delta S_M^t = S_M^{t=0} - S_M^t; \Delta S_Y^t = S_Y^{t=0} - S_Y^t; \\ \Delta S_K^t &= S_K^{t=0} - S_K^t; \Delta S_H^t = S_H^{t=0} - S_H^t. \end{aligned} \quad (5)$$

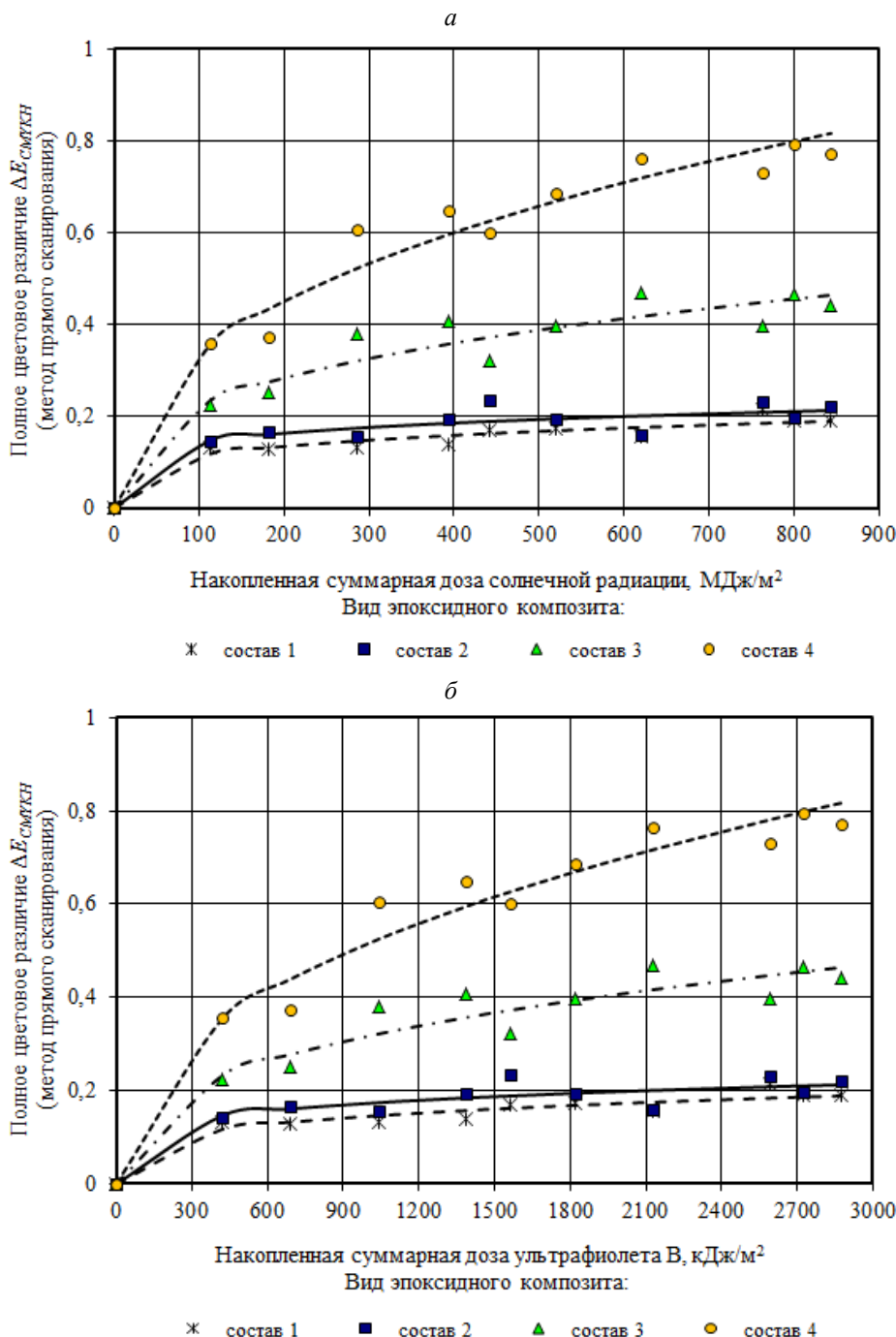


Рис. 4. Изменение полного цветового различия  $\Delta E_{\text{СМУКН}}$  (метод прямого сканирования) полимерных композитов, экспонированных в морском климате, в зависимости от суммарной дозы солнечной радиации (а) и дозы ультрафиолета В (б)

Графические зависимости, описывающие изменения полного цветового различия  $\Delta E_{\text{СМУКН}}$  в зависимости от суммарной дозы солнечной радиации и ультрафиолета В, приведены на рис.

4. Для описания полученных данных использовали степенную зависимость типа:

$$\Delta E = \alpha \times X^{\beta}, \quad (6)$$

где  $X$  – аргумент, соответствующий суммарной дозе солнечной радиации или дозе ультрафиолетового излучения.

Анализ полученных данных показал (рис. 3...4), что наибольшей стабильностью цвета обладают составы на основе эпоксидной смолы ЭД-20 с содержанием разбавителя Этал-1 в количестве 0 и 10 % от массы связующего.

Для состава на основе эпоксидного связующего Этал-247 наблюдается практически монотонное изменение цвета на всем исследуемом временном интервале. Известно [10], что изменение цвета, при котором значение полного цветового расстояния  $\Delta E_{ab}^*$  составляет менее 2,75, не воспринимаются человеческим глазом. Установлено, что составы 1 и 2 обладают достаточной стойкостью, не превышающей критический уровень.

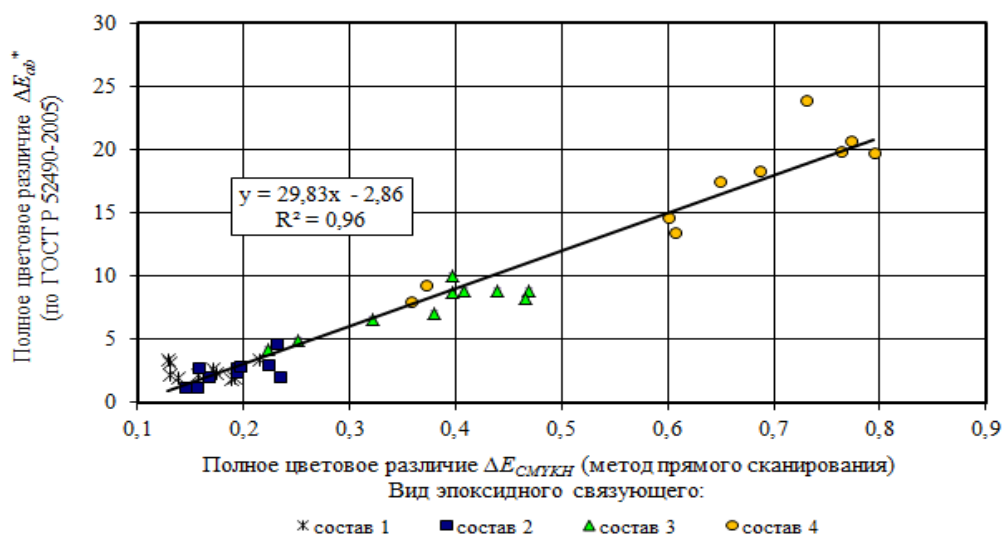


Рис. 5. Корреляционная зависимость между значениями полных цветовых различий  $\Delta E_{ab}^*$  (ГОСТ 52490-2005) и  $\Delta E_{смукн}$  (метод прямого сканирования)

Из анализа корреляционной зависимости, представленной на рис. 5, видна тесная линейная связь между значениями полных цветовых различий, определенных различными методами ( $R^2 = 0.96$ ). Учитывая, что для получения с помощью разработанного программного комплекса «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий» результатов не требуется дорогостоящих приборов (сканы образцов могут быть получены с помощью обычного планшетного сканера), целесообразно более широкое внедрение метода прямого сканирования в практику научных и сертификационных исследований. С учетом критической величины, не воспринимаемой человеческим глазом ( $\Delta E_{ab}^* \leq 2,75$ ), аналогичный параметр  $\Delta E_{смукн}$  при использовании метода прямого сканирования не должен превышать 0,18.

\*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-08-97172.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соломатов В. И., Селяев В.П., Соколова Ю.А. Химическое сопротивление материалов. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2001. 384 с.

2. Низина Т.А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. 260 с.

3. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. М.: Химия, 1988. 272 с.

4. Павлов И. Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. М.: Химия, 1982. 220 с.

5. Низина Т.А., Старцев В.О., Низин Д.Р., Молоков М.В., Артамонов Д.А. Исследование изменения цветовых характеристик модифицированных эпоксидных композитов, экспонированных в условиях морского климата // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций факторов : материалы Всеросс. науч.-техн. конф., Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. С. 107-114.

6. Молоков М.В., Низин Д.Р., Старцев О.В., Низина Т.А. Результаты экспериментальных исследований полимерных композиционных материалов на основе низковязких эпоксидных связующих // Огарёв-online. Раздел «Технические науки». 2014. Спецвыпуск. Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/rezultaty-ehekspperimentalnykh-issledovaniy-polimernykh->



kompozicionnykh-materialov-na-osnove-nizkovyazkikh-ehpoksidnykh-svyazuyushhikh

7. Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А. Климатическая стойкость полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных связующих // Региональная архитектура и строительство. 2015. №1. С. 34–42.

8. Старцев О.В., Вапиров Ю.М., Кирюшкин С.Г., Торсуева Е.С. Физико-химические процессы в полиэтилене при старении в

естественных и искусственных условиях // Докл. АН СССР, 1985, т. 280. №4. С. 946–950.

9. Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий / В.П. Селяев, Т.А. Низина, Н.О. Зубанкова, Ю.А. Ланкина // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610820 от 28.02.2006 г. в Роспатенте по заявке № 2005613472 от 29.12.2005 г.

10. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ., М.: Мир, 1982. 312 с.

---

**Nizina T.A., Startsev V.O., Selyaev V.P., Startsev O.V., Nizin D.R.**

**ANALYSIS OF INFLUENCE OF ACTINOMETRIC PARAMETERS ON CHANGE INTENSITY OF EPOXY COMPOSITES COLOR CHARACTERISTICS IN CONDITIONS OF MARINE CLIMATE**

*The duration of normal operation of buildings and structures usually directly related to the intensity of external corrosive influences of climatic factors. To improve the reliability and durability of building materials, products and constructions use a variety of methods of protection, the most common of which is the application of protective and decorative coatings based on polymeric binders. Known that the most aggressive devastating effect on the polymer coating has a solar radiation which varies considerably depending on the region and the exposure time. In carrying out the field tests of polymer composites under the action of climatic factors necessary to consider not only the duration of the exposure, but also the intensity of solar radiation exposure parameters (total solar radiation, ultraviolet radiation). Shown the results of operational stability research of epoxy resins compositions with improved rheological properties in the marine climate. Estimation of color characteristics change was carried out on the basis of visual and two instrumental methods of analysis - with a spectrophotometer X-Rite SP-64 and software "Statistical analysis of the color components of coatings". Based on this research revealed a close correlation between the value of the total color differences determined by various methods.*

**Key words:** aging of polymers, marine climate, climatic factors, actinometric parameters, epoxy binders, full color difference.



Кузин И.Ю., соискатель,  
Шилов Д.П., соискатель,  
Галкин А.А., соискатель

ООО ДИС - Экспертиза промышленной безопасности, г. Владимир

## УСИЛЕНИЕ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПУТЕМ ИНЪЕКЦИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТНО-ИЗВЕСТКОВЫМ РАСТВОРОМ

dis-vl@mail.ru

С каждым годом возрастает число объектов в жилищном и общественном фонде, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, требующие восстановления работоспособности конструкций.

В статье изложен опыт разработки технологии инъектирования раствором каменной кладки. Инъектирование - это эффективный и современный метод восстановления работоспособности конструкций. В ходе исследований установлено, что несущая способность усиленной каменной кладки восстанавливается, поэтому объект относится к категории работоспособного состояния.

Полученные результаты могут быть применены для ремонта и восстановления жилых и общественных зданий, а также при реставрации каменных памятников архитектуры.

**Ключевые слова:** эксплуатация зданий; технология инъектирования; каменные конструкции; обследование.

**Введение.** Под воздействие неблагоприятных климатических факторов, отсутствием должной эксплуатации, изменением свойств грунта и т.д., эксплуатируемые здания и сооружения получают дефекты и повреждения. Ремонт и восстановление таких зданий требует разработки технологических приёмов по их укреплению [1], восстановлению работоспособности строительных конструкций. Особенно это касается укрепления старинных каменных построек. Поэтому важно правильно и своевременно оценить состояние конструкций и оборудование зданий, выполнить прогноз о возможном развитии дефектов и разработать мероприятия по их стабилизации или устранению [2].

Усиление элементов каменных конструкций может быть выполнено путем устройства различных обойм, увеличением сечения столбов или простенков, установкой систем металлических тяжей и накладок [3].

**Основная часть.** Так, при обследовании общественного здания, расположенного в п. Боголюбово, Суздальского районе Владимирской области, были выявлены дефекты и повреждения каменных стен и несущих деревянных конструкций перекрытий. Целями данного обследования являлись: выдача рекомендаций по дальнейшей безопасной эксплуатации здания; определение дефектов и повреждений; выявление причин их возникновения, а также выдача рекомендаций по их устранению.

Исследуемый объект – офисное кирпичное здание, которое эксплуатируется с начала XX века. Здание двухэтажное с несущими кирпичными стенами и опиранием балок перекрытия и покрытия на кирпичные стены. Фундаменты бутовые. Наружные стены здания имеют тол-

щину 770 мм и 640 мм. Размеры в плане 32,00×37,50 м. Стены – наружные и внутренние стены выполнены из полнотелого керамического кирпича М50 на цементно-песчаном растворе М25. Перекрытие – деревянные балки перекрытия, пространство между которыми заполнено щитовым накатом из досок по черепным брускам.

В процессе обследования определено техническое состояние строительных конструкций, а именно произведены обмерные работы, выполнена фотофиксация объекта, установлены фактические размеры строительных конструкций и элементов, их конструкция и характеристики конструкционных материалов, соответствие обследуемых конструкций и конструктивных схем проектным решениям, наличие дефектов и повреждений в конструкциях.

В результате проведенного обследования были обнаружены следующие дефекты и повреждения каменных стен (рис. 1):

- вертикальные наклонные трещины в кирпичной кладке с внутренней и наружной сторон стен;
- частичное разрушение кирпичной кладки цокольной части здания и пилястр;
- разрушение декоративной отделки карниза;
- частичное разрушение штукатурного слоя с внутренней стороны стен;
- разрушение оконного переплета;
- частичное разрушение лестничных ступеней;
- отсутствие вентиляционных прямых у окон цокольного этажа;
- отсутствие отмостки по всему периметру здания;

– разрушение деревянных перемычек над окнами с наружной стороны.

К основным причинам, повлекшим к возникновению дефектов, следует отнести неравномерную осадку фундаментов вследствие изменения инженерно – геологических условий площадки строительства.

По результатам детального обследования и поверочных расчётов, выполненных с учетом выявленных дефектов и повреждений, здание

отнесено к категории ограниченно-работоспособного состояния [4].

Для устранения повреждений кирпичной кладки стен и восстановления их работоспособности была разработана технология инъектирования цементно-известкового раствора в поврежденную зону. В настоящее время инъекционное усиление является наиболее приемлемым и эффективным методом. Технология инъектирования включает три этапа: подготовительный, основной и заключительный (табл. 1).



Рис. 1. Вертикальная сквозная трещина в кирпичной кладке в ослабленном сечении стены в зоне расположения оконных проемов

Таблица 1

#### Технология инъектирования каменной кладки

Этапы	Операции
Подготовительный	Разбивка усиливаемой каменной кладки по захваткам; топография мест расположения шпуров для нагнетания раствора; высверливание шпуров; очистка трещин и установка в шпур инъекционных трубок; подготовка инъекционного оборудования;
Основной	Приготовление инъекционного раствора; нагнетание укрепляющего раствора;
Заключительный	Удаление инъекционных трубок; очистка потеков инъекционного раствора; отделка стен;

Шпуров рекомендуется располагать в крупных трещинах и пустых швах в шахматном порядке с перекрытием зон поглощения раствора на расстоянии друг от друга 50 см. В местах концентрации мелких трещин, не сообщающихся с крупными, следует располагать резервные шпуров на расстоянии 15...30 см друг от друга, которые используются для нагнетания раствора в том случае, если из них не будет выходить раствор при введении его через основные скважины.

Бурение шпуров производить на глубину 10...20 см под углом падения к горизонту не менее  $10^\circ$  при помощи электродрели с частотой вращения около  $300 \text{ мин}^{-1}$ , снабженной сверлом с победитовым наконечником. В большие тре-

щины, в которые можно вставить инъекционные трубки, сверления скважин не требуется. Диаметр отверстия назначается из условия: диаметр инъектора + 5 мм.

Для очистки от пыли пробуренные шпуров и трещины в кладке продуть сжатым воздухом под давлением до 200 кПа, а при сухой кладке под тем же давлением промыть струей чистой воды. В очищенные основные и дополнительные шпуров за 2...3 дня до нагнетания вставить на глубину 5...8 см инъекционные трубки. Инъекционный материал представляет собой цементно-известковый раствор.

Инъекционные трубки должны иметь приспособления, обеспечивающие надежное их закрепление в отверстие, который создает герме-

тичность, предотвращая изливание раствора из шпура [5].

Участки, через которые при нагнетании просачивается раствор, следует затирать дополнительно сухим цементом или другим вяжущим материалом, имеющим хорошую адгезию к смоченным поверхностям.

Нагнетание раствора производить под давлением 400...600 кПа растворомасосом снизу

вверх. Шланг насоса подключить сначала к трубке нижнего основного шпура, и через него нагнетать раствор до тех пор, пока он не начнет вытекать через трубки вышерасположенных скважин. При этом необходимо следить за давлением в растворонагнетателе и в зависимости от этого уточнять консистенцию раствора.

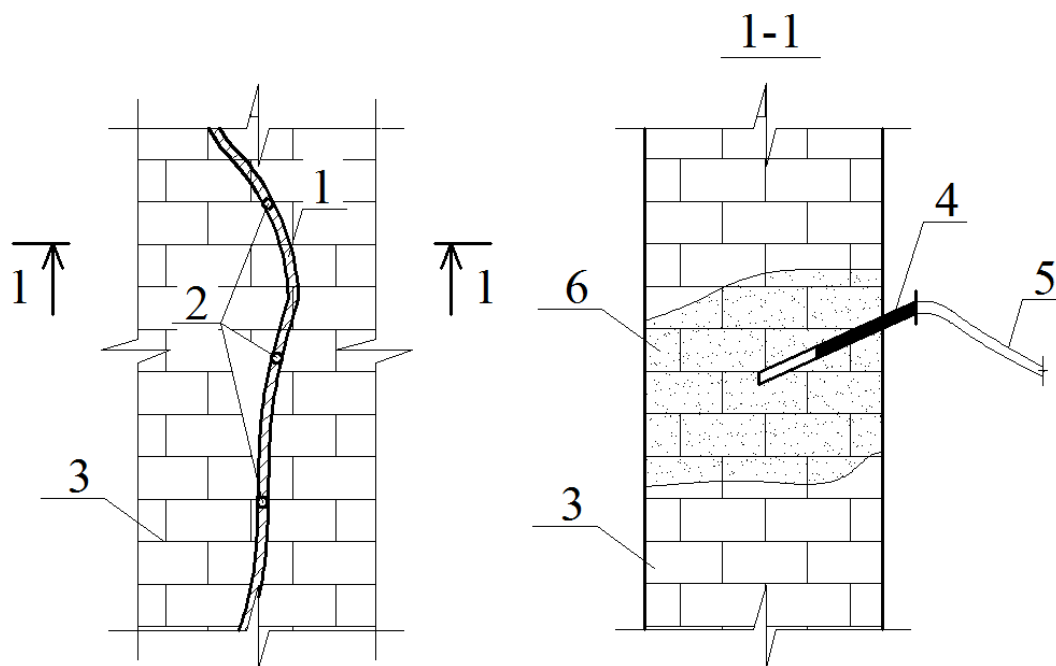


Рис. 2. Технологическая схема восстановления каменной кладки

1 – трещина в стене; 2 – отверстия диаметром 20 мм; 3 – усиливаемая стена; 4 – инъекционные трубки; 5 – материальный шланг; 6 – зона поглощения укрепляющего раствора

Если раствор при нагнетании вытекает только через основные трубки верхнего яруса, необходимо подсоединить шланги к резервным трубкам и произвести местное инъецирование кладки.

После заполнения раствором трещин и пустот нижнего яруса шланги перенести выше и подключить к трубкам следующего яруса, через которые раствор нагнетается до тех пор, пока он не начнет выливаться через вышерасположенные трубки. Далее цикл повторять до тех пор, пока не будет проинъецирована вся конструкция. Инъекционные работы производятся при температуре воздуха не ниже +5 °С.

Для увеличения пластичности, прочности и облегчения процесса замеса укрепляющего инъекционного раствора рекомендуется вводить в его состав пластификаторы. При их применении уменьшается расход цемента и воды, плотность застывшего раствора увеличивается. В качестве пластификаторов был принят М5Plus.

**Выводы.** Таким образом, разработаны технологические решения и рекомендации по восстановлению поврежденных участков каменных кладок стен. Разработанная технология объемного инъецирования усиления каменной кладки исходит из следующих условий: направления, ширины и глубины трещин, структурное состояние поврежденной кладки; требуемое время набора прочности.

Определено, что для усиления каменных кладок, имеющих мелкие и глубокие трещины требуется проведение двух циклов инъецирования. Первый цикл предназначен для запылнения глубоких и широких трещин и пустот кладки, второй для заполнения мелких трещин и капиллярно - пористого пространства растворного камня.

Установлено, несущая способность усиленной каменной кладки восстанавливается, поэтому здание отнесено к категории работоспособного состояния (терминология СП 13-102-2003).

Все работы, реализуемые при усилении конструкций здания, должны выполняться специализированной организацией, имеющей большой опыт проведения такого рода работ под непосредственным авторским и техническим надзором.

В заключении хотелось бы отметить, что даже после проведения усиления конструкций, необходимо вести постоянный контроль (мониторинг) за состоянием усиленных строительных конструкций с записью в техническом журнале по эксплуатации здания. При обнаружении недопустимых дефектов и повреждений строительных конструкций эксплуатирующая организация должна незамедлительно обращаться в проектную фирму, разрабатывающую проект усиления для принятия решений по дальнейшей эксплуатации здания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лузгин Р.Ю. Сохранение каменных кладок старинных построек // Вестник ИРГТУ. 2005. № 1 (21). С. 170-171.
2. Калини В.М., Соколова С.Д., Топилин А.Н. Обследование и испытание конструкций зданий и сооружений. М.: ИНФРА-М, 2010. 336 с.
3. Рощина С.И., Воронов В.И., Грязнов М.В., Щелокова Т.Н. Техническая эксплуатация и ремонт зданий и сооружений. ТЗ8 учеб. Пособие/Владим. Гос. Ун-т.- Владимир:изд-во Владим.гос. ун-та, 2009. 200 с.
4. СП13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений
5. Афанасьев А.А., Матвеев Е.П. Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. М.: 2008. 479 с.

---

**Kuzin I. Y., Shilov D. P., Galkin A. A.**

### **STRENGTHENING OF MASONRY BY GROUTING CEMENT-SAND MORTAR**

*Every year the number of objects in the housing and public funds that are in poor condition, requiring disaster recovery designs.*

*The article describes the experience of developing the technology of strengthening stone masonry by injection of cement-sand mortar. Injection - is an effective and modern method of disaster recovery designs. The studies found that the bearing capacity of reinforced masonry is restored, so the object is classified as a healthy state.*

*The results obtained can be used to repair and rebuild houses and public buildings, as well as in the restoration of stone monuments.*

**Key words:** *building maintenance; injection technology; stone structures; examinatio.*

Кузнецов Р.А., доц.,  
Степанова-Третьякова Н.С., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, КАК НАУЧНОЙ ОСНОВЫ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ

tristena@mail.ru

*Освоение конструктивно-пространственного изображения как научной основы творческой деятельности на дисциплинах академического и архитектурно-проектного рисунков студентами в архитектуре является актуальным в техническом образовании. Именно конструкция является дополнением к проектной деятельности в архитектуре. Архитектура решает очень трудную задачу, заключающуюся в сочетании функции, конструкции и эстетики. В частности от второго зависит прочность, эффективность, безопасность для жизнедеятельности человека. Для того чтобы понять особенности внутреннего и внешнего строения, необходимо у студентов развивать конструктивное мышление как главную основу творческой деятельности. Такая дисциплина как академический и архитектурно-проектный рисунок является наиболее наглядным и доступным средством понимания внутренней сущности формы для студентов направлений архитектуры. Именно, в процессе изображения натуры, будущие архитекторы, поэтапно осваивают особенности конструктивного построения, тем самым развивают конструктивное и пространственное мышление, необходимое для проектной деятельности и формирования профессиональных умений.*

**Ключевые слова:** конструктивно-пространственный способ изображения, архитектура, академический рисунок, архитектурно-проектный рисунок, научные основы творческой деятельности.

**Методология.** Методика аспектов изучения конструктивно-пространственного метода как научной основы творческой деятельности на занятиях по академическому и архитектурно-проектному рисунку предполагает, прежде всего, обучение студентов технических высших учебных заведений специальности архитектуры. Она нацелена на обретение знаний в области изучения формы, а именно на освоение внутренней и внешней конструкции изображаемых предметов и объектов. Это является главным фактором научной основы творческой деятельности будущих архитекторов.

**Основная часть.** Рисунок в высших учебных технических заведениях в направлении архитектура подразделяется на академический и архитектурно - проектный. В первом виде рисунка, в классическом, студенты изучают закономерности реалистического изображения натуры. Во втором – будущие архитекторы получают более углубленные познания в этой области с сочетанием передачи изображения по представлению и воображению с привязкой к среде: интерьеру и экстерьеру. Академический рисунок представляет собой совокупность исторического развития выразительных средств передачи натуры в изобразительном искусстве в целом. Именно он включает в себя освоение графических закономерностей реалистического изображения. В их структуру входят: композиция (компоновка изображения), пространственные характеристики (метод загораживания, линейная и воздушная перспективы), параметры тона (светотеневая

моделировка, воздушная перспектива, удалённость предметов от источника освещения, материальность предметов, светлота и насыщенность), характер и направленность освещения (дневное, утреннее, вечернее, ночное, естественный, искусственный источники освещения), форма (контурно-схематический способ изображения, геометрально-математический, конструктивно-пространственный, пространственно-пластический способы изображения). Немаловажную роль играют художественные материалы (фактура бумаги, вид и характер графических материалов) и технический приём (характер штриха) [1]. Исторически сложилось, что рисунок считался вспомогательным материалом для живописи, скульптуры, архитектуры и дизайна. Так как он, являясь процессом эскизирования, помогал мастерам-творцам не только найти нужную форму, но и развивал мышление, заставлял постоянно думать, как и над самой формой графического изображения, так и над созданием нового объекта или предмета. В результате появилось четыре способа трактовки формы, базирующиеся на конструкции и объёме. К ним относятся: контурно-схематический способ изображения (XVII в.), геометрально-математический (XIX в.), конструктивно-пространственный (XIX...XX вв.), пространственно-пластический способы изображения натуры (XX в.) [2].

Третий способ передачи формы предмета - конструктивно-пространственный является основным методом, который наиболее часто ис-

пользуется в Высших учебных заведениях с технической направленностью. Это обуславливается спецификой ВУЗов, ориентированных на процесс освоения конструктивно-пространственного метода, развивающий, прежде всего мышление и художественные умения, которые необходимы в практической профессиональной деятельности. Ведь именно специалисты в области архитектуры решают сложную проблему - связь художественного решения с функциональной и конструктивной составляющей, взаимосвязь науки и искусства. Отсюда следует, что методика преподавания в техническом обучении акцентируется на развитии конструктивно - логического мышления, которое является основой творческой деятельности в архитектуре. Это подтверждают слова Ю.В. Чернышева: «В решении одной из важнейших и наиболее сложных проблем подготовки будущих специалистов - развитие конструктивно-пространственного мышления и творческого воображения, что в свою очередь является базой для комплексного обучения в процессе графической и проектной подготовки» [3]. Этот популярный метод построения академического рисунка появился на рубеже XIX- XX веков. Его применяли такие педагоги как П.П. Чистяков, Ш. Холлоши, А. Ашбе, Д. Н. Кардовский, Н.Н. Ростовцев из современных педагогов практикуют в своей практике Г. Баммес, К. Ли, Б. Хогарт. Здесь построение формы рассматривается, как совокупность геометрических тел в пространстве, объём которых освещён светом, таким образом, в рисунке учитывается три фактора. К ним относятся: 1) контурные очертания; 2) сочетание геометрических составляющих, плоскостей в пространстве с проработкой от крупных форм к детализации; 3) световые градации: блик, сет, полутень, собственная тень, краевой рефлекс, падающая тень. Из вышесказанного видно, что конструктивно-пространственный способ включает две предыдущих системы изображения натуры (контурно-схематический и геометрально - математический способы). Освоение этого способа рисования порою является сложным для восприятия студентами-бакалаврами первых курсов архитектуры. Зачастую они допускают ошибки, такие как нарушение пропорций, сильное ракурсное сокращение, обратная перспектива, что ведёт к отсутствию похожести с натурой. Поэтому на начальных стадиях обучения академическому рисунку необходимо дифференцировать освоение конструктивного рисунка на несколько занятий. Поэтому вначале обучения рекомендуется изображать простой натюрморт белого цвета на фоне белой драпировки. Это объясняется тем,

что на первых стадиях обучения будущих архитекторов будет проще выполнять постановку с постепенно суммирующимися задачами.

На первом этапе студентам предлагается выполнить изображение контурно-схематическим способом. Он нацелен на передачу контурных очертаний натуры с учётом координатной оси симметрии и пропорционального отношения частей формы методом «визирования». В результате у обучающихся развивается способность к анализу, сравнению и сопоставлению пропорций друг относительно друга, формируется точность в передаче и схожести индивидуальных черт натуры. Задачами тонального решения будет полная передача светотеневых градаций на предмете и в окружении (блик, свет, полутень, тень, краевой рефлекс, падающая тень). Пространственные задачи на данном этапе – метод сложного загораживания предметов.

На втором этапе необходимо выполнить изображение геометрально – математической системы изображения. Она вначале ведётся средствами предыдущего способа, но с добавлением суммы геометрических тел, насаженных на ось симметрии с тем, же учётом пропорционального соотношения. Построение элементов формы с врезкой геометрических составляющих целого объёма. Линии и точки соединения частей или врезки геометрических тел являются сопряжением, некий переход одной формы в другую. В отличие от контурно-схематической системы изображения, здесь распределение светотеневых градаций логически обосновывается внешней составляющей деталей геометрических объёмов. В результате студенты развивают объёмное восприятие натуры, воспринимают светотень не просто как градации на плоском изображении как в первом случае, а как распределение света на сочетании выпуклой и вогнутой поверхностях формы. Помимо этого у бакалавров направлений архитектуры развивается представление, а также такие операции мышления как анализ, сравнение, синтез, классификация, обобщение. Тональное решение будет заключаться в передаче светотени, характера и направленности освещения. Пространственные задачи основываются на методе загораживания и ритмического расположения нижних оснований изображаемых предметов («следков») на плоскости с учётом линейной перспективы.

Последним третьим этапом является непосредственно сам конструктивно-пространственный способ изображения. Он делится на две постановки. Первая – тот же белый натюрморт. Вторая – состоит из тех же предметов, но окрашенных в цвет с разной светлотой и

насыщенностью и материальностью. Третий способ изображения также называют методом скульптора, «обрубом». Два предшествующего способа являются составляющими третьей системы построения изображения натуры. Она заключается в рисовании обобщённых конструктивных геометрических объёмов расположенных в пространстве с последующим их «отсечением» лишних масс, то есть к переходу от больших форм к детализации с внутренним построением с учётом линейной перспективы. В этом способе студент учится видеть форму обобщённой, и конструктивно-пространственной, что является актуальным в архитектурном образовании. В результате у обучающихся развивается конструктивно-пространственное мышление. О значимости формирования такого вида мышления у будущих архитекторов высших учебных технических заведений писал Ю.В. Чернышев: «Мыслительные способности человека определяются многими показателями, один из которых является конструктивно-пространственное мышление» [4]. Его операциями являются анализ, синтез, обобщение, абстрагирование, конкретизация, классификация, сравнение, инверсия, ассоциация. Помимо мышления у бакалавров также развивается представление и воображение. Тональное решение белого натюрморта будет заключаться в передаче светотени, характера и направленности освещения. Пространственные задачи - в методе загораживания, расположении ритмического расположения нижних оснований изображаемых предметов на плоскости с учётом линейной перспективы и добавляется воздушная перспектива. Последнее заключается в тональном насыщении переднего плана и предметов, которые близко находятся к глазам рисующего, с постепенным затуманиваем к заднему плану и размытием краёв дальних изображений. Вторая постановка из тех же предметов, но окрашенных в цвет и с разной поверхностью (глянцевая, матовая, прозрачная и т.д.), а также со светлотой и насыщенностью нацелена на тот же способ изображения с такими же пространственными и тональными характеристиками. Единственное, что является необходимым это передача светлоты, насыщенности и материальности предметов в постановке.

Таким образом, поэтапно осваивая закономерности конструктивно-пространственного изображения с параллельным дифференцированным подходом в изучении пространственных характеристик и параметров тона, у студентов направлений архитектуры выработается целостная система восприятия натуры.

Безусловно, закономерности конструктивной трактовки формы, приобретённые на начальных этапах освоения академического рисунка, должны применяться и в архитектурно-проектном изображении. В отличие от классического подхода последний вид графического изображения чередуется рисованием с натуры с рисованием по представлению и воображению. Как результат у студентов развивается не только операции мышления (анализ, систематизация, сравнение, конкретизация, абстрагирование, классификация, обобщение), но и ощущение, восприятие (воссоздающее и творческое), память, представление и функции воображения (ассоциация, комбинирование, агглютинация, гиперболизация, схематизация, инверсия, воссоздающее и репродуктивное). В целом на занятиях по архитектурно-проектному рисунку формируются все познавательные процессы необходимые не только для конструктивного видения натуры, но и для творческой, профессиональной деятельности.

Первое задание «Пространственно-геометрическая композиция (по представлению)» представляет собой создание композиции состоящей из сложной врезки геометрических тел вращения. Перед студентами ставятся геометрические фигуры разной конфигурации: шар, куб, конус, цилиндр, призмы (трёхгранной, шестигранной), пирамида. Основная задача данного задания: необходимо представить и сочетать, соединить методом врезки различные по форме, размерам различные объёмы с конструктивным и пространственным построением с лёгкой тональной светотеневой проработкой.

Второе задание «Сложный 2-х ярусный натюрморт в интерьере (с натуры)». Он заключается в выполнении натурной постановки с выбором освещения естественного бокового из окна или искусственного снизу на выбор преподавателя. Студентам предлагается выполнить рисунок натюрморта, где следует особое внимание уделить взаимосвязи постановки с небольшой частью интерьера (часть стен и окон, пола, потолка и т.д.), а также конструктивно-пространственное построение и общее тональное решение (светотень, воздушная перспектива) с характером и направленностью освещения.

Третье задание «Интерьер с различных точек зрения (с натуры)». Оно заключается в применении видов линейной перспективы: фронтальной, угловой в закрытом пространстве с естественным освещением. Необходимо выбрать кабинет или вестибюль, коридор, лестничный пролёт для выполнения изображения. Это задание является как бы закреплением и углублением знаний закономерностей компози-



ции, конструктивно-пространственного изображения и параметров тона. Если в предыдущем занятии акцент делался на натюрморте, а часть интерьера была лишь средством пространственных характеристик, среды, то в этой постановке главенствующая роль отводится построению линейной перспективы организации внутреннего пространства, а все остальные предметы и элементы, лишь дополнением целой композиции. Вначале рекомендуется выполнить угловую перспективу с показом двух стен и пола с небольшим количеством предметов для простоты восприятия и построения линейной перспективы, затем постепенно усложнять задачу введением потолка и наличием большего количества предметов разной величины и конфигурации. Так постепенно перейти к более сложному заданию-построению фронтальной перспективы в интерьере.

Четвёртое задание «Интерьер по собственному проекту (по воображению)». На основе полученных знаний приобретённых на предыдущем занятии, студентам направлений архитектуры и дизайна предлагается самим придумать интерьер. Вначале обучающиеся определяются с темой организации внутреннего пространства. Она может варьироваться, отталкиваться от конкретных существующих стилей, направлений в мировом искусстве (барокко, рококо, классицизм, модерн и т.д.), иметь более простой утилитарный характер (холл, гостиная, зал, кухня и т.д.) или иметь тематическую направленность (мастерская художника, архитектора, скульптора, оркестровая, класс духовых инструментов, хореографический класс, интерьер музея, спортивный зал и т.д.). Следующим этапом предлагается набросать планы будущего помещения с расстановкой предметов для выбора различных точек зрения. Это в результате поможет лучше разобраться в сложном перспективном построении элементов интерьера и расположения их в пространстве. Поисковые эскизы с различных точек зрения, предоставят студентам возможный выбор лучшей композиции.

Пятое задание «Фигура в интерьере с натуры». Данное задание выполняется параллельно с академическим рисунком. Различие состоит в том, что классическая система предполагает акцентировку на строении, передачу пропорций и пластики человеческого тела, архитектурно-проектный рисунок преследует решение не только конструктивно-пространственного построения фигуры, но и её взаимосвязь со средой, общее тональное решение. Таким образом, в этой постановке студенты должны построить фигуру и интерьер с учётом линейной перспективы, направленности и характера освещения,

распределения светотеневой моделировки и воздушной перспективы.

Шестое задание «Архитектурное сооружение, ансамбль (с натуры)», предполагает выполнение набросков экстерьеров во взаимосвязи с окружающей средой. Главной и трудной задачей для обучающихся является умение выбрать подходящую, выразительную точку зрения. При её выборе студенты должны определить высоту горизонта относительно изображаемого объекта и построить соответствующую композицию объектов архитектуры: сооружения или ансамбля (усадеб, площадь, крепость, дворцово-парковый, монастырский ансамбли). В отличие от изображения интерьера, передача городской среды на картинной плоскости заключается в более выразительной пространственной композиции, строящейся на линейной и воздушной перспективе. Более того сложность задания состоит в передаче конструктивного построения, освещения, светотеневых градаций из-за постоянно изменяющегося положения солнца, изображения фигур людей в движении, поэтому главным условием является быстрое выполнение зарисовок.

Седьмое задание «Рисунок архитектурного сооружения, ансамбля (по воображению), на основе полученных знаний на предыдущем занятии, студентам направления архитектуры предлагается по воображению создать архитектурное здание или ансамбль. На начальных этапах предлагается выполнить небольшие зарисовки планов архитектурного сооружения или ансамбля (жилого, общественного, религиозного характера). Затем выбор точек зрения на плане, определение линии горизонта, перспективное сокращение элементов архитектурного сооружения или ансамбля, моделирование направленности освещения, светлота и насыщенность, воздушная перспектива.

Восьмое задание «Перспектива «с птичьего полёта», «зенитная перспектива» (по представлению)», задание состоит из нескольких этапов. На первом - студентам предлагается воспользоваться набросками экстерьеров с натуры и изменить точку зрения на основной архитектурный объект пейзажа на 40° слева и справа. На втором этапе отъехать на 200-300 метров представить и изобразить экстерьер издали, и дополнить передними предметами. Третий – заключается непосредственно в изображении «с птичьего полёта», выбирается высокая линия горизонта, раскрывающая панораму городского пространства с высоты. Или с точки зрения «зенитной перспективы», когда взгляд зрителя смотрит сверху в низ. Это сходящаяся перспектива, точка схода которой располагается прямо внизу.

Девятое задание «Композиция городского пространства или архитектурного ансамбля по собственному проекту (по воображению)», на основе полученных знаний в предыдущих занятиях, студентам направлений архитектуры предлагается по воображению создать экстерьер. На начальных этапах предлагается выполнить небольшие зарисовки планов с элементами городской среды (улицы, архитектурные сооружения, парки, скверы и т.д.). Затем выбор точек зрения на плане, определение линии горизонта, конструкция и перспективное сокращение элементов городского ансамбля или сооружения, моделирование направленности освещения, светлота и насыщенность, воздушная перспектива.

Десятое занятие «Архитектурная фантазия (пространственно-геометрическая композиция, композиция города по воображению)». Данная тематика содержит две части. Первая – состоит из соединения, врезки различных по конфигурации и пластики объёмных форм. Главной задачей является создание композиционного центра, вокруг которого расположены дополнительные части всего изображения, а также единое пластическое и тональное решение (светотень, направленность освещения, воздушная перспектива). Поэтому студентам необходимо сделать десять поисковых набросков с различными композиционными поисками, пластическим и тональным вариациями. В итоге выбирается более удачная работа. Вторая часть задания предполагает создание графической работы «фантазийного города» или «города будущего». В начале, определяется тематика будущего изображения, помощь в разработке идеи может служить определённый предмет (капитель, планеты, болты, элементы техники, бионическая форма: цветы, насекомые, животные, малюски и т.д.), который по средствам ассоциативного воображения стилизуется под «фантазийный город». В основу компоновки изображения входит определение главного смыслового центра композиции, являющийся доминирующим элементом «футуристической архитектуры», вокруг которого располагаются дополнительные элементы соединённые друг с другом методом врезки, сопряжений (связки дорог, мосты, парапеты, башни, элементы сетчатых конструкций, стены, трубообразные соединительные элементы и т.д.). Студентам необходимо сделать десять поисковых набросков с различными композиционными поисками, конструктивным, пластическим и тональным вариациями. В итоге выбирается наиболее выразительная работа.

Таким образом, освоение и особенности передачи конструктивно-пространственного построения изображаемого объекта, предмета в

архитектурно-проектном рисунке способствует развитию конструктивно-пространственного мышления и является помощью в проектной деятельности, что в результате качественно повышает уровень технического, инженерного образования [5].

**Выводы.** Конструктивно-пространственный способ изображения является основой научно-творческой деятельности студентов. Он считается наиболее популярным методом в архитектурном образовании. Это объясняется тем, что этот способ нацелен, прежде всего, на развитие конструктивного мышления, необходимое для профессиональной деятельности студентов. Следует заметить, что этот метод графического изображения формы является сложным в понимании, так как в процессе его освоения подключается много мыслительных операций – это анализ, синтез, обобщение, абстрагирование, конкретизация, классификация, сравнение, инверсия, ассоциация, а также представление и воображение. Изучая особенности построения формы в пространстве, необходимо вначале изображения представить обобщённую геометрическую форму, которую необходимо постепенно детализировать с учётом законов линейной перспективы и это должно происходить в соответствии с соблюдением основных пропорций. Для студентов на начальных этапах обучения – это является сложной задачей. Поэтому необходимо введение поэтапной, дифференцированной системы освоения конструктивно-пространственного способа в таких дисциплинах как академический и архитектурно-проектный рисунок. Именно изучение формы от простого метода к сложному, чередуя задания рисования с натуры с изображением по представлению и воображению, делает мышление студентов более гибким. Этим самым, развивая конструктивное и пространственное мышление так необходимое для студентов-архитекторов. Приобретённые знания и использование закономерностей изображения формы на практике по рисунку будущий архитектор может улучшить результаты своей проектной деятельности. Ведь внешняя и внутренняя конструкции проектируемого объекта или предмета является первым этапом её восприятия человеком и только потом в поле зрения попадает цвет, фактура и т.д.

Традиции академической школы рисунка вырабатывают у студентов чёткое представление о закономерностях конструктивно-пространственного метода трактовки формообразования, архитектурно-проектный рисунок продолжает закреплять ранее полученные знания, но помимо этого система определённых

занятий нацелена на их применение в заданиях, где изображение строится по представлению и воображению. Внедрение такого сочетания и чередования форм занятий в архитектурном образовании позволит значительно повысить художественный уровень будущих архитекторов. Это позволит более сознательно подходить к созданию единого стиля, к передаче определённого, конкретного образа, что является необходимым условием научной основы творческой деятельности архитектора.

Таким образом, анализ и передача конструктивного изображения формы средствами академического и архитектурно-проектного рисунка как основополагающего средства научной основы творческой деятельности и является значимым в профессиональном и художественном становлении студентов направления архитектуры.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанова-Третьякова Н.С. Роль академической школы рисунка в формировании творческих способностей студентов специальностей архитектуры и дизайна // Проблемы образования в современной России на постсоветском пространстве: сборник XVI международной научно-практической конференции (летней сессии). Пенза, 2010. С. 134–136.
2. Степанова-Третьякова Н.С., Шабанов Н.К. Формирование художественных умений у студентов дизайнеров, архитекторов по средствам освоения формы предметов в академической системе рисования // Декоративное искусство и предметно - пространственная среда. Вестник Московской государственной художественно-промышленной академии имени С.Г. Строганова. Москва, 2014. № 4. С. 295-300.
3. Чернышев Ю.В. Исторический аспект развития архитектурного рисунка как дисциплины художественного цикла в архитектурном образовании // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №2. С. 190–193.
4. Чернышев Ю.В. К проблеме развития конструктивно-пространственного мышления инженеров-архитекторов в процессе обучения архитектурному рисунку // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С. 183–186.
5. Гузаиров В.Ш., Зайцев С.А. Повышение качества образования как социальная проблема // Тенденции развития общества: единство самоорганизации и управления: сборник материалов международной научно-практической конференции (приуроченной к 80-ию со дня рождения Г.А. Котельникова. Белгород, 2011. С. 133–135.

---

**Kuznetsov R.A., Stepanova-Tretyakova N.S.**

### **PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF DESIGN AND SPATIAL IMAGE AS A SCIENTIFIC BASIS FOR CREATIVITY IN ARCHITECTURE**

*The development of structurally-dimensional image as the scientific basis of creative activity on the academic disciplines and architectural and engineering drawings by the students of the architecture is important. This is the method of images is complementary to the project activities in the architecture. Architecture solves a very difficult task, consisting in the combination of such prerequisites as function, design and aesthetics. In particular, the second depends on the strength, efficacy, safety for human life. In order to understand the internal and external structure, it is necessary for students to develop constructive thinking as the main basis of scientific creativity. Such discipline as an academic and architectural and engineering drawing is the most clear and accessible means of understanding the inner self forms for students of architecture. Namely, in the process image of nature, future architects and gradually master, the constructivist composition, thereby developing constructive and spatial reasoning required for design, creativity and the formation of professional skills.*

**Key words:** design and spatial rendering, architecture, academic drawing, architectural drawing, the scientific basis of creativity.

Черныш А.С., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВЫТРАМБОВЫВАНИЕМ КОТЛОВАНОВ

gkadastr@mail.ru

Особенностью строительства в Центрально-черноземном районе является наличие толщ просадочных суглинков. Для устранения влияния просадочных грунтов на фундаменты зданий применяются в основном свайные фундаменты или применяются схемы реализации просадок не превышающих допустимых величин. Расчет размеров фундаментов осуществляется по характеристикам суглинков в водонасыщенном состоянии, что приводит к увеличению стоимости фундаментов. Однако большего внимания заслуживают технологические схемы, предусматривающие уплотнение грунтов с одновременным вытрамбовыванием котлованов под фундаменты, что значительно уменьшает объем земляных работ (в 3-6 раз), и позволяет увеличивать нагрузки на основание. В статье рассматриваются результаты опытных работ по вытрамбовыванию котлованов в просадочных грунтах суглинках) и приводится анализ изменения расчетных характеристик грунтов. Даны некоторые рекомендации по вытрамбовыванию котлованов.

**Ключевые слова:** Фундамент, трамбование, трамбовка, уплотнение, котлован, просадочные грунты, суглинки, деформации, плотность, плотность сухого грунта, просадка, прочностные свойства грунтов

Инженерно-геологические условия строительства в центрально-черноземном районе России и, в частности, в Белгородской области характеризуются наличием на водоразделах толщ просадочных суглинков. Мощность просадочных толщ составляет от 2...3 м до 10...15 м, суглинки твердой и полутвердой консистенции с коэффициентом пористости от 0,75 до 1,2 д.е. Для устранения влияния просадочных грунтов на фундаменты зданий применяются в основном свайные фундаменты. Однако большего внимания заслуживают технологические схемы, предусматривающие уплотнение грунтов с одновременным вытрамбовыванием котлованов под фундаменты, что значительно уменьшает объем земляных работ (в 3...6 раз), и позволяет увеличивать нагрузки на основание [1... 5].

Нагрузка от фундаментов по подошве и боковым стенкам передается вначале на уплотненный грунт, а затем на грунты природного сложения, благодаря чему и достигается более высокая несущая способность фундаментов по грунту оснований, существенно снижаются размеры фундаментов (объем фундаментов снижается в 2...3 раза).

Внедрение технологий вытрамбовывания котлованов ограничивается отсутствием конкретных рекомендаций по разработке технологических схем вытрамбовывания и расчетных параметров грунтов. Цель данной работы;

- оптимальные параметры при подготовке грунтов к уплотнению;

- технология производства работ по трамбованию;

- определение зависимости изменения плотности грунта по глубине и в стороны от трамбуемого котлована;

- определение расчетных характеристик грунтов для проектирования фундаментов.

Учитывая влияние динамических воздействий на близкорасположенные существующие сооружения, фундаменты в вытрамбованных котлованах при массе трамбовки 30...60 кН следует располагать на расстоянии не менее: 10 м – от эксплуатируемых сооружений, не имеющих деформаций, и 5 м – от неэксплуатируемых; 15 м – от сооружений, имеющих трещины в стенах.

В первую очередь, рационально применять предлагаемый метод для сооружений, у которых фундаменты столбчатого вида, с передаваемой нагрузкой на основание до 1000...1100 кН.

Для выполнения поставленных задач исследований при испытаниях использовались трамбовки массой от 15 кН до 70 кН диаметром от 0,6 до 1,5 м и квадратные со сторонами от 0,5×0,5 м до 1,2×1,2 м.

Для сбрасывания трамбоек применялись краны-экскаваторы и др. механизмы с навесным оборудованием, включающим направляющую штангу, каретку и трамбовку. Штанга длиной 8...12 м обеспечивала вертикальность падения трамбовки след в след. С целью обеспечения вытрамбовывания котлованов определенной глубины применялись трамбовки высотой от 1,0 до 2,6 м. Трамбовки сбрасывались с высоты 5...8 м. На вытрамбовывание одного котлована глубиной 1...2 м, передвижение механизма и установку трамбовки в нужном положении затрачивалось от 6 до 22 минут. Удельное давление принималось не менее 0,05 МПа.

При вытрамбовывании сочетаются два процесса – разработка котлована и уплотнение грунтов в основании, что обеспечивает устранение просадки грунта на определенную глубину и высокую несущую способность фундамен-

тов. Для повышения несущей способности грунтов под фундаментами в дно котлована втрамбовываются порциями жесткий грунтовый материал (щебень, песчано-гравийная смесь, крупный песок и т.п.).

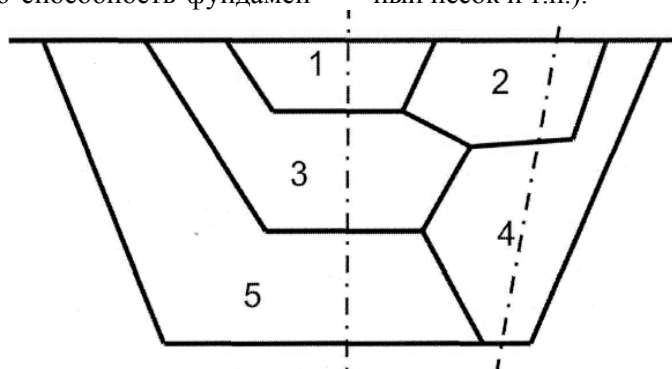


Рис.1. Последовательность вытрамбовывания котлована в два следа под спаренный фундамент у осадочного шва; 1...5 – этапы вытрамбовывания

По результатам наблюдений за вытрамбовыванием котлованов выделены следующие процессы:

1 – вытрамбовывание котлованов происходит вследствие приложения на грунт ударной нагрузки при падении трамбовки. На контакте трамбовки с грунтом возникают динамические контактные напряжения, которые определяют эффективность процесса вытрамбовывания котлованов и зависят в основном от массы трамбовки и ее удельного статического давления по основанию и боковым стенкам котлована, высоты сбрасывания трамбовки, продолжительности удара, т.е. времени взаимодействия трамбовки с грунтом. Динамические контактные напряжения передаются в грунтовый массив с определенной скоростью в виде ударной волны, уменьшаясь с глубиной. Процесс вытрамбовывания котлова-

нов в различных грунтах в зависимости от их физико-механических характеристик и формы трамбовки протекают по-разному, и состоит из следующих этапов: уплотнение грунта с формированием уплотненной зоны, продавливание уплотненной зоны, вытеснение грунта в стороны, выпор его вверх и в стороны, а также разуплотнение грунта в стенках и дне котлована его разжижения.

Уплотнение грунта в процессе вытрамбовывания котлованов происходит вследствие остаточных деформаций сжатия грунта при приложении к нему динамических напряжений в момент удара трамбовки и сопровождается в основном вытеканием воздуха из пор грунта. Образуется новая структура с более плотной укладкой частиц и агрегатов грунта.

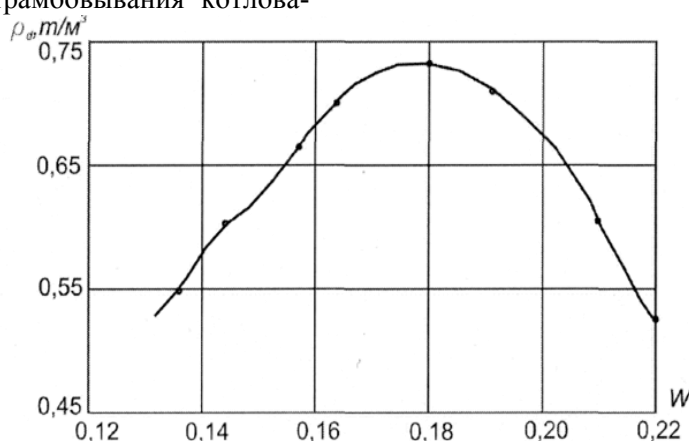


Рис. 2. Зависимость плотности  $\rho_d$  уплотненного суглинистого грунта в сухом состоянии от его влажности

Уплотняемость грунтов определяется главным образом их влажностью [1, 4, 6]. Зависимость плотности уплотняемого грунта от его влажности выражается характерной кривой стандартного уплотнения (рис. 2), в соответствии с которой вначале с увеличением влаж-

ности плотность сухого грунта возрастает, а затем при достижении максимального значения снижается.

В связи с этим, уплотняемость грунтов характеризуется максимальной плотностью уплотненного грунта и оптимальной влажностью

[7... 9]. Максимальная плотность уплотненного грунта представляет собой наибольшую плотность сухого грунта  $\rho_{d \max}$ , достигаемую при принятых режимах, методах и энергии уплотнения. Оптимальной влажностью  $W_0$  называют влажность, при которой достигается максимальная плотность уплотненного сухого грунта и требуется наименьшая затрата работы для достижения максимальной плотности грунта при заданном режиме уплотнения. Коэффициент уплотнения Куп представляющий собой отношение заданного и фактически полученного значения плотности сухого уплотненного грунта к его максимальному значению по стандартному уплотнению  $\rho_{d \max}$ , т.е.

$$K_{yn} = \frac{\rho_d}{\rho_{d \max}} \quad (1)$$

Зона распространения уплотнения представляет собой толщу грунта  $h_{yn}$ , в пределах которой происходит повышение его плотности и распространяется от уплотняемой глубины, на которой плотность сухого грунта повышается не менее чем на  $0,02 \text{ т/м}^3$  по сравнению со значени-

ем его до уплотнения. За уплотненную зону  $h_{yn}$  принимают толщу грунта, в пределах которой плотность последнего не ниже заданного или допустимого его минимального значения.

Уплотнение грунтов происходит вследствие накопления остаточных деформаций при циклических нагрузках и продолжается до известного предела после передачи на грунт определенной работы. Дальнейшее увеличение энергии уплотнения без изменения режима уплотнения сопровождается продавливанием уплотненной зоны без существенного повышения плотности грунта.

Такое состояние грунта, при котором в процессе уплотнения его плотность практически не повышается, называем уплотнением до отказа, а повышение плотности грунта при единичном приложении нагрузки характеризуемое понижением уплотняемой поверхности от одного удара или прохода – отказом (рис.4) [1, 10]. Наибольшее уплотнение при  $S_r < 0,7$ , с невысокой природной степенью плотности, к которой относятся просадочные лессовые грунты.

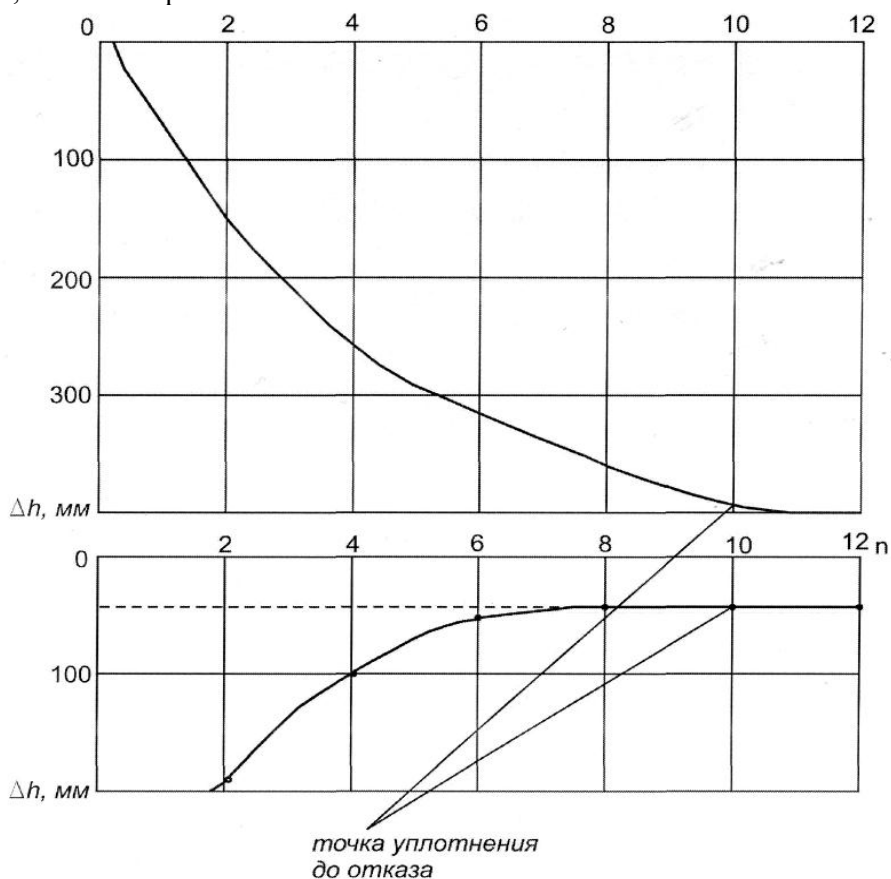


Рис. 4. Зависимость понижения трамбуемой поверхности  $\Delta h$  от числа ударов  $n$  трамбовкой (а) и от двух ударов (б)

При  $S_r > 0,7$  при вытрамбовывании котлованов возможно некоторое уплотнение грунта в результате отжатия из него свободной воды под влиянием динамического воздействия. В соответствии с приведенными на рис.4 данными про-

давливание уплотненной зоны начинается после шести ударов трамбовкой.

Глубина  $\Delta h$ , с которой начинается продавливание уплотненной зоны грунта при вытрамбовывании котлованов, определяется по формуле

$$\Delta h = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_{d,yn}}\right) \cdot h_{eg} \quad (2)$$

где  $\rho_d$  – среднее значение плотности сухого грунта до уплотнения;  $\rho_{d,yn}$  – тоже, в пределах зоны распространения уплотнения  $h_{yn}$  принимаемая.

$$\rho_{d(yn)} = \frac{1}{2(\rho_d + \frac{S_r \cdot \rho_s \cdot \rho_w}{S_r \cdot \rho_w + W \cdot \rho_s})}$$

$$\rho_{d(yn)} = \frac{1}{2}(\rho_d + \frac{S_r \cdot \rho_r \cdot \rho_w}{S_r \cdot \rho_w + W \cdot \rho_s}) \quad (3)$$

где  $\rho_s$  – плотность твердых частиц грунта,  $\text{кН/м}^3$ ;  $S_r$  – степень влажности уплотненного грунта, принимаемая 0,9;  $\rho_w$  – плотность воды, принимаемая равной 1  $\text{кН/м}^3$ ;  $m_{yn}$  – коэффициент, учитывающий боковое расширение грунта в стороны и принимаемый равным 1,25.

Процесс продавливания уплотненной зоны наиболее четко прослеживается при вытрамбовывании неглубоких котлованов трамбовками с плоским основанием и удельным статическим давлением более 0,3...0,4 МПа (рис. 5, кривые 1...4)

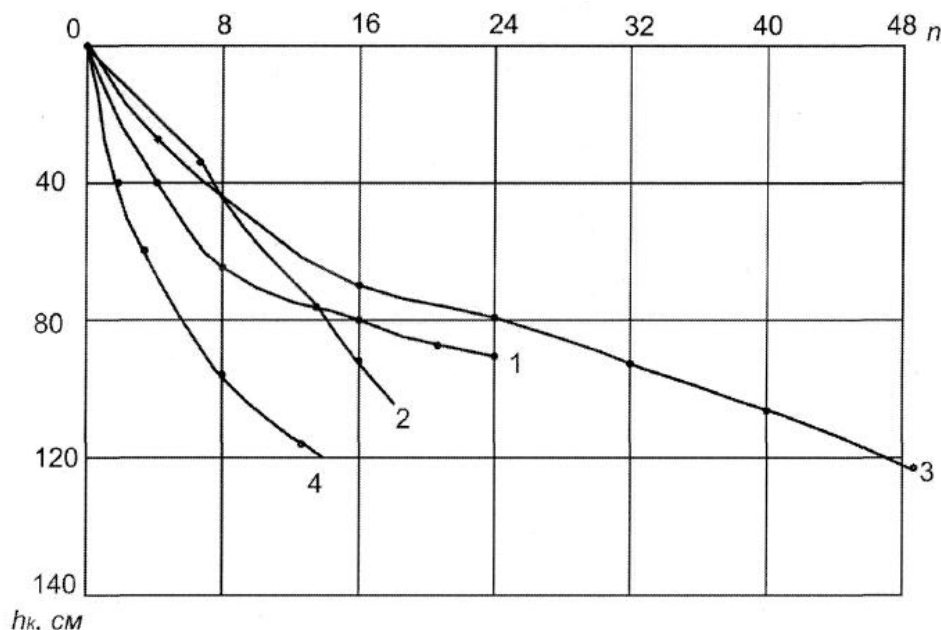


Рис. 5. Зависимость понижения дна котлованов  $h_k$  от числа ударов  $n$  трамбовкой на опытных площадках в просадочных грунтах: 1 –  $d_n = 1,4$  м;  $P = 40$  кН;  $\sigma_{ст} = 0,03$  МПа;  $H = 8$  м; 2 –  $d_n = 1,2$  м;  $P = 55$  кН;  $\sigma_{ст} = 0,04$  МПа;  $H = 6$  м; 3 –  $d_n = 1,1$  м;  $P = 100$  кН;  $\sigma_{ст} = 0,095$  МПа;  $H = 13$  м; 4 –  $d_n = 0,9$  м;  $P = 50$  кН;  $\sigma_{ст} = 0,06$  МПа;  $H = 1$  м

В процессе вытрамбовывания происходит выпор грунта в стороны и в верх, который вызывается тем, что объем вытесняемого грунта при вытрамбовывании котлована превышает необходимый грунт для создания уплотненной зоны. Грунт вначале перемещается в стороны, а затем вверх, из-за чего на поверхности вокруг котлована возникают вертикальные (вверх) и горизонтальные (в стороны от котлована) перемещения, что особенно характерно для плотных, а также в водонасыщенных и переувлажненных грунтах.

Разуплотнение грунта на дне и стенках котлованов обуславливается нарушением при заданном режиме трамбования равновесного состояния между суммарными силами сопротивления продавливанию уплотненной зоны и прочностью сформировавшейся новой структуры верхнего слоя грунта. При этом состоянии значительная часть энергии трамбования расходуется на образование упругих колебаний и дефор-

маций грунта в уплотненной зоне, в результате чего на контакте трамбовки с грунтом начинает формироваться зона разуплотнения грунта. Коэффициент уплотнения снижается до 0,87...0,91 с образованием радиальных и параллельных направлений трамбования трещин и обрушением грунта со стенок котлована. При  $J_p > 0,15 \dots 0,17$  разуплотнение практически отсутствует.

На эффективность вытрамбовывания и качество стенок и дна вытрамбовываемых котлованов влияет ряд факторов, которые делятся на две группы. К первой группе относятся параметры трамбовки – вес  $P$ , размеры в плане и высота ее сбрасывания, а также энергия удара, равная  $\mathcal{E} = PH$ . Ко вторым: вид, влажность и плотность сложения грунта.

При увеличении веса трамбовки  $P$  и удельного статического давления  $P_{ст}$ , глубина и эффективность вытрамбовывания котлованов возрастает. Например, для лессовидных суглин-



ков, при  $h_k = 1,1$  м и массой 100 кН при  $P_{cm} = 0,095$  МПа, сбрасываемой с высоты 8...10 м, составляло 20...25 см за удар от первых четырех - шести ударов и 5...6 см от последующих ударов, а погружение трамбовки шириной  $b_n = 1,2$  м и  $P_{cm} = 0,04$  МПа соответственно 10...15 и 2...3 см.

В процессе вытрамбовывания котлованов происходят вертикальные и горизонтальные перемещения грунта внутри грунтового массива - под котлованом и вокруг него, а также непосредственно у поверхности земли около котлованов. Специальные экспериментальные исследования позволили выявить всю картину перемещений грунта в основании вытрамбованных котлованов. Для этого было выполнено три опытных котлована, по средним осям которых было пробурено по 8 скважин диаметром 75 мм и глубиной 6 м, в которых через 0,5 м устраивались глубинные марки - фиксаторы, представляющие собой металлические цилиндрики  $d = 25$  мм и  $h = 30$  мм (по 64 марки на котлован). Исходное высотное положение фиксаторов скважины определяли нивелированием. По мере установки фиксаторов скважины заполняли грунтом с уплотнением. Вес трамбовки 55 кН;  $d_n = 1,4$  м;  $d_g = 1,5$  м и  $h = 1,6$  м, сбрасываемые с  $h = 6$  м. Котлованы вытрамбовывали глубиной 0,6, 1,10 и 1,4 м соответственно за 6, 12 и 20 ударов трамбовкой.

При глубине котлована  $h_k = 6$  м практически достигалось состояние уплотнения до отказа. После чего разрабатывали траншеи с расчисткой установленных в них фиксаторов. Вертикальные перемещения последних определяли нивелированием, а горизонтальные, - измеряя штангенциркулем расстояние по натянутой струне от зафиксированного исходного положения (осей) скважин до марок. Точность измерения составляла  $\pm 1$  мм.

Результаты определения перемещений грунта под котлованом глубиной 1,5 м приведены на рис.6, на котором перемещения показана стрелками-векторами в масштабе рисунка.

Величина перемещения представляет собой вектор с определенным уклоном. Вертикальные перемещения грунта постепенно уменьшаются по глубине и в сторону от центральной оси котлована. Например, по дну котлована у его оси составляют 95...110 см, на расстоянии 0,75 м от оси 30...40 см, а на глубине 2,2 м по оси - 4...5 см, т.е. практически затухают на глубине 2,5...2,65 м, или 1,9 диаметра

днища трамбовки. По оси котлована горизонтальные перемещения практически равны нулю, а по мере удаления от оси возрастают до максимума под краями котлована (в данном случае до 16...19 см) и затем уменьшаются до нуля. Величины перемещений грунта и размеры зоны их развития возрастают с увеличением глубины вытрамбованных котлованов: при глубине  $h_k$  равной 0,6; 1,1 и 1,4 м, глубина зоны перемещений составила 1,25; 1,75 и 1,9  $d_n$ , а ширина 2,05; 2,45; 2,65  $d$ .

На рис. 7 показаны результаты измерения перемещенной поверхности грунта, вызванных вытрамбовыванием котлованов на глубину 1,0 м при  $P = 4,5...5,5$  кН,  $b_n = 0,6-0,9$  м;  $b_g = 0,9...1,5$  м и высотой 1...1,6 м. Вертикальные перемещения  $U_v$  поверхности грунта определяли нивелированием ряда забитых в грунт металлических (арматурных) стержней-марок, расположенных в 20...30 см один от другого, а горизонтальные  $U_z$  - измеряя мерной лентой расстояния этих марок от неподвижной марки-репера, находившейся вне зоны влияния вытрамбовывания. Максимальные значения  $U_z$  наблюдаются непосредственно у стенки котлованов, а вертикальных - на расстоянии 20...30 см от них. В наименьшей степени вертикальные и горизонтальные перемещения развиваются при отсутствии влияния соседних котлованов.

Вертикальные и горизонтальные перемещения возрастают с уменьшением расстояния между котлованами. На опытной площадке максимальные значения  $U_z$  и  $U_v$  после вытрамбовывания котлованов при расстоянии между ними 1,5; 1,1 и 0,8 м составили соответственно 11, 15, 40 и 6, 10, 19 см. С увеличением горизонтальных перемещений происходит разуплотнение верхнего слоя грунта вокруг котлованов, сопровождающиеся возникновением в нем трещин, которые наблюдались при  $U_z > 20$  см.

Перемещения возрастают по мере увеличения глубины вытрамбовывания котлована (см. рис. 7), энергии удара трамбовки, плотности сложения и влажности грунта. Для установления расстояния (минимально допустимых) между соседними котлованами в случае ленточных прерывистых фундаментов, исходят из значений перемещений поверхности грунта. В качестве критерия принимается горизонтальное перемещение в размере 8...10 см; влияние которых на качество стенок котлованов практически незначительно.

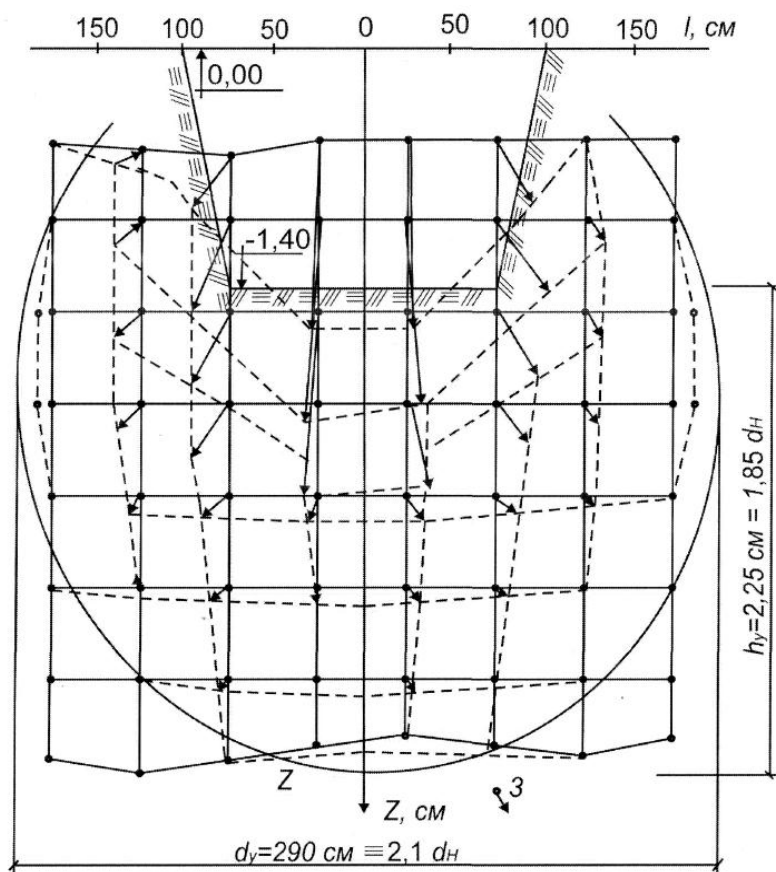


Рис. 6. Перемещения марок-фиксаторов в основании вытрамбованного котлована глубиной 1,4 м  
1 – вытрамбованный котлован; 2 – граница зоны перемещений (уплотненной зоны); 3 – положение марок до и после вытрамбовывания;  $h_v$  и  $d_v$  – глубина и ширина уплотненной зоны

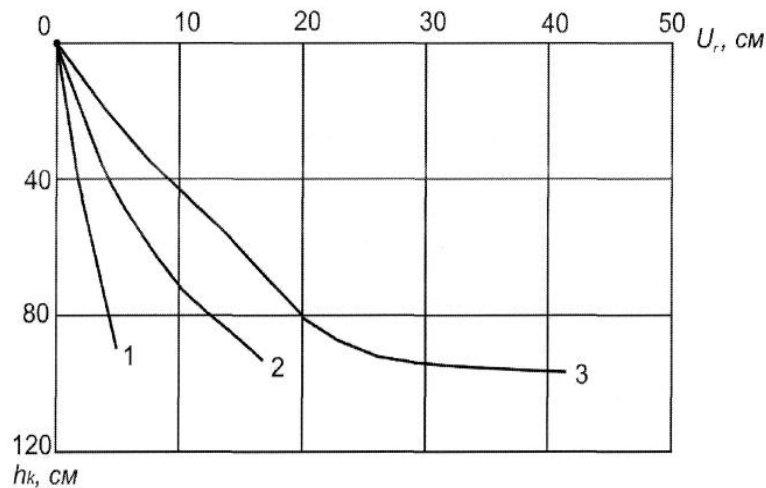


Рис. 7. Зависимость  $U_e$  от глубины котлованов  
1,2,3 – при расстояниях между соседними котлованами 1,5; 1,1 и 0,8 м

Расстояния в свету рекомендуется принимать равным  $0,9 b_{cp}$  ( $b_{cp}$  – ширина фундамента в среднем по высоте, м).

Перед вытрамбовыванием под котлованом и вокруг него образуется уплотненная зона грунта, имеющая в поперечном сечении чаще форму усеченного эллипса, глубиной ниже дна котлована  $h_{упл} = (1,5 \dots 1,7) b_{cp}$  и шириной  $b_{упл} = (2,0 \dots 2,1) b_{cp}$ , где ширина котлована в среднем сечении по глубине –  $b_{cp}$ . Плотность грунта в су-

хом состоянии изменяется от 17,5 до 19,5 кН/м<sup>3</sup> до природного (по наружной зоне уплотнения). Максимальные размеры уплотненной зоны достигаются в грунтах с оптимальной влажностью, а  $\rho_d$  – при пониженной на 0,02...0,04 влажности.

Ориентировочное (предлагаемое) количество ударов трамбовкой при оптимальной влажности и при глубине проработки до 1,3 м (1,6 м) составляет:

Глинистые грунты (суглинки и глины)

- а)  $d=0,6$  м - 10 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 200$  кН);  
 $l \times b = 0,5 \times 0,5$  м (13 ударов) - ( $N_{осн} = 350$  кН);  
 б)  $d=0,8$  м - 12 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 350$  кН);  
 $l \times b = 0,7 \times 0,7$  м (16 ударов) - ( $N_{осн} = 420$  кН);  
 в)  $d=1,0$  м - 14 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 450$  кН);  
 $l \times b = 0,8 \times 0,8$  м (19 ударов) - ( $N_{осн} = 550$  кН);  
 г)  $d=1,2$  м - 16 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 600$  кН);  
 $l \times b = 1,0 \times 1,0$  м (22 удара) - ( $N_{осн} = 730$  кН);  
 д)  $d=1,5$  м - 20 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 800$  кН);  
 $l \times b = 1,2 \times 1,2$  м (27 ударов) - ( $N_{осн} = 1000$  кН);  
 Супеси и пылеватые пески  
 а)  $d=0,6$  м - 8 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 150$  кН);  
 $l \times b = 0,5 \times 0,5$  м (13 ударов) - ( $N_{осн} = 270$  кН);  
 б)  $d=0,8$  м - 10 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 280$  кН);  
 $l \times b = 0,7 \times 0,7$  м (15 ударов) - ( $N_{осн} = 360$  кН);  
 в)  $d=1,0$  м - 12 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 360$  кН);  
 $l \times b = 0,8 \times 0,8$  м (17 ударов) - ( $N_{осн} = 450$  кН);  
 г)  $d=1,2$  м - 14 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 460$  кН);  
 $l \times b = 1,0 \times 1,0$  м (20 ударов) - ( $N_{осн} = 560$  кН);  
 д)  $d=1,5$  м - 17 ударов (нес. способн. основания -  $N_{осн} = 650$  кН);  
 $l \times b = 1,2 \times 1,2$  м (24 удара) - ( $N_{осн} = 820$  кН);  
 Для повышения несущей способности основания, втрамбовывается жесткий материал.  
 Количество ударов трамбовкой уточняется производственными испытаниями.  
 В результате трамбования в уплотненной зоне значительно повышаются прочностные характеристики. Для предварительных расчетов можно предложить следующие значения удельного сцепления "С" и угла внутреннего трения "φ", при  $S_r = 0,65$ :  
 (суглинки)  
 при  $\rho_d = 17,5$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,06$  МПа и  $\varphi = 25^\circ$ ;  
 при  $\rho_d = 17,0$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,05$  МПа и  $\varphi = 24^\circ$ ;  
 при  $\rho_d = 16,5$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,045$  МПа и  $\varphi = 23^\circ$ ;  
 при  $\rho_d = 16,0$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,038$  МПа и  $\varphi = 21^\circ 30'$   
 После водонасыщения основания ( $S_r > 0,8$ ):  
 при  $\rho_d = 17,5$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,04$  МПа и  $\varphi = 23^\circ$ ;  
 при  $\rho_d = 17,0$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,036$  МПа и  $\varphi = 22^\circ$ ;  
 при  $\rho_d = 16,5$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,032$  МПа и  $\varphi = 21^\circ$ ;

при  $\rho_d = 16,0$  кН/м<sup>3</sup> -  $C = 0,027$  МПа и  $\varphi = 20^\circ 30'$ .

В уплотненной зоне " $\rho_d$ " (с глубины 0,2...0,25 м) изменяется в пределах 7,5...16,0 кН/м<sup>3</sup> (толща в которой  $\rho_d < 16,0$  кН/м во внимание не принимается, что идет в запас прочности).

В процессе трамбования в уплотненной зоне прочностные характеристики повышаются в 3...4 раза. А модуль деформации в 2...3 раза.

Максимальная величина расчетного сопротивления  $R_{1,2}$  на основании в вытрамбованном котловане не должна превышать при ширине фундамента в среднем сечении

$$b_{cp} < 0,8 \text{ м} - R_{1,2} < 0,5 \text{ МПа};$$

$$b_{cp} < 1,4 \text{ м} - R_{1,2} < 0,6 \text{ МПа}.$$

Расчетное сопротивление  $R_1$  на уплотненный грунт по его прочностным характеристикам определяется по формуле СНиП 2.02.01 – 83.

Расчетное сопротивление  $R_2$  на уплотненный грунт, определяемое из условия устранения просадки грунта подстилающего слоя вычисляется по формуле:

$$R_2 = kP_{sl} - P_{\delta z} + \alpha P\delta$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий повышение величины начального просадочного давления за счет распределения уплотнения за пределы уплотняемой зоны, принимаемый равным по компрессионным испытаниям –  $k = 1,5$ ; по штамповым испытаниям –  $k = 1,2$ ;

$P_{sl}$  – величина начального просадочного давления подстилающего слоя, определяемая по компрессионным испытаниям грунтов, МПа;

$P_{\delta z} (\sigma_{zg})$  – природное давление на кровлю подстилающего слоя, МПа;

$P_\delta$  – природное давление на отметке заложения фундамента, МПа;

$\alpha$  – коэффициент уменьшения дополнительного давления от фундамента на кровлю подстилающего слоя, определяемый по СНиП 2.02.01–83.

10. При проверке устойчивости фундамента на сдвиг от горизонтально действующей нагрузки  $Q$  необходимо соблюдать условие:

$$Q < q b_{ch} h_k \quad (6)$$

Для предварительной оценки устойчивости можно принять следующие значения отпора грунта  $q$  от вертикального давления:

Глинистые грунты (глины и суглинки)

1) при  $R_1 = 200$  кПа -  $q = 70$  кПа.

2) при  $R_1 = 400$  кПа -  $q = 120$  кПа.

3) при  $R_1 = 600$  кПа -  $q = 170$  кПа.

Пылеватые пески и супеси

1) при  $R_1 = 150$  кПа -  $q = 50$  кПа.

2) при  $R_1 = 300$  кПа -  $q = 80$  кПа.

3) при  $R_1 = 500$  кПа -  $q = 130$  кПа.

Проведенные испытания позволили предложить рекомендации по вытрамбовыванию котлованов на лессовых просадочных грунтах:

1. Наиболее широко может применяться данный метод для сооружений, у которых фундаменты столбчатого вида, с передаваемой нагрузкой на основание до 1000...1100 кН (на один фундамент).

2. Данный метод позволяет устранить просадку лессовых грунтов на определенную глубину и обеспечить высокую несущую способность.

Для повышения несущей способности грунтов под фундаментами, в дно котлована втрамбовывается порциями жесткий грунтовый материал (щебень, песчано-гравийная смесь, крупный песок и т.п.)

Объем земляных работ сокращается в 3...5 раз. При бетонировании враспор исключаются опалубочные работы, обеспечивается плотное примыкание стенок фундамента к поверхности грунта. Это позволяет включать в работу уплотненный грунт примыкающий к его боковым стенкам, что в свою очередь, позволяет существенно снизить размеры фундаментов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крутов В.И., Галицкий В.Г., Мусаелян А.А. и др. Уплотнение просадочных грунтов. М.: Стройиздат, 1974.
2. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. Киев: БудІвельник, 1982.
3. Крутов В.И., Багдасаров Ю.А., Рабинович И.Г. Фундаменты в вытрамбованных котлованах. М: Стройиздат, 1985.
4. Стародворский В.В., Шаевич В.М. Исследование несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах с уширенным щебеночным основанием при горизонтальных динамических воздействиях. - В кн.: Динамика оснований, фундаментов и подземных сооружений (материалы V Всесоюзной конференции). М, 1981 (НИИ ОСП).
5. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1978.
6. Джитенов А.К., Куликов Г.В., Модликов Х. Искусственные основания и устойчивость инженерных сооружений на Прикопетдагской равнине. Ашхабад: Издательство Минвуза ТССР, 1978.
7. Куликов Г.В. и др. Уплотнение искусственных сооружений на слабых грунтах механическими методами. ЛДК ДогГТУ, Горловка, 2001.
8. Руководство по геотехническому контролю при производстве земляных работ. М.: Стройиздат, 1974.
9. Хархута Н.Я., Васильев Ю.М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна на автомобильных дорогах. М.: Транспорт, 1975.
10. Джитенов А.К., Куликов Г.В. О методе уплотнения лессовых грунтов Прикопетдагской равнины подводным взрывом. Труды ТПИ, вып. XVII. Ашхабад: Издательство Минвуза ТССР, 1971.

**Chernysh A.S.**

#### SOIL COMPACTION WITH SIMULTANEOUS WYRMBANE PITS

*Construction in the Central black earth region is the presence of subsiding strata of loam. To eliminate the influence of subsiding soils at foundations of buildings, mainly used in pile foundations or apply sales scheme drawdowns do not exceed allowable values. The calculation of the dimensions of the foundations is carried out on the characteristics of loam soil in saturated condition, which leads to an increase in the cost of foundations. However, the more noteworthy of the technological scheme, providing for dynamic soil compaction and the creation of pits for foundations, which significantly reduces the amount of earthworks (3-6 times), and allows to increase the load on the base. The article discusses the results of experimental work on dynamic compaction and the creation of pits in collapsible soil loam) and provides an analysis of changes in the design characteristics of soils. Some recommendations on dynamic compaction of pits.*

**Key words:** foundation, compaction, compaction, compaction, excavation, collapsible soils, loam, deformation, density, dry density of soil, subsidence, strength properties of soils.

Калачук Т.Г., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

gkadastr@mail.ru

В последние годы наблюдается неуклонное увеличение строительства в сложных инженерно-геологических условиях. Все чаще используются для строительства площадки, сложенные слабыми грунтами. Указанные грунты в природном состоянии имеют невысокую несущую способность. В этих условиях прибегают к устройству фундаментов из свай. Создание методов, позволяющих на стадии проектирования расчетным путем получать достоверные результаты, равноценные данным статических испытаний, является актуальной задачей.

В статье обосновывается необходимость проектирования фундаментов на строительных площадках, сложенных слабыми грунтами, с учетом возможности полного замачивания.

**Ключевые слова:** слабые грунты, свая, свайный фундамент, проектирование, строительство, несущая способность, прочностные и деформационные характеристики.

Проблема рационального проектирования фундаментов является одной из актуальных в области современного фундаментостроения.

Наиболее остро эта проблема стоит при проектировании и строительстве на слабых структурно-неустойчивых грунтах.

В настоящее время в строительстве находят широкое применение свайные фундаменты. Этому способствуют:

- а) значительное снижение объема земляных работ, сокращение сроков строительства и т. д.;
- б) высокая механовооруженность строительства позволяет забивать в грунт сваи значительной длины, достигая более плотных слоев грунта и передавать на них большие нагрузки;
- в) длинные сваи, воспринимая сравнительно большие нагрузки, дают относительно малые осадки;
- г) фундамент из забивных свай высокоиндустриален;
- д) в сложных инженерно-геологических условиях свайный вариант зачастую оказывается и единственно возможным видом фундаментов.

Наибольшее распространение получили цельные призматические ж/бетонные сваи. Размеры поперечных сечений выпускаемых свай от 0,2×0,2 м до 0,4×0,4 м, длиной до 2,0 м. Объем свай, изготавливаемых в грунте, не превышает 10...15 % от общего объема свайных фундаментов. Но доля набивных свай возрастает.

Верхнюю часть свай – голову, воспринимающую удары молота при забивке, и свайный наконечник, выполняемый в виде пирамиды, армируют дополнительными сетками и спиралями из арматурной проволоки.

При забивке ударные нагрузки передаются грунту, вызывая мгновенные пластические деформации. Осадка сваи от каждого динамического воздействия происходит за счет сдвигов, развивающихся в грунте. При погружении сваи

грунтовые частицы из-под острия выдавливаются в сторону и вверх. Если глубина забивки небольшая, то значительным является выпор грунта на поверхность. Наибольший подъем поверхности (на расстоянии до  $6d$ , где  $d$  – сторона сечения сваи) происходит при водонасыщенных глинистых грунтах.

Для повышения эффективности свай требуется совершенствование определения их несущей способности на стадии проектирования. Развивается метод расчета с использованием прочностных и деформационных характеристик грунта (угла внутреннего трения, удельного сцепления, модуля деформации). Особое внимание следует уделять при определении показателя консистенции –  $I_L$ .

По классификационному признаку все висячие сваи подразделяют на сваи, устраиваемые: с полным извлечением грунта в их объеме; с частичным вытеснением грунта и частичным извлечением его.

К первой группе относятся буровые сваи, которые изготавливают путем заполнения бетоном предварительно пробуренных скважин. Ко второй группе относятся сваи, погружаемые в лидирующие скважины. К третьей группе относятся сваи, погружаемые в грунт в готовом виде.

С увеличением заглубления под острием сваи проявляется так называемый внутренний выпор, который формируется вокруг сваи при дальнейшем ее погружении в пластическую зону. В некотором объеме, прилегающем к этой зоне, грунт переходит в упругое состояние. Зоны уплотнения вокруг сваи имеют форму цилиндра диаметром до  $7...8d$ . Грунт, расположенный в непосредственной близости (10...15 см) от сваи, перемещается вниз, образуя воронку глубиной до 10...20 см.

Горизонтальные смещения грунта по опытным данным достигает максимальных размеров в зоне до двух диаметров сваи, а небольшие

смещения имеют место даже на расстоянии, превышающем 10 диаметров.

При забивке свай в глинистые грунты наблюдается снижение прочности последних в связях и перераспределение воды, содержащейся в порах. При забивке возникает избыточный гидростатический напор, под действием которого уменьшается объем пузырьков воздуха, содержащегося в порах. За счет этого происходит уплотнение грунта.

Несущая способность боковой поверхности сваи определяется эффективным давлением, передаваемым на грунт. Постепенно поровое давление в грунте, окружающем сваю, снижается, а эффективное растет. Этот процесс продолжается от нескольких часов до 3–х дней. Значительно дольше может продолжаться возрастание прочностных характеристик грунта за счет сцепления коагуляционных связей.

Связанное, с засасыванием увеличение несущей способности свай, погруженных в супеси, практически заканчивается спустя 7...9 дней, в суглинках через 13...17 дней, а в глинах этот процесс продолжается до 30 и более дней.

После погружения свай в песчаный грунт вокруг них можно выделить кольцевые зоны уплотнения в радиусе 2...4-х диаметров, в зависимости от первоначальной плотности грунта.

Ниже острия сваи грунт уплотняется приблизительно до 4d. Размеры уплотненных зон определяются плотностью и чувствительностью грунтов, а также зависят от их влажности. Например, зона уплотнения под острием сваи, погруженных в водонасыщенные илистые грунты, составляет только 2d.

В маловлажных песчаных грунтах несущая способность свай во времени обычно снижается. Это объясняется тем, что под концом сваи при забивке образуется зона уплотнения, в пределах которой грунт испытывает большие напряжения. После прекращения погружения сваи начинается процесс релаксации напряжений, происходит разуплотнение этого грунта, что приводит к уменьшению несущей способности свай.

При погружении свай в водонасыщенные мелки и пылеватые пески, происходит разжижение песков. Несущая способность свай возрастает в течение 3–х суток после погружения, поэтому в общем случае несущая способность для всех песчаных грунтов следует определять, по крайней мере, после трехсуточного отдыха.

Из-за динамического воздействия разрушаются невосстанавливающиеся структурные связи между частицами, но вследствие уплотнения грунта может повышаться водноколлоидная составляющая сцепления.

Соппротивление острия сваи при забивке зависит от глубины его погружения. Соппротивление в однородном грунте увеличивается до определенной глубины, а затем остается практически постоянным. Срабатывает действие арочного эффекта.

В начале нагружения забивной сваи усилие на грунт передается верхней частью боковой поверхности. С увеличением нагрузки в работу вступает вся боковая поверхность. При дальнейшем загрузении боковая поверхность и острие работают совместно.

Сдвиг под нагрузкой наблюдается по грунту непосредственно около тела сваи. Соппротивление сдвигу на данной глубине зависит от давления обжатия, действующего на ствол, и от прочностных характеристик грунта. Под нижним концом сваи образуется уплотненная зона в форме параболоида. Непосредственно к острию примыкает уплотненное грунтовое ядро, образовавшееся еще при забивке сваи.

Непосредственно к острию примыкает уплотненное грунтовое ядро, образовавшееся еще при забивке сваи. Начиная с определенной нагрузки, в грунте под острием образуются площадки, по которым касательные усилия достигают значения сопротивления сдвигу, растущие зоны пластических деформаций взаимодействуют с окружающим грунтом, уплотняя его в основном в горизонтальном направлении. После достижения предельной нагрузки, которой соответствует образование внутреннего выпора под острием, свая приобретает значительную осадку.

Инженерный метод расчета рассматриваемых свай на вертикальную нагрузку может быть разработан с использованием следующих положений:

1. Соппротивление сваи при любой осадке складывается из сопротивления грунта по боковой поверхности и сопротивления грунта под нижним концом сваи.

2. Соппротивление сваи по боковой поверхности развивается полностью при сравнительно небольших, так называемых сдвиговых осадках.

3. Максимальное удельное сопротивление по боковой поверхности сваи в слое грунта, имеющем прочностные характеристики: – угол внутреннего трения и  $C$  – сцепление, определяются по формуле

$$f = (p + p') \cdot \tan + C, \quad (2)$$

где  $p$  – горизонтальное давление на ствол, возникающее вследствие погружения сваи;  $p'$  – дополнительное горизонтальное давление, проявляющееся при загрузении сваи статической нагрузкой.

4. Внедрение свай эквивалентно расширению полости в грунте от нулевого радиуса до радиуса свай. Однако после образования пластической области вокруг свай давление обжатия грунта падает.

5. Осадка одиночной свай складывается из осадки за счет обжатия основания напряжениями от сил трения, развивающихся по боковой поверхности свай, и осадки за счет уплотнения фунта ниже острия в основном в горизонтальном направлении.

6. Развитие осадок во времени предопределяется релаксационными явлениями, которые будут наблюдаться в грунте под острием свай.

7. Прочностные характеристики и модуль деформации грунта определяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Для изготовления свай применяют бетон класса не ниже В 15. В качестве висячих свай целесообразно использовать пирамидальные и клиновидные свай, которые могут иметь треугольное или квадратное сечение с размерами сторон головы  $b \times b$   $b = 0,3 \times 0,3 \dots 0,8 \times 0,8$  м и подошвы  $a \times a = 0,05 \times 0,5 (0,05 \times 0,6) \dots 0,2 \times 0,2 (0,2 \times 0,8)$  м. Длина свай  $L$  составляет 1-8 м.

При погружении пирамидальной свай в грунт вокруг нее образуется уплотненная зона под действием нормальных напряжений, передаваемых на грунт наклонными боковыми поверхностями, поэтому и пирамидальные свай могут воспринимать большие нагрузки по сравнению с призматическими при значительно меньших размерах и, следовательно, меньших затратах материалов на изготовление.

Наибольший интерес представляет вопрос проектирования и строительства на слабых грунтах. К слабым грунтам, наиболее часто встречающимся при строительстве инженерных сооружений, относятся: водонасыщенные песчаные и глинистые грунты; лессовые просадочные грунты; сильносжимаемые грунты (просадочные грунты при подъеме уровня подземных вод).

Расчет свайных фундаментов и их оснований производится по предельным состояниям двух групп.

Первая группа:

- по прочности конструкции свай и свайных ростверков;

- по несущей способности грунта основания свайных фундаментов и свай;

- по устойчивости основания свайных фундаментов, если на них передаются горизонтальные нагрузки, или если основания ограничены откосами, а также сложены крутопадающими слоями грунта.

Вторая группа:

- по осадкам оснований свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;

- по перемещениям свай (вертикальным, горизонтальным  $r$ ) и углом поворота головы свай (совместно с грунтом оснований от действия вертикальных, горизонтальных нагрузок и моментов (приложение к СНиП 2.02.03–85);

- по образованию или раскрытию трещин в элементах ж/бетонных свайных фундаментов (СНиП 2.02.03–85).

Свайные фундаменты следует проектировать с учетом возможности полного замачивания просадочных грунтов в основании фундаментов.

Исключение составляют те случаи, когда по прогнозу в соответствии с гидрогеологическими условиями и условиями эксплуатации зданий подъем уровня подземных вод или местное замачивание невозможно (или предусматриваются водозащитные мероприятия); полностью замоченными просадочными грунтами считаются при  $S_r \geq 0,8$ .

Просадочные грунты (мощностью просадочного слоя до 30 м), прочностные и деформационные характеристики которых снижаются при замачивании, рекомендуется прорезать полностью. Если же прорезка указанных грунтов в конкретных случаях экономически нецелесообразно, то в грунтовых условиях I типа просадочности для зданий и сооружений III класса допускается устройство свай (кроме свай-оболочек) с заглублением нижних концов не менее чем на 1 м в слой грунта с относительной просадочностью  $[s_l < 0,02$  при давлении не менее 300 кПа (3 кгс/см<sup>2</sup>)] и не менее давления, соответствующего давлению от собственного веса грунта и нагрузки на его поверхности при условии, что в этом случае обеспечивается несущая способность свай, а суммарные значения возможных просадочных и осадочных оснований не превышают предельных значений для здания и сооружения при неравномерном замачивании.

Расчет свай по несущей способности (вертикальные и горизонтальные нагрузки и моменты) следует выполнять в соответствии с указаниями раздела 4 (приложение №1) СНиП 2.02.03–85, с учетом следующих дополнительных условий:

- если возможны местное или аварийное замачивание грунтов, или подъем уровня подземных вод, расчетное сопротивление просадочных грунтов под нижним концом  $R$  и на боковой поверхности  $f$  свай, коэффициент пропорциональности  $K$  и модуль деформации  $E$  следует принимать по величине показателя консистенции грунта  $I_L$ .



$$I_l^* = \frac{l \cdot \gamma_w - W_p}{W_l - W_p}, \quad (3)$$

где  $l$  – коэффициент пористости просадочного грунта;  $\gamma_w$  – удельный вес воды ( $W = 1 \text{ тс/м}^3$ ;  $10 \text{ кН/м}^3$ );  $\gamma_s$  – удельный вес грунта,  $\text{тс/м}$  ( $\text{кН/м}$ );  $W_l$  и  $W_p$  – влажность просадочного грунта, соответственно на границе раскатывания и на границе текучести в долях единиц.

При  $I_l < 0,4$ , следует принимать  $I_L = 0,4$ .

Если возможно только местное замачивание части грунта просадочной толщи в пределах свай, то расчетные сопротивления просадочных грунтов  $R$  и  $f$  следует умножить на дополнительный коэффициент условий работы  $m_g = 1,4$ ; если невозможен подъем уровня подземных вод или не возможно расчетное замачивание просадочных грунтов, то  $R$  следует определять при  $I_L$  в природном залегании.

Но возможно медленное повышение влажности просадочного грунта основания до влажности на границе раскатывания  $W_p$ , вызвано нарушением природных условий испытания; если  $W > W_p$ , то характеристики грунтов должны назначаться при фактической влажности (природной) грунта ( $W$ ); если площадка сложена грунтами II типа просадочности, а величина ожидаемой просадки превышает предельно допустимую величину осадки для проектируемого здания, то должно учитываться появление на боковой поверхности негативное трение грунта.

Если возможно замачивание грунтов основания, то во всех расчетах значение угла внутреннего трения и удельное сцепление  $C$  для просадочных грунтов должны приниматься примитивно к их полному водонасыщению, т.е. при степени влажности грунта  $S_r > 0,8$ .

Силами негативного (отрицательного) трения называются силы, возникающие на боковой поверхности свай при осадке околосвайного куста и направлены вертикально вниз.

При расчете фундаментов из нескольких свай, подвергающихся действию сил отрицательного трения, в число расчетных нагрузок на условный фундамент включается величина расчетного значения сил отрицательного трения, действующие на куст свай.

Силы отрицательного трения, действующие на свай внутри куста, не могут превосходить массу его грунта (расположенного внутри куста), который при расчете свайных фундаментов включает в собственную массу условного фундамента. Поэтому их учитывают только по периметру куста.

Расчет свайных фундаментов по предельным состояниям второй группы (по деформаци-

ям) производят с учетом их возможных неравномерных осадок вследствие локального замачивания основания. В грунтовых условиях второго типа просадочности при расчете деформаций следует учитывать возможность дополнительной просадки грунтовой толщи вместе со сваями на замачиваемом участке от действия собственной массы грунта.

При этом расчет по деформациям – осадкам свайного фундамента из свай и его основания производится как для условного фундамента на естественном основании, исходя из условия:

$$S < S_{np}$$

где  $S$  – возможная не равномерная осадка или перемещение свайного фундамента;  $S_{np}$  – предельная величина неравномерной осадки зданий и сооружений на свайных фундаментах, устанавливаемая заданием на проектирование.

Анализируя перспективы развития дорожного строительства, выполняемые проектные и строительные работы, можно заключить, что до 90% капложений будут использоваться, в первую очередь, для Украины и черноземной полосы России на реконструкцию и капитальный ремонт автодорог. Естественно, в такой же пропорции будут реконструироваться искусственные сооружения на дорогах. В большинстве случаев, в связи с повышением интенсивности движения, потребуется увеличить габариты сооружения, а как следствие, будут увеличиваться нагрузки на основание ( $F$ ). Учитывая выше сказанное, определенное значение приобретают вопросы установления действительно несущей способности основания на момент реконструкции, а так же применение методов погружения свай (и самих конструкций свай), которые позволяли бы снижать динамический эффект на существующие здания. Особенно это важно для сооружений длительно эксплуатирующихся, и если в конструкциях имеет место существенные дефекты и повреждения. В большинстве случаев несущая способность свайного основания повышается при длительной эксплуатации сооружения.

Таким образом, можно заключить, что при проектировании и строительстве искусственных сооружений, необходимо максимально учитывать реальные инженерно-геологические условия и состояния конструкций.

Для объективной оценки работы свай 0,5 % их общего количества на площадке (но не менее 2-х штук) должно быть испытано статической нагрузкой. Но из-за огромной стоимости и трудоемкости статических испытаний они выполняются примерно в 10 раз реже, чем это требуется, что приводит к большому перерасходу ма-

териалов и снижению качеству строительства. Поэтому создания методов, позволяющих на стадии проектирования расчетным путем получить достоверные результаты, равноценные данным статических испытаний, является актуальнейшей задачей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольдштейн М.Н., Шугаев В.В. О характере деформаций лессовых грунтов под фундаментами в процессе замачивания. Вопросы строительства на лессовых грунтах. Доклады Межвузовской научной конференции. Воронеж, 1961.
2. Джетенов А.К., Куликов Г.В. Исследования просадочных лессовых грунтов в лабораторных и полевых условиях. Труды ТПИ, вып. IX, Ашхабад, 1971.
3. Крутов В.И. Расчет фундаментов на просадочных грунтах. М.: Стройиздат, 1972.
4. Раевский И.Е. Влияние размеров штампов на характер просадки лессовых грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1962. №5.
5. Саватеев С.С. Некоторые вопросы проектирования гидротехнических сооружений и расчета лессовых подпорных оснований: дис. ... к.т.н. М., 1969.
6. Черныш А.С., Карякин В.Ф., Ашихмин П.С. Исследование работы висячей сваи в массиве закрепленного грунта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №3. С. 22-27.
7. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1977.

---

**Kalachuk T.G.**

### TO THE QUESTION OF DESIGN AND CONSTRUCTION ON WEAK SOIL

*In recent years the steady increase in construction in difficult engineering-geological conditions is observed. Even more often used for construction of a platform, put by weak soil. The specified soil in a natural state has the low bearing ability. In these conditions resort to the device of the bases from piles. Creation of the methods allowing to receive at a design stage in the settlement way reliable results, equivalent to data of static tests is an actual task.*

*Need of design of the bases on the building sites put by weak soil taking into account possibility of full soaking locates in article.*

**Key words:** weak soil, the pile, the pile base, design, construction bearing ability, strength and deformation characteristics.

Чернышева Н.В., канд. техн. наук, доц.

Дребезгов Д.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

chernysheva56@rambler.ru

*В статье приведены сведения о применении гипса и строительных материалов на его основе при возведении зданий и сооружений на различных этапах развития цивилизации.*

**Ключевые слова:** гипс, «гипсовый цемент», гипсовые строительные материалы

Благодаря доступности, простоте обработки и переработки, низкой цене и эстетическим качествам натуральный гипс во всех своих формах применялся уже на заре цивилизации. Гипсовые строительные материалы традиционно использовали в Древнем Египте, Персии, Риме, Греции при возведении зданий и сооружений, многие из которых сохранились до наших дней [1, 2]. Геологи установили, что гипс начал появляться на поверхности Земли 200...300 миллионов лет назад. Исследования, проводимые археологами, показали, что впервые натуральный гипс начал использоваться около 9 000 г. до н.э. в Анатолии (сегодняшняя Турция).

При археологических раскопках в Израиле, южнее озера Тибериас, были обнаружены полы, покрытые гипсом за 7 тысяч лет до н.э.. Аналогичные находки были сделаны в городе Ерихо, там гипс применяли за 16 тысяч лет до н.э. За 3 тысячи лет до н.э. гипс использовали как строительный материал в Евфрате вблизи города Урук.

Египтяне в 5000...2600 г.г. до н. э. начали первыми применять обожженный гипс, который использовался для приготовления различных видов растворов для каменной кладки, а также для штукатурки и устройства полов и др. Его применяли в облицовочных плитах для связки камней (толщиной около 0,5 мм), заделки швов, а также в качестве своеобразной подушки между камнями, которая предохраняла их кромки от разрушения (рис. 1). Гипс для египетских растворов обжигался слабо и неравномерно (в гончарных печах или на кострах), часто содержал кальцит и песок.

В результате химического анализа многочисленных проб образцов древних растворов, штукатурок и современного египетского гипса было установлено в их составе, наряду с гипсом, содержание переменного количества карбоната кальция и кварцевого песка, что привело к представлению о намеренном добавлении в раствор и штукатурку извести, которая при их твердении постепенно переходит в карбонат.



Рис. 1. Шов между блоками кладки пирамиды Хефрена, сына Хеопса, на Плато Гиза, заполненный оригинальным древним раствором из гипса

Таким образом, в зависимости от количества карбоната кальция и гипса в затвердевшем образце, древнеегипетские растворы и штукатурки изготавливались либо на одной извести,

либо на смеси ее с песком и гипсом. Многие из исследованных гипсовых растворов и штукатурок из пирамид и прилегающих к ним гробниц в Гизе и Саккаре характеризуются повышенными

эксплуатационными характеристиками. Широко поставленное в Древнем Египте производство и применение строительного гипса в растворах и штукатурках каменных сооружений было рационально в техническом отношении и вполне соответствовало экономическим и климатическим условиям страны.

В Индии такой «гипсовый цемент» обнаружен в постройках, относящихся приблизительно к 2000 г. до н. э. Знания о производстве строительного гипса из Египта распространились в Месопотамию, Вавилон, Ассирию, где натуральный гипсовый камень применялся в качестве материала для облицовки полов и стен, а также статуй и стукко.

В Греции (остров Крит, дворец Кносса 2000...1400 г.г. до н.э.) многие наружные стены были возведены из гипсового камня, а швы в кладке заполнены гипсовым раствором. Из гипса приготавливалась декоративная штукатурка, в которую вдавливались пластинки или полоски различных цветных минералов, создающие геометрический орнамент (ромбы, спирали и т.п.). Цветные орнаменты штукатурки и лепных украшений использовались в течение нескольких тысяч лет и актуальны до настоящего времени.

Далее сведения о гипсе через Грецию пришли в Рим и распространилась в центральной и северной Европе (начиная с 6 века н.э.). После вытеснения римлян из центральной Европы знания о производстве и применении гипса были утрачены во всех регионах севернее Альп.

С XI столетия (романский период) использование гипса вновь стало возрастать. Под влиянием монастырей распространилась технология, по которой пустоты внутри фахверковых зданий заполняли смесью гипса с сеном или конским волосом. Применялись чистые гипсовые растворы, а также смешанные с известью, песком и кирпичной пылью – более половины зданий этого периода в Париже, Кракове (костел Пресвятой Девы Марии) построены на гипсовых растворах,

В раннее средневековье в Германии, особенно в Тюрингии, было известно применение гипса для напольных стяжек, кладочных растворов, декоративных изделий и памятников, отличающихся долговечностью. В Саксен-Анхальте сохранились остатки гипсовых полов XI века. Их прочность сравнима с прочностью нормального бетона. Особенность средневековых гипсовых растворов заключается в том, что вяжущие и наполнители состояли из идентичных материалов. В качестве наполнителей использовали гипсовый камень, измельченный до круглых зерен, не заостренных и не пластинчатых. Приме-

нялся гипс с высокой тониной помола и экстремально низкой водопотребностью. Соотношение воды к вяжущему составляло менее 0,4. Раствор содержал мало воздушных пор, его плотность была примерно равна 2000 кг/м<sup>3</sup>. После твердения раствора образовывалась связанная структура, состоящая только из дигидрата сульфата кальция. Более поздние гипсовые растворы производились с гораздо большей водопотребностью, поэтому их плотность и прочность значительно меньше. Технология изготовления средневековых гипсовых растворов была открыта только в последние годы, сейчас она применяется при реконструкции и реставрации старинных зданий.

В XII...XIV столетиях в Германии, Польше, Италии, Англии с применением гипса выполнялись бесшовные полы и декоративные панели, основы под фрески, стенные штукатурки, гипсовые декорации.

В XV–XVII столетиях в Италии и Испании растворы на основе гипса применяли для станковой живописи и резной лепнины, для массового производства декоративных элементов, для внутренних отделочных работ.

Свидетельство применения гипса с давних времен также было найдено в Азии. В Малой Азии (в городе Катал), гипс использовали как основу для декоративных фресок [3, 4]. В Центральной Азии жженный гипс с натуральной примесью глины и соединений железа – «ранч» – применялся для внутренних и наружных штукатурок, резных декораций (он и в настоящее время применяется многими фирмами). В Средней Азии (в Узбекистане), начиная с VII в. гипсовые вяжущие вещества использовали в качестве штукатурных и отделочных материалов при кладке стен, порталов, сводов, куполов и даже фундаментов величественных архитектурных ансамблей Бухары, Хивы, и Самарканда.

В наши дни известные мировые запасы гипсового камня оцениваются в 3 млрд. т. Более 105...110 млн.т природного гипсового сырья составляет ежегодная добыча [3]. Распределение запасов гипсового сырья по отдельным странам приведено в табл. 1.

Крупнейшими потребителями и производителями природного гипса являются страны Северной Америки, Юго-Восточной Азии и Западной Европы. Три четверти этой добычи относятся к 9 странам: США, Тайланд, Канада, Иран, Китай, Испания, Мексика, Япония и Франция, при этом около 18 % приходится на долю США.

Гипсовая промышленность также развита в Англии, Австралии, Франции, Германии, Польше (рис. 2).

Таблица 1

**Добыча гипса в зарубежных странах с уровнем добычи свыше 100 тыс. т /год**

Страны	Добыча по годам, тыс. т		
	1990	2000	2010
Европа	13970	7194	22600
Австрия	662	722	349
Болгария	–	401	156
Великобритания	3630	3540	2000
Венгрия	–	117	190
Германия	1434	2619	1240
Греция	35	500	692
Ирландия	149	326	400
Испания	2140	7469	7477
Италия	1197	1297	2000
Латвия	–	–	117
Молдова	–	–	158
Польша	399	1097	1028
Португалия	54	351	450
Румыния	–	1597	215
Франция	3700	5602	5000
Чехия	211	774	650
Швейцария	94	227	300
Прочие страны	265	555	178
Азия	3431	29110	36603
Индия	397	1424	2090
Индонезия	–	–	400
Иордания	–	85	190
Ирак	399	354	430
Иран	499	6677	8300
Кипр	–	33	234
Китай	609	8074	7800
Пакистан	99	404	550
Саудовская Аравия	–	375	363
Сирия	14	179	330
Таиланд	–	4549	8858
Турция	–	231	700
Япония	755	6260	5371
Прочие страны	119	498	987
Африка	898	2696	4062
Египет	550	1337	1839
Ливия	–	181	160
Марокко	25	454	450
Тунис	15	100	700
Южная Африка	196	372	250
Прочие страны	112	252	663
Америка	15334	29407	36558
Аргентина	110	513	600
Бразилия	200	789	1264
Венесуэлла	–	222	135
Канада	4730	8814	8503
Колумбия	70	307	450
Куба	45	258	125
Мексика	–	2649	5869
США	8911	14869	18600
Уругвай	–	145	145
Чили	36	316	398
Ямайка	225	94	164
Прочие страны	1007	431	305
Австралия	584	1600	2100
Мировая добыча	34217	90007	101923

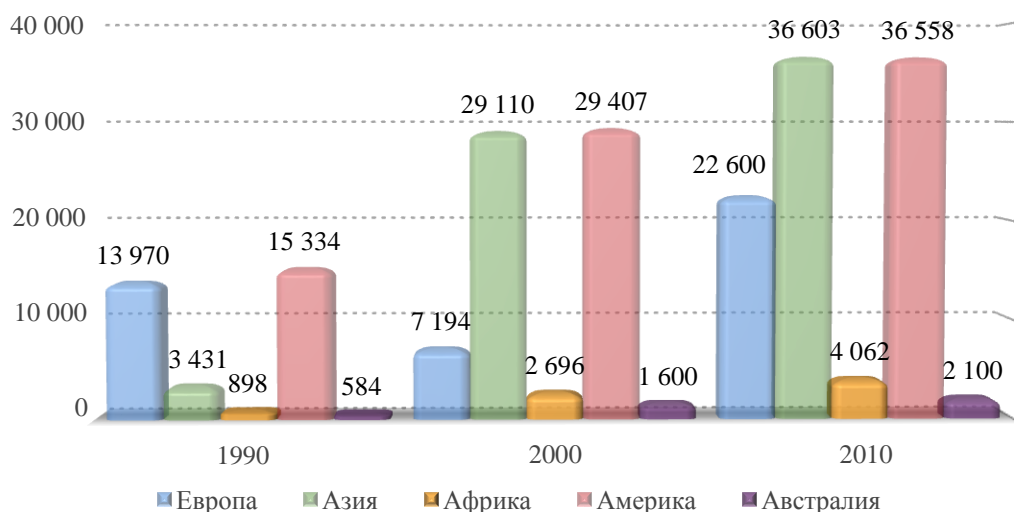


Рис. 2. Добыча гипса в зарубежных странах, тыс. т в год

В мировой практике строительства темпы выпуска разнообразных видов строительных материалов высокого качества на основе гипсовых вяжущих растут. Значительная часть добываемого гипса используется для производства гипсовых вяжущих и только небольшая часть на другие виды продукции [4].

Для внутренних стен из литых гипсовых смесей с добавлением целлюлозного волокна в Англии производят плиты Ballrock, а также плиты повышенной влагуостойчивости с добавлением битумной эмульсии для наружных стен.

Для наружных стен малоэтажных домов в Нидерландах выпускают пустотелые гидрофобизированные гипсовые камни, пустоты которых заполняются во время кладки бетонной смесью. За счет этого стена сразу после заливки в пустоты камней бетонной смеси способна нести ненагруженное перекрытие

В Австралии, Ираке, Египте, Судане и других странах при строительстве дачных домов используют гипсбетонные панели высотой на этаж, имеющие шероховатую поверхность с наружной стороны, на которую для повышения водостойчивости наносится облицовочный слой. Для повышения водостойкости в гипсбетон добавляют от 12 до 40 % извести, а поверхность обрабатывают ортофосфорной кислотой, также применяют двузамещенный фосфорнокислый алюминий или алюминиевые соли полимеризованных жирных кислот.

В Германии разработан способ производства методом прессования гипсовых камней повышенной плотности – 1600...1800 кг/м<sup>3</sup> и огнестойкости, предназначенных для возведения и отделки внутренних и наружных стен. Для повышения прочности изделий на изгиб (до 90 %)

применяется добавка стекловолокна (1 % от массы вяжущего) длиной 12 мм [16].

Во Франции для повышения теплоизоляционных свойств (в 4 раза) стен зданий разработан способ их изготовления из затвердевшего гипсового теста на растительной основе (сухой травы или пучков соломы).

В зарубежной практике повышению водостойкости гипсовых вяжущих уделялось мало внимания. В связи с этим стеновые материалы на их основе применяются в основном для внутренних конструкций зданий.

Запасы гипса в странах СНГ составляют около 14 % мировых запасов. Наиболее крупными из них обладают Республика Украина (около 450 млн.т) и Республика Казахстан (около 250 млн.т.).

В Украине разработаны трехслойные гипсбетонные стеновые камни прочностью на сжатие до 6 МПа, средней плотностью изделий на топливном шлаке – 1330... 1460 кг/м<sup>3</sup>, на отходах известняка – 1360...1480 кг/м<sup>3</sup>, которые применяют в малоэтажном строительстве.

В Белоруссии получен широкий ассортимент стеновых высокопрочных материалов на основе гипсоцементного вяжущего (марок Г-4...Г-7), со специальными микроармирующими и пластифицирующими добавками.

Координацию и проведение совместных научно-исследовательских работ в области гипса в Европе с 1961 г. осуществляет общество "Еврогипс".

Для России широкое использование гипсовых материалов в строительстве особенно актуально, так как половина запасов мировых разведанных месторождений гипса (более 300 млн.т) находится на ее территории (табл. 2) [3].

Имеются неограниченные запасы гипсосодержащих отходов (фосфогипса, цитрогипса и др.), кремнеземсодержащих техногенных отходов (золошлаковых смесей, керамзитовой пыли, отходов горнорудного производства КМА – отсева дробления кварцитопесчанника и отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов), а также бетонный лом, которые могут

быть успешно использованы для повышения рентабельности гипсовых композиционных материалов. Создание в 50-х годах прошлого столетия гипсоцементно-пуццолановых вяжущих повышенной водостойкости, позволило значительно расширить область их применения в современном строительстве [3].

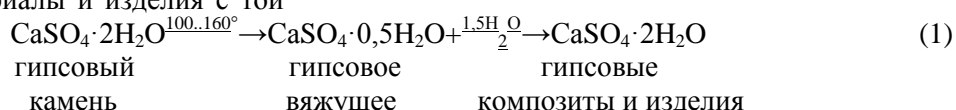
Таблица 2

## Распределение месторождений и запасов гипсового сырья по федеральным округам

Федеральный округ	Количество месторождений, шт.		Запасы	
	всего	эксплуатируемые	млн. т	доля от запасов России, %
Центральный	6	1	1850,7	56,5
Северо-Западный	3	-	47,1	1,4
Южный	20	6	308,6	9,4
Приволжский	38	12	851,8	26,0
Уральский	4	1	35,3	1,1
Сибирский	11	3	163,4	5,0
Дальневосточный	4	1	19,0	0,6
Россия	86	24	3275,9	100

Из-за уникального химического превращения гипсового сырья ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) получают гипсовые вяжущие, материалы и изделия с той

же химической формулой, которая заложена в самом гипсовом камне:



Гипс – безопасный, экологически чистый строительный материал. Он не токсичен, регулирует влажность и микроклимат окружающего воздуха, имеет низкую удельную эффективную активность естественных радионуклидов и ряд других, положительных и защитных свойств, обеспечивающих этим комфортные условия в помещении для здоровья человека. На его основе получают композиционные материалы, не внося помех в естественный круговорот веществ.

В связи с этим требуется разработка эффективных быстротвердеющих строительных материалов, получаемых с применением новых видов доступных сырьевых материалов, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками. Применение водостойких и морозостойких гипсовых композиционных материалов, позволит заменить энергоёмкие цементные бетоны, сократить сроки строительства, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду по сравнению с традиционно применяемым портландцементом

В России востребован строительный гипс различных марок, на долю которого приходится более 94 % общего объема производства гипсового вяжущего. Объемы импорта и экспорта невелики и не оказывают существенного влияния на объем внутреннего потребления этого материала. В 2009 году было выпущено порядка 3,5 млн. тонн гипсового вяжущего, спад относи-

тельно предыдущего года оказался на уровне 20 %. По мере увеличения потребности в материалах, в 2011...2012 годах рост объемов выпуска гипсового вяжущего достиг 12...16 % в год. Более половины общероссийского объема выпуска гипса обеспечивают заводы группы Кнауф (около 60 %). Крупнейшими являются заводы корпорации Волма, Самарский гипсовый комбинат, Пешеланский завод «Декор1», компания «Гипсополимер» и др. (рис. 3).

Основной объем гипсового вяжущего в строительстве используется не в первоначальном виде, а подвергается дальнейшей переработке. В 2010 году примерно около 84 % гипсового вяжущего заводы – производители использовали для собственного производства сухих строительных смесей, блоков и перегородочных материалов, порядка 14 % поставлялось на заводы стройматериалов, не имеющих собственного производства гипсового вяжущего, около 2 % было реализовано через торговые компании или напрямую строителям в виде фасованного алебаstra для ремонтно-отделочных работ и декоративных изделий, а также формовочного и медицинского гипса.

Среди субъектов Федерации наибольшее потребление гипса приходится на регионы, где сосредоточены крупные производственные мощности по выпуску строительных гипсовых материалов, в частности, гипсокартонных и гип-



соволокнистых листов, пазогребневых плит и сухих строительных смесей (рис. 4).

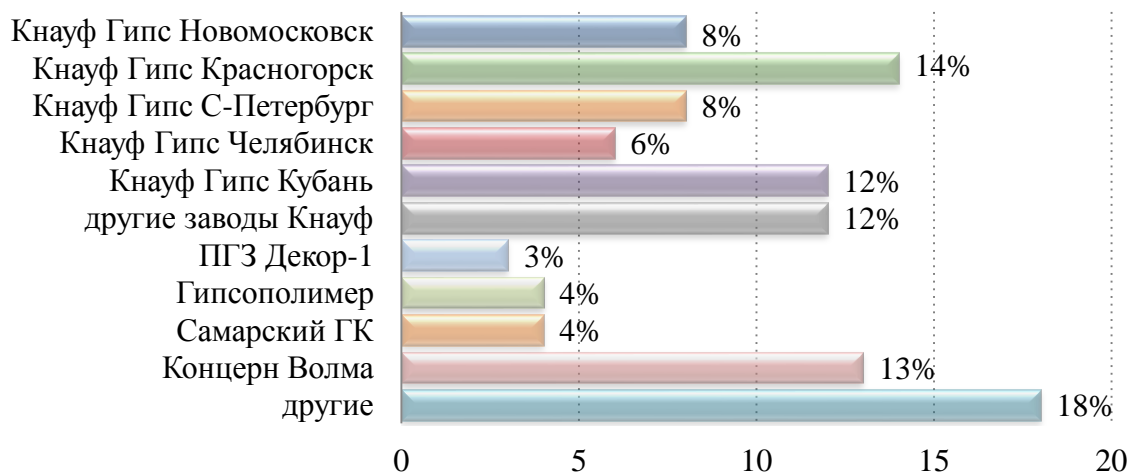


Рис. 3. Доля наиболее крупных предприятий в выпуске гипсового вяжущего, в натуральном выражении, 2010 г., %

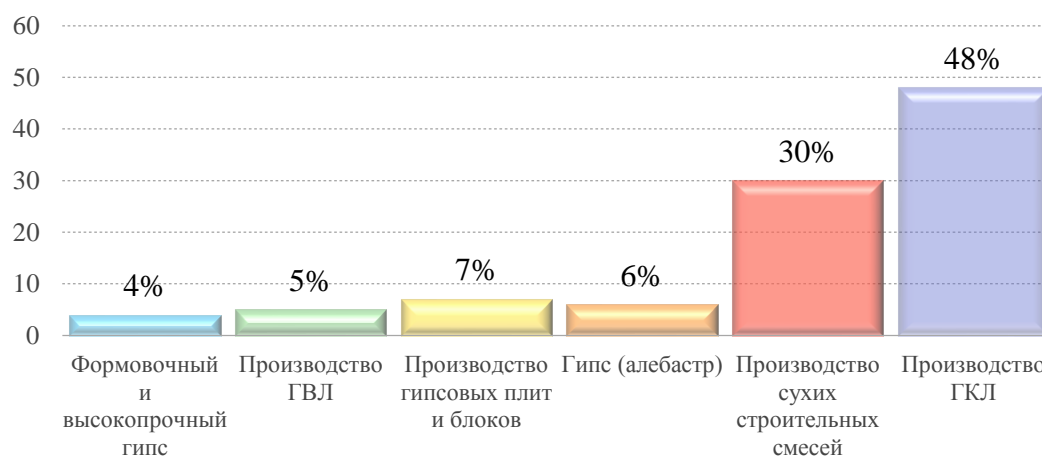


Рис. 4. Структура потребления гипса по областям применения, %

Однако, несмотря на многовековой опыт использования и высокие потребительские свойства наиболее доступного в России гипсового вяжущего, материалы и изделия на его основе имеют ограниченное применение в строительстве из-за низкой водостойкости, высокой водопотребности, низкой прочности, малой морозостойкости и др. Как правило, коэффициент размягчения для таких составов не превышает 0,4, а прочность при сжатии 4...6 МПа. Низкая водостойкость материалов на основе гипсовых вяжущих определяется, прежде всего, достаточно хорошей растворимостью двуводного гипса в воде, а также значительной пористостью затвердевших растворов и бетонов на основе гипсовых вяжущих. Исходя из этого, основными направлениями повышения водостойкости данных составов является снижение растворимости двуводного гипса и пористости материала с одновременным закрытием пор для предотвращения доступа воды внутрь материала. Поэтому при проектировании состава гипсового вяжущего используют компоненты, обеспечивающие

максимально возможную водостойкость без снижения других строительно-технологических характеристик. Это достигается, в первую очередь, применением в качестве вяжущего ангидрита,  $\alpha$ -полугидрата или совместного использования смеси ангидрита и  $\alpha$ -полугидрата. Такой выбор связан с более плотной структурой и более низкой водопотребностью данных гипсовых вяжущих по сравнению с гипсом –  $\beta$ -полугидратом. Правильно подобранный гранулометрический состав заполнителей и наполнителей также способствует снижению пористости затвердевшего раствора. Более плотная структура материала достигается и при использовании суперпластификаторов и пеногасителей, а использование гидрофобизирующих добавок и редиспергируемых порошков сополимеров винилацетата и акрилата препятствует распространению воды через поры.

Для снижения растворимости гипса используют добавки, при взаимодействии с которыми гипс образует соединения с более низкой растворимостью, чем у двуводного гипса. В каче-

стве таких добавок производители чаще всего используют вещества, имеющие общий ион с сульфатом кальция, либо гидравлические вяжущие совместно с активными минеральными добавками. При правильном проектировании состава удается существенно повысить водостойкость материалов на основе гипсовых вяжущих и довести коэффициент размягчения до 0,6.

Одним из путей повышения прочности и водостойкости композитов является использование специально обработанных и оптимизированных по составу модификаторов гипсовых вяжущих серии МГ, разработанных в лаборатории «Новых строительных материалов и технологий» в МГСУ [5]. Составы на основе модифицированных гипсовых вяжущих (МГ) сохраняют хорошие санитарно-гигиенические свойства гипсовых материалов и высокую скорость набора прочности, но при этом они обладают достаточной водостойкостью и хорошими прочностными характеристиками, ранее присущими только материалам на основе портландцемента, что позволяет использовать их не только в тепло- и звукоизоляционных конструкциях полов, стен и внутренних перегородок, но и открывают перспективы их применения в несущих конструкциях.

Учитывая ситуацию, складывающуюся в цементной промышленности, рост цен на портландцемент и возможный дефицит его поставок, применение КГВ может стать своевременным решением в выборе материала для широкого круга строительных конструкций. Широкое использование водостойких композиционных гип-

совых вяжущих (КГВ) при возведении ограждающих малоэтажных зданий уже сейчас может создать реальный вклад в реализацию национальной программы «Доступное и комфортное жилье». Прежде всего, это значительное снижение стоимости квадратного метра жилья за счет эффективной механизации работ и применения местных строительных материалов, к которым относятся гипсовые вяжущие и минеральные добавки в составе КГВ.

Натурные наблюдения и лабораторные исследования полностью подтвердили достаточную долговечность конструкций из различных КГВ композитов при длительной эксплуатации. Эффективно применение стеновых изделий на основе КГВ с заполнителями, в том числе из промышленных отходов, при строительстве и реконструкции малоэтажных и высотных зданий, полученных различными способами: литьем, вибропрессованием, экструзией и др. [3].

Большое применение в строительстве нашли сухие строительные смеси различного назначения на основе гипсового и композиционного гипсового вяжущих [6]. Для индивидуального строительства жилых домов и различных сельскохозяйственных построек применяют легкие КГВ бетоны (керамзитобетон и др.) Если принять за 100 % энергозатраты на производство 26 шт. керамического кирпича, который воспринимается сегодня как наиболее «престижный» стеновой материал, то сопоставимые затраты электроэнергии на производство стеновых камней такого же объема из керамзитобетона составят 0,69 (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительные энергетические характеристики стеновых изделий

Вид стенового материала	Энергозатраты, кВт ч/%
Керамический кирпич	2504/100
Силикатный кирпич	405/19,8
Вибропрессованные бетонные стеновые камни	105/4,2
Блоки стеновые из автоклавного ячеистого бетона	381/15,2
Камни стеновые из бетона на КГВ	17,5/0,69

Широко применяют в качестве стеновых материалов для ограждающих конструкций блоки строительные замковые (ТУ 21-53-02066523-98), которые формуют из подвижных бетонных смесей в металлопластиковых кассетных формах размером 400x800x150 мм. Время формования одной формы (на 10 блоков) – 45...60 мин. В качестве стеновых материалов эффективно использование прессованного кирпича из КГВ бетона, более легкого по сравнению с силикатным кирпичом и не требующего после формования тепловой обработки, при этом происходит

снижение трудозатрат и экономия энергоресурсов.

КГВ используется как основной материал при монолитном возведении жилых и общественных зданий с применением несъемной опалубки с эффективным утеплителем. Для изготовления малых архитектурных форм и отделки фасадов используются материалы, обладающие высокими физико-механическими свойствами на основе гипса и акриловых полимеров. На основе КГВ производят конструкционные изделия (воздушные коридоры, лифтовые шахты, санитарно-технические кабины, вентиляци-

онные блоки, мусоропроводы и др.) для индустриального строительства [7].

Для выполнения внутренних работ в настоящее время применяются сухие строительные смеси различного назначения: штукатурки и шпатлевки, гипсовые клеи для монтажа гипсобетонных блоков, самовыравнивающиеся (наливные) полы и др. [8...11]. Растворы на основе сухих гипсовых смесей обладают рядом преимуществ: высокой текучестью, за счет чего равномерно распределяются по поверхности материала, быстро твердеют и набирают требуемую прочность, что позволяет производить дальнейшие отделочные работы без существенных перерывов (по сравнению с цементными штукатурными растворами). Их особенность заключается в пониженном расходе материала, что позволяет снижать трудозатраты и получить оштукатуренную площадь больше, чем в 2 раза.

С целью занять достойное место композиционных гипсовых материалов и изделий на их основе в реализации национального проекта «Доступное жилье» и программы «Жилище» в нашей стране в 2005 году была создана «Российская гипсовая ассоциация».

Опыт производства изделий из гипсовых композиционных материалов для малоэтажного

строительства имеется и в Белгородской области [12...15]. На основе гипсового и гипсоцементно-пуццоланового вяжущего разработана вакуумная технология производства ячеистого гипсобетона и ГЦП бетона, что позволило рекомендовать их в качестве стеновых материалов в виде стеновых блоков для строительства одноэтажных двухквартирных жилых домов.

Стремительно входящее в моду в нашей стране «зеленое» строительство диктует совершенно новые требования к качеству жизни населения и организации окружающей среды. Положительные свойства гипса (экологическая чистота, быстрый набор прочности, хорошие тепло- и звукоизолирующие свойства, отсутствие усадочных деформаций, хорошая термоизоляционная и звукопоглощающая способность, огнестойкость, положительное влияние на здоровье людей путем создания в помещениях благоприятного микроклимата и др.) позволяют сохранять и повышать эксплуатационные качества зданий из композиционных гипсовых материалов и комфорт их внутренней среды, что является основной целью «зеленого» строительства, а получаемые на его основе строительные материалы относятся к «зеленым» материалам (рис. 5).



Рис. 5. Оценка производства и применения КГВ, материалов и изделий на их основе на окружающую среду и человека на всем жизненном цикле

Таким образом, экологические и технико-экономические аспекты производства гипсовых композиционных материалов указывают на возможности их широкого применения в традиционных, а также новых перспективных областях современного строительства. Решающим фактором является качество и стоимость материала, скорость возведения объектов, расширение архитектурно-строительных решений. Поэтому совершенствование технологии производства гипсовых композиционных материалов, улучшение

их функциональных и эксплуатационных свойств является важнейшим направлением научных исследований.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колмыков А.Н. Строительство в Древнем Египте. Комплексное строительно-техническое и трасологическое исследование // Архитектура и строительство России. 2010. С. 18-26.

2. Рахимов Р.З. Рахимова Н.Р. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего, будущего // Строительные материалы. 2013. № 5. С. 57-59.
3. Ферронская А.В. Справочник. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) М.: Изд-во АВС, 2004. 485 с.
4. Гончаров Ю.А., Бурьянов А.Ф. Ключевые факторы успешного развития отрасли гипсовых материалов // Строительные материалы. 2013. № 2. С.70–72.
5. Пустовгар А.П., Бурьянов А.Ф., Василик П.Г. Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 62–65.
6. Чернышева Н.В., Лесовик В.С. Быстро-твердеющие композиты на основе водостойких гипсовых вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 124 с.
7. Шамис, Е.Е. Строительство XXI – инновационные идеи совершенствования промышленных методов // Технический университет Молдовы, 2010. 262 с.
8. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. М. 2003. 96 с.
9. Клименко В.Г., Погорелова А.С., Хлыповка П.П. Двухфазовые гипсовые вяжущие для сухих смесей на основе техногенного гипса // Известия вузов. Строительство. 2005. № 3. С. 51–55.
10. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Эффективные сухие гипсовые смеси с добавками полимерных волокон // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. №3. С. 33–37.
11. Чернышева Н.В., Муртазаев С.-А.Ю., Аласханов А.Х. Сухие строительные смеси на основе КГВ // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов (XIX научные чтения): материалы Международной научно-практической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ. 2010. Ч. 3. С. 288–292.
12. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Клименко В.Г. Процессы структурообразования гипсосодержащих композитов с учетом генезиса сырья // Известия ВУЗов. Строительство. 2012. №4. С. 3–11.
13. Чернышева Н.В., Агеева М.С., Эльян Исса Жамал Исса, Дребезгова М.Ю. Влияние минеральных добавок различного генезиса на микроструктуру гипсоцементного камня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №4. С. 12–18.
14. Лесовик В.С., Погорелов С.А., Строкова В.В. Гипсовые вяжущие материалы и изделия. Белгород, 2000. 224 с.
15. Войтович Е.В., Айзенштадт А.М. Проектирование составов композиционного гипсового вяжущего с применением наноструктурированного кремнеземного компонента: термодинамический аспект // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №5. С. 26–30.

---

**Chernysheva N.V. Drebezgov D.A**

**PROPERTIES AND APPLICATIONS OF REACTIVE COMPOSITES  
ON THE BASIS OF GYPSUM BINDERS**

*The article presents information on the use of gypsum and construction materials based in the construction of buildings and structures at various stages of the development of civilization.*

**Key words:** *gypsum, gypsum cement, gypsum building materials.*

Аверкова О.А., канд. техн. наук, доц.,  
Плотников К.В., аспирант,  
Толмачева Е.И., аспирант,  
Емельянов Д.А., аспирант  
Логачев А.К., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ПРИ РАЗГРУЗКЕ ВАГОНОВ В ПРИЕМНУЮ ВОРОНКУ КОРПУСА КРУПНОГО ДРОБЛЕНИЯ\*

pkv0491@yandex.ru

По разработанной имитационной модели исследуется динамика воздушных потоков при разгрузке руды в приемные воронки корпусов крупного дробления. На основе проведенных вычислительных и натурных экспериментов производится выбор расположения местного вентиляционного отсоса и механических экранов, способствующих повышению эффективности местной вытяжной вентиляции и снижению энергоемкости системы аспирации.

**Ключевые слова:** аспирация, перегрузка сыпучих материалов, эжекция воздуха, разгрузка вагонов, корпус крупного дробления, метод граничных интегральных уравнений.

**Введение.** При разгрузке сыпучих материалов вагонами в приемные воронки корпусов крупного дробления происходят интенсивные пылевыведения (рис. 1). Водное орошение форсунками для снижения выбросов пыли не дает значительных результатов. Наиболее надежным, но энергоемким способом локализации пылевыведений является применение систем местной вытяжной вентиляции [1, 2]. Для снижения энергозатрат на эксплуатацию закрытых местных вентиляционных отсосов [3...6] используют свойства рециркуляционных и закрученных воздушных потоков [6, 7]. Свойства отрывных течений и механическое экранирование используют для снижения объема воздуха, поступающего через неплотности [6, 8, 9] либо, напротив, для уменьшения аэродинамического сопротивления местных вентиляционных отсосов открытого типа [10...14].

Целью данной работы является моделирование воздушных потоков при разгрузке сыпучих материалов в приемные воронки, для выбора наиболее рациональной схемы расположения местного вентиляционного отсоса и экранов, способствующих снижению объемов аспирации.

### Постановка задачи и основные расчетные соотношения

Геометрические размеры модели приемной воронки изображены на рис. 2. Они соответствуют размерам разработанной экспериментальной установки. Куски руды при падении увлекают за собой воздух, и образуется поток запыленного эжектируемого воздуха. Этот поток будем моделировать цилиндрами, из которых истекает воздух со скоростью равной скорости падения куса железной руды. Будем считать, что куски руды двигаются равноускоренно

и поэтому скорости с которой они толкают воздух, увеличиваются по мере приближения ко дну и составляют 2,2 м/с.



Рис. 1. Разгрузка вагонов с железной рудой на Стойленском ГОКе



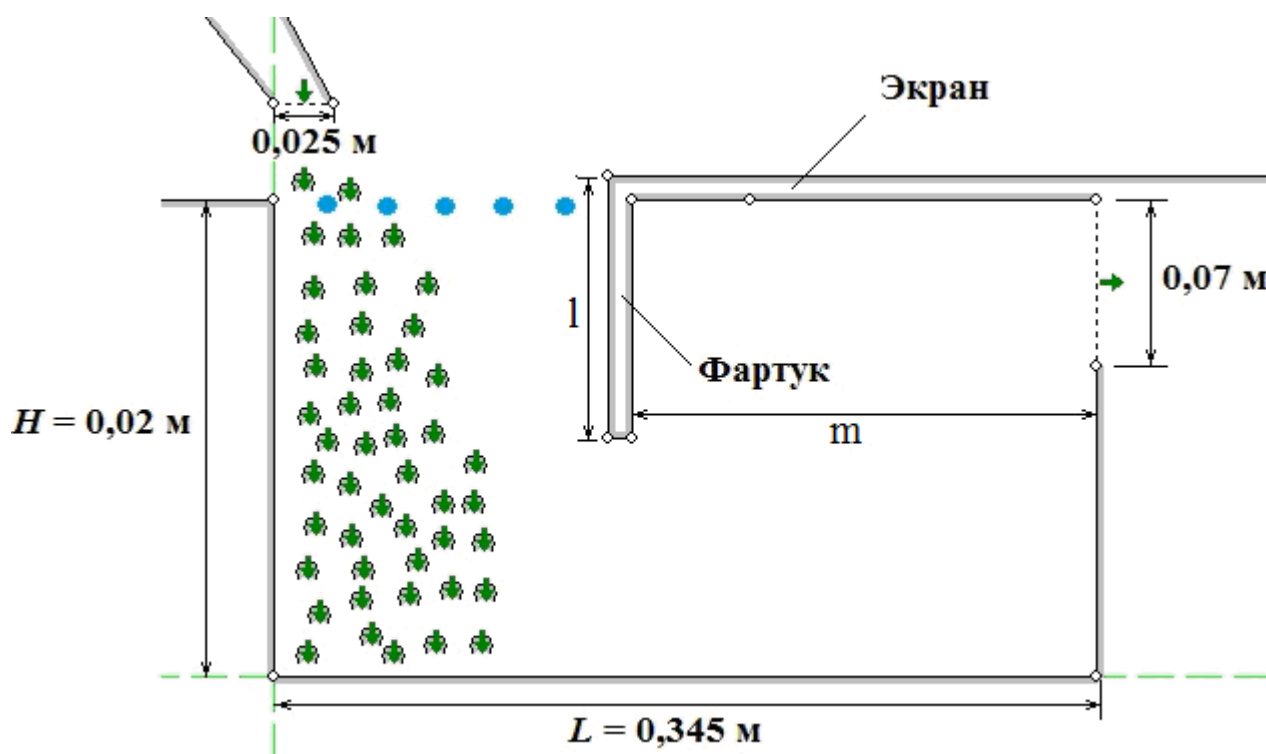


Рис. 2. Геометрия расчетной области:

● – точки замера вертикальной составляющей скорости, ● – цилиндры, из которых истекает воздух

Для моделирования будем использовать эффективный бессеточный метод граничных интегральных уравнений [11, 15, 16].

На границе  $S$  области течения непрерывно размещались фиктивные источники (стоки) неизвестной заранее интенсивности  $q(\xi)$ . Их величины должны быть таковы, чтобы их суммарное воздействие на точки границы индуцировало в них заданные значения нормальной составляющей скорости, то есть выполнялись граничные условия.

Значение скорости в произвольной точке  $x$  области вдоль единичного вектора  $\vec{n}$  определится из следующей формулы:

$$v_n(x) = \int_S F_2(x, \xi) q(\xi) dS(\xi), \quad (1)$$

где  $S(\xi)$  обозначает, что  $\xi$  является переменной интегрирования; функция

$$F_2(x, \xi) = \frac{1}{2\pi} \frac{(x_1 - \xi_1)n_1 + (x_2 - \xi_2)n_2}{(x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2} \quad \text{выражает}$$

собой влияние на точку  $x(x_1, x_2)$  единичного источника, расположенного в точке  $\xi(\xi_1, \xi_2)$  вдоль единичного вектора  $\vec{n} = \{n_1, n_2\}$ .

Формула (1) являлась бы решением задачи, если бы интенсивности  $q(\xi)$  были бы известны. Для их определения устремим внутреннюю точку  $x$  к граничной точке  $x_0$  вдоль направления

внешней нормали. Получим следующее выражение:

$$v_n(x_0) = \int_S^* F_2(x_0, \xi) q(\xi) dS(\xi), \quad (2)$$

где интеграл имеет особенность, что обозначено \*. Действительно  $\lim_{x_0 \rightarrow \xi} F_2(x_0, \xi) = \infty$ . Такое интегральное уравнение называется сингулярным.

Однако интеграл в выражении (2) является сходящимся. Если окружить точку  $\xi$  полуокружностью бесконечно малого радиуса и вычислить интеграл по ней, то он будет равен  $-\frac{1}{2} q(x_0)$ .

Таким образом, получим:

$$v_n(x_0) = -\frac{1}{2} q(x_0) + \int_S F_2(x_0, \xi) q(\xi) dS(\xi), \quad (3)$$

где интеграл уже не содержит точку  $x_0 = \xi$ .

Граничное интегральное уравнение (3) является интегральным уравнением Фредгольма 2-го рода. Аналитически оно не решается для областей с произвольными границами, поэтому применяется следующий численный метод его решения. Граница области течения разбивается на прямолинейные отрезки (граничные элементы). Вдоль каждого из отрезков интенсивность источников (стоков) не изменяется. Тогда, записав уравнение (3) для середин  $x_0^p$  каждого  $p$ -го из  $N$  полученных отрезков, получим систему  $N$

линейных алгебраических уравнений с  $N$  неиз-

вестными  $q(\xi^1), q(\xi^2), \dots, q(\xi^N)$ :

$$-\frac{1}{2}q(x_0^p) + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq p}}^N q(\xi^k) \int_{\Delta S^k} F_2(x_0^p, \xi^k) dS(\xi^k) = v_n(x_0^p), \quad p=1, 2, \dots, N, \quad (4)$$

$\xi^k$  – произвольная точка  $k$ -го отрезка,  $\Delta S^k$  –  $k$ -ый отрезок.

Решив эту систему уравнений и определив неизвестные интенсивности источников (стоков) можно определить искомую скорость во внутренней точке вдоль заданного направления по формуле:

$$v_n(x) = \sum_{k=1}^N q(\xi^k) \int_{\Delta S^k} F_2(x, \xi^k) dS(\xi^k). \quad (5)$$

На основе приведенных основных расчетных соотношений была разработана компьютерная программа, с помощью которой были выполнены ряд вычислительных экспериментов.

### Результаты вычислительных экспериментов и их обсуждение

В ходе вычислительных экспериментов определялось влияние размеров экрана и фартука на вертикальную составляющую скорости в открытом проеме (устье) приемной воронки. Для улавливания пыли это скорость должна быть направлена вниз, т.е. иметь отрицательную величину в выбранной системе координат. Скорость в отсосе должна обеспечивать полное улавливание струи эжектируемого воздуха. В случае, если отсос не будет обеспечивать требуемую скорость воздушный поток распространяется в окружающее пространство, что способствует выбиванию пыли из приемной воронки (рис. 3).

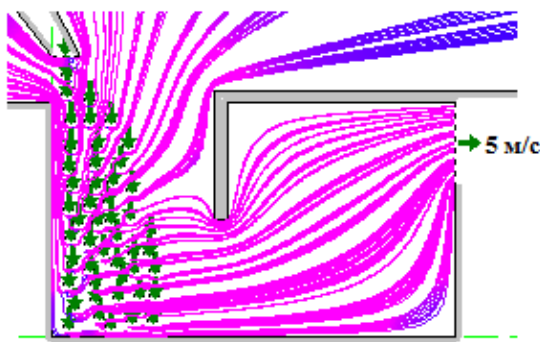


Рис. 3. Случай неполного улавливания струи эжектируемого воздуха

Ширина всасывающего отверстия во всех вычислительных экспериментах фиксирована и равна 0,07м. Вертикальная составляющая скорости вычислялась в пяти точках, равноудаленных на расстояния 0,02 м друг от друга и от левого края открытой части устья.

При удалении всасывающего отверстия, расположенного на экране, от места выгрузки

вагонов скорость в устье воронки корпуса крупного дробления (ККД) увеличивается, а значит, эффективность местного отсоса возрастает (рис. 4, а...в, табл. 1).

При расположении местного отсоса в верхней части боковой стенки приемной воронки ККД, противоположной от места разгрузки, скорость еще выше, чем при расположении местного отсоса на экране (рис. 4, з, табл. 1).

Однако при снижении отсоса скорость в устье ККД резко падает, а значит, снижается эффективность местного отсоса (рис. 4, д, табл. 1).

При уменьшении длины экрана (рис. 4, е...ж, табл. 1), открытая часть устья воронки ККД расширяется, и как следствие, падает скорость, что способствует выносу пыли из приемной воронки. Таким образом, чем больше длина экрана, тем эффективнее работает местный отсос, но в силу технологических причин, его длина не может превосходить половины ширины воронки.

Увеличивая скорость в отсосе до 12 м/с, добиваемся полного улавливания струи эжектируемого воздуха (рис. 4, з-к, табл. 1).

Заметим, что величины вертикальной составляющей скорости в устье приемной воронки ККД при горизонтальном и вертикальном размещении всасывающего канала местного вентиляционного отсоса достаточно близки между собой (рис. 4, к, рис. 4, л, табл. 1).

При уменьшении длины фартука величина вертикальной составляющей скорости заметно падает (рис. 4, м, табл. 1). А при отсутствии фартука скорость воздуха, при данной скорости в отсосе, будет способствовать выбиванию пыли из приемной воронки ККД (рис. 4 н, табл. 1).

При увеличении длины фартука до 3/4 высоты вертикальная составляющая скорости воздуха возрастает относительно случая 1/2 высоты не во всех точках устья приемной воронки (рис. 4, о, рис. 4, л, табл. 1). Вблизи фартука она убывает.

При дальнейшем увеличении фартука скорость падает (рис. 4, п, табл. 1). Поэтому длина фартука, равная половине высоты приемной воронки, достаточна для эффективной локализации пылевых выбросов.

В случае конструктивного оформления всасывающего отверстия в виде угла (часть расположена на экране, часть на боковой стенке), величины вертикальной составляющей скорости



находятся в диапазоне величин, найденных для отсоса, расположенного только на экране, и от-

соса, расположенного только на боковой стенке (рис. 4, *р*, табл. 1).

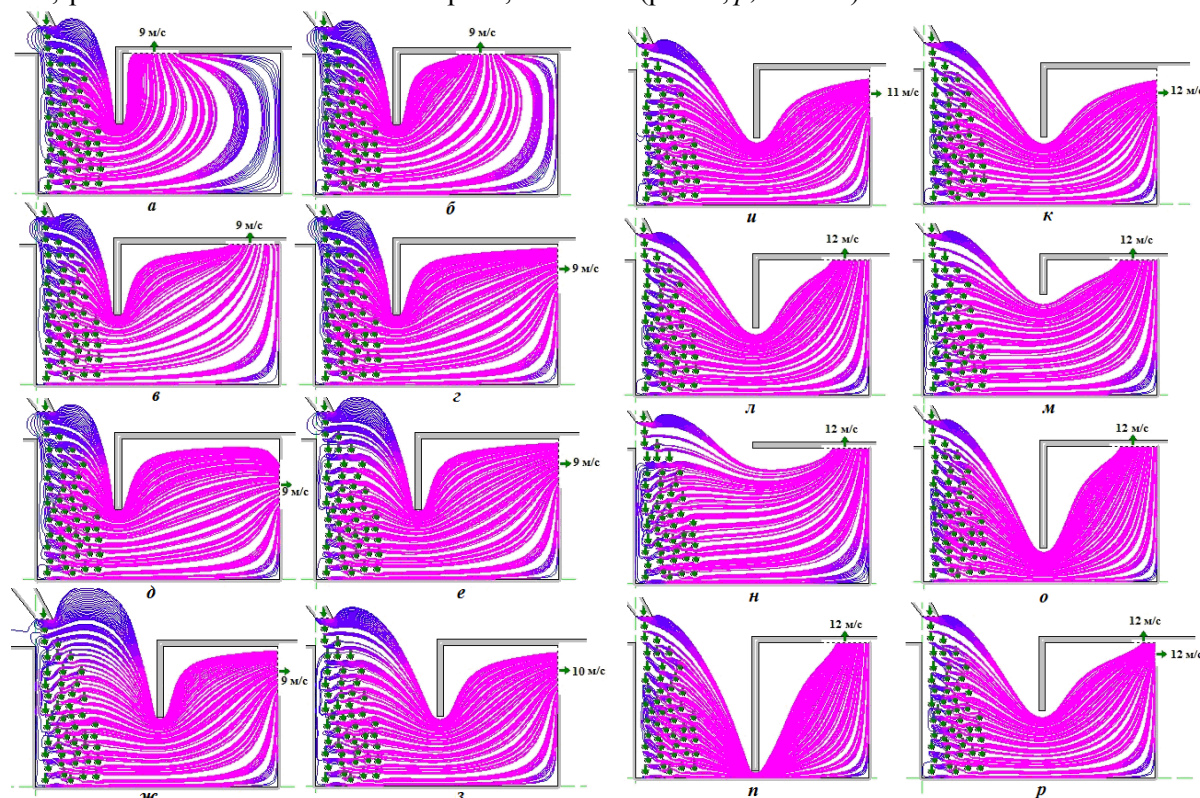


Рис. 4. Линии тока: *а* –  $m = 0,235$  м;  $l = 0,1$  м; *б* –  $m = 0,235$  м;  $l = 0,1$  м; *в* –  $m = 0,235$  м;  $l = 0,1$  м; *г* –  $m = 0,235$  м;  $l = 0,1$  м; *д* –  $m = 0,235$  м;  $l = 0,1$  м; *е* –  $m = 0,205$  м;  $l = 0,1$  м; *ж* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,1$  м; *з* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,1$  м; *и* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,1$  м; *к* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,1$  м; *л* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,1$  м; *м* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,05$  м; *н* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0$  м; *о* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,15$  м; *п* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,15$  м; *р* –  $m = 0,1725$  м;  $l = 0,15$  м

Таблица 1

**Величины вертикальной составляющей скорости в устье приемной воронки**

$\chi$		0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
Рис. 4 <i>а</i>	$v_y$ , м/с	-0,088	0,014	-0,428	-0,664	-0,868
Рис. 4 <i>б</i>	$v_y$ , м/с	-0,113	-0,014	-0,45	-0,687	-0,894
Рис. 4 <i>в</i>	$v_y$ , м/с	-0,117	-0,02	-0,453	-0,691	-0,899
Рис. 4 <i>г</i>	$v_y$ , м/с	-0,127	-0,03	-0,463	-0,701	-0,910
Рис. 4 <i>д</i>	$v_y$ , м/с	-0,095	0,008	-0,428	-0,661	-0,861
Рис. 4 <i>е</i>	$v_y$ , м/с	0,179	0,339	-0,220	-0,478	-0,718
Рис. 4 <i>ж</i>	$v_y$ , м/с	0,655	0,804	0,917	-0,197	-0,459
Рис. 4 <i>з</i>	$v_y$ , м/с	0,168	0,364	-0,248	-0,518	-0,804
Рис. 4 <i>и</i>	$v_y$ , м/с	-0,147	0,07	-0,575	-0,871	-1,182
Рис. 4 <i>к</i>	$v_y$ , м/с	-0,488	-0,375	-0,921	-1,243	-1,579
Рис. 4 <i>л</i>	$v_y$ , м/с	-0,481	-0,368	-0,915	-1,237	-1,573
Рис. 4 <i>м</i>	$v_y$ , м/с	-0,221	-0,054	-0,711	-1,064	-1,495
Рис. 4 <i>н</i>	$v_y$ , м/с	0,170	0,444	-0,283	-0,571	-0,967
Рис. 4 <i>о</i>	$v_y$ , м/с	-0,618	-0,525	-0,995	-1,287	-1,569
Рис. 4 <i>п</i>	$v_y$ , м/с	-0,598	-0,499	-0,955	-1,234	-1,56
Рис. 4 <i>р</i>	$v_y$ , м/с	-0,485	-0,372	-0,918	-1,241	-1,576

Заметим, что возникающая при разгрузке вагона струя запыленного воздуха настигается по дну приемной воронки, а затем по боковой стенке, что подтверждается экспериментальными наблюдениями (рис. 5). Поэтому оборудова-

ние отсоса в виде уголка имеет смысл. Часть струи будет улавливаться отсосом на боковой стенке, а часть струи, распространяющейся по инерции вверх, будет улавливаться отсосом на экране.

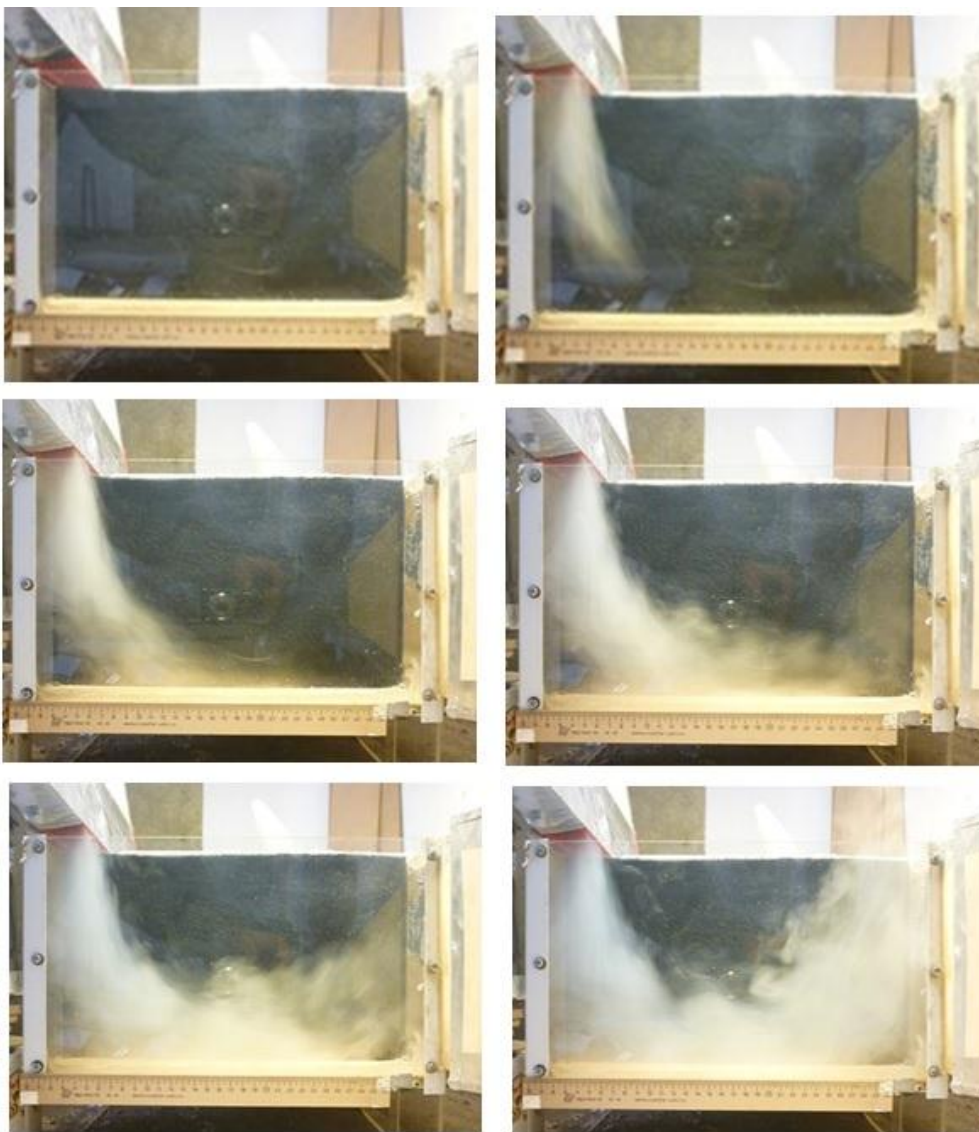


Рис. 5. Экспериментальная картина распространения потока эжектируемого воздуха без вентиляционного отсоса воздуха

Эксперименты, проведенные на разработанном стенде, подтверждают результаты вычислительных экспериментов.

#### Заключение

На основе метода граничных интегральных уравнений разработана имитационная модель разгрузки сыпучего материала в приемные воронки корпусов крупного дробления. Проведена серия вычислительных экспериментов по разработанной компьютерной программе. Определены размеры механических экранов и фартука, способствующих эффективному улавливанию запыленного воздуха. Длина механического

экрана должна составлять не менее половины ширины устья приемной воронки, а фартук до половины ее высоты. Всасывающее отверстие местного вентиляционного отсоса необходимо располагать в верхнем углу приемной воронки, противоположном месту разгрузки вагонов. Полученные выводы, полученные с помощью вычислительных экспериментов, согласуются с экспериментальными наблюдениями.

*\*Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ (проект №14-08-31069-мол\_а).*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. СПб.: Изд. Химиздат, 2005. 659 с.
2. Логачев К.И. Аэродинамика всасывающих факелов. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2001. 175 с.
3. Логачев И.Н., Логачев К.И., Нейков О.Д. Локализация пылевых выделений при прессовании порошков // Порошковая металлургия. 1995. № 3. С. 100-103.
4. Логачев И.Н., Логачев К.И. О прогнозировании дисперсного состава и концентрации грубодисперсных аэрозолей в местных отсосах систем аспирации // Известия вузов. Строительство. 2002. №9. С.85-90.
5. Логачев И.Н., Логачев К.И. Характеристика пылевых выбросов при перегрузках сыпучих материалов и борьба с ними // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 163-167.
6. Логачёв И. Н., Логачёв К. И., Аверкова О. А. Энергосбережение в аспирации. Теоретические предпосылки и рекомендации // Москва-Ижевск: РХД, 2013. 504 с.
7. Логачев К.И., Пузанок А.И. Численное моделирование пылевоздушных течений вблизи вращающегося цилиндра-отсоса // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 2. С. 63-70.
8. Логачёв И. Н., Логачёв К. И., Зоря В.Ю. Моделирование отрывных течений вблизи всасывающей щели // Вычислительные методы и программирование. 2010. Т.11. № 1. С. 43-52.
9. Аверкова О. А., Логачёв И. Н., Логачёв К. И., Логачев А.К. Закономерности отрывного течения при входе в выступающий канал с экранами // Ученые записки ЦАГИ. 2013. Т. 44. № 2. С. 33-49.
10. Посохин В.Н., Салимов Н.Б., Логачев К.И., Живов А.М. К расчету течения вблизи щелевидного отсоса-раструба. Сообщение 1 // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2002. №8. С. 70-76.
11. Посохин В.Н., Салимов Н.Б., Логачев К.И., Живов А.М. К расчету течения вблизи щелевидного отсоса-раструба. Сообщение 2 // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2002. №9. С. 80-85.
12. Посохин В.Н., Салимов Н.Б., Логачев К.И., Живов А.М. К расчету течения вблизи щелевидного отсоса-раструба. Сообщение 3 // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2002. №10. С.81-85.
13. Логачев К.И., Посохин В.Н. Расчет течения вблизи круглого всасывающего патрубка // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2004. №1. С. 29-32.
14. Логачев К.И., Пузанок А.И., Посохин В.Н. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы методом дискретных вихрей // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2004. №7-8. С. 61-69.
15. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. М.: Изд. Мир, 1987. 525 с.
16. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов к технике. М.: Изд. Мир, 1982. 248 с.

---

**Averkova O.A., Plotnikov K.V., Tolmacheva E.I., Emelyanov D.A., Logatchev A.K.**

**SIMULATION OF AIR FLOW WHEN UNLOADING WAGONS IN THE RECEIVING HOPPER OF PAVILION COARSE CRUSHING**

*On the developed simulation model examines the dynamics of airflow during unloading ore in the receiving hoppers of pavilions coarse crushing. On the basis of computing and natural experiments selects the location of local suction and mechanical ventilation screens that enhance the effectiveness of local exhaust ventilation and reduce energy intensity of aspiration.*

**Key words:** aspiration, overload of bulk materials, air ejection, unloading wagons, pavilions coarse crushing, the method of boundary integral equations.

<sup>1</sup>Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,<sup>2</sup>Малюкова М.В., главный технолог,<sup>3</sup>Погорелова И.А., канд. техн. наук,<sup>1</sup>Яковлева Е.А., студент,<sup>1</sup>Гонга А.В., студент<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,<sup>2</sup>ООО «Завод АрБет»,<sup>3</sup>ООО «Строительные материалы и технологии»

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕВЕРСА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИИ ЗЕРНИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

С использованием метода реверса установлена взаимосвязь гранулометрии прерывистого типа зернистых компонентов с классом системы  $3 \leq m \leq 6$  при вибропрессовании, что способствует созданию высокоплотной упаковки зерен заполнителя в составе смеси с крупной фракцией в сочетании со смесью фракций мелких заполнителей, и приводит к формированию структуры композита с полифункциональной матрицей в условиях вибропрессования за счет плотной пространственной укладки частиц, обеспечивая композиту повышенные эксплуатационные свойства.

**Ключевые слова:** метод реверса, гранулометрия, вибропрессование, упаковка зерен заполнителей

Для получения качественных строительных материалов, в том числе и изделий из вибропрессованных бетонов, необходимо получить такую структуру материала, которая бы отвечала заданным техническим требованиям. Одним из главных факторов обеспечения прочности и долговечности материалов и конструкций из них является плотная упаковка частиц заполнителя в бетоне. Формируя каркас бетона, заполнители активно влияют на его свойства, снижая усадочное напряжение, увеличивая модуль упругости и уменьшая ползучесть, влияя на плотность и другие физико-механические показатели бетона.

Гранулометрия характеризуется относительным содержанием зерен различной крупности, формой и степенью окатанности зерен и суммарной величиной их поверхности в единице объема или массы песка и щебня. От плотности упаковки смеси песка и щебня зависят многие технологические свойства бетона.

При строении системы «песок-щебень» для приведения ее к оптимальному соотношению, следует учитывать совокупность внешних признаков: размер и форму зерен, шероховатость и размещение их в пространстве относительно друг друга. Сумма факторов, характеризующих эту систему, может быть выражена одним понятием – пустотностью. В естественном песке и щебне, где присутствует различная форма зерен, фактические значения пустотности отличаются от теоретических значений.

Независимо от размера и формы зерен песка и щебня, по аналогии с моделями фиктивного грунта, различают рыхлую и плотную упаковку зерна. Рыхлая упаковка

может легко переходить в плотную упаковку под влиянием нагрузки и колебательных воздействий. При вибрации достигается наибольшее уплотнение сыпучих сред, при этом степень уплотнения не зависит от того, в сухом состоянии или насыщенном водой материал, а также приложена ли к нему нагрузка. Пустотность незначительно уменьшается при сжатии песка под давлением. Плотно упакованные зерна не реагируют на статическую нагрузку и вибрационное воздействие, так как в этом случае изменяется незначительно взаимное расположение зерен в пространстве [1].

Гранулометрический состав может быть улучшен двумя основными способами: смешиванием фракций или выбором эталонной кривой гранулометрического состава.

Многофракционный состав заполнителя обеспечивает более высокую плотность и прочность бетона, чем однофракционный заполнитель. При этом увеличение среднего размера наиболее крупной фракции способствует увеличению числа фракций заполнителя, плотности упаковки их зерен в смеси и прочности бетона. В связи с этим, отсутствие в многофракционном составе заполнителя промежуточной или наиболее мелкой его фракции оказывает различное влияние на прочность бетона: отсутствие мелкой фракции – понижает, а отсутствие промежуточной фракции заполнителя повышает прочность бетона, если мелкой фракции достаточно для заполнения свободного объема в слое заполнителя.

Для выбора оптимального зернового состава заполнителя предлагаются различные идеальные кривые просеивания. Поскольку



нельзя получить смесь одновременно с минимальным объемом пустот и наименьшей удельной поверхностью зерен, идеальная кривая подбирается из условия, чтобы пустотность смеси и суммарная поверхность зерен требовала минимального расхода цемента для получения заданной подвижности и прочности бетона.

В условиях производства, где используется реальный песок и щебень, подбираются такие идеальные кривые рассева, чтобы было возможно некоторое отклонение для регулирования свойств.

Принимая во внимание особенности производства вибропрессованных плит тротуарных, при подборе наиболее оптимального гранулометрического состава следует учитывать ряд особенностей:

- вибрационное воздействие позволяет значительно уменьшить пустотность смеси заполнителей;

- количество крупного и мелкого заполнителя в жестких бетонных смесях должно быть такое, чтобы создаваемый ими жесткий каркас позволял немедленную распалубку и технологические перемещения свежесформованных изделий;

- количество крупного заполнителя должно быть таким, чтобы была возможность уплотнить изделие до требуемой высоты.

Только с учетом состава бетона, в том числе, и с учетом содержания цемента и воды может быть сделан правильный выбор зернового состава заполнителя и соотношения между песком и щебнем.

Пустотность будет уменьшаться при заполнении пустот крупного заполнителя зернами мелкой фракции. Но, если зерна смешиваемых фракций не сильно отличаются по размеру, то размер мелких зерен окажется больше размера пустот между крупными зернами, и мелкие зерна, не заполнив пустоты, могут раздвинуть крупный заполнитель. В результате пустотность всей системы может не только уменьшиться, но даже и увеличиться. Для получения наиболее плотной смеси двух фракций необходимо, чтобы размер зерен одной фракции был приблизительно в 6,5 раз меньше размера зерен другой фракции.

Пустотность заполнителей колеблется от 20 до 50 %. Добавление к крупному заполнителю мелкого уменьшает его пустотность, но одновременно увеличивает удельную поверхность, поэтому окончательное влияние заполнителя на бетон лучше всего определять непосредственным испытанием заполнителя в бетоне.

Проанализировав теоретические способы расчета наиболее плотной упаковки заполнителей [2...5] и учитывая накопленный опыт производства, проведены

экспериментальные исследования заполнителей и плотности упаковки смеси фракций, а также определено влияние гранулометрического состава на физико-механические свойства вибропрессованных плит бетонных тротуарных.

Кривые просеивания кварцевых песков представлены на рис. 1.

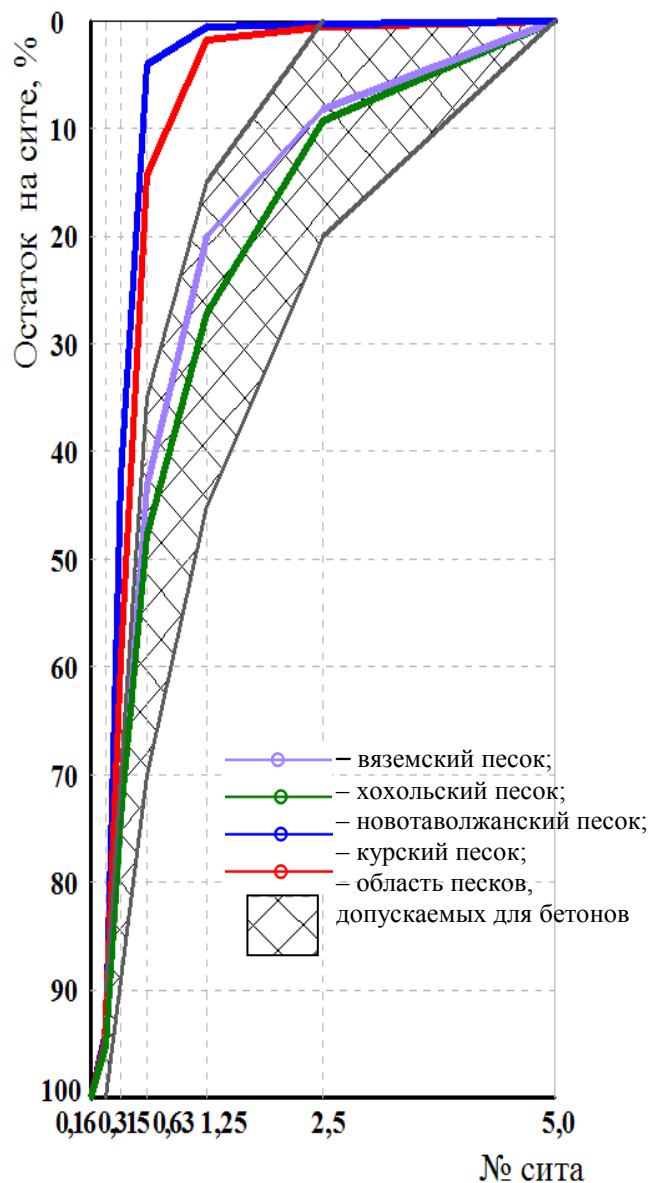


Рис. 1. Кривые просеивания кварцевых песков

В область допустимых значений (рис. 1) входит песок только Хохольского и Вяземского месторождений, однако, учитывая стоимостной показатель сырьевых материалов, экономически эффективно будет разработать такую смесь песков, кривая рассева которых будет входить в область допустимых значений.

Зерновые составы коломоевского щебня фракции 5...10 мм и кировоградского фракции 2...5 мм приведены в табл. 1, 2 и на рис. 2.

Таблица 1

**Зерновой состав коломоевского щебня  
фракции 5...10 мм**

Размер сита, мм	Частные остатки, %	Полные остатки, %
12,5	2,4	2,4
10	10,8	13,2
7,5	12,4	25,6
5	71,4	97
< 5	3,0	—

Таблица 2

**Зерновой состав кировоградского щебня  
фракции 2...5 мм**

Размер сита, мм	Частные остатки, %	Полные остатки, %
5	7,8	7,8
2,5	68,0	75,8
1,25	18,2	94,0
< 1,25	6,0	—

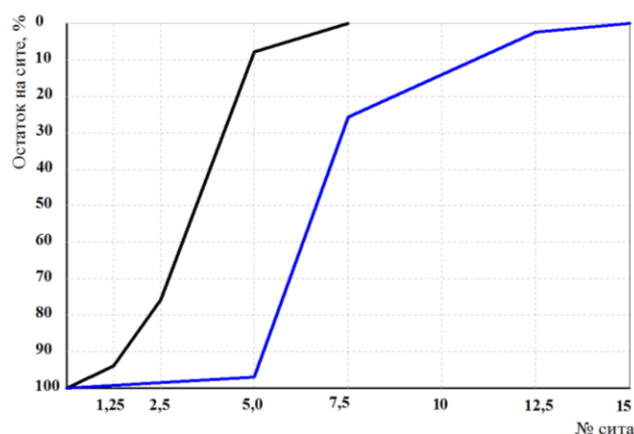


Рис. 2. Кривые просеивания щебня фракций 2...5 мм (—) и 5...10 мм (—)

Анализ полученных кривых просеивания кварцевых песков и гранитного щебня позволит разработать смесь заполнителей с оптимальной гранулометрией.

Определение оптимального гранулометрического состава мелкого и крупного заполнителей в бетонах предусматривает прежде всего обеспечение наибольшей плотности упаковки его частиц, требуемой удельной поверхности при необходимом числе фракций в полидисперсной смеси и заданной подвижности бетонной смеси. От плотности упаковки частиц заполнителя и их распределения по размерам зависят многие свойства бетонов. Во многих зарубежных странах (Англия, США, Япония и другие) для регулирования свойств бетонов применяется заполнитель, состоящий из 6...8 фракций и более. В этих странах для расчета гранулометрического состава заполнителя с наибольшей плотностью упаковки его частиц

применяют метод Фурнаса [6], который основан на том, что мелкие фракции заданного интервала размеров частиц должны размещаться в пустотах между крупными, а суммарный объем не должен изменяться, что практически не реализуется в смесях с узким интервалом размеров частиц. При получении высокоплотных эффективных составов зернистых материалов из имеющегося местного сырья появляются серьезные затруднения, связанные с отсутствием надежных методов их определения. В связи с этим идет перерасход вяжущего, и не полностью используются прочностные возможности заполнителей в бетонах. С точки зрения повышения прочности бетонов подбор составов наиболее плотнейших смесей из крупного и мелкого заполнителей является главной задачей в технологии бетонов за счет создания плотного каркаса из зерен заполнителя при одновременном снижении расхода вяжущего. При этом в работу при сжатии бетона вовлекается определенная доля прочности плотного каркаса заполнителя, при отсутствии которого прочность бетона определяется прочностью цементного камня и прочностью его сцепления с поверхностью зерен.

Прочность при сжатии зависит в основном от качества цементного камня и его количества, идущего на покрытие тонким слоем поверхности и раздвижку зерен заполнителя, и, практически, не зависит от количества цементного камня, находящегося в его пустотах, поэтому рационально в пустоты между зернами крупного заполнителя вводить мелкий заполнитель [8...10].

Соотношение «цемент – песок» оказывает влияние на конечный цвет бетона, что связано с цветом самих компонентов бетонной смеси. Получение окрашенных бетонных изделий одного оттенка в пределах одного цвета возможно лишь при точном соблюдении рецептуры бетонной смеси. Следует исключить нарушения, связанные с дозированием сырья, с перемешиванием (соблюдение режимов перемешивания и последовательности смешивания материалов) и с соблюдением водоцементного отношения бетонной смеси.

В настоящее время все больше используется метод расчета различных зерновых составов с высокоплотной упаковкой частиц из общей закономерности распределения их по размерам [11].

Для получения высокоплотного состава заполнителей применяли метод реверса однородности распределения крупного и мелкого заполнителей бетона с учетом технологических параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных. Реверс однородности определяли при таком соотношении мелкого и крупного

заполнителя, когда не наблюдалось расслоения смеси при ее уплотнении с амплитудой  $A = 730$  мкм и частотой  $\nu = 49,7$  Гц.

Расчет состава всей смеси производили в следующей последовательности:

1. Для оптимизации зернового состава двух фракций щебня 5...10 мм и 2...5 мм определяли средний размер зерен по формуле:

$$d_{icc} = (d_{max} \cdot d_{min})^{1/2},$$

где  $d_{max}$ ,  $d_{min}$  – поперечные размеры зерен.

$$d_1 = (10 \cdot 5)^{1/2} = 7,07 \text{ мм (7,5 мм);}$$

$$d_2 = (5 \cdot 2,5)^{1/2} = 3,5 \text{ мм (3,75 мм);}$$

$$d_3 = (12,5 \cdot 10)^{1/2} = 11,2 \text{ мм.}$$

2. Плотность упаковки зерен щебня:

$$\eta_1 = \gamma_1 / \rho = 1592 / 2640 = 0,6031;$$

$$\eta_2 = \gamma_2 / \rho = 1340 / 2640 = 0,5921;$$

тогда пустотность равна:  $\Pi_1 = (1 - \gamma_1 / \rho) = 0,3969$ ;  $\Pi_2 = (1 - \gamma_2 / \rho) = 0,4079$ .

3. Определяли средний размер зерен кварцевого песка в смеси:

$$d_{cp \text{ Вяз}} = (5 \cdot 2,5)^{1/2} \cdot 0,083 + (2,5 \cdot 1,25)^{1/2} \cdot 0,117 + \\ + (1,25 \cdot 0,63)^{1/2} \cdot 0,23 + (0,63 \cdot 0,315)^{1/2} \cdot 0,31 + \\ + (0,315 \cdot 0,16)^{1/2} \cdot 0,194 = 0,888 \text{ мм;}$$

$$d_{cp \text{ Кур}} = (5 \cdot 2,5)^{1/2} \cdot 0,006 + (2,5 \cdot 1,25)^{1/2} \cdot 0,012 + \\ + (1,25 \cdot 0,63)^{1/2} \cdot 0,125 + (0,63 \cdot 0,315)^{1/2} \cdot 0,45 + \\ + (0,315 \cdot 0,16)^{1/2} \cdot 0,357 = 0,6248 \text{ мм.}$$

4. Расход щебня фракции 2...5 мм на 100 мас. ч. фракции 5...10 мм при  $\beta_2 = 1$ :

$$\varphi_2 = 100(1 - \eta_1) \frac{\eta_2}{\eta_1} \beta_2,$$

$$\varphi_2 = 100(1 - 0,6031) \frac{0,5921}{0,6031} = 38,96 \text{ мас.ч.,}$$

$$\varphi_2 = \frac{38,96}{100 + 38,96} 100\% \leq 28\%,$$

$$\varphi_1 = 100 - 28,04 = 72\%.$$

5. Отношение средних размеров зерен кварцевого песка:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{0,6248}{0,888} = 0,7036.$$

Тогда плотность упаковки зерен щебня в смеси согласно [12] равна

$$\sigma_2 = \eta_1 + (1 - \eta_1) \cdot \varepsilon_2^2 \cdot \eta_2^3 / \beta_2 = 0,6031 +$$

$$+ 1(1 - 0,6031) \cdot (1 - 0,5921)^2 \cdot 0,5921^3 = 0,6168.$$

6. Плотность упаковки зерен кварцевого песка:

$$\eta_{1\text{Вяз}} = \gamma_1 / \rho = 1828 / 2570 = 0,7113;$$

$$\eta_{2\text{Кур}} = \gamma_2 / \rho = 1790 / 2540 = 0,7047;$$

тогда пустотность равна:  $\Pi_{1\text{Вяз}} = (1 - \gamma_1 / \rho) = 0,2887$ ;  $\Pi_{2\text{Кур}} = (1 - \gamma_2 / \rho) = 0,2953$ .

7. Расход вяземского песка на 100 мас. ч. курского песка при  $\beta_2 = 1$ :

$$\varphi_2 = 100(1 - \eta_1) \frac{\eta_2}{\eta_1} \beta_2,$$

$$\varphi_2 = 100(1 - 0,7113) \frac{0,7047}{0,7113} = 28,6 \text{ мас.ч.,}$$

$$\varphi_2 = \frac{28,6}{100 + 28,6} 100\% \leq 22,23\%,$$

$$\varphi_1 = 100 - 22,23 = 77,77\%.$$

8. Плотность упаковки зерен в смеси, состоящей из вяземского и курского кварцевых песков равна

$$\sigma_2 = \eta_1 + (1 - \eta_1) \cdot \varepsilon_2^2 \cdot \eta_2^3 / \beta_2 = 0,7113 +$$

$$+ 1(1 - 0,7113) \cdot (1 - 0,7047)^2 \cdot 0,7047^3 = 0,72.$$

$$9. \text{ При } \beta_2 = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\eta_1}{\eta_2}$$

$$\varphi = 100(1 - 0,7113) = 28,87 \text{ мас.ч.}$$

Расход смеси песка на 100 мас. ч. щебня

$$\varphi_{1\text{песка}} = 100 \text{ м.ч. щебня } (1 - \sigma_{uc}) \frac{\sigma_{\text{песка}}}{\sigma_{\text{щебня}}} =$$

$$= 100(1 - 0,6168) \cdot \frac{0,72}{0,6168} = 44,7 \text{ мас.ч.,}$$

$$\varphi_{1\text{песка}} = \frac{44,7}{100 + 44,7} 100\% \leq 30,89\%,$$

$$\varphi_{2\text{песка}} = 100(1 - 0,6168) = 38,82 \text{ мас.ч.,}$$

$$\varphi_{2\text{песка}} = \frac{38,82}{100 + 38,82} 100\% \leq 27,7\%.$$

Истинная плотность курского и вяземского песков при соотношении 70 %:30 % составила:

$$\rho = 0,7 \cdot \rho_k + 0,3 \rho_v = \\ = 0,7 \cdot 2570 + 0,3 \cdot 2540 = 2560 \text{ кг/м}^3.$$

Истинная плотность смеси щебня соотношений фракций 2...5 мм и 5...10 мм:

$$1 - \gamma / \rho = 0,34,$$

отсюда  $\rho = 1380 / (1 - 0,34) = 2091 \text{ кг/м}^3$ .

Внесена поправка для смеси, находящейся в поле гравитации при виброуплотнении в

расчет расхода песка, при  $\beta_2 = \left( \frac{\eta_{uc}}{\eta_n} \right) \frac{\rho_n}{\rho_{uc}}$ :

$$\varphi_{\text{песка}} = 100(1 - \eta_{uc}) \frac{\sigma_n}{\sigma_{uc}} \cdot \frac{\rho_n}{\rho_{uc}} =$$

$$= 100(1 - 0,6168) \frac{0,72}{0,6168} \cdot \frac{2560}{2091} = 54,8 \text{ мас.ч.}$$

Это выражение можно записать с учетом квадрата тяготеющих масс в виде:

$$\varphi_{\text{песка}} = 100(1 - \eta_{uc}) \cdot \left( \frac{\rho_n}{\rho_{uc}} \right)^2,$$

$$\text{тогда } \varphi_{\text{max}} = 100(1 - \eta_{uc}) \cdot \left( \frac{\rho_n}{\rho_{uc}} \right)^2 \cdot \left( \frac{P_n}{P_{uc}} \right)^{2-1}$$

где  $n = 2$ , как для щебня, так и для песка.

Расход песка на 1038 кг щебня:

на 100 мас. ч. – 54,8 мас. ч. песка

на 1038 кг –  $x_1$ ;

$x_1 = 569$  кг.



Практический расход смеси кварцевых песков равен 920 кг. Для получения средней и повышенной жесткости смеси при формовании методом вибропрессования показатель  $\left(\frac{\eta_n}{\eta_{из}}\right)^{n-1}$ ,

где  $n$  – количество фракций в смеси, щебня (2) и песка (2). Тогда расход смеси песка составляет:

$$\varphi_{песка} = \left(\frac{0,72}{0,6168}\right)^{4-1} \cdot 569 \text{ кг} = 904 \text{ кг/м}^3.$$

$$\text{Отклонение } \Delta\varphi = \frac{920 - 904}{920} \cdot 100\% = 1,7\%,$$

что допустимо.

Количество крупной и мелкой фракции находится на одинаковом уровне расхода, что подтверждено экспериментально.

Теоретическими расчетами и экспериментальными данными рассева в область допустимых значений попадают кривые рассева смеси курского и вяземского песков в соотношениях 10/90 и 20/80 (рис. 3).

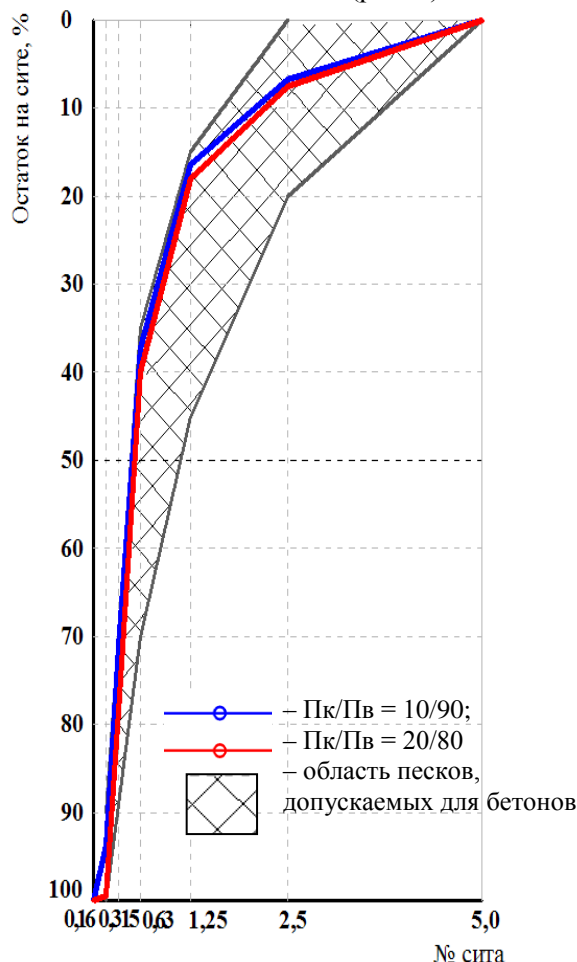


Рис. 3. Кривые просеивания смеси курского и вяземского песков

Экспериментальным путем определяли состав смеси кварцевых песков, пустотность которой будет минимальной (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3

**Показатели насыпной плотности и пустотности смеси кварцевых песков**

Соотношение смеси вяземского и курского песков (Пк/Пв)	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустотность, %
10/90	1535	34,3
20/80	1540	34,2
30/70	1547	33,7
40/60	1558	33,9
50/50	1543	34,1
60/40	1549	34,3
70/30	1551	34,2
20/80	1558	33,8
10/90	1540	34,3

Из табл. 3 и рис. 4. видно, что оптимальной по гранулометрическому составу и пустотности, является смесь курского и вяземского песков в соотношении Пк/Пв = 20/80.

Далее определяли такое соотношение щебня фракций 2...5 мм и 5...10 мм, при котором пустотность будет минимальной (табл. 4 и рис. 5).

Таблица 4

**Показатели насыпной плотности и пустотности смеси фракций щебня**

Соотношение в смеси щебня фракций 2...5 мм и 5...10 мм; $\Pi_{2...5}/\Pi_{5...10}$	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустотность, %
10/90	1360	36
20/80	1370	35,5
30/70	1380	34
40/60	1365	34,3
50/50	1340	35
60/40	1342	34,7
70/30	1350	35,2
20/80	1347	36
10/90	1345	36,4

Из табл. 4 и рис. 4 видно, что оптимальным соотношением фракций щебня 2...5 мм и 5...10 мм будет соотношение  $\Pi_{2...5}/\Pi_{5...10} = 30/70$ .

Минимальная пустотность мелкого и крупного заполнителей, исходя из подобранных смесей песков и смесей щебня различных фракций, представлена на рис. 6.

Согласно рис. 6, оптимальным является соотношение Щебень/Песок = 53/47.

Полученные данные показывают, что применение скорректированного гранулометрического состава заполнителей позволяет получать не только более плотные упаковки, но и вибропрессованные бетоны более устойчивые к внешним воздействиям.

Для подтверждения эффективности полученного соотношения мелкого и крупного заполнителя на технологической линии в реальных производственных условиях были изготовлены образцы вибропрессованных плит тротуарных нескольких составов с соотношением мелкого и крупного заполнителей 47/53 (табл. 5).

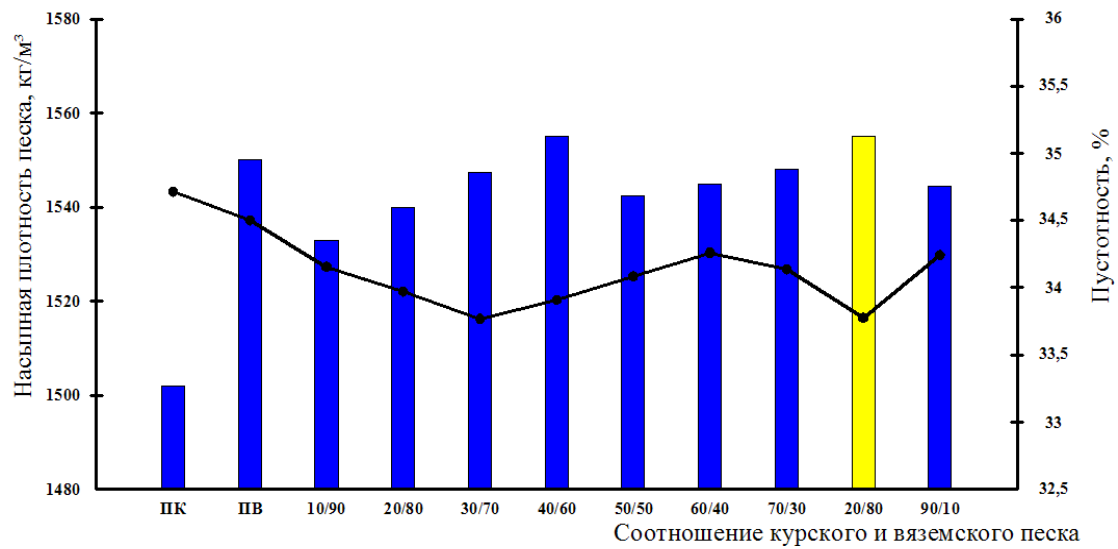


Рис. 4. Показатели насыпной плотности и пустотности смеси кварцевых песков:

■ – плотность; ● – пустотность; ■ – оптимум

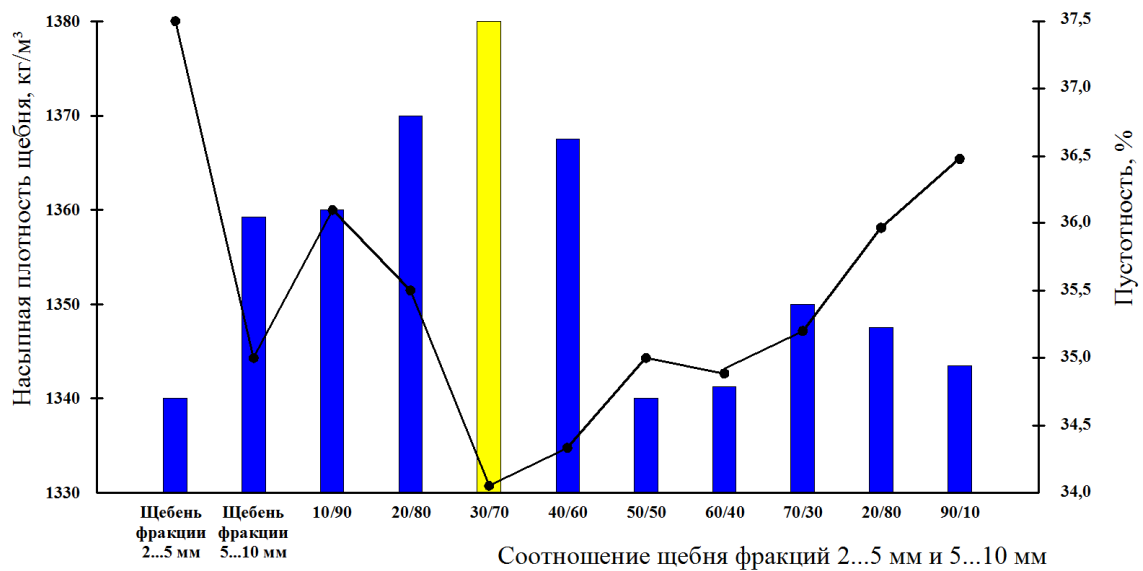


Рис. 5. Показатель насыпной плотности и пустотности смеси фракций щебня 2...5 мм и 5...10 мм: ■ – плотность; ● – пустотность; ■ – оптимум

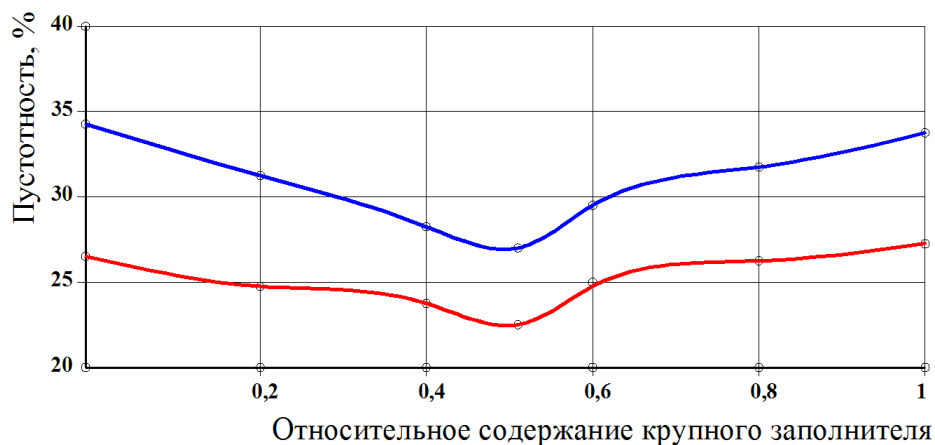


Рис. 6. Изменение пустотности смеси мелкого и крупного заполнителя:

— свободноуложенная система; — виброуплотненная система

Таблица 5

## Составы бетона с различной гранулометрией заполнителя

№ состава	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>					В/Ц
	ЦЕМІ 42,5Н	песок курский	песок вяземский	щебень фракции 2...5 мм	щебень фракции 5...10 мм	
1	380	176	706	299	697	0,38
2	380	882	—	995	—	
3	380	882	—	—	995	
4	380	—	882	995	—	
5	380	—	882	—	995	

За контрольный принят заводской состав бетона: портландцемент — 440 кг/м<sup>3</sup>, песок курский — 834 кг/м<sup>3</sup>, песок вяземский — 200 кг/м<sup>3</sup>; щебень фракции 2...5 мм — 100 кг/м<sup>3</sup>

и щебень фракции 5...10 мм — 650 кг/м<sup>3</sup> с В/Ц = 0,42 и прочностью на сжатие 40 МПа.

Результаты проведенного эксперимента приведены в табл. 6, 7 и на рис. 7.

Таблица 6

## Свойства свежесформованных плит бетонных тротуарных

№ состава	Коэффициент уплотнения бетонной смеси, $K_y$	Прочность на сжатие свежесформованного образца $R_{сж}$ , МПа	Плотность свежесформованного образца $\rho_c$ , кг/м <sup>3</sup>
1	0,98	0,61	2360
2	0,95	0,375	2280
3	0,96	0,411	2295
4	0,96	0,4	2307
5	0,97	0,52	2320

Таблица 7

## Свойства вибропрессованных плит тротуарных

№ состава	$R_{сж}^1$ , МПа	$R_{сж}^{28}$ , МПа	Водопоглощение, %
1	29,5	45,5	4,1
2	28,6	35,0	6,3
3	24,2	37,9	5,9
4	25,9	38,4	5,5
5	28,0	39,5	4,9

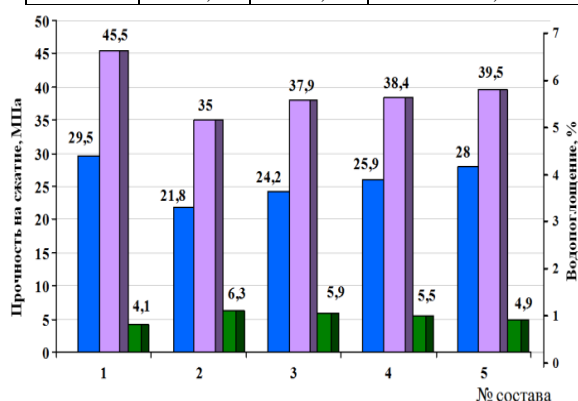


Рис. 7. Свойства вибропрессованных плит тротуарных: ■ — прочность на сжатие,  $R_{сж}^1$ ; ■ — прочность на сжатие,  $R_{сж}^{28}$ ; ■ — водопоглощение

Прочность на сжатие бетона вибропрессованных плит бетонных тротуарных с рациональной гранулометрией на 20 % выше, водопоглощение ниже на 20 %, чем у бетона других образцов, а коэффициент уплотнения повысился до 0,98 по сравнению с контрольными образцами (рис. 8). В отличие от

контрольных образцов с неравномерно распределенным заполнителем (рис. 8, а), в образцах с рациональной гранулометрией (рис. 8, б) наблюдается равномерное распределение заполнителя в матрице композита, что способствует повышению средней плотности, прочности на сжатие, морозостойкости и, в целом, долговечности, а также архитектурной выразительности облицовочного слоя [13...18].



Рис. 8. Образцы вибропрессованных плит тротуарных контрольного состава (а) и разработанного состава (б)

Таким образом, с использованием метода реверса установлена взаимосвязь гранулометрии прерывистого типа зернистых компонентов с классом системы  $3 \leq m \leq 6$  при вибропрессовании, что способствует созданию высокоплотной упаковки зерен заполнителя в составе смеси с крупной фракцией в сочетании со смесью фракций мелких заполнителей, и приводит к форми-

рованию структуры композита с полифункциональной матрицей в условиях вибропрессования за счет плотной пространственной укладки частиц, обеспечивая композиту повышенные эксплуатационные свойства.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берг О.Я. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971. 208 с.
2. Соколов В.Г., Соколов А.С., Денисов Ю.Н. и др. Прочностные характеристики пресованных бетонов оптимальной структуры // Строительные материалы. 1995. №8. С. 25-26.
3. Шмитько Е.И., Черкасов С.В. Управление плотностью пресованных материалов путем рационального использования потенциала поверхностных и капиллярных сил // Строительные материалы. 1993. №8. С. 26-29.
4. Медведев, Н.Н. Трехмерная упаковка как модель для плотных зернистых систем // ДАН РФ. 1994. Т. 337. С. 767-769.
5. Anishchik S.V. Thee-dimensional Appolonian packing as a model for dene granular systems / S.V. Anishchik, N.N. Medvedev // Phys. Rev. Lett. 1995. V. 75. № 23. P. 4314-4317.
6. Наполнители для полимерных композиционных материалов (Справочное пособие) М.: Химия, 1981. С.27-34
7. Гладышев Б.М. Механическое взаимодействие элементов структуры и прочность бетонов. Харьков: Вища школа, 1987. 168 с.
8. Алфимова Н.И., Строкова В.В., Наваретте В.Ф.А. Мелкозернистые бетоны на основе вулканического сырья. Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2014.
9. Шейченко М.С., Алфимова Н.И., Попов М.А., Калатози В.В. Мелкоштучные изделия на основе композиционных вяжущих с использованием отходов ковдорского месторождения // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 302-305.
10. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте велос Ф.А., Шейченко М.С. Перспективы использования вулканического песка эквадора для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 32-33.
11. Хархардин А.Н. Структурно-топологические основы разработки эффективных композиционных материалов и изделий: дис.... д-ра техн. наук: 05.23.05. Белгород, 1999.
12. Хархардин А.Н., Строкова В.В. Структурная топология дисперсных систем. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. 131 с.
13. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Малюкова М.В. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 48–50.
14. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Повышение качества мелкоштучных изделий за счет равномерного заполнения формы жесткой смесью // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 56-60.
15. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Вибропрессованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей. Белгород: КОНСТАНТА, 2014. 144 с.
16. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Малюкова М.В., Морозова Т.В. Повышение архитектурной выразительности плит бетонных тротуарных // В сборнике: Наукоемкие технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 347-353.
17. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Малюкова М.В., Ядыкина В.В. Наномасштабная структурная организация полифункциональной матрицы плит бетонных тротуарных // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 41-44.
18. Сулейманова Л.А., Агеева М.С., Малюкова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М. Оптимизация параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 56-60.

**Suleymanova L.A., Malyukova M.V., Pogorelova I.A., Yakovleva E.A., Gonta A.V.**

### APPLICATION THE METHOD OF REVERSE IN OPTIMIZING GRANULOMETRY GRAINY COMPONENTS UNDER THE CONDITIONS OF VIBROPRESSING

*Using the method of reverse installed the interrelation between granulometry intermittent type grainy components of the class  $3 \leq m \leq 6$  in the vibropressing that foster the building the high-density packing aggregate grains in the mixture with a large fraction aggregates in combination with a mixture of fractions of small aggregates, and leads to formation of structures composite with polyfunctional matrix in a vibropressing at the expense of dense spatial packing of the particles, providing higher performance properties of the composite.*

**Key words:** method of reverse, granulometry, vibropressing, packaging grain of aggregates.

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Семикопченко И.А., канд. техн. наук, проф.,  
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,  
Горбань Т.Л., аспирант,  
Трофимов И.О., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА ВСТРЕЧНЫМ ЛОБОВЫМ УДАРОМ В ЦЕНТРОБЕЖНО-ПРОТИВОТОЧНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

olimp69@narod.ru

Дано математическое описание процесса разрушения частиц материала в зоне встречных потоков в камере помола центробежно-противоточной мельницы. В результате теоретических исследований получено аналитическое выражение, позволяющее определить степень дробления исходных частиц материала сферической формы в зоне встречных потоков в зависимости от конструктивно-технологических параметров центробежно-противоточной мельницы.

**Ключевые слова:** лобовой удар, частица, степень измельчения.

В настоящее время центробежно-противоточные мельницы являются перспективным видом оборудования для помола некоторых абразивных материалов [1].

При рассмотрении данного раздела будем предполагать, что частицы разрушаемого материала имеют сферическую форму с диаметром  $D_n$ . Если в случае лобового соударения в частицы исходного материала будет введено значение энергии, превышающее пороговое значение, то произойдет их разрушение. При этом будем считать, что вновь образовавшиеся частицы материала также имеют сферическую форму с диаметром  $D_k$ .

Согласно результату работы [2] при столкновении двух сферических объектов происходит их деформация на величину:

$$h_0 = \left[ \frac{15m_1m_2(v_1-v_2)^2\sqrt{R_1+R_2}}{16(m_1+m_2\sqrt{R_1R_2})} \left( \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right) \right]^{2/5}, \quad (1)$$

где  $m_1$ ,  $v_1$ ,  $R_1$ ,  $\mu_1$ ,  $E_1$  – соответственно масса, скорость, радиус, коэффициент Пуассона и модуль Юнга первого сферического объекта, а  $m_2$ ,  $v_2$ ,  $R_2$ ,  $\mu_2$ ,  $E_2$  – соответственно масса, скорость, радиус, коэффициент Пуассона и модуль Юнга второго сферического объекта.

Если применительно к нашему случаю в выражении (1) необходимо положить  $m_1 = m_2 = m_n$  (здесь  $m_n$  – начальная масса сферических частиц);  $R_1 = R_2 = D_n/2$ ;  $v_1 = v_0$ ,  $v_2 = -v_0$ ;  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ ;  $E_1 = E_2 = E$ .

Тогда выражению (1) можно придать следующий вид:

$$h_0 = \left[ \frac{15m_nv_0^2}{4\sqrt{D_n}} \cdot \frac{1-\mu^2}{E} \right]^{2/5}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона частицы материала, для известняка  $\mu = 0,2$ ;  $E$  – модуль Юнга материала, для известняка  $E = 35 \cdot 10^9$  Па.

Выразим начальную массу исходных частиц материала согласно соотношению:

$$m_n = \frac{\pi D_n^3}{6} \gamma, \quad (3)$$

здесь  $\gamma$  – плотность материала.

С учетом (3) выражение (2) представим в виде:

$$h_0 = \delta_0 D_n, \quad (4)$$

где введена следующая безразмерная величина:

$$\delta_0 = \left( \frac{5\pi\gamma v_0^2(1-\mu^2)}{4E} \right)^{2/5}. \quad (5)$$

В результате лобового столкновения двух частиц сферической формы происходит деформация, глубина которой определяется из соотношения (4) и (5) и приводит к возникновению зоны уплотнения. В результате расширения зоны уплотнения совершается работа, значение которой применительно к нашему случаю задается следующим выражением [2]:

$$A = \frac{2(2-\mu)\sigma D_n}{\delta_0^{3/2} \mu E D_k} Q_b - \frac{3\pi(1-2\mu)\sigma^2}{4\delta_0 D_k^2 E} D_n^5, \quad (6)$$

где  $\sigma$  – значение напряжения, при котором происходит разрушение вследствие сжатия;  $Q_b$  – значение энергии, вводимой в зону уплотнения.

Выражение (6) представим в следующем виде:

$$A = \frac{2(2-\mu)\sigma}{\mu E \delta_0^{3/2}} \cdot \frac{D_n}{D_k} (Q_b - Q_{min}), \quad (7)$$

здесь введено следующее обозначение:

$$Q_{min} = \frac{3\pi(1-2\mu)\mu\sigma\delta_0^{1/2} D_n^4}{8(2-\mu)D_k}. \quad (8)$$

Согласно соотношению (7), разрушение сферических частиц материала, участвующих в лобовом соударении. Будет происходить при условии:

$$Q_B \geq Q_{min}. \quad (9)$$

Значение вводимой энергии  $Q_B$  в нашем случае равно значению кинетической энергии встречного лобового соударения, а именно [3]:

$$Q_B = \frac{m_H(2v_0)^2}{2}, \quad (10)$$

Учет (3) позволяет (10) записать в виде:

$$Q_B = \frac{\pi D_H^3 v_0^2}{3} \gamma. \quad (11)$$

Знак равенства в (9) отвечает нулевому значению работы в (7), что в свою очередь приводит к разрушению материала с максимально большими кусками.

Подстановка (11) и (8) в выражение (9) позволяет получить следующее соотношение:

$$D_K = \xi_1 D_H, \quad (12)$$

где введена следующая безразмерная величина:

$$\xi_1 = \frac{9(1-2\mu)\mu\sigma\delta_0^{1/2}}{8(2-\mu)\gamma v_0^2}. \quad (13)$$

Таким образом, полученные соотношения (12) и (13) определяют степень дробления исходных частиц материала сферической формы. На рис. 1 представлена зависимость отношения конечного размера частиц материала к начальному в зависимости от радиуса схода частицы с криволинейной лопасти при лобовом столкновении.

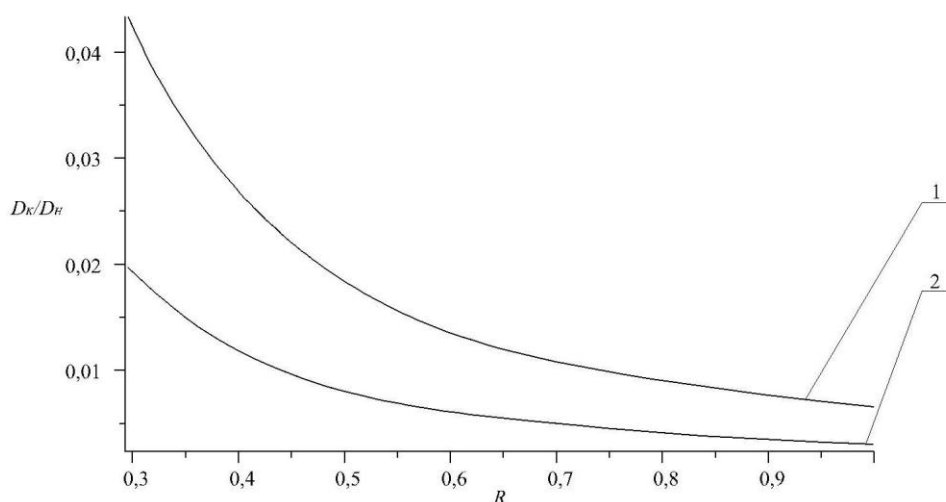


Рис. 1. График зависимости отношения конечного размера частицы материала к начальному в зависимости от изменения радиального расстояния от центра вращения до схода частицы материала с криволинейной лопасти при лобовом столкновении частиц. Материал: известняк, предел прочности на растяжение  $\sigma = 1,136 \cdot 10^7$  Па; модуль Юнга  $E = 35 \cdot 10^7$  Па; коэффициент Пуассона  $\mu = 0,2$ ; плотность  $\gamma = 2000$  кг/м<sup>3</sup>; радиус точки загрузки  $\rho_1 = R/4$ . Кривая 1 отвечает частоте вращения – 100с<sup>-1</sup>, кривая 2 соответствует частоте вращения – 200с<sup>-1</sup>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Горбань Т.Л. Определение угла схода частицы материала с поверхности лопатки ротора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 88-90.

2. Шаратов Р.Р. Шаровые мельницы замкнутого цикла. Белгород. Изд-во БГТУ, 2008. 270 с.

3. Яворский Б.М., Детлаф А.А., Лебедев А.К. Справочник по физике для инженеров и студентов ВУЗов. М.: Оникс, 2006. 1056 с.

**Semikopenko I.A., Voronov V.P., Gorban T.L., Trofimov I.O.**

## THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESS OF DESTRUCTION OF THE MATERIAL PARTICLES COUNTER FRONT KICK IN A CENTRIFUGAL COUNTERCURRENT MILL

*Given the mathematical description of the process of destruction of the material particles in the area of counter-flows in the grinding chamber of the centrifugal-flow mill. As a result of theoretical research analytical expression that allows to determine the degree of fragmentation of the original material particles of spherical shape in the area of counter-flows depending on the constructive and technological parameters of a centrifugal countercurrent mills.*

**Key words:** frontal impact, particle crushing.

Романович А.А., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ В ПРЕСС-ВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

alexejrom@yandex.ru

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по изучению процесса помола материалов, предварительно измельченных в пресс-валковом измельчителе, в шаровой мельнице, оснащенной энергообменными устройствами. Представлены уравнения регрессии, полученные в результате обработки экспериментальных данных на ЭВМ. Изучено влияние коэффициентов загрузки мелющими телами первой и второй камер мельницы, их длин, углов наклона и взаимного расположения энергообменных устройств (эллипсного сегмента и лопасти двойного действия) на выходные показатели процесса измельчения (приведенную производительность, потребляемую мощность привода и удельные энергозатраты). Установлено, что наилучшие результаты процесса дезагрегации и помола, судя по минимальным удельным энергозатратам при измельчении клинкера с анизотропной текстурой, полученной после силового деформирования между валками пресс-валкового измельчителя, равные  $q_{\min} = 22,7 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг}$  ( $Q = 170 \text{ кг/ч}$ ), достигаются при: угле наклона эллипсного сегмента  $\alpha = -30^\circ$ ; длине первой камеры  $l_1 = 0,6 \text{ м}$  и коэффициентах загрузки камер мелющими телами  $\varphi_1 = 0,16$ ;  $\varphi_2 = 0,3$ .

**Ключевые слова:** энергообменные устройства, шаровая мельница, производительность, удельный расход энергии, анизотропная текстура.

**Введение.** Согласно статистическим данным по показателю объема производства потребление энергии в России составляло 0,42 кг нефтяного эквивалента (кг н. э.) на 1 доллар ВВП. В то же время в развитых странах, таких, как Германия, Франция, Япония, Индия этот показатель не превышает – 0,14, в США – 0,19, а в Канаде – 0,25. Энергоемкость производства цемента и клинкера в России почти в два раза выше аналогичного показателя в развитых странах. В производстве цемента наилучшие мировые показатели энергоемкости находятся в диапазоне 0,09...0,11 ГД ж/т. Энергоемкость российских предприятий в этой отрасли не опускается ниже 0,2 ГД ж/т [1, 2].

При производстве вяжущих материалов одним из энергоемких процессов является тонкое измельчение шихты, реализуемое главным образом в барабанных мельницах. Однако, не смотря на кажущуюся простоту конструкции и эксплуатации, барабанные мельницы реализуют в себе не эффективный способ измельчения материалов, при котором большая часть подводимой механической энергии затрачивается на нагрев мелющих тел и измельчаемых материалов, на шумовой эффект и др., что значительно повышает энергозатраты на помол. Так, например, в среднем на помол одной тонны цемента в шаровых мельницах расходуется около 35...40 кВт·ч электроэнергии. Кроме того, реализация в шаровых мельницах сразу нескольких режимов измельчения представляет собой определенные трудности и снижает эффективность помола.

Одним из перспективных направлений как у нас в стране, так и за рубежом, является разработка энергосберегающих систем измельчения материалов с вынесением стадии грубого помола в пресс-валковый измельчитель (ПВИ) [3, 4]. Реализация в цементном производстве постадийного способа измельчения за счет создания энергосберегающих агрегатов для измельчения материалов с использованием пресс-валковых измельчителей, позволяет повысить производительность и уменьшить удельные энергозатраты 20...40 % [1, 3].

**Основная часть.** Анализ литературных данных [5, 6] и проведенные экспериментальные исследования показали, что в пресс-валковом измельчителе осуществляется значительная часть процесса помола материала. Однако при работе ПВИ в открытом цикле измельчения необходим окончательный помол материала в отдельном агрегате – в частности, в шаровой мельнице. Учитывая, что измельченный в ПВИ материал обладает специфическими свойствами, он имеет анизотропную текстуру и форму в виде спрессованных пластин, с максимальной прочностью в направлении силового воздействия, а составляющие частицы – микродефектную структуру, то для его эффективной дезагрегации и последующего тонкого измельчения целесообразно подвергать ударно-сдвиговому воздействию шаровой загрузки в первой камере мельницы и раздавливающе-сдвиговому – во второй. Такое воздействие мелющих тел можно получить установив в барабане мельницы энергообменные устройства (ЭУ): лопасть двойного действия (ЛДД) и эллипсный сегмент (ЭС).



Однако эффективность процесса измельчения материалов в ШМ с ЛЭУ зависит от многих факторов: схемы установки ЭУ, взаимного положения ЛДД и ЭС, коэффициентов загрузки камер мельницы, их длин и др. С целью определения их рациональных величин нами были проведены экспериментальные исследования по изучению рациональных условий помола предварительно измельченного в ПВИ материала в ШМ, оснащенной ЭУ.

С применением метода математического планирования эксперимента по ЦКОП-2<sup>5</sup> была изучена зависимость  $E, Q, N, q = f(\varphi_1; \varphi_2; L_1; \alpha; \xi)$ . За исследуемые параметры были приняты: коэффициенты загрузки мелющими телами первой

$\varphi_1$  и второй  $\varphi_2$  камер мельницы, длина первой камеры  $l_1$ , угол наклона ЭС  $\alpha$  и угол их смещения ЭС и ЛДД  $\xi$  относительно друг друга.

Для оценки эффективности процесса дезагломерации и помола клинкера с анизотропной текстурой, полученной после измельчения в ПВИ, в ШМ с ЭУ в качестве выходных параметров были приняты: производительность  $Q$ , приведенная к суммарному остатку на сите  $\Sigma R_{008}$ , равном 10 %, потребляемая мощность приводом  $N$  и удельный расход электроэнергии  $q$ .

Проведенные поисковые исследования позволили установить рациональные уровни варьирования факторов, которые сведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни варьирования фактов

Факторы	Кодир. обозначения	Величина шага	Значение варьируемых параметров				
			-1,547	-1	0	1	1,547
$\varphi_1$	$X_1$	0,02	0,149	0,16	0,18	0,2	0,211
$\varphi_2$	$X_2$	0,02	0,269	0,28	0,3	0,32	0,331
$l_1$ , м	$X_3$	0,15	0,42	0,5	0,65	0,8	0,88
$\alpha$ , град	$X_4$	30	-48,2	-30	0	30	48,2
$\xi$ , град	$X_5$	90	-139,2	-90	0	90	139,2

После обработки результатов исследований на ЭВМ были получены уравнения, которые в кодированной форме имеют вид:

– для определения производительности приведенной к остатку на сите  $\Sigma R_{008}$ :

$$Q = 166,5663 - 9,7\varphi_1 + 446\varphi_2 + 103,84l_1 + 0,02\alpha - 0,02\xi + 1435\varphi_1\varphi_2 - 2,7\varphi_1^2 - 67\varphi_1l_1 - 0,523\varphi_1\alpha - 0,01\varphi_1\xi - 11000\varphi_2^2 + 41,33\varphi_2l_1 - 0,315\varphi_2\alpha + 0,07\varphi_3\xi - 294,9l_1^2 + 0,0069l_4\alpha + 0,011l_1\xi + 0,04\alpha_5 \quad (1)$$

– для определения потребляемой мощности привода:

$$N = 3,3 - 4,37\varphi_1 + 16\varphi_2 - 0,5l_1 - 0,02\alpha + 117,5\varphi_1^2 + 52,5\varphi_1\varphi_2 - 3,64\varphi_1l_1 + 0,01\varphi_1\alpha + 0,002\xi - 85\varphi_2^2 - 8,75\varphi_2l_1 + 0,05\varphi_2\alpha - 0,006\varphi_2\xi - 302l_1\varphi_2 - 0,0003\xi^2 \quad (2)$$

– для определения удельного расхода электроэнергии:

$$q = 22,813 - 32,5\varphi_1 + 36,6\varphi_2 + 18,8l_1 + 0,02\alpha + 1885\varphi_1^2 + 64,1l_1^2 - 0,03\alpha^2 + 0,0004\xi^2 + 2302\varphi^2 - 102,5\varphi_1\varphi_2 + 0,037\varphi_1\alpha + 11,33\varphi_1l_1 - 0,02\varphi_1\xi + 23\varphi_2l_1 + 0,06\varphi_2\alpha - l_1^2 + 0,0002l_1\xi \quad (3)$$

При помощи ЭВМ по уравнениям регрессии были получены графические зависимости  $Q, N, q = f(\varphi_1, \varphi_2, l_1, \alpha, \xi)$ , представленные на рис. 1...4.

Анализ графической зависимости  $Q, N, q = f(\varphi_1, l_1)$  (рис.1) позволил установить, что при увеличении коэффициента загрузки мелющими телами первой камеры мельницы в диапазоне от  $\varphi_1 = 0,149$  до  $\varphi_1 = 0,211$  потребляемая мощность возрастает пропорционально с  $N = 4,15 \cdot 10^3$  Вт до  $N = 4,55 \cdot 10^3$  Вт на 8,5 %.

Приведенная производительность возрастает пропорционально приросту массы мелющих тел в первой камере от 0,149 до 0,16 с  $Q = 164,1$  кг/ч до  $Q = 165,7$  кг/ч, т.е. на 1...2 %. Однако, при дальнейшем увеличении  $\varphi_1$  до  $\varphi_1 = 0,211$  наблюдается уменьшение величины прироста  $Q$  – с  $Q = 165,7$  кг/ч до  $Q = 166,4$  кг/ч (менее 1 %). Удельный расход электроэнергии при ( $l_1=0,6$  м) остается практически неизменным и равным  $q = 22,7...23,5$  Вт·ч/кг.

Из вышесказанного вытекает следующий вывод, что наиболее эффективно процесс из-

мельчения, исходя из величины удельных энергозатрат, осуществляется при

$\varphi_1 = 0,16$ , что значительно ниже, чем при измельчении клинкера традиционным способом в шаровой мельнице (без ПВИ).

При изменении длины первой камеры (рис. 1, а) в диапазоне от  $l_1 = 0,42$  м до  $l_1 = 0,88$  м приведенная производительность изменяется по зависимости, имеющей экстремум при  $l_1 = 0,6$  м. Изменение длины первой камеры мельницы в ту или в другую сторону приводит к уменьшению производительности. Так при уменьшении длины первой камеры от  $l_1 = 0,6$  м до  $l_1 = 0,42$  м (рис. 1, в) наблюдается рост удельного расхода электроэнергии с  $q = 22,7$  Вт·ч/кг до  $q = 23,7$  Вт·ч/кг, т.е. на 4,5 %. Увеличение длины первой камеры до  $l_1 = 0,88$  м приводит к увеличению  $q$  до  $q = 24,9$  Вт·ч/кг – на 9,7%. Это указывает на то, что рациональная длина первой камеры при помоле клинкера предварительно измельченного в ПВИ равна  $l_1 = 0,6$  м, что соответствует  $l_1 = 0,3L$ , где  $L$  – длина барабана мельницы.

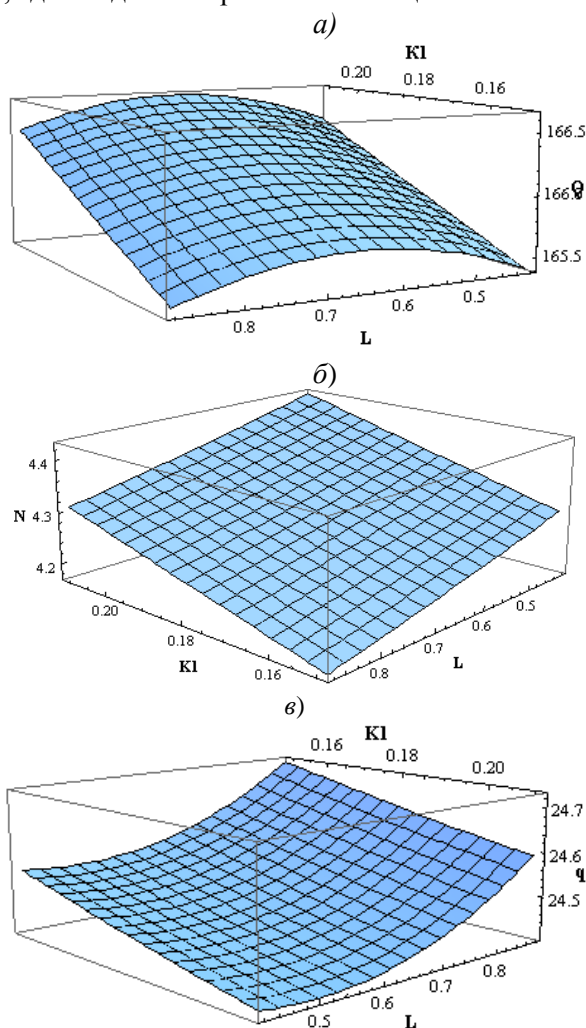


Рис. 1. Влияние величины загрузки мелющими телами первой камеры на  $Q, N, q$  при различной ее длине, ( $\varphi_2 = 0,3$ ;  $\xi = 0$ ;  $\alpha = -30^\circ$ )

Анализ графической зависимости (рис. 2)  $Q, N, q = f(\varphi_2, \alpha)$  показал, что при изменении угла наклона ЭС от вертикальной оси мельницы ( $\alpha = 0^\circ$ ) на угол  $\alpha = -30^\circ$  (равно 0,53 радиан) от днища мельницы происходит прирост приведенной производительности с  $Q = 158$  кг/ч до  $Q = 159,5$  кг/ч – на 3,9 %. Удельные энергозатраты же при изменении  $\alpha$  в этом диапазоне ( $\alpha = 0^\circ \dots -30^\circ$ ), снижаются до экстремума  $q = 23,0$  Вт·ч/кг. Дальнейшее увеличение угла наклона ЭС до  $\alpha = -48,2^\circ$  приводит к росту удельных энергозатрат с  $q = 23,0$  Вт·ч/кг до  $q = 23,7$  Вт·ч/кг (на 3 %) и более существенному приросту  $N$  на 5 % ( $N = 4,2 \cdot 10^3$  Вт до  $N = 4,4 \cdot 10^3$  Вт). Это объясняется тем, что при наклоне ЭС, в сторону разгрузочного днища мельницы на угол  $\alpha = 48^\circ$  осуществляется смешанный режим работы мелющих тел во второй камере мельницы, так как часть мелющей загрузки захватывается ЭС и поднимается на большую высоту, создавая тем самым водопадный режим измельчения, вместо требуемого каскадного. При этом, несмотря на то, что совершается большая работа мелющей загрузкой, это не приводит к существенному приросту приведенной производительности  $Q$  (с  $Q = 159,5$  кг/ч до  $Q = 160,2$  кг/ч). Удельные энергозатраты при этом возрастают более существенно с  $q = 23,0$  Вт·ч/кг до  $q = 25,5$  Вт·ч/кг, т.е. на 10,8 %, что обусловлено более значительным приростом  $N$ . Увеличение угла наклона ЭС в сторону разгрузочного днища мельницы до  $\alpha = 48,2^\circ$  ведет к приросту  $N$  на 4,8 % ( $N = 4,2 \cdot 10^3$  Вт до  $N = 4,4 \cdot 10^3$  Вт), при незначительном росте  $Q$  (с  $Q = 159,5$  кг/ч до  $Q = 160,2$  кг/ч), что сказывается на росте  $q$  с  $q = 23,7$  Вт·ч/кг до  $q = 25,5$  Вт·ч/кг (на 6,7 %).

Из вышесказанного следует, что при помоле предварительно измельченных в ПВИ материалов с анизотропной текстурой, наиболее рациональным является угол наклона ЭС, равный  $30^\circ$  (0,53 радиан), а эллипсный сегмент должен быть наклонен от разгрузочного днища мельницы. Это объясняется тем, что данное расположение ЭС способствует интенсивному раздавливающе-истирающему воздействию мелющей загрузки на измельчаемый материал, при этом не нарушается каскадный режим работы мельницы в камере домолы.

Увеличение коэффициента загрузки мелющими телами второй камеры от  $\varphi_2 = 0,269$  до  $\varphi_2 = 0,331$  ведет к незначительному пропорциональному приросту приведенной производительности и потребляемой мощности приводом, что вызывает небольшой рост удельных энергозатрат. Это свидетельствует, что усиление раздавливающе-сдвигового деформирования поло-

жительно сказывается на процессе помола материалов с анизотропной текстурой.

Из анализа графической зависимости  $Q, N, q = f(\xi, \varphi_2)$  (рис. 3) установлено, что взаимное расположение ЛДД и ЭС в барабане мельницы оказывает существенное влияние на процесс помола материалов с анизотропной текстурой.

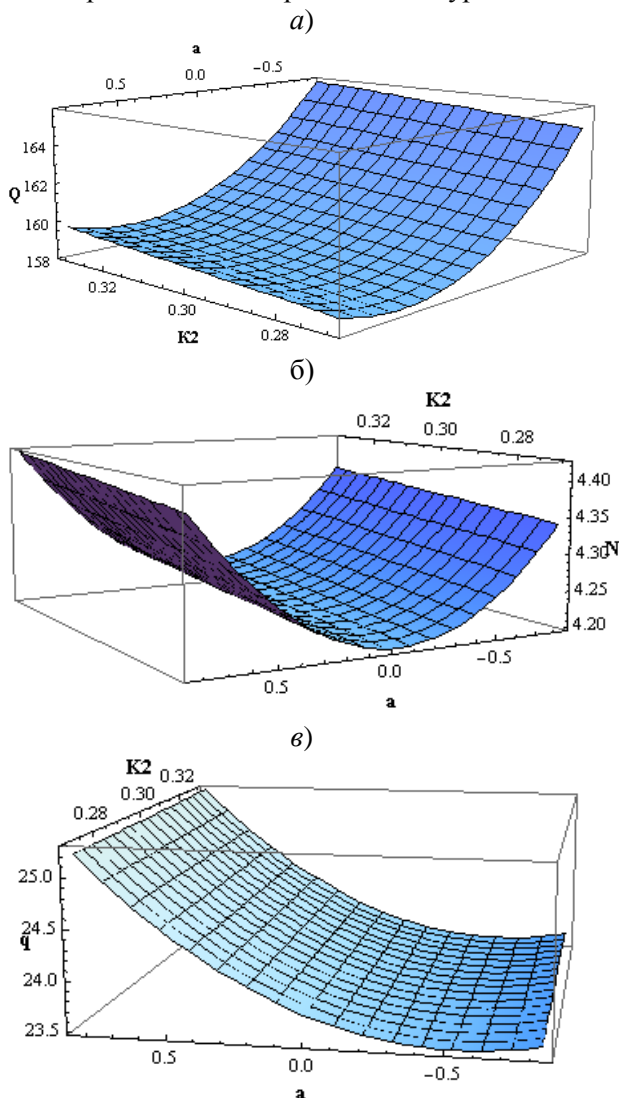


Рис. 2. Влияние угла наклона ЭС на  $Q, N, q$  при различной величине загрузки мелющими телами второй камеры, ( $\varphi_1 = 0,16$ ;  $\xi = 0^\circ$ ;  $l_1 = 0,6$ )

Так, расположение ЛДД и ЭС в барабане мельницы, когда их рабочие поверхности параллельны между собой позволяет получить наилучшие результаты выходных показателей ( $Q = 170$  кг/ч;  $q = 22,7$  Вт·ч/кг при  $(\varphi_2, \varphi_1, \alpha; l_1 = \text{const})$ ).

Об этом свидетельствуют экстремумы исследуемых функций. Это объясняется тем, что такое расположение энергообменных устройств в барабане мельницы способствует созданию интенсивного раздавливающе-истирающего воздействия мелющих тел на измельчаемый материал. При изменении вышеуказанного расположения энергообменных устройств (поворот

ЭС относительно ЛДД по ходу или против хода вращения барабана мельницы) приводит к ухудшению процесса помола материала. Так, например, поворот ЭС относительно ЛДД по направлению вращения барабана на величину угла от  $\xi = 0^\circ$  до  $\xi = 139,2^\circ$  (2,426 радиан) приводит к приросту потребляемой мощности привода с  $N = 3,86 \cdot 10^3$  Вт до  $N = 4,8 \cdot 10^3$  Вт, т.е. на 20 % и к снижению приведенной производительности с  $Q = 170$  кг/ч до  $Q = 140,2$  кг/ч, т.е. на 10,2 %. Такое изменение  $N$  и  $Q$  сказывается на величине удельных энергозатрат, которые возрастают с  $q = 22,7$  Вт·ч/кг до  $q = 34,2$  Вт·ч/кг – на 33,6 %.

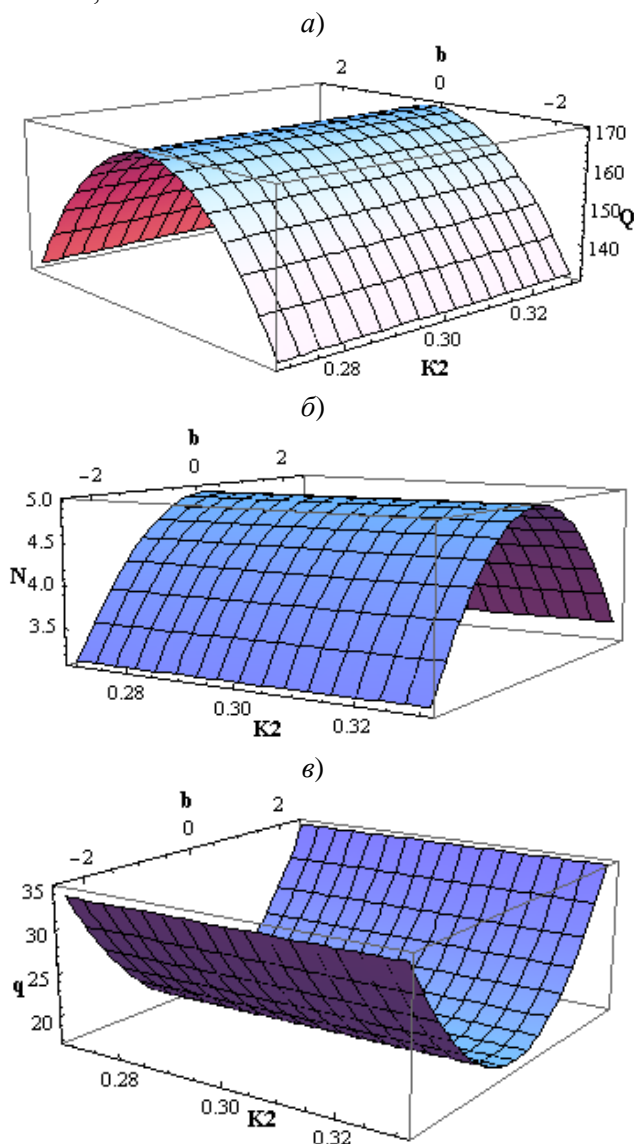


Рис. 3. Влияние угла смещения ЭС относительно ЛДД на  $Q, N, q$  при различной величине загрузки мелющими телами второй камеры, ( $\varphi_1 = 0,16$ ;  $\alpha = -30^\circ$ ;  $l_1 = 0,6$  м)

При смещении ЭС на ту же величину угла в противоположном направлении приводит также к ухудшению выходных показателей процесса помола. Снижение эффективности процесса по-

мола при повороте ЭС относительно ЛДД в ту или другую сторону объясняется созданием во второй камере мельницы условий, при которых часть мелющей загрузки работает в водопадном режиме. Такое движение мелющих тел обеспечивается за счет образования между ЭУ пространственной трапециевидальной фигуры, что способствует поднятию мелющей загрузки на большую высоту. Не симметричный характер изменения показателей при одинаковом угле поворота ЭС «по» и «против» направлений вращения барабана обусловлен различным пространственным положением их относительно друг друга.

При увеличении коэффициента загрузки мельницы мелющими телами (рис. 3) от  $\varphi_2 = 0,269$  до  $\varphi_2 = 0,3$  (при  $\xi = 0^\circ$ ) наблюдается незначительное снижение удельного расхода электроэнергии  $q = 23,8$  Вт·ч/кг до  $q = 22,7$  Вт·ч/кг, т.е. на 4,6%. Это обусловлено более быстрым приростом производительности, чем потребляемой мощности приводом. Дальнейшее увеличение  $\varphi_2$  до  $\varphi_2 = 0,331$  не приводит к существенному улучшению выходных показателей.

Это указывает на необходимость поддержания коэффициента загрузки мелющими телами второй камеры мельницы равным  $\varphi_2 = 0,3$  при помоле в шаровой мельнице, оснащенной энергообменными устройствами материалов предварительно измельченных в ПВИ.

Анализ графической зависимости  $Q, N, q = f(l, \alpha)$  (рис. 4) позволил установить влияние длин камер на выходные параметры шаровой мельницы при различном угле наклона эллипсного сегмента.

Экстремумы функций, описывающих изменение производительности  $Q$  и удельных энергозатрат  $q$  при различном угле наклона лопастного эллипсного сегмента, соответствуют положению длины первой камеры на графиках, равному  $l_1 = 0,6$  м.

Изменение угла наклона лопастного эллипсного сегмента  $\alpha$  от вертикального положения в ту или другую сторону до  $\alpha = -48,2^\circ$  и  $\alpha = 48,2^\circ$  (рис. 4) влечет за собой изменение характера воздействия эллипсного сегмента на мелющую загрузку, что отрицательно сказывается на производительности агрегата. Изменение длины первой камеры от положения  $l_1 = 0,6$  м, приводит к снижению производительности мельницы, так как при уменьшении её длины более грубый продукт поступает в камеру тонкого помола, а при увеличении её длины, уменьшается вторая камера мельницы, что не обеспечивает требуемого качества помола. Наилучшие результаты процесса дезагрегации и помола, судя по минимальным удельным энер-

гозатратам при измельчении клинкера с анизотропной текстурой, полученной после силового деформирования между вальками пресс-валькового измельчителя, равные  $q_{\min} = 22,7$  Вт·ч/кг ( $Q = 170$  кг/ч), достигаются при: угле наклона эллипсного сегмента  $\alpha = -30^\circ$ ; длине первой камеры  $l_1 = 0,6$  м; коэффициентах загрузки камер мелющими телами  $\varphi_1 = 0,16$ ;  $\varphi_2 = 0,3$ ; при этом угол смещения ЛДД относительно ЭС равен  $\xi = 0^\circ$ .

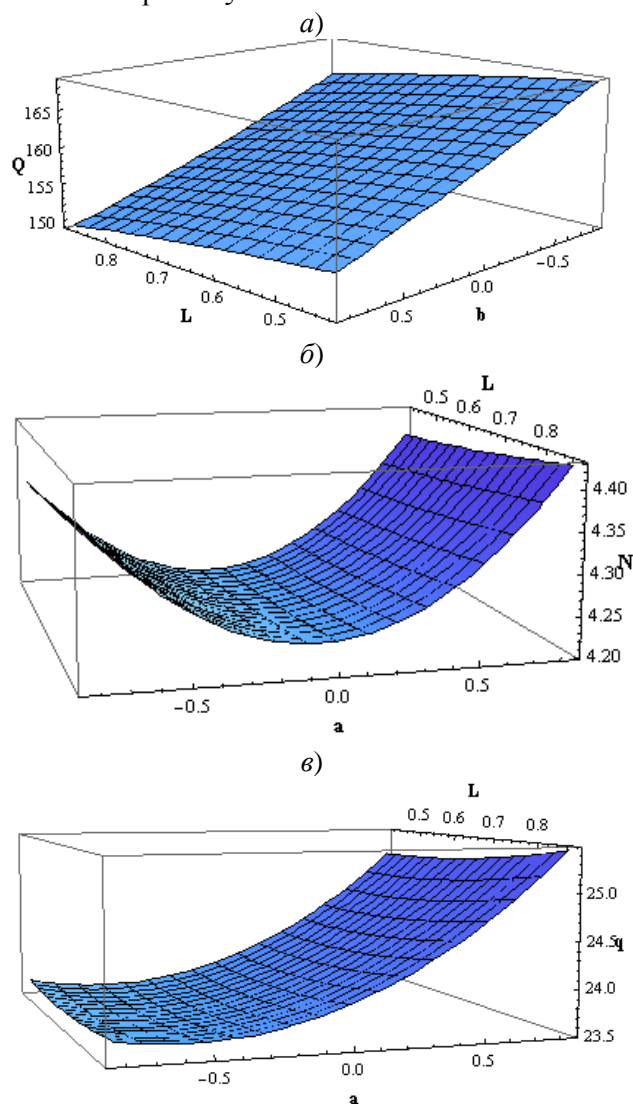


Рис. 4. Влияние длины первой камеры на  $Q, N, q$  при различном угле наклона ЭС:  
( $\varphi_1 = 0,16$ ;  $\xi = 0^\circ$ ;  $\varphi_2 = 0,3$ )

**Вывод.** Таким образом, проведенные экспериментальные исследования по изучению процесса дезагломерации и помола предварительно измельченных в ПВИ материалов и имеющих анизотропную текстуру в шаровой мельнице, оснащенной ЭУ, свидетельствуют о целесообразности реализации ударно-сдвигового воздействия шаровой загрузки в первой камере мельницы и раздавливающе-сдвигового её воз-

действия во второй. Рациональные режимы работы мелющей тел обеспечиваются при установке ЭС наклоненным от разгрузочного днища под углом  $30^\circ$  от вертикальной оси барабана мельницы, когда его рабочая поверхность расположена параллельно ЛДД при  $\varphi_1 = 0,16$ ,  $\varphi_2 = 0,3$ ,  $l_1 = 0,6$  м и  $\xi = 0^\circ$  при этом достигаются следующие результаты:  $q_{\min} = 22,7$  Вт·ч/кг,  $N = 3,86 \times 10^3$  Вт,  $Q = 170$  кг/ч.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А., Глаголев Е.С., Бабаевский А. Н. Технология получения вяжущих с использованием техногенных отходов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 102-105.
2. Биннер Й., Ассмус Р., Щеголяев Е. Технология измельчения и классификация шлака // Цемент и его применение. 2006. № 5. С. 31-36.
3. Мельница POLYCOM фирмы KRUP Polysius AG – революция в области дробильного оборудования // Горная промышленность. 1996. №4. С. 20.
4. Tratner R. Modernisierung von Production – sanlagen Guttbett Walzenmuhlen fur Rohmaterial und Klinker // Zement – Kalk – Gips. 1987. № 7. P. 354-359.
5. Wustner H. Energy – saving with the roller press comminution process // World Cement. 1986. № 3. P. 94-96.
6. Romanovich M., Romanovich L., Rudichev A., Lycheva A. Incentives for Innovative Activity of Young Scientists on the Basis of Higher Educational Institutions in Russia // World Applied Sciences Journal. T. 25. № 12. P. 1754-1757.

**Romanovich A.A.**

### STUDY OF GRINDING MATERIALS IN THE PRE-GRINDING ROLLER PRESS MILL

*The paper presents the results of experimental studies on the process of grinding materials, pre-shredded in the roller press mill, ball mill, equipped with energy-exchange devices. Presents the regression equation derived from the analysis of experimental data on a computer. The effect of load factors milling bodies of the first and second chambers of the mill, their lengths, angles and arrangement of energy-exchange devices (elliptical segment and double action blade) Weekend rates grinding process (reduced performance, power consumption of the drive and the specific energy consumption). Found that the best results of the process of disaggregation and milling, according to the minimum specific energy consumption by grinding clinker with anisotropic texture obtained after deformation force between the rollers roller press mill, equal  $q_{\min} = 22,7$  W · h / kg ( $Q = 170$  kg / h), achieved by: an inclination elliptical segment  $30^\circ$ ;  $-\alpha$  – the length of the first chamber  $l_1 = 0,6$  m and load factors cameras grinding bodies  $j_1 = 0,16$ ;  $j_2 = 0,3$ .*

**Key words:** energy-exchange devices, ball mill, productivity, specific energy consumption, anisotropic texture.



Федоренко М.А., д-р техн. наук, проф.,  
Бондаренко Ю.А., д-р техн. наук, проф.,  
Санина Т.М., канд. техн. наук, доц.,  
Антонов С. И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ

siantonov88@mail.ru

В статье рассмотрен метод снижения выбросов пыли в атмосферу. Разработана конструкция уплотнительного устройства, направленная на полное удаление просыпи пыли и снижение пылеобразования, в результате чего происходит качественная очистка устройства с удалением пыли в холодильник в спокойном состоянии без пыления. Использование разработанного устройства возврата пыли позволяет снизить необходимость дополнительного подогрева воздуха, устраняется шум, снижается пылеобразование и происходит полное удаление пыли.

**Ключевые слова:** снижение выброса пыли, уплотнительное устройство, снижение пылеобразования.

**Введение.** Роль цемента в настоящее время очень велика и спрос на цемент значительно увеличила модернизация промышленных предприятий. Цемент, бетон и железобетон являются одними из основных строительных материалов, которые используются в самых разнообразных областях производства и строительства. При этом цемент остается универсальным и относительно недорогим продуктом, для изготовления которого используются широко распространенные материалы.

На основании данных, представленных Федеральной Службой Государственной Статистики Российской Федерации, объем произведенного цемента в 2013 году составил более 66 миллионов тонн, что на 7,7 % больше, чем в 2012 году, примерно на 18 % больше, чем в 2011 году и на 31,6 % больше, по сравнению с 2010 годом.

Таким образом, можно отметить, что цементный рынок в нашей стране активно развивается, но цементная промышленность с трудом удовлетворяет запросы потребителей. Высокие издержки производства, малая эффективность и значительный износ производственных мощностей являются ограничительными факторами.

**Основная часть.** Основным источником пыли на цементных предприятиях обычно являются вращающиеся печи, клинкерные холодильники, мельницы. Специальные методы принимаются для снижения количества выбросов пыли в окружающую среду [1...3]. Многие печи не имеют на загрузочном и разгрузочном концах уплотнительных устройств, которые перекрывают зазоры между корпусом печи и пыльной камерой (рис. 1).

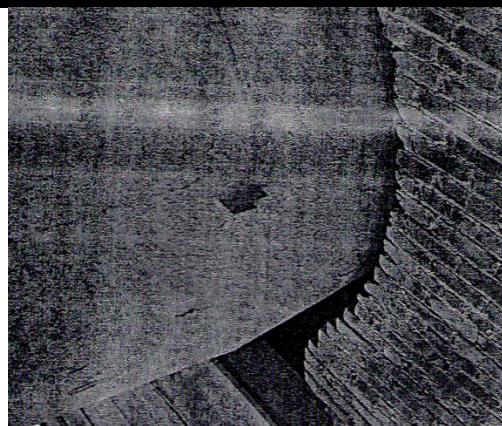


Рис. 1. Холодильная камера

На некоторых печах встречаются разрушенные стенки холодильников (рис. 2).

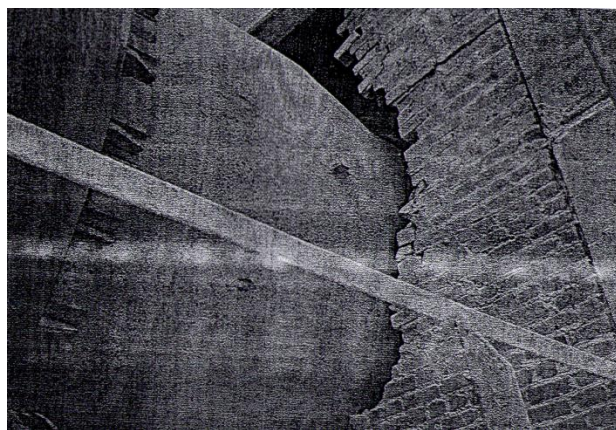


Рис. 2. Разрушение стенки холодильника

Ряд печей работает без уплотнений (рис. 3).

В качестве метода снижения выбросов пыли из выше указанного оборудования представляется возможным использование современных уплотнений [4...6], применение которых также позволяет снизить энергопотребление. Некоторые предприятия используют самодельные уплотнительные устройства (рис. 4).

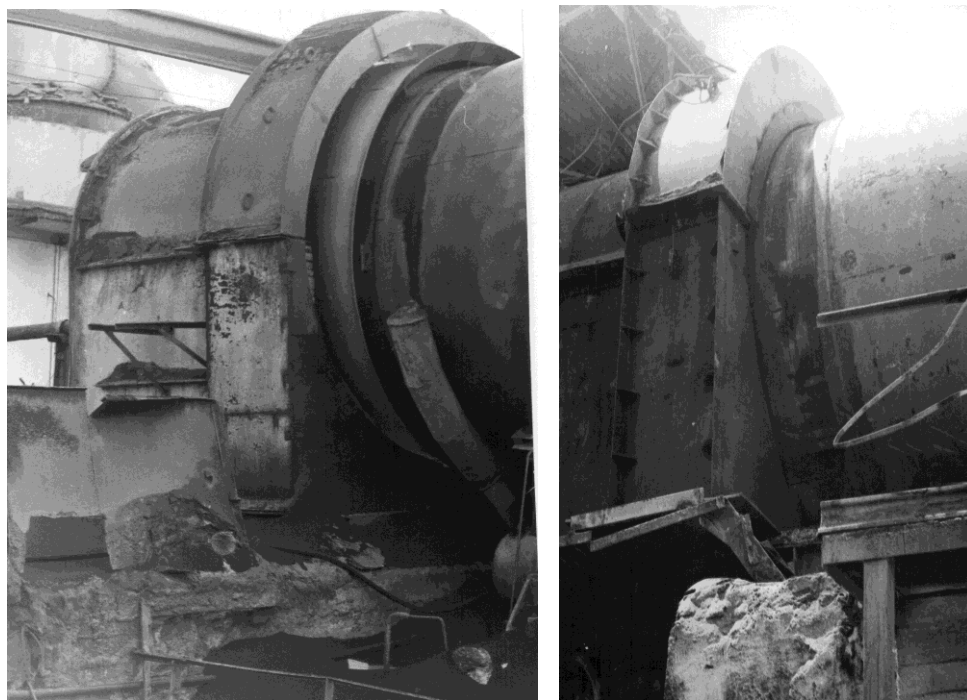


Рис. 3. Отсутствие уплотнительного устройства

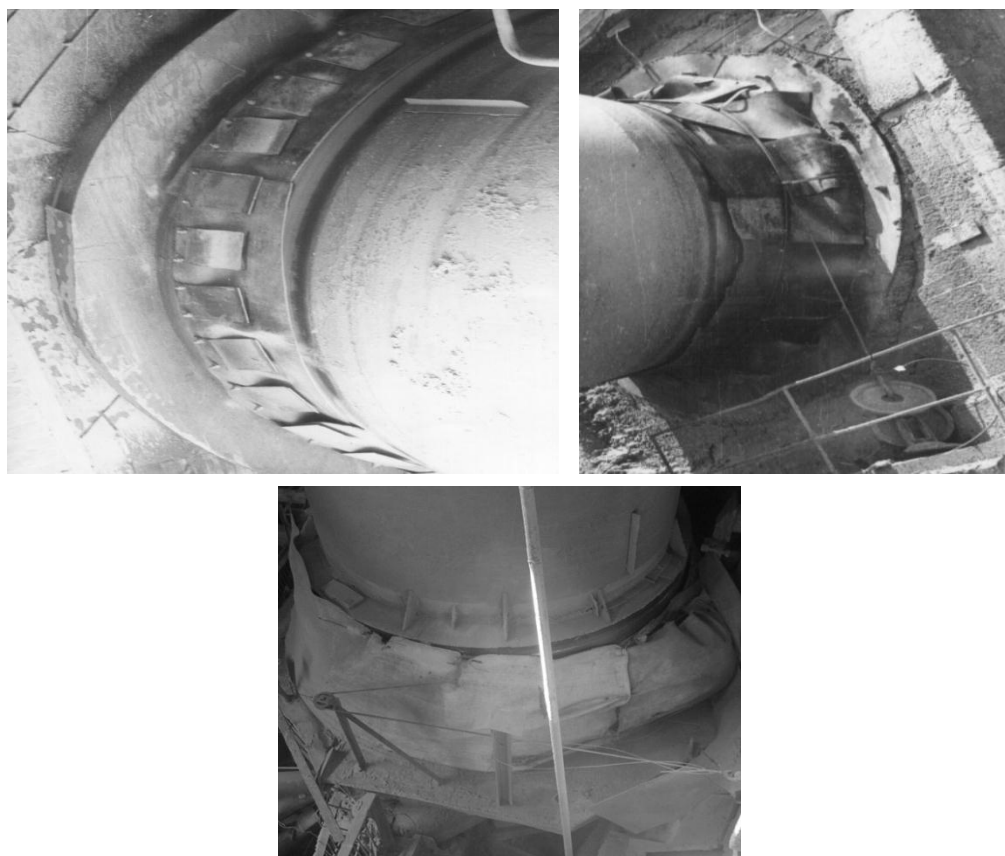


Рис. 4. Самодельные уплотнительные устройства

Применяемые уплотнительные устройства не обеспечивают предотвращения подсосов наружного воздуха в печь и не предотвращают выбросы клинкерной пыли в атмосферу из холодильника (рис. 5).

На некоторых цементных заводах для того, чтобы не пережигать сырье, вместо уменьшения

расхода газа (рис. 6), газовую трубу выводят через большой проем, смотровые окна не застекляют и открывают двери, понижая, таким образом, температуру обжига сырья, за счет вовлечения в печь наружного воздуха.



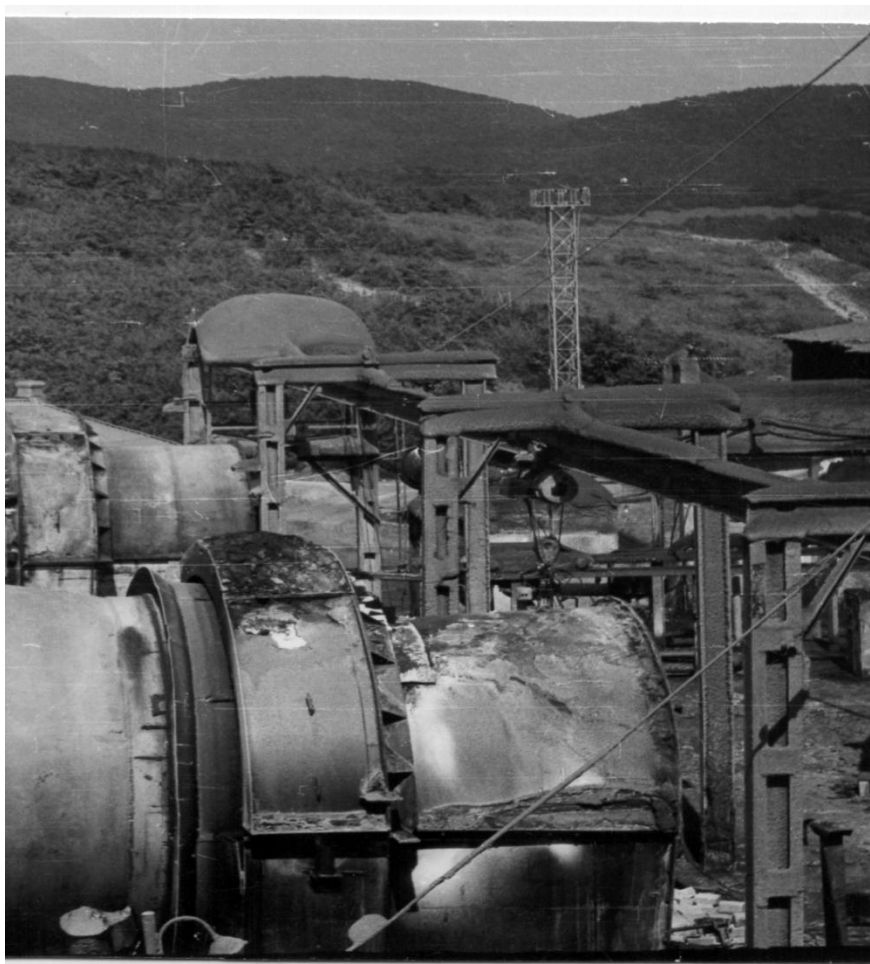


Рис. 5. Разрушение печи налипанием пыли



Рис. 6. Вовлечение воздуха в печь

При отсутствии уплотнительного устройства в печь вовлекается большой объем наружного воздуха, который надо нагреть до температуры протекания технологического процесса. Кроме того, надо использовать транспорт для вывоза клинкерной пыли, выбрасываемой в атмосферу через различного вида проемы, и оседаемой возле горячего конца печи. Наружный воздух, попадая через зазоры уплотнения в загрузочной части печи, увеличивает ее разрежение, поэтому необходимо устранить процессы вовлечения воздуха или увеличить мощность вентиляторов дымососов, для чего требуется дополнительная электроэнергия. При увеличении противодействия происходит временное запирание корпуса печи и выброс газов и пыли на горячем конце печи. Следовательно, для

удовлетворительной работы печи требуется устранить все зазоры, через которые поступает наружный воздух, особенно зазор на разгрузочном конце, в месте соединения печи с холодильной камерой. Этот зазор выполняется конструктивно, так как вращающаяся печь имеет радиальное биение и продольное перемещение. Уплотнение должно надежно перекрывать этот зазор и устранить поступление наружного воздуха и выброс пыли в атмосферу.

Разработанная конструкция уплотнительного устройства (рис. 7) направлена на полное удаление просыпи пыли и снижение пылеобразования, в результате происходит качественная очистка устройства с удалением пыли в холодильник в спокойном состоянии без пыления.

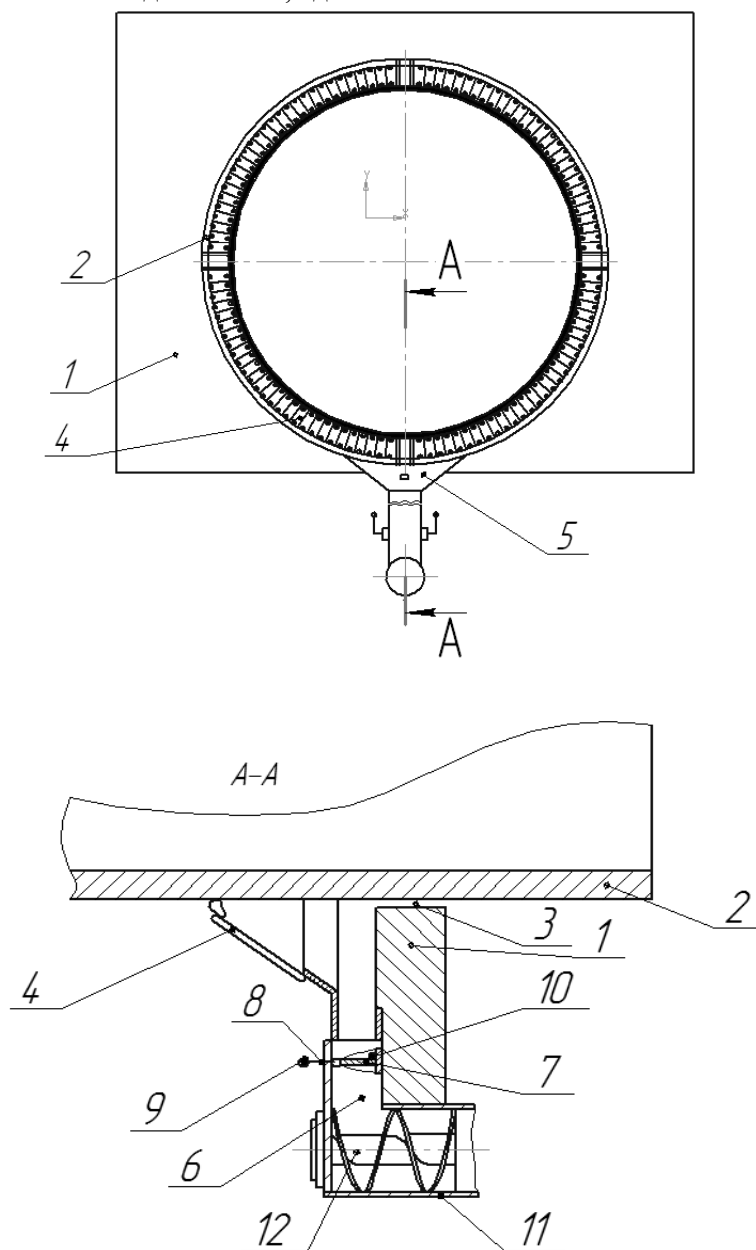


Рис. 7. Уплотнительное устройство

Уплотнительное устройство является уплотнительным устройством лепесткового типа с размещенным внизу коническим бункером. К бункеру прикреплен вертикальный трубопровод с регулируемой заслонкой. Вертикальный трубопровод соединен с горизонтальным трубопроводом, внутри которого расположен вращающийся шнек.

Устройство возврата клинкерной пыли в холодильник располагается на боковой стенке холодильника 1 в который входит вращающаяся печь 2. Между печью и холодильником имеется зазор 3, через который твердые вещества и пыль под давлением газов проникают во внутреннее пространство уплотнительного устройства лепесткового типа 4, которое установлено на стенке холодильника, с расположенным внизу коническим бункером 5. К коническому бункеру крепится вертикальный трубопровод 6, в котором расположена регулируемая заслонка 7 с резьбовым рычагом 8, на котором расположены регулировочные грузы 9 и упор 10. К вертикальному трубопроводу крепится горизонтальный трубопровод 11, в нижней части которого, расположен вращающийся шнек 12.

Удаление твердых веществ, составляющих клинкерную пыль из внутреннего пространства уплотнительного устройства лепесткового типа происходит следующим образом. При работе вращающейся печи 2 твердые вещества и пыль через зазор 3 под давлением газов, возникающих

в холодильнике 1, проникают во внутреннее пространство уплотнительного устройства лепесткового типа 4. Оттуда ссыпаются в конический бункер 5, а затем в вертикальный трубопровод 6. Далее попадают на заслонку 7, которая содержит резьбовой рычаг 8 с расположенными на нем регулировочными грузами 9 и упором 10. Заслонка перекрывает доступ газов из холодильника во внутреннее пространство уплотнительного устройства лепесткового типа, что уменьшает пылеобразование. В результате накопления твердых частиц на заслонке возникает опрокидывающий момент. Когда он больше момента грузов, заслонка 7 поворачивается, и просыпавшаяся масса твердых частиц, через вертикальный трубопровод 6 просыпается в горизонтальный трубопровод 11. С помощью вращающегося шнека 12 просыпь пыли и крупные частицы перемещаются на малой скорости по горизонтальному трубопроводу, и в результате аккуратно ссыпаются в холодильник.

Под действием вращающего шнека просыпь пыли и крупные частицы перемещаются и в результате чего легко ссыпаются в холодильник.

Использование такого устройства возврата клинкерной пыли (твердых веществ) в холодильник позволяет своевременно удалять ее, при этом обеспечивается полнота сброса пыли в этот холодильник (рис. 8).

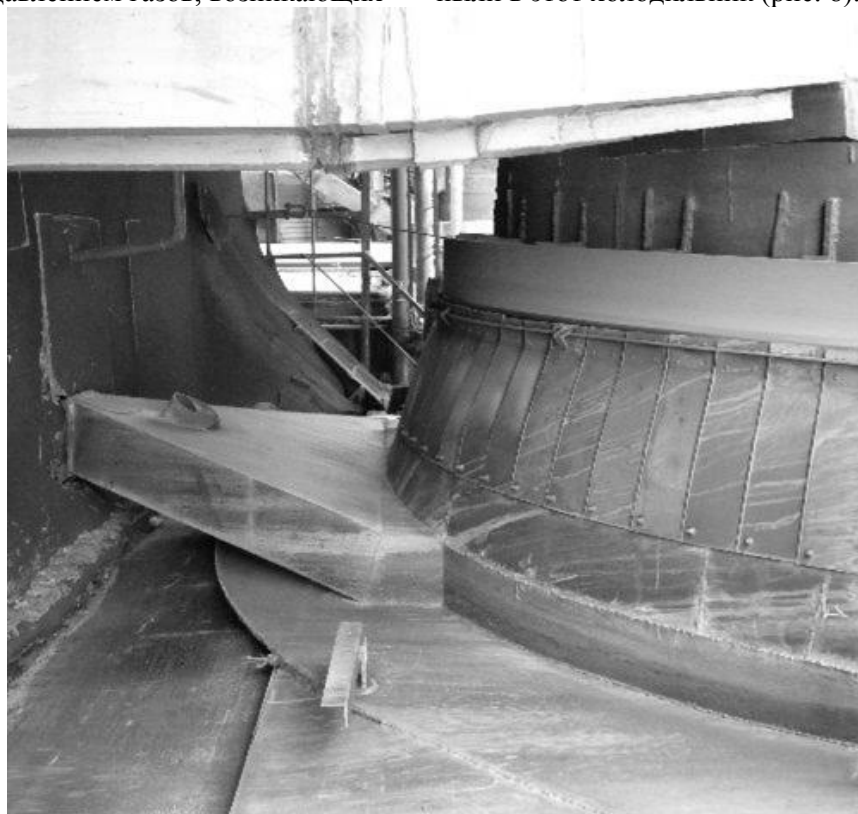


Рис. 8. Установленное на предприятии уплотнительное устройство

**Выводы.** Использование предлагаемого устройства возврата пыли позволяет снизить необходимость дополнительного подогрева воздуха, который поступал через пневмоструйную камеру для чистки трубопровода; устраняется шум, возникающий при работе пневмоструйной камеры; устраняется необходимость в установке вибратора; устраняется смешивание пыли с воздухом, в результате чего образовывалось пыльное облако, которое затеняет тепловое излучение пламени холодильника; устраняется вовлечение пылевого облака в печь.

В уплотнительном устройстве пыль поступает в холодильник с помощью шнека с малой скоростью, в результате чего не образуется пылевое облако, т.е. снижается пылеобразование и происходит полное удаление пыли.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Санина Т.М., Афонин В.Г., Антонов С.И. Система устранения выброса пыли в атмосферу // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 67-68.
2. Патент на полезную модель № 2012110443/15, 19.03.2012. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Маркова О.В. Вращающаяся цементная печь // Патент России № 121561.2012.
3. Федоренко М.А. Бондаренко Ю.А., Санина Т.М. Энергосберегающие методы восстановления работоспособности оборудования промышленности строительных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 161 С.
4. Хуртасенко А.В. Технология восстановительной обработки крупногабаритных деталей с использованием методов активного контроля. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 144 С.
5. Патент на полезную модель № 2012114365/02, 11.04.2012. Погонин Д.А., Чепчуров М.С., Жуков Е.М. Станочный модуль для восстановительной обработки крупногабаритных тел вращения // Патент России № 120029.2012.
6. Чепчуров М.С., Феофанов А.Н. Управление специальным станочным модулем при восстановительной обработке поверхностей крупногабаритных деталей // Ремонт, восстановление, модернизация. 2012. № 11. С. 3-6.

**Fedorenko M.A., Bondarenko U.A., Sanina T.M., Antonov S.I.**

#### **PROBLEMS OF ENERGY SAVING AND REDUCTION OF CEMENT KILN DUST**

*This paper presents a method of reducing dust emissions in the atmosphere. The design of the sealing device, aimed at complete removal of spillage and dust reduction dust, resulting in high quality cleaning devices for removing dust in the refrigerator in a quiet state without dusting. Using the developed device dust return reduces the need for additional air heating, eliminates noise, reduced dust formation and there is a complete removal of dust.*

**Key words:** *reduction of dust emissions, the sealing device, reduce dust generation.*

Полунин А.И., канд. техн. наук, доц.,  
Смышляева Л.Г., инж.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОБ ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЦА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО КОЛЕБАНИЙ ПРИ ВРАЩЕНИИ НА ДВУХ ОПОРНЫХ РОЛИКАХ\*

polynin@intbel.ru

*В статье представлены результаты исследований характеристик точности оценки ширины кольца по результатам измерений его радиальных колебаний при вращении на двух опорных роликах. Идентификация осуществляется методом максимального правдоподобия. Приведены уравнения динамики вращающегося на опорах кольца, расчетные алгоритмы, результаты расчетов.*

**Ключевые слова:** мобильная технология обработки крупногабаритных колец, идентификация параметров кольца, уравнения динамики вращающегося на опорах кольца, среднеквадратическая погрешность оценки параметров кольца, метод максимального правдоподобия.

**Введение.** Одним из современных методов повышения производительности труда в промышленности при обработке и исправлении формы поверхности крупногабаритных (диаметром до нескольких метров) тел вращения – оболочек, колец, является использование мобильной (в некоторой литературе безрамной) технологии. В этом случае обрабатываемое тело ставят в вертикальной плоскости на два параллельных опорных ролика (рис. 1), приводят во вращение с помощью электропривода и обрабатывают приставным станочным модулем.

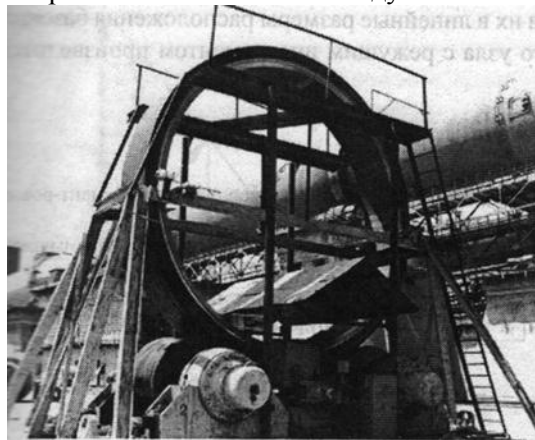


Рис. 1. Обработка бандажа цементной печи по мобильной технологии

Основной задачей, решаемой в процессе такой обработки, является процесс формообразования обрабатываемого тела с заданной точностью. Величина ошибки формообразования в этом случае зависит от разных факторов. Одним из способов уменьшения их влияния является управление колебаниями кольца в процессе его обработки, используя уравнения его динамики. При использовании такого подхода необходимо знать геометрические и прочностные характеристики кольца, используемые в управляющих алгоритмах.

**Методология.** Рассмотрим один из методов решения задачи идентификации этих характери-

стик, основанный на обработке информации о установившихся колебаниях кольца, при его вращении на опорах с постоянной скоростью, с использованием метода максимального правдоподобия [1].

Будем рассматривать задачу оценки, в связанной с кольцом системе координат  $\theta$ , какой – либо функции  $P(\theta)$  – характеризующей реальные параметры кольца – модуль упругости, ширина, радиус, толщина. Для решения этой задачи с использованием метода максимального правдоподобия необходимо задать неизвестную нам функцию  $P(\theta)$ , которой мы аппроксимируем реальный параметр. Тут возможны два подхода. Первый – заменяем задачу определения неизвестной функции  $P(\theta)$  на задачу определения ее значений в заданных узловых точках  $\theta_i$ . Значение функции между этими узловыми точками, необходимое для получения уравнений, определяем с помощью интерполяционных формул. Недостатком такого подхода является большое число неизвестных – значений неизвестных параметров в узловых точках, что плохо сказывается на сходимости итерационного процесса их оценки.

Другим, более удобным подходом, является задание  $P(\theta)$  в виде ряда Фурье на интервале от нуля до  $2\pi$ . В этом случае решение задачи сводится к определению коэффициентов ряда Фурье по данным измерения. Для получения действительных значений параметров надо задавать разные варианты  $P(\theta)$  – с разным числом слагаемых ряда Фурье, осуществлять оценки коэффициентов и выбирать лучший вариант. Достоинством такого подхода является меньшее число оцениваемых параметров, возможность получения аналитических зависимостей для дифференциальных уравнений поведения кольца. Кроме того, этот подход позволяет исследовать влияние погрешностей измерений и скоро-

сти вращения кольца на точность получаемых оценок.

Рассмотрим этот подход более подробно на примере оценки действительной ширины кольца.

**Основная часть.** Для оценки характеристик непараллельности сторон кольца необходимо провести эксперимент по измерению параметров колебаний, зависящих от этих характеристик. В нашем случае это значения отклонений в некоторой неподвижной системе координат в заданные моменты времени точек вращающегося кольца, координаты которых известны. Для проведения эксперимента необходимо задать некоторую точку на кольце, нуль, и относительно нее определять угловое положение точек, перемещение которых измеряем в эксперименте при установившихся колебаниях вращающегося кольца. Это можно сделать, при постоянной скорости его вращения. Обозначим вектор этих измерений  $R$ , размерность его  $I$ .

Для получения математической модели этого вектора измерений используем математическую модель динамики вращающегося на опорах кольца с непараллельными сторонами [2]. Ширину кольца зададим формулой

$$Ш = a_0 + \sum_{i=1}^H (a_i \cos(i\theta) + b_i \sin(i\theta)), \quad (1)$$

где  $H$  - число учитываемых гармоник;  $a_0, a_i, b_i$  ( $i = 1, \dots, H$ ) - оцениваемые коэффициенты. Обозначим их вектором  $P$ , размерность его  $M = 2H + 1$ .

Математическую модель вектора измерений, зависящую от оцениваемых параметров  $P$ , обозначим вектором  $Z$ , он имеет тот же размер, что и  $R$ . Эта модель зависит от решения системы дифференциальных уравнений динамики вращающегося на опорах кольца, ширина которого задана формулой (1). Используем ее для вычисления значений перемещений заданных точек кольца в заданные моменты времени в точке нахождения измерительного элемента.

$$\begin{aligned} & \frac{(-1)^{j+1} 2 \cos(j\alpha)}{\cos(\pi - \alpha)} \ddot{a}_{u1} + C_j \ddot{a}_{uj} + v K_T n_j^2 \dot{a}_{uj} + 2m_j \Omega \dot{b}_{uj} + (v n_j^2 - \Omega^2 m_j^2) a_{uj} + \\ & + v K_T j n_j^2 \Omega b_{uj} = \frac{(-1)^j \cos(j\alpha)}{\cos(\pi - \alpha)} v_p \Omega^2 r \Phi_1 \sin(\Omega t - \gamma_1) + v_p \Omega^2 r \Phi_j \sin(\gamma_j - j\Omega t), \\ & \frac{(-1)^j 2 \sin(j\alpha)}{\sin(\pi - \alpha)} \ddot{b}_{u1} + C_j \ddot{b}_{uj} - 2m_j \Omega \dot{a}_{uj} + v K_T n_j^2 \dot{b}_{uj} - v K_T j n_j^2 \Omega a_{uj} + \\ & + (v n_j^2 - \Omega^2 m_j^2) b_{uj} = \frac{(-1)^{j+1} \sin(j\alpha)}{\sin(\pi - \alpha)} v_p \Omega^2 r \Phi_1 \cos(\Omega t - \gamma_1) + \\ & + v_p \Omega^2 r \Phi_j \cos(\gamma_j - j\Omega t), (j = 2, 3, \dots, N-1), \\ & \frac{(-1)^{N+1} 2 \cos(N\alpha)}{\cos(\pi - \alpha)} \ddot{a}_{u1} + \sum_{i=1}^{N-1} C_N P_{1i} \ddot{a}_{ui} + \sum_{i=1}^{N-1} C_N R_{1i} \ddot{b}_{ui} + \\ & + \sum_{i=1}^{N-1} (v K_T n_N^2 P_{1i} + 2m_N \Omega P_{2i}) \dot{a}_{ui} + \sum_{i=1}^{N-1} (v K_T n_N^2 R_{1i} + 2m_N \Omega R_{2i}) \dot{b}_{ui} + \end{aligned}$$

Числовые значения элементов вектора  $P$  оцениваемых параметров находим из условия максимума функции условной плотности вероятности

$$f(R/P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi^H |K_w|}} e^{-\frac{1}{2} [R-Z(P)]^T K_w^{-1} [R-Z(P)]},$$

где  $K_w$  - корреляционная матрица ошибок измерений.

Используя необходимое условие минимума, получим, в общем случае, нелинейную систему уравнений, называемую уравнением правдоподобия,

$$L_p K_w^{-1} [R - Z(P)] = 0,$$

где

$$L_p = \begin{bmatrix} \frac{\partial Z_1}{\partial P_1} & \frac{\partial Z_2}{\partial P_1} & \dots & \frac{\partial Z_I}{\partial P_1} \\ \frac{\partial Z_1}{\partial P_2} & \frac{\partial Z_2}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial Z_I}{\partial P_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Z_1}{\partial P_M} & \frac{\partial Z_2}{\partial P_M} & \dots & \frac{\partial Z_I}{\partial P_M} \end{bmatrix}.$$

Решение этого уравнения обычно осуществляют методом Ньютона, осуществляя линеаризацию нелинейной зависимости  $Z(P)$ . Окончательно формула для вычисления подшагивания при получении оценки вектора  $\hat{P}$ - коэффициентов функции непараллельности сторон кольца, имеет вид

$$\Delta P = (L_p K_w^{-1} L_p^T)^{-1} L_p K_w^{-1} [R - Z(\hat{P})],$$

а новое значение оценки

$$\hat{P}_{i+1} = \hat{P}_i + \Delta P.$$

Для вычисления вектора  $Z(\hat{P}_i)$  и матрицы  $L_p$  используем уравнения динамики кольца. Корреляционная матрица погрешностей оценки требуемых параметров имеет вид

$$K_p = (L_p K_w^{-1} L_p^T)^{-1}.$$

При проведении исследований использовались уравнения динамики вращающегося на опорах кольца с нерастяжимой средней линией, имеющие вид

$$\begin{aligned}
& + \sum_{i=1}^{N-1} [(vn_N^2 - \Omega^2 m_N^2) P_{1i} + vK_T N n_N^2 \Omega P_{2i}] a_{ui} + \\
& + \sum_{i=1}^{N-1} [(vn_N^2 - \Omega^2 m_N^2) R_{1i} + vK_T N n_N^2 \Omega R_{2i}] b_{ui} = \\
& = \frac{(-1)^N \cos(N\alpha) v_p \Omega^2 r \Phi_1}{\cos(\pi - \alpha)} \sin(\Omega t - \gamma_1) + v_p \Omega^2 r \Phi_N \sin(\gamma_N - N\Omega t), \\
& \sum_{i=1}^{N-1} C_N P_{2i} \ddot{a}_{ui} + \frac{(-1)^N 2 \sin(N\alpha)}{\sin(\pi - \alpha)} \ddot{b}_{u1} + \sum_{i=1}^{N-1} C_N R_{2i} \ddot{b}_{ui} + \\
& + \sum_{i=1}^{N-1} (vK_T n_N^2 P_{2i} - 2m_N \Omega P_{1i}) \dot{a}_{ui} + \sum_{i=1}^{N-1} (vK_T n_N^2 R_{2i} - 2m_N \Omega R_{1i}) \dot{b}_{ui} + \\
& + \sum_{i=1}^{N-1} [(vn_N^2 - \Omega^2 m_N^2) P_{2i} - vK_T N n_N^2 \Omega R_{1i}] a_{ui} + \\
& + \sum_{i=1}^{N-1} [(vn_N^2 - \Omega^2 m_N^2) R_{1i} - vK_T N n_N^2 \Omega R_{2i}] b_{ui} = \\
& = \frac{(-1)^{N+1} \sin(N\alpha) v_p \Omega^2 r \Phi_1}{\sin(\pi - \alpha)} \cos(\Omega t - \gamma_1) + v_p \Omega^2 r \Phi_N \cos(\gamma_N - N\Omega t).
\end{aligned}$$

Здесь  $a_{uj}$ ,  $b_{uj}$  ( $j=1,2,\dots,N$ ) – обобщенные координаты, задающие радиальные колебания кольца;  $\Omega$  – угловая скорость вращения кольца;

$$v = \mu/\chi, \mu = EJ/r^3, \chi = r\rho F,$$

$$C_j = 1 + 1/j^2, n_j = j^2 - 1, K_j = j + 1/j, l_j = 1 + j^2,$$

$$m_j = j - 1/j, v_p = a^{-1}, \chi_p = r\rho b, \Phi_j = \sqrt{a_{Hj}^2 + b_{Hj}^2},$$

$$\gamma_j = \arctg(a_{Hj}/b_{Hj}), (j = 1, 2, \dots, H),$$

$E$  – модуль Юнга;  $j$  – момент инерции сечения кольца;  $r$  – радиус средней линии кольца;  $F$  – площадь поперечного сечения кольца;  $a$  – ширина кольца с параллельными сторонами, без

учета непараллельности;  $b$  – толщина сечения кольца;  $P_{1i}, P_{2i}$  – элементы матрицы  $P = ZD$ ,

$$Z = \begin{bmatrix} \cos(N(\pi - \alpha)) & \sin(N(\pi - \alpha)) \\ \cos(N(\pi + \alpha)) & \sin(N(\pi + \alpha)) \end{bmatrix}^{-1}, 2\alpha - \text{угол между опорами};$$

элементы матрицы  $D$  равны

$$d_{1i} = -\cos(i(\pi - \alpha)), d_{2i} = -\cos(i(\pi + \alpha)), (i = 1, 2, \dots, N - 1),$$

$R_{1i}, R_{2i}$  – элементы матрицы  $R = ZF$ , элементы

матрицы  $F$  равны

$$f_{1i} = -\sin(i(\pi - \alpha)), f_{2i} = -\sin(i(\pi + \alpha)), (i = 1, 2, \dots, N - 1).$$

Был проведен вычислительный эксперимент с целью исследования возможности и точности оценки по данным измерений геометрических характеристик кольца при его вращении на опорах. Рассматривалась оценка параметров, характеризующих изменение ширины кольца, по данным измерений радиального перемещения точки вращающегося на опорах кольца, находящейся под углом 90 градусов в неподвижной системе координат. Среднеквадратическая погрешность измерения радиального перемещения принималась равной 0,001 м. Исследования проводились для кольца радиуса 3 метра, угол между опорами 50 градусов. Ширина кольца задавалась формулой

$$A = a_0 + a_1 \cos(\theta) + b_1 \sin(\theta).$$

Точные значения коэффициентов ряда Фурье, задающих ширину кольца, равны  $a_0 = 1\text{ м}$ ,  $a_1 = b_1 = 0,1\text{ м}$ . Оценивались параметры  $a_0, a_1, b_1$ . В табл. 1 представлены результаты расчетов среднеквадратических погрешностей оценки этих параметров вследствие погрешностей измерений радиального перемещения в зависимости от толщины кольца и угловой скорости его вращения. Число замеров, по которым оценивались коэффициенты, равно 20, время между замерами 4с, среднеквадратическая погрешность измерения радиального перемещения 1мм.

Анализ полученных результатов показывает, что точность оценки очень сильно зависит от угло-



вой скорости вращения кольца. Так, при скорости вращения 0,2 рад/с величина среднеквадратической погрешности  $\sigma_{a0}$  в зависимости от толщины кольца составляет от нескольких десятков до двух тысяч метров. Объясняется это малой величиной центробежных сил при такой скорости вращения и вследствие этого малой величиной амплитуды измеряемых колебаний. При увеличении скорости вращения с 0,2 до 4 рад/с, т.е. в 20 раз, среднеквадратическая по-

грешность уменьшается, в среднем, в 500 раз, но, при данных параметрах замеров, является все еще большой величиной. Величина среднеквадратической погрешности оценки параметров сильно зависит от толщины кольца. С увеличением ее от 0,1 м до 0,5 м величина погрешности увеличивается, примерно, в 40 раз. Так, среднеквадратическая погрешность  $\sigma_{a0}$  для кольца толщиной 0,1 м равна 0,118 м, а для толщины 0,5 м составляет 3,2 м.

Таблица 1

**Среднеквадратическая погрешность оценки параметров ширины кольца  
в зависимости от скорости его вращения**

Толщина кольца, м	Среднекв. отклонен. $\sigma$ , м	Скорость вращения кольца, рад/с			
		0,2	1	2	4
0,1	$\sigma_{a0}$	53,16	2,60	0,147	0,118
	$\sigma_{a1}$	5,42	0,25	0,045	0,012
	$\sigma_{b1}$	5,48	0,26	0,048	0,011
0,2	$\sigma_{a0}$	178,3	5,62	1,27	0,50
	$\sigma_{a1}$	24,05	0,70	0,15	0,053
	$\sigma_{b1}$	20,27	0,59	0,13	0,053
0,3	$\sigma_{a0}$	1698,3	53,8	13,6	2,63
	$\sigma_{a1}$	175,9	5,63	1,40	0,27
	$\sigma_{b1}$	175,2	5,53	1,42	0,28
0,4	$\sigma_{a0}$	1270,3	52,95	12,63	2,65
	$\sigma_{a1}$	128,6	5,22	1,25	0,26
	$\sigma_{b1}$	134,1	5,71	1,35	0,28
0,5	$\sigma_{a0}$	1905,1	62,53	27,2	3,2
	$\sigma_{a1}$	186,0	6,1	2,1	0,31
	$\sigma_{b1}$	207,1	6,8	3,8	0,31

В таблицах 2, 3 представлены результаты расчетов по влиянию числа измерений на величину среднеквадратической погрешности оценки указанных параметров. Скорость вращения кольца принималась равной 1 рад/с и 4 рад/с, время между замерах 4 с, среднеквадратическая погрешность измерения расстояния 1 мм. По результатам видно, что увеличение числа замеров позволяет повысить точность оценок.

Так, при  $\Omega=1$  рад/с увеличение числа замеров в 5 раз, с 20 до 100, погрешность оценки  $a_0$  для кольца толщиной 0,1 м уменьшается, примерно, в 3 раза, а для толщины 0,5 м, примерно, в 200 раз. Отсюда следует, что повышение точности оценки можно осуществлять путем увеличения числа измерений. Увеличение скорости вращения кольца позволяет существенно повысить точность оценки. Так, увеличение ее в 4

раза дает уменьшение среднеквадратической погрешности оценки, примерно, в 15...20 раз.

Представленные в предыдущих таблицах результаты расчетов по определению среднеквадратической погрешности оценки ширины кольца получены при среднеквадратической погрешности измерения расстояния до кольца 1 мм. В тоже время, имеющиеся лазерные датчики позволяют измерять расстояние со среднеквадратической погрешностью, примерно, 0,01 мм.

В табл. 4, 5 представлены результаты расчетов по исследованию влияния среднеквадратической погрешности измерения расстояния, заданной в миллиметрах, на величину среднеквадратической погрешности оценки параметров ширины кольца в миллиметрах при разных скоростях вращения кольца и толщины  $h$ . Число замеров 100, время между замерах 4 сек.

Таблица 2

**Среднеквадратическая погрешность оценки параметров ширины кольца  
в мм в зависимости от числа замеров при  $\Omega = 1 \text{ p/c}$**

h, м	Среднекв отклон., мм	Число замеров				
		20	40	60	80	100
0,1	$\sigma_{a0}$	2604	1244	980	883	846
	$\sigma_{a1}$	256	118	93	84	81
	$\sigma_{b1}$	264	126	98	88	84
0,2	$\sigma_{a0}$	5626	3438	2753	2315	1679
	$\sigma_{a1}$	702	423	327	275	209
	$\sigma_{b1}$	592	383	303	256	202
0,3	$\sigma_{a0}$	53870	7655	2100	876	411
	$\sigma_{a1}$	5631	842	291	189	154
	$\sigma_{b1}$	5534	871	319	202	158
0,4	$\sigma_{a0}$	52950	6167	1811	728	273
	$\sigma_{a1}$	5224	707	374	313	266
	$\sigma_{b1}$	5718	883	424	309	262
0,5	$\sigma_{a0}$	62530	5956	1624	529	232
	$\sigma_{a1}$	6112	938	600	479	412
	$\sigma_{b1}$	6814	969	583	469	400

Таблица 3

**Среднеквадратическая погрешность оценки параметров ширины кольца  
в мм в зависимости от числа замеров при  $\Omega = 4 \text{ p/c}$**

h	Среднекв откл. мм	Число замеров				
		20	40	60	80	100
0,1	$\sigma_{a0}$	118	64	52	46	44
	$\sigma_{a1}$	12	6,5	5,1	4,6	4,4
	$\sigma_{b1}$	11	6,1	4,8	4,4	4,4
0,2	$\sigma_{a0}$	506	308	289	184	137
	$\sigma_{a1}$	53	31	30	20	16
	$\sigma_{b1}$	53	31	30	20	16
0,3	$\sigma_{a0}$	2679	430	130	51	25
	$\sigma_{a1}$	275	47	18	12	10
	$\sigma_{b1}$	281	50	20	11	9,5
0,4	$\sigma_{a0}$	2655	408	109	38	17
	$\sigma_{a1}$	268	48	24	18	15
	$\sigma_{b1}$	281	51	22	16	14
0,5	$\sigma_{a0}$	3243	371	94	31	14
	$\sigma_{a1}$	314	57	36	30	25
	$\sigma_{b1}$	314	60	34	28	25

Таблица 4

**Среднеквадратическая погрешность оценки параметров ширины кольца**

в мм в зависимости от погрешности измерений при $\Omega = 1$ р/с						
h, м	Среднекв. откл. мм	Среднеквадратич. погрешн. измерений, мм				
		0,1	0,3	0,5	0,7	1
0,1	$\sigma_{a0}$	84	252	423	592	846
	$\sigma_{a1}$	8,1	24	40	57	81
	$\sigma_{b1}$	8,4	24	41	59	84
0,3	$\sigma_{a0}$	40	123	205	288	412
	$\sigma_{a1}$	15	45	78	109	155
	$\sigma_{b1}$	15	46	78	110	157
0,5	$\sigma_{a0}$	23	70	117	161	232
	$\sigma_{a1}$	41	124	207	291	416
	$\sigma_{b1}$	40	122	202	284	407

Таблица 5

## Среднеквадратическая погрешность оценки параметров ширины кольца

в мм в зависимости от погрешности измерений при $\Omega = 4$ р/с						
h, м	Среднекв. откл. мм	Среднеквадратич. погрешн. измерений, мм				
		0,1	0,3	0,5	0,7	1
0,1	$\sigma_{a0}$	4,51	13,4	22	31	44
	$\sigma_{a1}$	0,44	1,33	2,22	3,11	4,44
	$\sigma_{b1}$	0,42	1,27	2,12	2,97	4,24
0,3	$\sigma_{a0}$	2,52	7,57	12	17	25
	$\sigma_{a1}$	1,01	3,05	5,08	7,12	10
	$\sigma_{b1}$	0,95	2,86	4,76	6,67	9,54
0,5	$\sigma_{a0}$	1,45	4,35	7,27	10	14
	$\sigma_{a1}$	2,57	7,47	12,6	17	25
	$\sigma_{b1}$	2,52	7,56	12,6	17	25

Из результатов видно, что среднеквадратическая погрешность оценки параметров линейно зависит от среднеквадратической погрешности измерений и нелинейно от угловой скорости вращения кольца. С увеличением скорости вращения кольца в четыре раза погрешность уменьшается, примерно, в двадцать раз. Объясняется это нелинейной зависимостью центробежных сил, ведущих к возникновению колебаний, от скорости вращения.

В таблице 6, 7 представлены результаты исследований по оценке влияния времени между замерах на среднеквадратическую погрешность оценки параметров при разных значениях скорости вращения. Из них следует, что временной интервал между замерах, дающий наименьшую погрешность, зависит от характеристик кольца, в частности, от его толщины. Отсюда следует, что его нужно выбирать в зависимости от геометрических и физических параметров кольца и скорости его вращения.

В табл. 8 показаны результаты расчетов по исследованию влияния местоположения датчика

измерения колебаний кольца на среднеквадратическую погрешность оценки параметров его ширины. Характеристики кольца брались такие же, как и в предыдущих исследованиях. Угловая скорость вращения кольца 4 рад/с. Среднеквадратическая погрешность измерения радиального перемещения кольца 1 мм, число замеров 100, толщина кольца 0,5 м. Угол установки датчика отсчитывался от вертикали, направленной из центра кольца вверх. Из результатов расчетов видно, что среднеквадратические погрешности оценки коэффициентов  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $b_1$  сильно зависят от угла установки датчика.

При приближении угла установки датчика к углу установки опоры величина среднеквадратической погрешности сильно возрастает. Из полученных результатов следует, что существуют углы установки измерительного датчика, при которых величина среднеквадратической погрешности оценки параметров ширины кольца минимальна.

Таблица 6

**Среднеквадратическая погрешность оценки параметров ширины кольца  
в мм в зависимости от времени между измерениями при  $\Omega=1$  р/с**

h, м	Среднек отк. мм	Время между замерами, сек					
		1	2	3	4	5	6
0,1	$\sigma_{a0}$	852	771	806	848	921	1013
	$\sigma_{a1}$	82	74	76	81	89	96
	$\sigma_{b1}$	87	77	78	84	91	100
0,3	$\sigma_{a0}$	14820	2750	910	411	209	122
	$\sigma_{a1}$	1.54	327	178	154	151	141
	$\sigma_{b1}$	1,57	354	187	154	144	141
0,5	$\sigma_{a0}$	3870	200	581	232	161	126
	$\sigma_{a1}$	1280	480	434	415	907	417
	$\sigma_{b1}$	1450	497	419	406	834	414

Таблица 7

**Среднеквадратическая погрешность оценки параметров ширины кольца  
в мм в зависимости от времени между измерениями при  $\Omega=4$  р/с**

h, м	Среднек отк. мм	Время между замерами, сек					
		1	2	3	4	5	6
0,1	$\sigma_{a0}$	50	41	42	44	48	52
	$\sigma_{a1}$	5	4	4	4	5	5
	$\sigma_{b1}$	5	4	4	4	5	5
0,3	$\sigma_{a0}$	806	161	55	25	13	8
	$\sigma_{a1}$	84	19	11	10	10	9
	$\sigma_{b1}$	86	20	10	10	9	9
0,5	$\sigma_{a0}$	740	122	36	14	9	8
	$\sigma_{a1}$	76	30	27	25	25	26
	$\sigma_{b1}$	87	30	26	25	25	25

Таблица 8

**Влияние углового положения измерительного датчика на  
среднеквадратическую погрешность оцениваемых параметров**

Угол, град	$\sigma_{a0}$ , мм	$\sigma_{a1}$ , мм	$\sigma_{b1}$ , мм
0	50	100	100
10	34	69	69
30	17	33	31
50	13	24	23
70	12	22	22
90	14	25	25
110	21	37	36
130	48	84	83
150	411	703	693
170	317	565	569
180	284	537	545

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что возможно осуществлять оценку параметров вращающегося на опорах кольца при имеющихся в настоящее время измерительных средствах и математическом обеспечении. Для достижения хорошей точности оценки необхо-

димо осуществлять подбор характеристик проведения измерительного эксперимента для кольца в соответствии с его параметрами.

Основной сложностью, при решении этой задачи, является определение для реального кольца математических моделей всех его дей-

ствительных параметров - непостоянство по периметру толщины, ширины, кривизны средней линии, модуля упругости, используя один вектор измерений. Эти различные возмущающие факторы могут иметь одинаковые функции влияния на измеряемую величину – расстояние до кольца. Данное обстоятельство существенно усложняет разделение этих факторов. Для решения этой задачи в полном объеме требуются специальные исследования.

*\*Работа выполнена в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 14-41-08018.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эльясберг П.Е. Определение движения по результатам измерений. – М.: Главная редакция физико – математической литературы издательства “Наука”, 1976. 416 с.
2. Полунин А.И. Динамика прецессионного движения стоячей волны во вращающемся кольце с не параллельными сторонами // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ–22. Сборник трудов XXII Международной научной конференции. Т.5. Секция 5. Псков: Изд-во Псковского гос. политехн. ин-та. 2009. С. 64–66.

---

**Polunin A.I., Smyshlyaeva L.G.**

### **ABOUT THE ASSESSMENT OF ACCURACY PARAMETERS IDENTIFICATION RINGS BY RESULTS OF MEASUREMENT OF ITS OSCILLATIONS AT ROTATION ON TWO SUPPORT ROLLERS**

*The article presents the results of studies assessing the accuracy of the characteristics of the ring width from measurements of its radial oscillations in rotation on two support rollers. Identification is performed by maximum likelihood. The equations of the dynamics of the rotating ring on the supports, design algorithms, the results of calculations.*

**Key words:** *mobile processing technology of large rings, parameter identification rings, dynamic equations on a rotating ring bearings, standard error estimates of the parameters of the ring, the maximum likelihood method.*

Фидровская Н.Н., д-р техн. наук, проф.,  
Писарцов А.С., ст. преп.,  
Ломакин А.А., аспирант

Украинская инженерно-педагогическая академия

## ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОГНУТОГО КАНАТА НА БЛОКАХ И БАРАБАНАХ

delgado@bk.ru

В статье рассмотрено поведение каната при набегании его на блоки и барабаны. Для этого проведен анализ двадцати литературных источников по вопросу формирования изогнутого каната на блоках и барабанах. Проанализированы основополагающие работы таких ученых как: Klein E., Прокофьев В. И., Дукельский А. И., Жуков Л. И., Никитин И. Ф., Глушко М. Ф., Рабинович И. М., Фидровская Н.Н. и другие. Представлены схемы изгиба каната на блоке, а также проведен анализ существующих расчетных схем.

**Ключевые слова:** канат, блок, барабан, дифференциальные уравнения, изгиб, смещение проволок, пряди.

**Введение.** Стальной канат является многостержневой системой с достаточно сильным внутренним конструкционным трением. Поэтому известные решения задачи изгиба стального каната в чисто упругой постановке не описывают особенности поведения, связанные с его свойствами, например, различие форм набегающей и сбегающей ветвей на переходных участках у блока, образование волны обратного перегиба за блоком, диссипацию энергии за цикл изгиба-выпрямление и другие явления.

Огибание блока, барабана, шкива - наиболее распространенный случай работы каната на изгиб - представляет собой движение каната вдоль себя по сложной кривой, включающей участок постоянной кривизны (собственно дугу обхвата) и участки переменной кривизны в зонах набегания на блок и сбегаания с него (переходные участки).

**Основная часть.** Потеря прочности канатов при разрушении на неподвижных блоках исследователями объясняется по-разному. Е. Клейн [1], а несколько ранее Р. Финдейс указывают, что при изгибе каната на блоке силы трения противодействуют сдвигу проволок друг относительно друга. Для преодоления этих сил требуется дополнительное усилие, что приводит к перенапряжению элементов каната. В противовес такому утверждению В. Н. Блох [2] считает, что наличие сдвига проволок в канате не вызывает перенапряжения его элементов.

На основании опытов В. Вернле пришел к выводу, что в изогнутом спиральном канате уравнивание напряжений растяжения и сжатия может произойти только при отсутствии сил трения. Поэтому, если шаг свивки не укладывается целым числом в дуге изгиба (длина дуги обхвата не кратна шагу), то будет возрастать растягивающее напряжение в одной части пряди и уменьшаться в другой (рис. 1, а). При изгибе каната наружная проволока а (рис. 1, б),

сдвинутая относительно внутренней б на  $180^\circ$ , закручивается быстрее.

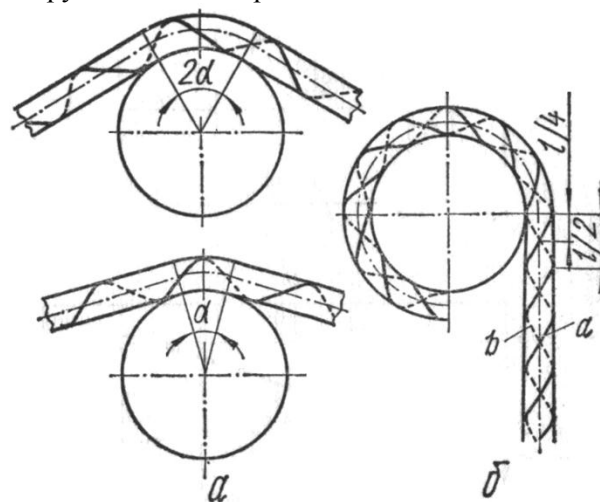


Рис. 1. Схема изгиба каната на блоке:

а – с малым углом обхвата; б – с большим углом обхвата

Следовательно, проволока а дополнительно нагружается растяжением, а проволока б разгружается. Дополнительные растяжения достигают максимального значения на расстояниях  $\frac{1}{4}$  и  $\frac{3}{4}$  шага свивки от первой точки соприкосновения каната с блоком при его набегании и равны нулю на расстоянии  $\frac{1}{2}$  шага и одного шага свивки.

М. Леганер [3], соглашаясь с доводами В. Вернле, считает, что при изгибе каната возникает крутящий момент, стремящийся повернуть канат вокруг оси в направлении его свивки и тем самым увеличить напряжения в проволоках.

В. Пангель, О. Крафт, В. И. Прокофьев [4], А. И. Дукельский [5...7], А. И. Колчин [8] провели многочисленные исследования, пытаясь установить влияние конструкции каната, отношения  $D/d$ , диаметров проволок и ряда других факторов на потерю разрывной прочности каната при разрушении на неподвижных блоках.

В результате этих исследований выяснилось, что потеря прочности каната незначительна (до 9%) независимо от конструкции каната при отношении  $D/d > 30$ . Малая потеря прочности каната объясняется тем, что после достижения в крайних волокнах проволок суммарных напряжений от изгиба и растяжения, равных пределу текучести, происходит перераспределение нагрузок и в дальнейшем растягивающая нагрузка в первую очередь воспринимается недонапряженными проволоками.

Исследуя свободный изгиб натянутого каната и рассматривая передвижку сечений проволок на участке, на котором происходит смещение проволок при изгибе, Л. И. Жуков [9, 10] определил возникающее среднее относительное удлинение  $\varepsilon$  и напряжение растяжения, связанное со свободным изгибом,

$$\sigma = E\varepsilon. \quad (1)$$

Несмотря на правильную физическую трактовку явлений, происходящих в канате при его свободном изгибе, в теоретических исследованиях Л. И. Жукова много неточностей. Прежде всего задача рассматривается в одноосном представлении, то есть учитываются действия сил и моментов только относительно оси каната, а действия силовых факторов относительно двух других осей не учитываются.

Используя приближенные дифференциальные уравнения, пригодные для исследования изогнутой оси балок большой жесткости, Л. И. Жуков определил момент внешних изгибающих сил, который равен моменту внутренних сил и моменту сил трения, преодолеваемых сдвигающими силами при перемещении участков проволок. Л. И. Жуков считает эти моменты сил трения постоянными, не зависящими от координат сечений, что не соответствует действительности, так как ввиду кривизны оси плечи соответствующих сил трения для различных сечений будут неодинаковыми. Исходное уравнение для определения изгибающего момента (рис. 2).

$$M = Sy. \quad (2)$$

где  $S$  – усилие, растягивающее канат;  $y$  – ордината кривой изгиба оси каната.

В уравнение усилия, сдвигающего проволоки в канате, подставлено значение [10]

$$y = y_1 = c_1 e^{\frac{x}{\lambda}}, \quad (3)$$

где  $c_1$  – ордината кривой изгиба оси каната в месте начала освобождения проволок от сцепления силами трения. При  $x=0$   $y = y_1 = c_1$ , что противоречит исходной расчетной схеме, согласно которой при  $y=0$ ,  $x=0$ .

Л. И. Жуков утверждает, что наибольшее смещение проволок наблюдается в области,

примыкающей к оси каната. Это утверждение противоречит приведенной им же формуле, согласно которой

$$\varepsilon = \frac{r \sin \varphi}{R}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  – относительное удлинение;  $R$  – радиус кривизны оси изогнутого каната;  $r$  – расстояние от центра сечения каната до рассматриваемого элемента;  $\varphi$  – угол наклона линии, соединяющей центр сечения каната и элемент каната, к горизонтали.

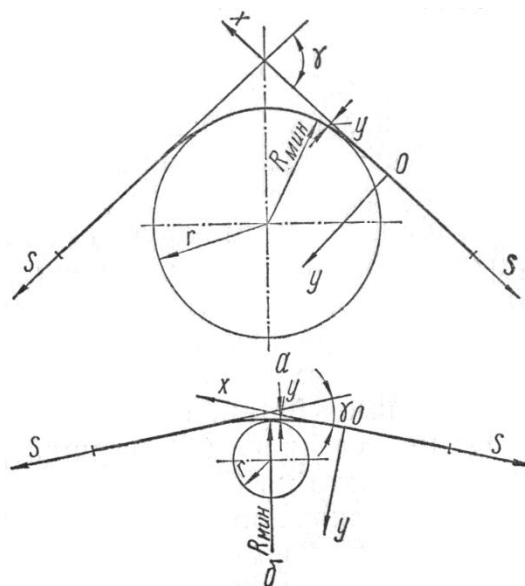


Рис. 2. Расчетные схемы Л. И. Жукова:  
а – радиус блока равен радиусу изгиба оси каната  $r = R_{\min}$ ; б –  $r = R_{\min}$ .

Из формулы (4) видно, что наибольшее смещение проволок наблюдается в наиболее удаленной от оси каната области. И.Ф. Никитин [11...16] рассматривает изменение осевого усилия в элементе каната (проволоки), когда на блок зашел полувиток каната в нагруженной части. Область изменения усилий разделена на область переходного участка (от точки соприкосновения каната с блоком) и область изогнутого каната на блоке. Результаты подсчета дополнительных усилий при такой расчетной схеме оказались несколько меньше, чем по зависимостям, полученным автором.

При указанной постановке И. Ф. Никитин не обосновывает величину участка смещения элементов каната в сторону блока. Кроме того, расчетная схема построена для однослойных спиральных канатов и с некоторым допущением может быть применена для однослойных канатов двойной свивки, а экспериментальное определение дополнительных усилий И. Ф. Никитин проводилось для двухслойного спирального каната конструкции 1 + 6 + 12. Величина дополнительных усилий определялась для прово-



лок наружного слоя, взаимодействие слоев не учитывалось.

Из приведенного обзора видно, что процесс формирования изогнутого каната на блоке не нашел обоснованного объяснения и не имеет приближенного теоретического решения. Механизм формирования изогнутого каната, кроме отдельных предположений, вытекающих из частных экспериментов, не был предметом детального теоретического и экспериментального исследования. При попытке изучить этот вопрос экспериментальным путем многие исследователи придавали переходному участку каната важное значение, как очагу концентрации местных напряжений.

Утверждения В. Вернле, А. И. Колчина, К. М. Масленникова, Л. И. Жукова, построенные на наблюдениях, в основном правильно подсказывают природу возникающих явлений в зоне свободного изгиба каната. Решение М. Ф. Глушко [17] относится к участкам прямого и изогнутого каната при достаточном удалении от его закрепленных концов и, естественно, не учитывает краевых эффектов в канате.

Задача состоит в том, чтобы, имея решения для участков прямого и изогнутого каната, получить решение для переходного участка. Если для прямого каната можно предположить силовое равноправие для геометрически подобных элементов в канате, допустив таким образом приемлемость гипотезы плоских сечений, для переходного участка это допущение не приемлемо. Одноименные элементы, расположенные в одном слое каната, в точке набегания на блок получают различные осевые смещения и, следовательно, их силовое равноправие нарушается.

При решении этой задачи необходимо изучить: характер и величину распространения смещений в прямолинейную ветвь каната, набегающего на блок; участок затухания смещений; картину силового взаимодействия элементов каната на участке набегания на блок и величину возникающих максимальных напряжений; влияние условий закрепления конца набегающей ветви каната на переходный участок; влияние скорости набегающего на блок каната на величину дополнительных усилий переходного участка; влияние переходного участка на мгновенную разрывную прочность каната на вращающихся блоках.

Принято допущение, что канат состоит из отдельных упругих ненапряженных проволок или прядей, оси которых представляют точные математические винтовые линии. Приемлемость этого допущения обоснована М. Ф. Глушко [17]. Канат подвергается многократному нагружению, при котором проявляются пластические

свойства материала проволок. Как известно, образец, нагруженный выше предела упругости, после разгрузки и последующих нагружений подчиняется закону Гука, если эти напряжения не превышают ранее достигнутого максимума [18]. Следовательно, рабочие напряжения, возникающие в канате, можно рассматривать независимо от технологических.

В расчетной схеме при статическом решении задачи точка соприкосновения каната с блоком принята за начало отсчета смещений, которые распространяются только в прямолинейную ветвь каната. В действительности натяжение проволок происходит еще в прямолинейной ветви каната и зависит от многих факторов, кроме того в точке набегания каната не все проволоки (пряди) контактируют со шкивом. Если это можно отнести и к проволокам (пряжам), лежащим на вогнутой стороне изогнутого каната, то это не относится к проволокам (пряжам), находящимся на выпуклой стороне. Следовательно, смещение проволок (прядей), возникающее на переходном участке, будет происходить не только в прямую ветвь каната, но и в изогнутую часть его. Поэтому величины смещения проволок в поперечном сечении каната, полученные теоретическим путем, будут несколько меньшими по сравнению с опытными.

При теоретическом рассмотрении процесса формирования изогнутого каната последний считался абсолютно гибким, то есть кривизна в точке набегания изменялась от нуля (прямой участок каната) до  $1/R$ , где  $R$  – радиус блока (изогнутый участок каната). В действительности ввиду влияния жесткости каната его кривизна на участке набегания на блок изменяется не мгновенно, а с некоторой конечной скоростью. Следуя А. Н. Диннику и М. Ф. Глушко, автор также пренебрегает деформациями каната. Это допущение не совсем подходит для канатов с органическим сердечником. Однако современные стандарты предусматривают применение тугокрученных органических сердечников, и это допущение в отношении стандартных сердечников оказывается приемлемым.

В расчетной схеме принято наличие зазоров между прядями и в то же время отсутствие свободных окружных перемещений элементов каната. Это обосновывается тем, что зазоры между прядями в канатах, свиваемых по действующим ГОСТам [19], незначительны и даже если бы окружное смещение прядей могло произойти, то нетрудно показать расчетом, что оно мало бы отразилось на величине осевого смещения элементов [20].

Кроме того, контактирование пряди с сердечником каната теоретически рассматривается

линейным. В действительности прядь и сердечник контактируют по некоторой поверхности. В результате взаимного деформирования прядь внедряется в сердечник на некоторую величину. Это визуально можно наблюдать в канатах с пеньковым сердечником. Для металлических сердечников картина меняется лишь масштабно. Поэтому, если говорить об угловых смещениях пряди относительно сердечника, то следует рассматривать сдвиг материала сердечника. Естественно, что в этом случае сопротивление осевым перемещениям пряди будет во много раз меньше, чем угловым. Если бы это было не так, то в канатах с пеньковым сердечником через непродолжительный срок работы сердечник пришел бы в полную негодность, а в канатах с металлическим сердечником наблюдался резкий износ проволок сердечника, что не имеет места в реальных канатах. Кроме того, изгибная жесткость пряди под натяжением также будет препятствовать угловым смещениям.

Таким образом, расчетную схему каната можно представить так: канат состоит из винтовых элементов, расположенных на круговом цилиндре (сердечнике) и несущих осевую растягивающую нагрузку; сердечник предполагается абсолютно жестким в поперечном направлении, в связи с чем размеры контура поперечного сечения каната в процессе его деформации остаются неизменными; канат свит с достаточными зазорами, обеспечивающими отсутствие давления между прядями, то есть предполагается, что пряди создают давление только на сердечник; пеньковый сердечник осевой нагрузки не воспринимает; канат в агрегате представляется абсолютно гибким и в точке набегания на блок его кривизна изменяется мгновенно от 0 до  $1/R$ , сопротивление перемещению элементов каната подчиняется закону сухого трения.

**Выводы.** Свойства элементов каната – проволок в спиральном канате и прядей в канате двойной свивки – можно рассматривать двояко.

Проволоки и пряди имеют определенные жесткостные характеристики, однако преобладающее значение имеет жесткость на растяжение. Поэтому, с одной стороны, можно решать задачу для каната как для стержневой системы с учетом изгибной и крутильной жесткостей элементов. Тогда при решении необходимо использовать общие уравнения статики для криволинейных стержней (уравнения Кирхгофа), что приведет к чрезвычайно сложной математической задаче. С другой стороны, ввиду преобладающего влияния продольной жесткости, можно проволоки и пряди в канате интерпретировать абсолютно гибкими и упруго-растяжимыми

элементами (нитями). Это существенно упрощает математическую сторону задачи.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Klein E. Die innere Reibung von Drahtseilen. // Z-für Fortertechnik und Frachtverkehr, . 1950. №11/12. S. 16-40.
2. Блох В.И. К расчету несущих канатов подвесных проволочно-канатных дорог // Научные записки ХММИ, 1935. № 1. С 19-26.
3. Lehanneur M. La flexion des câbles métalliques (Bending of steel ropes) // Annales des Ponts et Chaussées, 1949. № 18. pp. 321-386.
4. Прокофьев В.И. О действительной несущей способности монтажных тросов и их соединений // Строительная промышленность. 1956. № 7. С. 129-139.
5. Дукельский А.И. Результаты экспериментальных исследований выносливости несущих канатов / Труды конференции по метизному производству (15-21 мая 1959) // М.: Изд-во ЦБТИ, 1961. С. 29-36.
6. Дукельский А.И. Исследование выносливости несущих канатов // Стальные канаты. 1965. №2. С. 161-164.
7. Дукельский А.И. Выносливость канатов при работе на футерованных блоках // Стальные канаты. 1966. №3. С. 181-184
8. Колчин А.И. Стальные канаты. М.: Изд. Машгиз, 1950. 102 с.
9. Жуков Л.И. Усилия сдвигающие проволоки каната при изгибе // Известия вузов. Горный журнал. 1960. № 6. С. 51-58.
10. Жуков Л.И. Свободный изгиб натянутого каната // Известия вузов. Горный журнал. 1963. № 5. С. 91-100.
11. Никитин И.Ф. Распределение напряжений в канате при пробегании его по блоку. / Стальные канаты // Киев: Изд-во Техника, 1966. №3. С. 130-139.
12. Никитин И.Ф. Дополнительные усилия при переходе каната из прямого в изогнутый // Стальные канаты. 1967. №4. С. 81-84.
13. Никитин И.Ф. Исследование дополнительных усилий при переходе каната из прямого в изогнутый // Стальные канаты. 1964. №1. С. 116-123.
14. Никитин И.Ф. О схеме решения переходных процессов при формировании изогнутого каната в области набегания на шкив / Горная электромеханика и автоматика // Харьков, Изд-во ХГУ, 1968. №10. С. 22-37.
15. Никитин И.Ф. Определение дополнительных усилий в проволоке с учетом пространственного изгиба каната / Подъемно-транспортное оборудование / Киев, Изд. Технка,

1971. №2. С. 157-164.

16. Никитин И.Ф., Щербак О.В. Исследование изгиба каната на блоках // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2007. № 38. С. 108-110

17. Глушко М.Ф. Основные элементы механики плоского изгиба каната // Стальные канаты. 1965. №2. С. 87-106.

18. Рабинович И.М. Основы строительной механики стержневых систем. М.: Изд. Гос-

стройиздат, 1960. 519 с.

19. ГОСТ 3241-91 Канаты стальные. Технические условия (Введен в действие с 01.01.93.) // М.: Изд. ИПК Издательство стандартов. 2008. 18 с.

20. Фидровская Н.Н., Варченко И.С. Определение усилий в канате, изогнутом на барабане // Технологический аудит и резервы производства. 2013. №2(10). С. 20–21.

---

**Fidrovskaya N. N., Pisartsov A. S., Lomakin A. A.**

**FORMATION CURVED ROPE ON THE BLOCK AND DRUMS**

*In this paper, the behavior of the rope with his clash of blocks and drums. To do this, an analysis of twenty literature on the formation of a curved line on the blocks and drums. Analyzed the pioneering work of scholars such as E Klein, VI Prokofiev, AI Duklski, LI Zhukov, IF Nikitin, MF Glushko, IM Rabinovich, NN Fidrovskaya and others. Presents schemes the bending of the rope on the block, and conducted an analysis of existing design schemes.*

**Key words:** *steel wire rope, block, drum, differential equations, bend, displacement wires, strands.*

Шарапов Р.Р., д-р техн. наук, проф.,  
Бойчук И.П., канд. техн. наук, доц.,  
Агарков А.М., аспирант,  
Прокопенко В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЗВЕШЕННОЙ В ПОТОКЕ ВОЗДУХА ЧАСТИЦЫ В КОНЦЕНТРАТОРЕ

ptdm\_zavkaf@mail.ru

В пылеосадительных камерах используют гравитационное осаждение частиц из потока газа. Для достижения необходимой эффективности очистки газов необходимо, чтобы частицы как можно более длительное время находились в пылеосадительной камере. Для повышения эффективности камер применяются различные устройства. Изменение направления течения и введение в камеру направляющих перегородок позволяют наряду с гравитационным использовать еще и инерционный эффект осаждения частиц при обтекании потоком газа различных препятствий. При отклонении потока газа от прямолинейного направления следует ожидать выпадения наиболее крупных частиц. В этом случае благодаря инерционным силам пылевые частицы, стремясь сохранить направление своего движения после поворота потока газа, будут выпадать в бункер. Кроме того удар частицы о препятствие приводит к изменению скорости и, соответственно, кинетической энергии, что тоже будет способствовать выпадению крупных частиц.

**Ключевые слова:** концентратор, частица, газовый поток, перегородки.

**Введение.** При сильно запыленных газовых потоках процесс очистки происходит в несколько этапов [1]. Концентраторы, предназначенные для первичного удаления грубых частиц газового потока, можно использовать как предварительные осадители, располагая их последовательно с устройствами других типов, чтобы уменьшить нагрузку на последние [2].

В концентраторе осаждение частиц происходит, в основном, под действием сил тяжести [3]. Для увеличения осадительного действия концентратор можно снабдить отражательными перегородками, которые изменяют направления движения газа. В этом случае на частицы действуют и силы инерции.

Конструирование концентраторов проводится на подсчете скорости вертикального движения частицы вниз под действием сил, приложенных к частице.

**Основная часть.** Движение частицы в газовой среде описывается вторым законом Ньютона:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum_i \vec{F}_i, \quad (1)$$

где  $m$  – масса частицы,  $v$  – скорость частицы,  $\sum_i \vec{F}_i$  – главный вектор действующих на частицу в газовом потоке сил. В общем случае главный вектор сил равен векторной сумме силы тяжести  $\vec{G}$ , силы сопротивления  $\vec{F}_x$  и подъемной (архимедовой) силы  $\vec{F}_A$ .

Сила сопротивления задается выражением:

$$F_x = C_x S \frac{\rho(U - v)^2}{2}, \quad (2)$$

где  $C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления среды,  $S$  – площадь миделевого сечения частицы,  $\rho$  – плотность воздуха,  $U$  – скорость воздуха,  $v$  – скорость частицы. Эта сила направлена противоположно вектору скорости среды.

Коэффициент сопротивления среды  $C_x$  поставлен в зависимость от режима осаждения, т.е. является функцией числа Рейнольдса  $Re$ :

$$C_x = f(Re), \quad (3)$$

где  $Re = \frac{v_p d}{\nu}$ ,  $v_p = |U - v|$  – относительная скорость частицы,  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости. Вычисляют коэффициент сопротивления следующим образом [4]:

$$C_x = \frac{24}{Re}, \quad Re < 2; \quad (4)$$

$$C_x = \frac{18,5}{Re^{0,6}}, \quad 2 < Re < 500; \quad (5)$$

$$C_x = 0,44, \quad Re > 500. \quad (6)$$

Удачной считается зависимость [5]:

$$C_x = 8 \left( \frac{3}{Re} + \frac{0,45}{Re^{4/9}} + 0,042 \right). \quad (7)$$

В [6] указывается, что в диапазоне  $1 < Re < 10^3$  наиболее точно коэффициент лобового сопротивления задается формулой Клячко:

$$C_x = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{4}{\sqrt[3]{\text{Re}}}. \quad (8)$$

Подъемная сила принимается пропорциональной массе среды, вытесненной частицей:

$$F_A = m \frac{\rho}{\rho_p} g, \quad (9)$$

где  $\rho_p$  – плотность материала частицы.

Направлена эта сила вертикально вверх.

Движение частицы будет определяться тем, какое движение совершает поток воздуха в камере концентратора. В случае, когда частица опускается вертикально вниз под действием направленного вниз потока, уравнение (1) с учетом (2), (9) будет следующим:

$$m \frac{dv}{dt} = -C_x S \frac{\rho(U-v)^2}{2} + mg - mg \frac{\rho}{\rho_p}. \quad (10)$$

Данное уравнение осаждения справедливо для любых режимов осаждения при известной скорости движения среды  $U = f(z, t)$ .

Подставляя в (10) формулу (8), получим:

$$-\frac{dv}{dt} = (U-v) \left( A + B(U-v)^{2/3} \right) + C, \quad (11)$$

где

$$A = 12S\rho \frac{v}{d}, \quad B = 2S\rho \left( \frac{v}{d} \right)^{1/3}, \quad C = -g \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_p} \right). \quad (12)$$

Уравнение (11) представляет собой неоднородное обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка относительно скорости. Решение этого уравнения представимо в виде суммы решения общего однородного  $v_1$  и частного неоднородного решения  $v_2$ .

Пусть скорость среды постоянна и направлена вертикально вниз ( $U = U_0 = \text{const}$ ). Тогда однородное уравнение:

$$-\frac{dv}{dt} = (U-v) \left( A + B(U-v)^{2/3} \right). \quad (13)$$

может быть решено аналитически. Такое решение представляется в виде [6]:

$$v_1 = U_0 - U_0 e^{-At} \left[ 1 + \frac{B}{A} U_0^{2/3} \left( 1 - e^{-\frac{2}{3}At} \right) \right]^{-\frac{3}{2}}. \quad (14)$$

График решения общего однородного уравнения при различных скоростях входящего потока представлен на рис. 1.

Рис. 1 показывает, что достижение частицей скорости стационарного движения происходит тем быстрее, чем выше скорость потока. Аналогично на скорости достижения влияет и размер частицы (рис. 2): чем больше частица, тем быстрее она достигает стационарной скорости.

Мелкие же частицы на стационарную скорость не выходят – они продолжают движение вместе с воздухом.

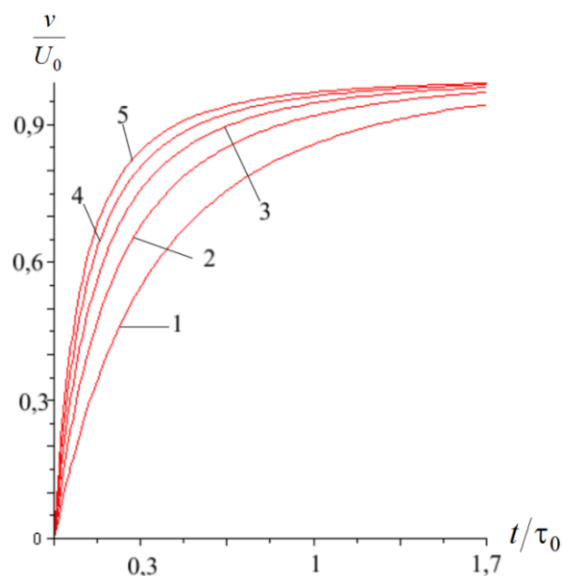


Рис. 1. Изменение скорости частицы при различной скорости  $U_0$ :

1 – 5, 2 – 10, 3 – 15, 4 – 20, 5 – 25 м/с

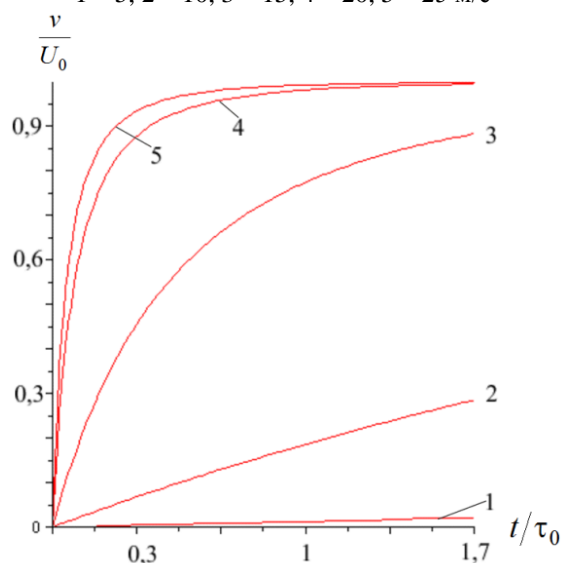


Рис. 2. Изменение скорости частицы при различном диаметре  $d$ :

1 – 1; 2 – 10; 3 – 50; 4 – 100; 5 – 150 мкм

Частное неоднородное решение может быть найдено либо специальными методами, либо подбором. Найдем частное неоднородное решение  $v_2$ , предполагая, что оно равно константе:

$$v_2 = \text{const} = D. \quad (15)$$

Учитывая, что частное неоднородное решение должно удовлетворять исходному уравнению, подставляем его в (13) и получаем для нахождения константы  $D$  следующее уравнение:

$$(U-D) \left( A + B(U-D)^{2/3} \right) + C = 0. \quad (16)$$

Решение этого уравнения зависит от постоянных  $A, B, C, U$  и в общем случае зависимость между этими константами получить не удастся. Но можно исследовать это решение. Для этого сделаем замену  $U - D = x$ . Тогда уравнение (16) примет вид:

$$x(A + Bx^{2/3}) + C = 0. \quad (17)$$

Так как  $A, B > 0$ ,  $C < 0$ , то функция  $f(x) = x(A + Bx^{2/3}) + C$  при  $x \rightarrow -\infty$  стремится к  $-\infty$ , а при  $x \rightarrow +\infty$   $f(x) \rightarrow +\infty$ . Это значит, что уравнение имеет хотя бы один корень. Перепишем уравнение в следующем виде:

$$A + Bx^{2/3} = -\frac{C}{x}, \quad (18)$$

получим, что левая часть – это функция, график которой лежит в первом и втором квадранте, а правая – гипербола, график которой лежит в первом и третьем квадранте. Следовательно, данное уравнение имеет один корень на промежутке  $(0; +\infty)$ , т.е. лежит в первой четверти декартовой плоскости.

Сделаем замену переменных  $x^{1/3} = y$ . Тогда  $x = y^3$  и уравнение (17) примет вид:

$$y^3(A + By^2) + C = 0. \quad (19)$$

Согласно теореме Виета [7], это уравнение будет иметь корень при следующем соотношении между постоянными:

$$\left(\frac{A}{10}\right)^5 \frac{1}{B^3} = C^2. \quad (20)$$

Будем рассматривать сферическую частицу. Для такой частицы площадь миделевого сечения  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ . Тогда коэффициенты  $A, B$  примут вид:

$$A = 3\pi d \rho v, \quad B = \frac{1}{2} \pi d^{\frac{5}{3}} \rho v^{1/3}. \quad (21)$$

Соотношение (20) с учетом (21) даст связь между кинематической вязкостью и плотностью, при которой справедливо уравнение (16):

$$v^4 = 51,44 \left[ \frac{g}{\pi} \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_p} \right) \right]^2. \quad (22)$$

Общее решение уравнения (11):

$$v = U_0 - U_0 e^{-At} \left[ 1 + \frac{B}{A} U_0^{2/3} \left( 1 - e^{-\frac{2}{3}At} \right) \right]^{\frac{3}{2}} + D. \quad (23)$$

График общего решения в безразмерном виде представлен на рис. 3.

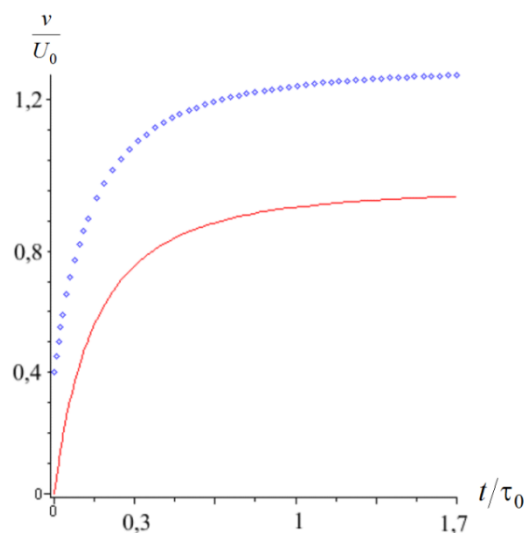


Рис. 3. График изменения скорости частицы со временем: линия – однородное решение,  $\circ$  – общее неоднородное решение

Решение (23) показывает, что скорость частицы возрастает благодаря массовым силам, действующим на частицу. Если скорость потока равна нулю ( $U_0 = 0$ ), то скорость движения частицы будет  $v = D$ .

**Выводы.** В работе представлено решение задачи о вертикальном движении частицы вниз в газовом потоке под действием силы тяжести, силы сопротивления, подъемной силы и силы инерции. Показано влияние различных сил на скорость движения частицы. А также получено соотношение между вязкостью и плотностью, при котором справедливо уравнение движения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прокопенко В.С., Шарапов Р.Р., Агарков А.М., Шарапов Р.Р. Оптимизация работы оборудования для получения тонкодисперсных порошков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №1. С. 80–83.
2. Уваров В.А., Орехова Т.Н. Использование пневмосмесителя при производстве дорожно-строительных материалов / Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. // Белгор. гос. технол. ун-т, Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. Т. II. С. 161–165.
3. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Шаптала В.В. Моделирование процесса разделения в магнитно-аэродинамическом сепараторе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №4. С. 91–95.
4. Островский Г.М. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты хими-

ческих технологий. Часть 2. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2006. 916 с.

5. Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред. СПб.: Наука, 2000. 359 с.

6. Орехова Т.Н., Уваров В.А. Теория и расчет пневмосмесителей непрерывного действия. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 114 с.

7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат.лит, 1986. 544 с.

---

**Sharapov R.R., Boychuk I.P., Agarkov A.M., Prokopenko V.S.**

#### **THE EQUATIONS OF MOTION THE PARTICLE IN THE AERIAL DUST**

*In duster uses the gravitational settling of particles from the gas stream. To achieve the necessary efficiency of gas cleaning is necessary that the particle as much as possible for a long time were in a duster. To increase the effectiveness of duster used different devices. Changing the direction of flow and the introduction into the duster baffles allow along with gravity and still use inertial effect of particle deposition at a flow of gas various impediments. When a deviation from the straight gas flow direction to be expected deposition of the largest particles. In this case, due to the inertial forces of the dust particles in order to maintain its direction after turning the gas flow will fall into the hopper. Furthermore obstacle shot particles leads to a change in velocity and consequently of kinetic energy, which will also contribute to the precipitation of coarse particles.*

**Key words:** duster, particle, gas stream, baffle.



Горлов А.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСТИРАНИЯ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В КАМЕРЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВИХРЕ-АКУСТИЧЕСКОГО ДИСПЕРГАТОРА

belgoras@mail.ru

Проведенные исследования показали, что визуализация процессов, происходящих в камере измельчения вихре-акустического диспергатора, позволяет наблюдать характер движения крупных частиц, процесс истирания, а так же явления, которые никакими методами нельзя изучить, описать, познать. Управляя аэродинамическими параметрами в камере измельчения можно влиять на процесс истирания частиц в ней. Процесс движения и истирания крупных частиц зависит от формы частиц, их плотности, от физико-механических характеристик измельчаемого материала.

**Ключевые слова:** вихре-акустический диспергатор, вихревые потоки, истирание, измельчение.

Характерной особенностью аэродинамики вихре-акустических диспергаторов является сочетание аэродинамического режима, характеризующегося высокой относительной скоростью взаимодействующих фаз, с длительным по отношению к устройствам с вихревыми потоками и пневмотранспортом временем пребывания измельчаемого материала в аппарате [1]. Сочетание этих двух факторов позволяет осуществлять измельчение дисперсных материалов.

Основная камера измельчения вихре-акустического диспергатора (WAD) имеет форму короткого вертикального цилиндра с центральным отверстием для выхода газозвеси. Подача газообразного энергоносителя в вихревую камеру осуществляется через один или несколько тангенциальных каналов, расположенных по внешней окружности камеры. Твердый дисперсный материал может подаваться непосредственно в камеру или поступает вместе с потоком газа.

Важной характеристикой вихре-акустических диспергаторов является их удерживающая способность, определяющая среднее время пребывания материала в камере измельчения, в течение которого достигается необходимая его дисперсность. Время пребывания измельчаемого материала в камере измельчения зависит от нескольких факторов: от физико-механических характеристик частиц материала и от аэродинамических показателей энергоносителя в камере измельчения [2]. В основной камере измельчения WAD частицы твердой фазы проходят несколько этапов разрушения, прежде чем покинуть камеру через центральный сток. Механизм разрушения зависит от размеров частиц исходного материала. Крупные частицы, под действием центробежной силы, будут вращаться на периферии камеры измельчения и основным механизмом разрушения таких частиц является процесс истирания.

Ниже рассматривается математическая модель процесса истирания частиц, позволяющая оценить характеристики частиц в этом процессе. На твердую частицу, находящуюся на боковой стенке камеры измельчения, в радиальном направлении действуют две силы: центробежная  $F_{ц}$ , направленная от центра камеры к периферии, и центростремительная сила  $F_{цс}$  направленная к центру. Условие равновесия этих сил можно выразить уравнением:

$$F_{ц} = F_{цс} \quad (1)$$

или

$$\rho_{ч} \frac{\pi d_p^3 W_{\phi}^2}{3D} = \xi \rho_{г} \frac{\pi d_p^2 V_{\phi}^2}{8}, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр камеры измельчения;  $\rho_{ч}$  и  $\rho_{г}$  – соответственно, плотности твердого материала и газа;  $W_{\phi}$ ,  $V_{\phi}$  – скорость твердых частиц и скорость газового потока у стенки камеры;  $\xi$  – коэффициент лобового сопротивления частицы;  $d_p$  – диаметр частиц материала.

Коэффициент лобового сопротивления частицы можно вычислить по формуле:

$$\xi = \frac{24\mu_g}{\rho_g (V_{\phi} - W_{\phi}) d_p},$$

где  $\mu_g$  – вязкость газа.

Движение энергоносителя в камере измельчения WAD имеет осесимметричный характер, и скорость газового потока, в периферийной зоне камеры может определена из уравнения

$$V_{\phi} = \frac{V}{\pi DH}, \quad (3)$$

где  $V$  – объемный расход энергоносителя,  $H$  – высота камеры измельчения.

В пристеночном слое твердые частицы периодически ускоряются, проходя через струю газа, выходящую из тангенциального патрубка,

а затем тормозятся за счет силы трения о цилиндрическую стенку камеры. Величину силы трения о стенку камеры можно определить как:

$$F_{mp} = k_m F_u = k_m \frac{2W_\phi^2 m_p}{D} \quad (4)$$

Ускорение  $a$  можно определить как отношение изменения скорости частицы материала к среднему времени ее движения на участке движения по боковой стенке камеры, где происходит истирание:

$$F_{mp} = -m_p \frac{W_\phi - W_{\phi 1}}{t} \quad (5)$$

где  $t$  – время движения твердой частицы на участке истирания.

По теореме об изменении количества движения системы, согласно Мещерскому, основной закон движения частицы переменной массы записывается в виде:

$$m_p(t) \frac{d\bar{W}_\phi}{dt} = \bar{F} - \bar{U} \frac{dm_p}{dt}, \quad (6)$$

где  $\bar{F}$  – сумма всех внешних сил, действующих на частицу в вихревом потоке камеры измельчения,  $m_p(t)$  – зависящая от времени масса частицы,  $\frac{dm_p}{dt}$  – скорость изменения этой массы,  $\bar{U}$  –

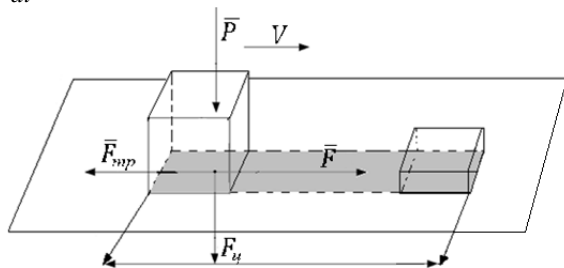


Рис. 1. Модель, определяющая изменение массы частицы в процессе истирания

Частица движется поступательно по поверхности под действием сил с некоторой скоростью  $V_u$ . В результате силы трения, которая превосходит силы взаимодействия между слоями материала, происходит истирание (уменьшение массы) частицы. За частицей остается след из материала, который может иметь различную форму. Форма следа зависит от формы истираемой частицы (рис.1). Объем материала, распределенного в следе  $V_p = Sh$ , где  $S$  – площадь следа,  $h$  – толщина следа, которая зависит от физико-механических характеристик материала; от сил, приложенных к частице; от свойств поверхности контакта, а так же от скорости движения частицы. При больших скоростях необходимо учитывать температурный режим в области контакта, который влияет на процесс истирания. Время, в течение которого истирается частица (кубик с основанием  $a$ ) можно опре-

относительная скорость отсоединяемого вещества от частицы.

Для установления уравнения движения частицы переменной массы нужно проводить опыты. Путь является сложным, т.к. искомое уравнение должно зависеть от закона изменения массы (процесс истирания при движении по поверхности) частицы со временем.

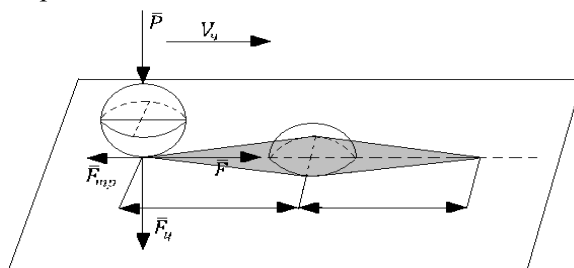
Уравнение, описывающее изменение массы частицы в процессе истирания,

$$\frac{dm_p}{dt} = k_m \beta(N, m_0, F, N), \quad (7)$$

где  $\beta$  – функция зависящая от значения сил приложенных к частице под действием которых проходит процесс истирания, площади контакта частицы с поверхностью,  $m_p$  – переменная мас-

са частицы и  $k_m$  – коэффициент трения частицы о стенку камеры зависит от физико-механических характеристик измельчаемых частиц и материала, из которого сделана камера измельчения, от качества обработки поверхностей камеры, от формы частиц.

Модель, определяющая изменение массы частиц в процессе истирания, представлена на рис. 1.



делить по формуле  $t = m_p \rho_p / (a V_u h)$ , где  $\rho_p, V_u$  – плотность, скорость движения частицы.

Изменение массы прямо пропорционально силе  $P$  нормального давления между поверхностями трущихся тел. Отношение величины истирания (износа) частицы к интервалу времени, в течение которого оно возникло, или к пути, на котором происходило истирание, представляет собой соответственно скорость истирания и интенсивность истирания. Износостойкость материалов оценивают величиной, обратной скорости и интенсивности истирания.

Проводились эксперименты на прозрачной лабораторной установке (рис. 2) по визуализации и изучению процессов движения, измельчения, истирания частиц различной формы. Визуализация процессов, происходящих в камере измельчения, позволяет наблюдать явления, которые никакими методами нельзя изучить, познать. Материал загружается в камеру, энер-

гоносите́ль (воздух) от компрессора подается через тангенциальный патрубок.

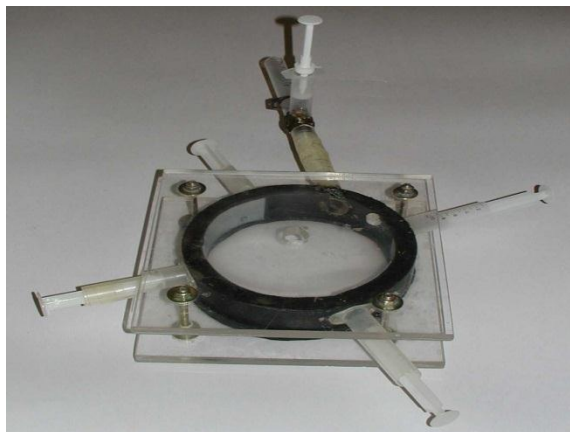


Рис. 2. Лабораторная установка для визуализации процессов в камере измельчения

Крупные частицы вращаются по боковой поверхности камеры измельчения. В начальной стадии процесса истирания сферических частиц, наблюдается характерное истирание частиц не по всей поверхности, а по цилиндрической, ориентированной вдоль мгновенной оси вращения частицы (рис. 3).



Рис. 3. Сферические частицы после обработки в камере измельчения

При круговом движении частицы, по боковой поверхности камеры измельчения, она одновременно вращается вокруг своей оси по принципу гироскопа. Мгновенная ось вращения проходит через диаметр меньшего сечения, проходящего через центр частицы. Со временем площадь соприкосновения частицы и стенки увеличивается, форма частицы изменяется и изменяется положение оси вращения.

Проводились опыты с частицами разной формы: со сферическими, с пластинчатыми. Результаты истирания частиц представлены на (рис. 4).

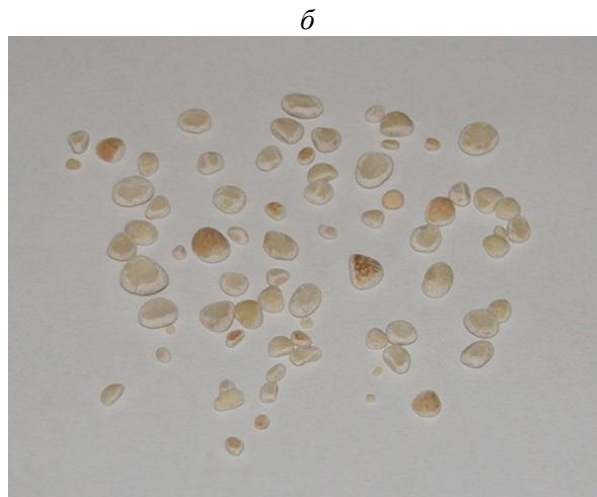
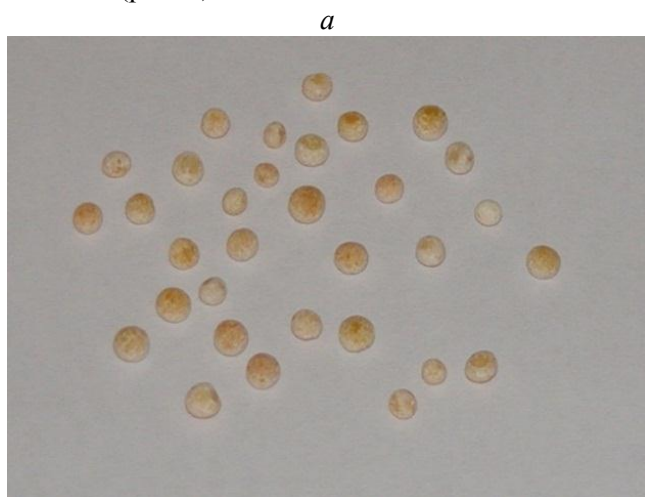


Рис. 4. Частицы после обработки в камере измельчения: а – сферические; б – пластинчатые

Сферические частицы в процессе истирания принимают сферическую форму (рис. 4, а). Пластинчатые частицы (рис. 4, б) в процессе обработки в камере измельчения так же принимают сферическую форму. По характеру истираемости частиц можно определить, как ориентированы частицы в потоке энергоносителя. Пластинчатые частицы ориентированы большим сечением в горизонтальной плоскости.

Некоторые параметры, входящие в уравнение описывающее изменение массы частицы в процессе истирания, необходимо определять экспериментальным путем. Закон изменения массы частиц в процессе истирания определяется физико-механическими характеристиками

материала, кристаллической структурой, от сил взаимодействия на микроуровне, а так же от сил, действующих на частицу.

Законы изменения массы частиц при истирании при установившемся режиме в камере измельчения WAD представлены на (рис. 5).

Закон изменения массы частицы может иметь вид: экспоненциальной –  $m_p(t) = m_0 e^{-kt}$ ; линейной –  $m_p(t) = m_0(1 - kt)$ ; степенной –  $m_p(t) = m_0(1 - kt^\alpha)$  зависимости. Параметр  $k$  определяется экспериментальным путем, используя модель рис. 1.

При движении частиц материала в камере измельчения наблюдается жгутообразная структура газодисперсных потоков у стенки камеры. Вращающийся двухфазный поток набегаёт на входную струю энергоносителя (воздуха), происходит разделение потока на два жгута. При движении частиц в вихревом потоке возникают поля взаимодействия, где закручивание линий тока энергоносителя вокруг вращающейся частицы обуславливает силу взаимодействия, что показано на (рис. 6).

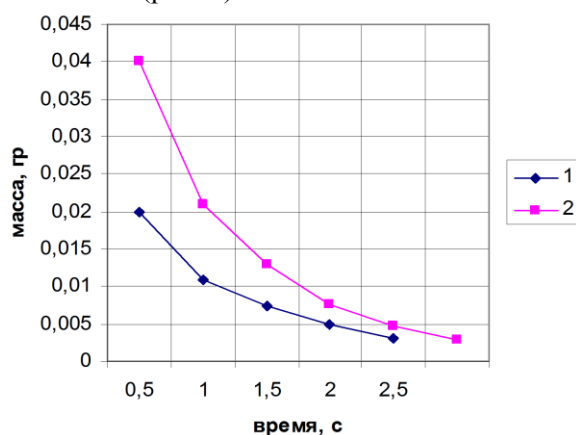


Рис. 5. Изменение массы отдельных частиц при истирании в камере измельчения

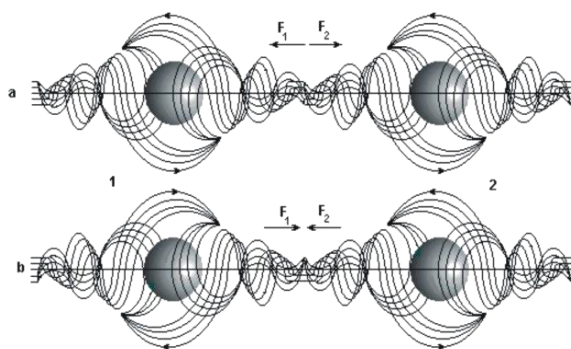


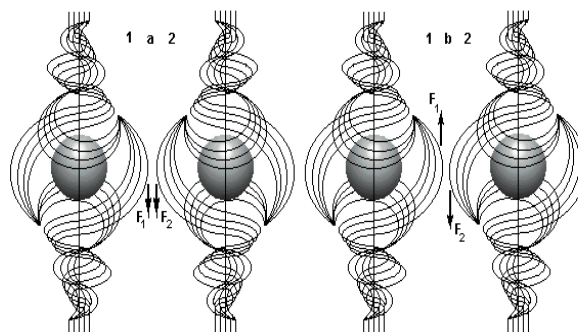
Рис. 6. Схемы поступательно-вращательного движения частиц материала в газовом потоке камеры измельчения

Если вращение потоков идет в разных направлениях (рис. 6), то спирали линий между частицами скручиваются и, укорачиваясь, притягивают их друг к другу. Так как все частицы вращаются с потоком в одном направлении, то основными силами, связывающими частицы в жгуты, является центростремительная и центробежная. Она скручивает в общий жгут линии тока, вращающихся параллельно в одном направлении частиц и стягивает их. Возмущения, генерируемые частицами, которые вращаются в одном направлении одного знака, расталкивают частицы и не дают возможности сблизиться им, удерживая частицы на расстоянии, которое устанавливается балансом центробежной силы и центростремительной силы, в зависимости от характеристик поля энергоносителя.

Проведенные исследования показали, что визуализация процессов, происходящих в каме-

вихре-акустического диспергатора

Это вращение создает дополнительную напряженность поля энергоносителя, которая в свою очередь создает силу  $F$  направленную в сторону противоположную вращению частиц материала (возвратную силу). На (рис. 6) изображены частицы, вращающиеся в одном направлении, возвратные силы их направлены навстречу друг другу, расталкивают частицы. Так образуются и проявляются силы взаимодействия, частицы притягиваясь, освобождают энергию линий тока энергоносителя. Модель позволяет объяснить возникновение жгутообразных структур, для чего обратимся к (рис. 6). При вращении частица материала не только обкручивает линии тока энергоносителя вокруг себя, но и накручивает их в спирали на ось вращения, что создает дополнительную напряженность поля энергоносителя. Если поле энергоносителя вращается в одном направлении, то образуемые спирали раскручивают друг друга и, удлинняясь, расталкивают частицы и освобождают энергию потока.



ре измельчения вихре-акустического диспергатора, позволяет наблюдать характер движения крупных частиц, процесс истирания, а так же явления, которые позволяют понять и создать физическую модель процессов в ней. На основе физической модели проще создать математическую модель описывающую процессы, происходящие в камере измельчения вихре-акустического диспергатора. Управляя аэродинамическими параметрами в камере измельчения можно влиять на процесс истирания частиц в ней. Процесс движения и истирания крупных частиц зависит от сил приложенных к частице, формы частиц, их плотности, от физико-механических характеристик измельчаемого материала.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Патент РФ №2003123664/03, 25.07.2003. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Горлов А.С., Перелыгин Д.Н., Федоренко Б.З. Вихре-акустический диспергатор // Патент России. № 2250138.2005. Бюл. №11.
2. Шаптала В.Г., Шопина Е.В., Стативко А.А. Исследование характера движения частиц в помольной камере вихревой мельницы // Энергосберегающие комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. науч. тр. Белгород: Изд-во БГТУ, 2003. С. 276-281.

---

**Gorlov A.S.****STUDY OF SOLID PARTICLES ABRADING PROCESS IN THE GRINDING CHAMBER OF VORTEX-SONIC DISPERSER**

*Studies have shown that viewing of the processes in the grinding chamber of vortex-sonic disperser makes it possible to observe the mode of large particles motion, the abrasion process as well as some phenomena which cannot otherwise be studied, described, known. The process of particle abrading can be influenced by adjusting aerodynamic conditions in the grinding chamber. Motion and large particle abrading process depends on the shape of particles, their density and on physical and mechanical properties of the grind material.*

**Key words:** *vortex-sonic disperser, vortex flows, abrasion, grinding.*

Семикопченко И.А., канд. техн. наук, проф.,  
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,  
Жуков А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В АГРЕГАТЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА С ВНУТРЕННЕЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ

olimp69@narod.ru

В данной статье дано математическое описание движения частицы материала в агрегате дезинтеграторного типа с внутренней классификацией. Представлена расчетная схема прохождения частицей материала межпруткового пространства. Получено аналитическое выражение, позволяющее определить условие прохождения частицей материала межпруткового пространства в камере помола агрегата дезинтеграторного типа.

**Ключевые слова:** агрегат, частица, камера помола, классификация

Дезинтеграторы являются одним из основных видов помольного оборудования, обеспечивающего получение готового продукта с заданным гранулометрическим составом [1].

Одним из способов обеспечения внутренней классификации материала в агрегате дезинтеграторного типа является установка отбойной классифицирующей решетки перед разгрузочным патрубком камеры помола [2].

Для рассмотрения движения частицы материала в воздушной среде, совершающей вращательное движение вблизи отбойной решетки, введем в плоскости, перпендикулярной оси вращения роторов полярную систему координат  $(r, \varphi)$ , которая с декартовой связана следующим соотношением:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (1)$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{y}{x}\right). \quad (2)$$

Уравнения плоского движения частицы материала с плотностью  $\rho$  в рамках детерминированной модели движения сферической частицы диаметром  $d_0$  во вращающемся воздушном потоке с частотой  $\omega$  и коэффициентом динамической вязкости  $\mu$  согласно результату работы [3] будут иметь следующий вид:

$$\frac{d\mathcal{G}_r}{dt} = \frac{\mathcal{G}_\varphi^2}{r} + \frac{1}{\tau}(u_r - \mathcal{G}_r), \quad (3)$$

$$\frac{d\mathcal{G}_\varphi}{dt} = -\frac{\mathcal{G}_r \mathcal{G}_\varphi}{r} + \frac{1}{\tau}(u_\varphi - \mathcal{G}_\varphi), \quad (4)$$

здесь  $\mathcal{G}_r, u_r$  – соответственно радиальные компоненты скоростей частицы материала и воздушной среды;  $\mathcal{G}_\varphi, u_\varphi$  – соответственно тангенциальные компоненты скоростей частицы материала и воздушной среды;  $\tau$  – величина, имеющая размерность времени, определяется следующим соотношением:

$$\tau = \frac{\rho d_0^2}{18\mu}. \quad (5)$$

В силу аксиальной симметрии будем считать, что радиальная и тангенциальная компоненты скоростей частицы материала зависят только от одной переменной, а именно:

$$\mathcal{G}_\varphi = \mathcal{G}_\varphi(r) \text{ и } \mathcal{G}_r = \mathcal{G}_r(r). \quad (6)$$

Отметим, что в записи выражений (3) и (4) учтено, что при движении в воздушной среде на частицу материала действует сила сопротивления Стокса.

Преобразуем выражение (4), приведя его к виду:

$$\frac{1}{\mathcal{G}_\varphi} \frac{d\mathcal{G}_\varphi}{dt} + \frac{\mathcal{G}_r}{r} = \frac{1}{\tau} \left( \frac{u_\varphi}{\mathcal{G}_\varphi} - 1 \right). \quad (7)$$

Если учесть, что на основании определения:

$$\mathcal{G}_r = \frac{dr}{dt}, \quad (8)$$

тогда (7) примет вид:

$$\frac{d}{dt}(\ln \mathcal{G}_\varphi) + \frac{d}{dr}(\ln r) = \frac{1}{\tau} \left( \frac{u_\varphi}{\mathcal{G}_\varphi} - 1 \right), \quad (9)$$

или

$$\frac{d}{dt}[\ln(\mathcal{G}_\varphi r)] = \frac{1}{\tau} \left( \frac{u_\varphi}{\mathcal{G}_\varphi} - 1 \right). \quad (10)$$

Если предположить, в силу малости частицы материала, что:

$$u_\varphi \cong \mathcal{G}_\varphi, \quad (11)$$

Тогда (10) принимает следующий вид:

Интегрирование дифференциального уравнения (12) приводит к следующему результату:

$$\ln(\mathcal{G}_\varphi r) = \ln(C_1), \quad (13)$$

где  $C_1$  – постоянная интегрирования.

В результате операции потенцирования находим:

$$\mathcal{G}_\phi = \frac{C_1}{r}. \quad (14)$$

Постоянную интегрирования  $C_1$  в (14) находим на основании следующего начального условия при

$$r = R_k, \mathcal{G}_\phi = \omega R_k, \quad (15)$$

где  $\omega$  – частота вращения воздушной среды;  $R_k$  – внешний радиус ударного элемента внешнего ряда.

В дальнейшем предполагается, что частота вращения воздушной среды и частота вращения ударных элементов совпадают.

Применив (15) к (14), можно получить следующий результат:

$$C_1 = \omega R_k^2. \quad (16)$$

С учетом (16) соотношение принимает вид:

$$\mathcal{G}_\phi = \frac{\omega R_k^2}{r}. \quad (17)$$

Полученное соотношение определяет закон изменения окружных значений скоростей воздушного потока и частицы материала.

Согласно результату работы [2], скорость схода воздуха с радиально расположенных ударных элементов определяется соотношением вида:

$$u_r = \omega \sqrt{2R_k h - h^2}, \quad (18)$$

где  $h$  – высота ударных элементов.

Подстановка (17), (18), (8) в дифференциальное соотношение (3) приводит к следующему результату:

$$\mathcal{G}_r \frac{d\mathcal{G}_r}{dr} + \frac{\mathcal{G}_r}{\tau} = \frac{\omega^2 R_k^4}{r^3} + \frac{\omega R_k}{\tau} \sqrt{2h - \left(\frac{h}{R_k}\right)^2}. \quad (19)$$

Необходимо найти решение дифференциального уравнения (19), удовлетворяющее начальному условию:

$$\mathcal{G}_r(r = R_k) = \mathcal{G}_0, \quad (20)$$

Здесь величина скорости  $\mathcal{G}_0$ , согласно результату работы [4], задается соотношением вида:

$$\mathcal{G}_0 = \frac{\omega R_{cp}}{2f}, \quad (21)$$

где  $f$  – коэффициент трения частицы материала с поверхностью ударного элемента;  $R_{cp}$  – величина радиального расстояния от оси вращения до места соударения частицы материала с ударным элементом последнего ряда. Данную величину можно задать соотношением:

$$R_{cp} = \frac{R_n + R_k}{2}, \quad (22)$$

где  $R_n$  – внутренний радиус ударного элемента внешнего ряда.

С математической точки зрения дифференциальное уравнение (19) является нелинейным и поэтому нахождение аналитического решения является трудной задачей.

Исследование поведения радиальной компоненты скорости частицы материала при ее сходе с ударного элемента последнего ряда проведем численными методами. Для этого в рамках математического пакета «Maple» проведем численное интегрирование для следующих конструктивных и технологических параметров:  $R_n = 0,15$  метра;  $R_k = 0,138$  метра;  $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$ ;  $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$ ;  $\mu = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;  $h = 0,039 \text{ м}$ ;  $\Delta = 0,002 \text{ м}$ .

Результаты численного интегрирования дифференциального уравнения (19) представлены на рис. 1.

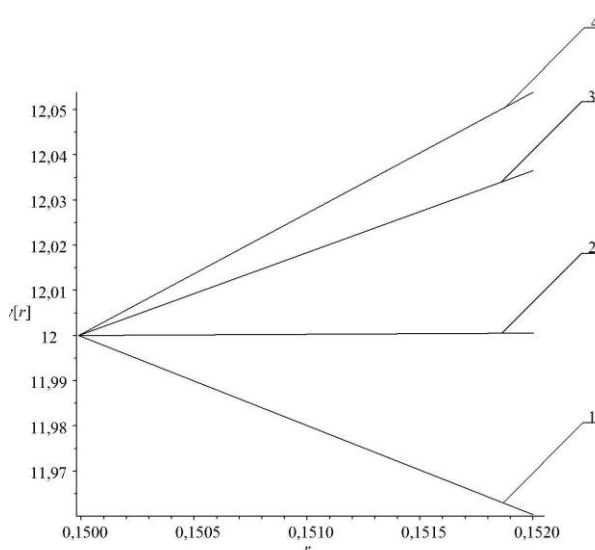


Рис. 1. График изменения радиальной составляющей компоненты скорости частицы материала:

- 1 – соответствует диаметру частицы  $d_0 = 0,00005 \text{ м}$ ;
- 2 –  $d_0 = 0,000065 \text{ м}$ ; 3 –  $d_0 = 0,0001 \text{ м}$ ;
- 4 –  $d_0 = 0,0002 \text{ м}$

Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что при изменении диаметра частиц материала в диапазоне от 50 мкм до 200 мкм изменение радиальной компоненты скорости частицы материала от своего начального значения не превышает 0,05 м/с. На основании сказанного с высокой степенью точности можно положить, что

$$\mathcal{G}_r(r = R_k + \Delta) \cong \mathcal{G}_0 = \frac{\omega R_{cp}}{2f}. \quad (23)$$

На основании работы [5] частица материала удаляется из камеры помола, когда она в процессе движения проникнет в межпрутковую область на расстояние не менее половины своего диаметра.



На процесс этого движения необходимо затратить время  $t_1$ , равное

$$t_1 = \frac{d_0}{2g_0}. \quad (24)$$

За этот же промежуток времени в окружном направлении частицы материала, согласно расчетной схемы, представленной на рис. 2,

пройдет расстояние  $\delta - \frac{d_0}{2}$ :

$$t_1 = \frac{\delta - \frac{d_0}{2}}{g_\phi(R_k + \Delta)}. \quad (25)$$

На основании (24) и (28) с учетом (23) и (17) находим, что:

$$\frac{d_0 f}{\omega R_{cp}} = \frac{\left(\delta - \frac{d_0}{2}\right)(R_k + \Delta)}{\omega R_k^2}, \quad (26)$$

где  $\Delta$  – расстояние от последнего ряда ударных элементов до прутковой решетки в радиальном направлении.

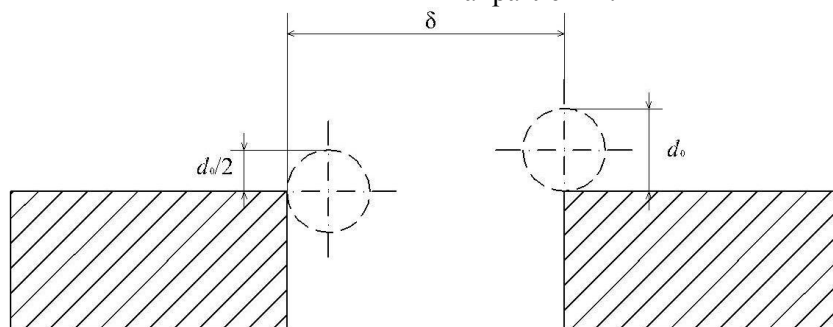


Рис. 2. Расчетная схема прохождения частицы материала межпруткового пространства

Из соотношения (26) получаем необходимое выражение, определяющее условие прохождения частиц материала межпруткового пространства:

$$\delta \geq \delta_{\min}, \quad (27)$$

где аналитическое выражение  $\delta_{\min}$  равно:

$$\delta_{\min} = \frac{d_0 \left( \frac{2f}{1 + \frac{R_n}{R_k}} + \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\Delta}{R_k} \right) \right)}{1 + \frac{\Delta}{R_k}}. \quad (28)$$

Графическая интерпретация функциональной зависимости (28) представлена на рис. 3.

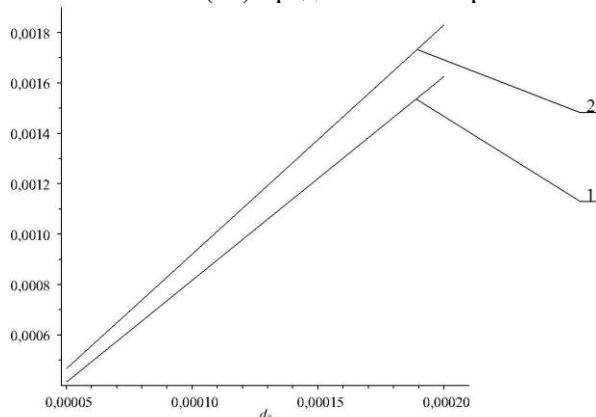


Рис. 3. График зависимости изменения минимального размера межпруткового расстояния отбойной решетки от диаметра проходящей частицы материала:

1 – коэффициент трения  $f = 0,3$ ; 2 –  $f = 0,4$

Анализ приведенной зависимости позволяет сделать вывод о том, что большему значению коэффициента трения частицы материала о поверхность ударного элемента соответствует и большее значение минимального межпруткового расстояния.

Таким образом, полученное аналитическое выражение (28) позволяет рассчитать межпрутковое расстояние решетки, чтобы удалять из камеры помола частицы материала нужного диаметра в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И. А. Основы производства силикатных изделий. М.: Изд-во Госстройиздат, 1962. 602 с.
2. Семикопенко И.А., Вялых С.В., Жуков А.А. Агрегат дезинтеграторного типа с внутренней классификацией материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 74-76.
3. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Вялых С.В. Вычисление скоростей встречных плоских воздушных потоков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 101-103.
4. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 11-12. С. 93-96.

5. Гарабажиу А.А. Математическое моделирование процессов измельчения и классификации сыпучих материалов в роторно-

центробежной мельнице // Химическая промышленность. 2003. №6. С. 15-30.

---

**Semikopenko I.A., Voronov V.P., Zhukov A.A.**

**MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE MOTION OF MATERIAL IN THE UNIT OF DISINTEGRATOR TYPE WITH INTERNAL CLASSIFICATION**

*In this article the authors give a mathematical description of material particles motion in the unit of disintegrator type with internal classification. There is presented a design scheme for the passage of the material particle in midioutclose space. There is obtained an analytical expression that allows to determine the condition of the material particles passage through midioutclose space in the unit of grinding chamber of the disintegrator type.*

**Key words:** unit, particle, grinding chamber, classification.

Романович А.А., канд. техн. наук, проф.,  
Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.,  
Мещеряков С.А. инж.,  
Прокопенко В.С. аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

nefact@mail.ru

В статье представлена технологическая схема получения минеральных добавок в асфальтобетон путем переработки отходов металлургических производств. Данная технология переработки шлака включает в себя две стадии измельчения: предварительную – измельчение в пресс-валковом агрегате и окончательную – помол в роторно-вихревой мельнице, работающей в замкнутом цикле с сепаратором. Использование такого способа измельчения шлака позволяет получать минеральные добавки с высокой удельной поверхностью ( $4000 \dots 5000 \text{ см}^2/\text{кг}$ ).

**Ключевые слова:** технология получения минеральных добавок, пресс-валковый измельчитель, шлак, роторно-вихревая мельница.

**Введение:** Рациональное использование минерального сырья в строительной промышленности является одним из главных вопросов при решении задач энерго- и ресурсосбережения. В то же время промышленность стройматериалов может являться уникальным утилизатором отходов других отраслей с получением новых композиционных строительных материалов в том числе и в дорожном строительстве [1, 2].

Ежегодно в мире из недр планеты извлекается порядка 26 млрд. тонн горной массы, перерабатывается около 4,5 млрд. т. различных полезных ископаемых, из которых только от 2 до 10 % становится полезным продуктом, около 3 миллиардов тонн переходят в разряд промышленных отходов рациональные области использования которых, как правило, не определены. Разработка полезных ископаемых сопровождается накоплением миллиардов кубических метров отвальных пород, которые занимают сотни тысяч гектар земель. В результате накопления на поверхности нашей планеты мощных техногенных образований происходит экологический прессинг [3...5].

**Методология:** Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов, но наиболее эффективным решением является внедрение безотходной технологии. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы одних производств могут, являясь исходными сырьевыми материалами других. Комплексное использование минеральных природных ресурсов, вовлечение в производство техногенных отходов и вторичных продуктов различных отраслей промышленности для производства строительных материалов позволит существенно снизить нагрузку на

окружающую среду и привести к ресурсо- и энергосбережению.

Сегодня проблема сокращения отходов тесно связана с вопросами устойчивого экономического развития: в условиях постоянно растущего спроса на сырьё, при одновременном сокращении доступных запасов и конечной исчерпаемости природных ресурсов.

К началу XXI века человечество накопило такое количество техногенных отходов, что их можно условно назвать новыми месторождениями. Поэтому на сегодня остро стоит задача по их использованию с минимальными затратами на переработку.

Например, только запасы отходов в виде шлаков электросталеплавильных печей только Оскольского электрометаллургического комбината составляют более 4 миллионов тонн, при ежегодном пополнении около 500 тысяч тонн.

В настоящее время имеется ряд разработок по использованию шлаков в производстве строительных материалов, строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог [6]. Установлено, что применение шлаковых материалов в конструктивных слоях одежд, оснований дорог и составляющих асфальтобетонных покрытий, в качестве песчаного заполнителя и минерального порошка, снижает себестоимость строительства и повышает качество и надежность дорожного покрытия.

Известна также технология получения минеральных вяжущих с использованием шлаковых отходов доменных печей металлургических производств, одной из основных составляющих которой, является тонкое измельчение её компонентов до удельной поверхности  $4000 \text{ см}^2/\text{кг}$  [7].

**Основная часть:** Однако исходный продукт – шлак, представляет собой достаточно твердый материал с пределом прочности зерен

$P = 300 \dots 320 \text{ кг/см}^2$ , абразивными свойствами и имеет более значительные размеры чем требует конечный продукт, что требует производить его измельчение и помол для получения необходимого продукта.

В настоящее время существует большое разнообразие помольных агрегатов и систем, применяемых для измельчения материалов и техногенных отходов, которые имеют различные прочностные характеристики.

Проведенный анализ технико-экономической эффективности от использования существующих и разрабатываемых помольных систем [8, 9], позволил выявить как наиболее эффективные те системы, у которых реали-

зуется принцип постадийного измельчения материалов с выносом стадии грубого помола в отдельный агрегат - пресс-валковый измельчитель (ПВИ), осуществляющий более экономичный способ разрушения шихт.

Нами предложена технология получения минеральных добавок для дорожного строительства (рис. 1), включающая в себя пресс-валковый измельчитель для предварительного измельчения материалов и роторно-вихревую мельницу (РВМ), использование которой в качестве помольного агрегата позволяет получать готовый продукт с высокой удельной поверхностью ( $4000 \dots 5000 \text{ см}^2/\text{кг}$ ).

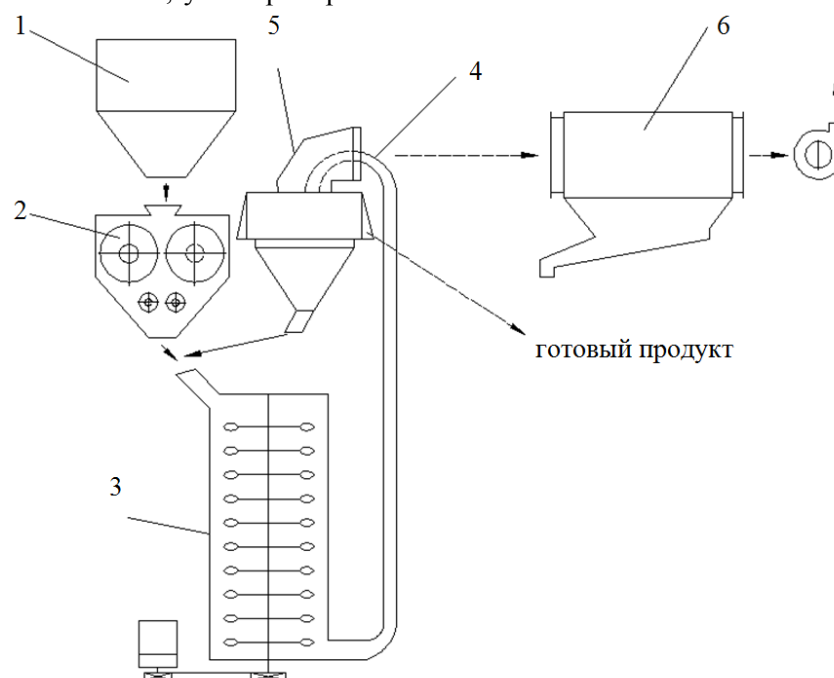


Рис. 1. Технологическая схема получения минерального порошка: 1 – бункер шлака; 2 – ПВИ, 3 – ударно-вихревая мельница; 4 – пневмомагистраль; 5 – сепаратор; 6 – система аспирации

Процесс измельчения анизотропных материалов в ПВИ слабо изучен, а приведенные в литературе данные по измельчению хрупких материалов в ПВИ [10, 11] дают большой разброс от 0,5 до 1,5 м/с окружных скоростей вращения валков, усилий измельчения  $P = 150 \dots 350 \text{ МПа}$ , габаритных размеров валков (диаметр их составляет 1,0 ... 2,8 м; ширина – 0,8...1,6 м) и их выходных показателей (удельный расход энергии составляет  $1,5 \dots 5,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$ , установленная мощность двигателей может достигать до 4,5 тыс. кВт, а производительность установок колеблется от 10 до 1800 т/ч), что свидетельствует о необходимости проведения теоретических и экспериментальных исследований по изучению процесса измельчения материалов в ПВИ с целью получения рациональных конструктивно-технологических и силовых параметров агрега-

тов, с учетом физико-механических характеристик и текстуры измельчаемых материалов.

При реализации постадийного измельчения изотропных материалов, предусматривающего предварительную обработку материалов давлением между валками ПВИ, после которого материал выходит в виде спрессованных пластин с максимальной прочностью в направлении приложения усилия и имеет анизотропную текстуру (рис. 2). Такая форма частиц шлака затрудняет его дезагломерацию и помол в таких агрегатах как вибрационные, струйные, роторно-вихревые мельницы и другие.

Проведенные экспериментальные исследования по изучению влияния давления измельчения материалов на величину усилия дезагломерации спрессованных пластин (рис. 3), позволили установить, что с увеличением давления прессования увеличивается не только степень

измельченности материала, но и прочность спрессованных пластин. Причем для их дезагломерации необходимо в зависимости от направления прилагать различные по величине усилия. При измельчении шлака давлением равным 240 МПа, что соответствует насыщению как по степени измельченности, так и по плотности спрессованных пластин, усилия необходимые на их дезагломерацию в направлении прессования материала равны  $P_{\text{дез прод}} =$



Рис. 2. Форма шлака после обработки давлением в ПВИ

Нами разработана конструкция ПВИ с устройством для дезагломерации спрессованной ленты, которая позволяет совместить в себе процессы измельчения и дезагломерации спрес-

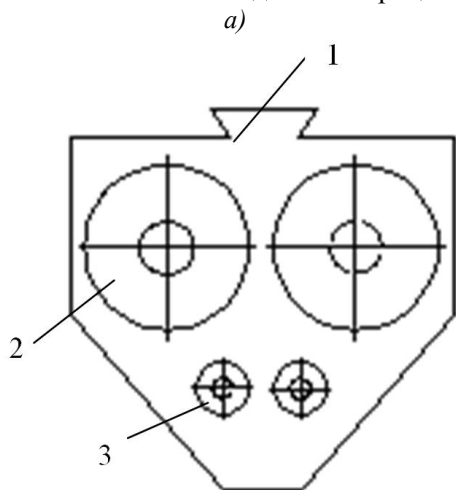


Рис. 4. ПВИ с устройством для дезагломерации спрессованных материалов:  
а – конструктивная схема установки: 1 – бункер; 2 – основные конические валки;  
3 – валки дополнительные; б – фото опытно промышленного агрегата

Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации включает в себя загрузочный бункер 1, установленные на раме конические валки 2 и дезагломерирующее устройство, которое состоит из дополнительных валков 3, вращающихся навстречу друг другу. Дополнительные валки имеют меньший диаметр и конусность обратную основным валкам, что

22 МПа, что в 5 раз превышает усилия разрушения в перпендикулярном направлении, которые равны  $P_{\text{дез попер}} = 4$  МПа. Это свидетельствует о том, что для дезагломерации измельченных и спрессованных в пластины материалов в ПВИ целесообразно прилагать усилия их разрушения в направлении перпендикулярном прессованию или сочетание раздавливающих и сдвиговых деформаций.

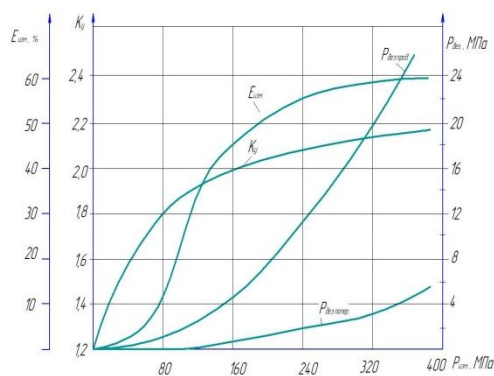


Рис. 3. Влияние давления измельчения шлака на величину усилий дезагломерации спрессованных пластин

сованного материала, тем самым снизить эксплуатационные затраты и повысить эффективность использования помольного агрегата (рис. 4).



позволяет осуществлять силовое воздействие на спрессованные пластины в направлении наименьшей их прочности.

Разработанная конструкция пресс-валкового измельчителя, установленного в технологической линии получения минеральных добавок имеет следующие технические характеристики, представленные в табл. 1.

Таблица 1

## Технические характеристики пресс-валкового измельчителя

№, п/п	Наименование показателя	Величина показателя
1	Габаритные размеры валков D×B, м	0,4×0,25
2	Величина конусности валков	0,05... 0,35
3	Частота вращения валков, с <sup>-1</sup>	0,15 ...1,0
4	Максимальное усилие измельчения, Н	5,0×10 <sup>6</sup>
5	Мощность привода, Вт	18×10 <sup>3</sup>

Агрегат для измельчения и дезагломерации материалов работает следующим образом. В загрузочный бункер 1 подается исходный материал, шлак который захватывается валками, между которыми осуществляется его разрушение. Выходя из межвалкового пространства ПВИ, шлак приобретает форму спрессованных пластин, разрушение которых осуществляется между дополнительными валками за счет приложения усилия в направлении обратном прессованию, что позволяет произвести не только его дезагломерацию, но и раскрыть микротрещины частиц. Как показали исследования, в зависимости от измельчаемого материала и режима его измельчения давлением в ПВИ, в нем

содержится около 30 % готового продукта с размерами зерен менее  $80 \times 10^{-3}$  мм. Удаление готового продукта перед агрегатом окончательного помола позволяет не только значительно снизить удельные энергозатраты, но и повысить эффективность его работы. Доизмельчение шлака осуществляется в ударно вихревой мельнице, работающей в замкнутом цикле с сепаратором (рис. 5, 6). Опытно-промышленная установка роторно-вихревой мельницы имеет следующие технические характеристики: габаритные размеры агрегата 0,6×1,5 м; частота вращения ротора 30 с<sup>-1</sup>; установочная мощность привода 100 Вт; производительность 10 т/ч.



Рис. 5. Фото опытно-промышленной роторно-вихревой мельницы

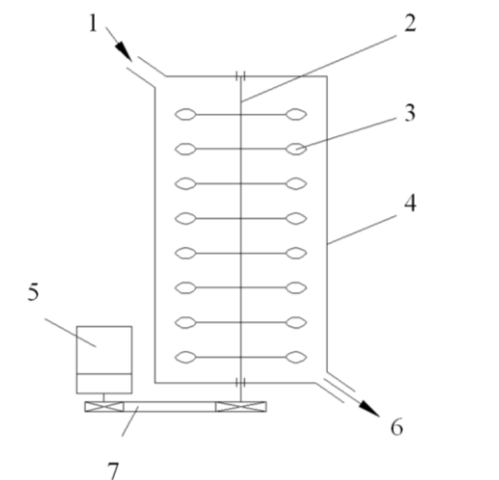


Рис. 6. Конструктивная схема роторно-вихревой мельницы: 1 – входной патрубок; 2 – ротор; 3 – била; 4 – корпус; 5 – электродвигатель 6 – разгрузочный патрубок; 7 – клиноременная передача

Предварительно измельченный в ПВИ шлак поступает в РВМ, где попадает под воздействие вращающегося с частотой 1800...2000 мин<sup>-1</sup> ротора. Попадая на била ротора, материал измельчается, подхватывается потоком воздуха создаваемого ротором и направляется в сепаратор, где осуществляется его разделение на фракции. После разделения готовый продукт накапливается в бункере, а не доизмельченный материал направляется на повтор-

ный помол в роторно-вихревую мельницу. Таким образом, разработанная технология позволяет получить минеральные добавки в асфальтобетон путем переработки отходов металлургических производств. Использование технологии помола шлака в себя две стадии измельчения: предварительную – в пресс-валковом агрегате и окончательный помол в роторно-вихревой мельнице, работающей в замкнутом цикле с сепаратором позволяет полу-

чать готовый продукт с высокой удельной поверхностью (4000...5000 см<sup>2</sup>/кг).

Использование же указанных материалов в тонкоизмельченном состоянии создаст условия не только для утилизации техногенных отходов производств, но и для развития перспективных технологий и строительства дорог и получения более дешевых дорожно-строительных материалов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маркворт Л., Венцель Д. Технология и оборудование для обогащения полезных ископаемых // Горная промышленность. 2005. №1. С. 27-29.
2. Будников П.П., Значно-Яровский И.Л. Гранулированные шлаки и шлаковые цементы. М.: Промстройиздат, 1983. 223с.
3. Орехова, Т.Н. Определение производительности сухих строительных смесей с учётом анализа устройств смесительных агрегатов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 80-86.
4. Grinding technology. POLYCOM. High-pressure grinding roll. Krupp Polysius' Germany. №7. 1990. P. 9-12.
5. Малеев А.И., Кёрш С., Макстон Д. Измельчающие валки высокого давления // Горная промышленность. 2005. №5. С.42-45.
6. Митюшов В. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов [Электронный ресурс]. URL: <http://cncexpert.ru/Data1/5/5750/index.htm> (дата обращения: 31.03.2015).
7. Романович А.А. Энергосберегающий помольный комплекс для переработки природных и техногенных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 187 с.
8. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69-71.
9. Романович М.А., Рудычев А.А., Романович Л.Г. Венчурное инвестирование в инновационные предприятия за рубежом и в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 124-127.
10. Скобло Л.И. Дайджест по материалам журнала Zement-Kalk-Gips. №12 1996. и № 3, 4 1997. // Цемент и его применение. 1997. №3. С. 41-43.
11. Суккар М. Установки для производства цемента с вальцовыми прессами компании SPCC / Суккар М., Хепп К., Шахид А. // Цемент, известь, гипс. 2006. № 2. С. 60-64.

**Romanovich A.A., Orekhova T.N., Mescheryakov S.A., Prokopenko V.S.**

### TECHNOLOGY OF MINERAL SUPPLEMENTS

*The paper presents the technological scheme of mineral additives in asphalt recycling by smelting industry. This technology slag processing includes two grinding step: pre - grinding in roller press machine and final - grinding in a rotor-vortex mill operating in closed circuit with a separator. Using this method allows to obtain a slag grinding mineral supplements with high specific surface (4000-5000 cm<sup>2</sup>/kg).*

**Key words:** *technology for producing mineral supplements, roller press mill, slag, rotary-jet mills.*



Бондаренко Ю.А., д-р техн. наук, проф.,  
Федоренко М.А., д-р техн. наук, проф.,  
Маркова О.В., аспирант,  
Антонов С.И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА НЕКОТОРЫХ УЗЛОВ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ И ИХ МОДЕРНИЗАЦИЯ

siantonov88@mail.ru

*В статье рассмотрены различные технологии ремонта узлов вращающихся цементных печей и их модернизация, без демонтажа узлов, в условиях эксплуатации. Определена проблема необходимости разработки новых принципов организации технического обслуживания и ремонта цементных печей, которые позволят не только восстанавливать утраченную работоспособность, но и значительно повысить эффективность их эксплуатации, за счет увеличения межремонтного периода и сокращения времени простоев в ремонте, а также путем модернизации увеличить производительность и надежность.*

**Ключевые слова:** вращающиеся цементные печи, восстановление работоспособности, повышение эффективности эксплуатации.

**Введение.** Цементная промышленность является одной из базовых отраслей, производящих строительные материалы. На сегодняшний день в России существует около 60 цементных заводов, многие из которых были построены до 1980 года и оснащены технологически устаревшим оборудованием. Несмотря на эти негативные факторы, производство цемента выросло в первом полугодии 2014 года по сравнению с первым полугодием 2013 года примерно на 6%. Исследование цементного рынка приказывает, что в последующие годы этот рост продолжится.

Основным сырьем для производства цемента служат следующие компоненты: глина и известняк, которые в процессе производства смешиваются и обжигаются во вращающихся цементных печах. Основными ремонтными узлами вращающихся цементных печей являются корпус печи, роlikопоры и бандажи, гидроупоры с роliками, венцовая и подвенцовая шестерни, привод печи, теплообменные устройства, холодильник и др.

Если рассмотреть оценку работоспособности вращающихся цементных печей [1, 2], эксплуатируемых на цементных заводах, то она основывается на основе единства и связи следующих положений: цементную печь следует рассматривать поэлементно, как совокупность взаимосвязанных деталей и узлов, обеспечивающих способность агрегата выполнять свои установленные функции; детали, узлы, агрегаты, уплотнения и другие элементы, входящие в цементную печь, имеют различные сроки службы и показатели надежности; работоспособность цементной печи неразрывно связана с условиями эксплуатации и не должна исследоваться обособленно друг от друга.

Под работоспособностью цементной печи понимают состояние, при котором она способна выполнять установленные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, приведенных в нормативной документации. Следовательно, на отклонение заданных параметров цементной печи влияет отказ или неисправность любого из узлов, входящих в нее, даже в том случае, если его наличие не влечет за собой остановку печи.

**Основная часть.** При проведении ремонтов и восстановления работоспособности цементных печей выполняют ремонт различных вспомогательных механизмов и агрегатов, например, холодильников, грануляторов, рекуператоров; уплотнений загрузочных и разгрузочных концов печи, угольных и шламовых питателей, дымососов, системы охлаждения и др. При существенном износе этого оборудования его не восстанавливают на месте эксплуатации и производят замену.

Например, такие вспомогательные механизмы, как уплотнительные устройства устанавливаются на загрузочном и разгрузочном концах вращающейся цементной печи. Основная цель их применения - предотвращение подсосов наружного воздуха в печь, через зазоры, которые образованы из-за неточности установки печи, ее перемещения вдоль оси, радиального биения, тепловой деформации и других негативных факторов. Установка уплотнений - один из наиболее распространенных способов уменьшения расхода топлива.

Появление зазора создает возможность подсоса наружного воздуха, в результате чего объем газа увеличивается, дымососы не успевают выбрасывать газы из печи и она «запирается», и на горячем конце печи, через зазоры про-

исходит выброс горячих газов и пыли, что приводит к нарушению технологического процесса. Корпус печи при эксплуатации смещается, удлиняется или укорачивается в зависимости от степени нагрева; вращение периферийных участков корпуса часто сопровождается «биением» из-за прогибов, полученных при монтаже или образующихся вследствие неравномерного нагрева при работе. На детали уплотнения действует высокая температура, и они подвергаются сильному запылению. В случае выхода из строя уплотнения цементной печи это не приведет к прекращению ее эксплуатации, но значительно повлияет на работоспособность из-за нарушения теплового режима, в связи с вовлечением наружного воздуха в печь, и увеличением объема газа на нагрев этого воздуха. Целесообразность ремонта и модернизации отдельных узлов цементной вращающейся печи обусловлена экономией трудовых и материальных затрат.



Рис. 1. Уплотнительное устройство

При ремонте привода печи проводят восстановление работоспособности редуктора подвенцовой и венцовой шестерен. Венцовую и подвенцовую шестерни заменяют при износе зубьев более 30 %. Если износ зубьев не превышает по длине зубьев – 20 %, а по высоте – 30 %, целесообразно проводить восстановление. Анализ существующих методов восстановления работоспособности деталей показывает, что большинство поврежденных поверхностей могут быть не только восстановлены в полном соответствии с требованиями служебного назначения детали, а также можно увеличить их ресурс, повышая механические характеристики. Таким образом, при выборе способа восстановления работоспособности изделий следует учитывать не только затраты на ремонт, но также и дополнительный положительный эффект, получаемый в результате повышения работоспособности и долговечности восстановленного изделия. Известно, что плавная работа зубчатой передачи может быть обеспечена только при постоянном передаточном отношении, но из-за погрешностей изготовления и погрешностей, связанных с эксплуатацией, например, деформацией зубьев величина передаточного числа в каждый момент времени не остается постоянной, отрицательное влияние оказывают динами-

ческие нагрузки – удары. Деформация зубчатых колес в процессе работы, а так же неточности изготовления приводят к неравномерности распределения нагрузки по ширине зубчатого венца, оси зубчатых колес при их повороте образуют угол перекаса. В результате этого интенсивность разрушений растет с увеличением величины напряжений в месте соприкосновения зубьев. Восстановление шестерен в основном проводится по двум технологиям: изготовление зубьев и ремонт наплавкой изношенной части профиля зуба. При восстановлении работоспособности подвенцовой и венцовой шестерен их часто наплавляют, не применяя в качестве наплавочного материала, например, порошковую проволоку. Покрытия, полученные наплавкой, характеризуются высоким качеством, отсутствием пор, высокими значениями модуля упругости и прочности на разрыв. Технологический процесс восстановления ремонтной наплавкой зубьев детали включает три основных этапа: подготовка под наплавку, наплавка, механическая обработка и контроль. При ремонте необходимо правильно установить шестерню. Венцовую шестерню устанавливают таким образом, чтобы ее ось совпадала с продольной осью бандажей, и радиальное и осевое биение шестерни было не более 0,08 модуля. Механическую обработку можно проводить на разработанном приставном зубофрезерном станке, который позволяет обеспечить точность обработки профиля зуба не зависимо от размерности модуля и диаметра зубчатого колеса, на месте эксплуатации цементной печи. При этом сокращается трудоемкость и сроки простоя оборудования в ремонте. Станок содержит корпус с механизмами продольного перемещения и вращения фрезы. Корпус станка выставляется при установке относительно обрабатываемой поверхности зуба регулируемые опоры и фрезой и закрепляется на зубчатом колесе. Выверка правильности установки станка относительно обрабатываемой поверхности зуба производится пробным проходом фрезы по длине зуба. Фреза получает вращение от механизма вращения фрезы, а перемещение вдоль обрабатываемой поверхности зуба – от механизма продольного перемещения. При обработке обеспечивается высокая точность профиля зуба, точность его расположения, шероховатость поверхности. Станок позволяет обрабатывать поверхности наплавленных и вставных зубьев различной длины, модуля и диаметра зубчатого колеса. на месте их эксплуатации, т.е. без демонтажа с цементной печи. Время ремонта сокращается, уменьшаются затраты и простой оборудования, что приводит к снижению себестоимости.



Рис. 2. Привод печи

На цементных заводах применяются печи с рекуператорными холодильниками (рис. 3). Во время ремонта цементных печей, как правило, рекуператорные холодильники заменяют новыми или отремонтированными, а на месте эксплуатации их ремонтируют при небольших повреждениях. Повышение надежности работы оборудования производится в основном заменой

деталей и узлов. Однако, крупные узлы, например рекуператоры, восстанавливают путем ремонтов, что также влечет за собой длительный простой вращающейся печи. При ремонте рекуператоров следят за надежностью крепления барабанов к корпусу печи, качеством уплотнения футеровки, укладки внутренних броневых плит и огнеупорной футеровки.



Рис. 3. Печь с рекуператорными холодильниками

Эти печи по конструктивному исполнению более сложные, чем печи с колосниковыми холодильниками, но менее громоздкие (колосниковые холодильники дорогие и занимают большое помещение) и дешевле в изготовлении [3]. Основным недостатком печей с рекуператорами является то, что невозможно регулировать количество и качество поступающего воздуха через рекуператоры в печь, поэтому в процессе эксплуатации возникают прогары и трещины рекуператоров. Замена потерявшего работоспособность рекуператора является продолжительным и дорогостоящим процессом. Техническое состояние печей с рекуператорами часто не удовлетворяет требованиям эксплуатации. Поэтому

модернизация печей путем установки новых рекуператоров, обеспечивающих соблюдение технологического процесса обжига клинкера при увеличении его выпуска, а так же частичное расширение корпуса печи является актуальной.

Восстановление работоспособности цементных печей путем проведения ремонтов заканчивается их футеровкой, обкаткой печи в холодном состоянии на медленном ходу, а затем с постепенным переходом на рабочее число оборотов. В процессе обкатки печи проверяют ее техническое состояние и выявленные изъяны устраняют. После розжига на протяжении двух суток осуществляется наблюдение за работой

печи и ее узлов, а затем печь сдается в эксплуатацию.

Одним из основных технологических требований для данного оборудования является обеспечение и сохранение пространственного положения оси вращения печи, и совпадение теоретической оси вращения с эксплуатационной в течении всего периода его работы. Эксплуатационная ось вращения должна быть параллельной осям вращения остальных узлов и агрегатов, вращающихся синхронно с ней. В процессе эксплуатации печи происходит искривление оси вращения корпуса, в результате чего возникают колебания и вибрации не только корпуса печи, но и всей конструкции и бетонных опор, что приводит к разрушению футеровки, и длительным простоям печи в ремонте. Искривление оси вращения происходит как следствие неправильной установки роликоопор, бандажей и температурных перепадов внутри печи [4]. Корпус легко подвергается деформациям, в связи с тем, что толщина обечайки находится в пределах до 100 мм при больших длине (до 230 м) и диаметре (до 7 м) цементной печи, Установка корпуса на ось занимает длительное время и требует высокой квалификации специалистов.

**Выводы.** Эти проблемы можно решить путем установки печи на ось в горячем состоянии. Следовательно, возникает необходимость разработки новых принципов организации технического обслуживания и ремонта цементных печей, которые позволят не только восстанавливать утраченную работоспособность, но и значительно повысить эффективность их эксплуатации, за счет увеличения межремонтного периода и сокращения времени простоев в ремонте, а также путем модернизации увеличить производительность и надежность [5].

Для решения проблемы организации качественного ремонта цементных печей и повышения эффективности их работы, требуется разработка технологических основ проектирования высокоэффективных комплексных ремонтных технологий для восстановления точности и работоспособности деталей механизмов оборудования при систематической оценке его технического состояния [6]. Это возможно реализовать на основе комплексного решения следующих технологических задач: выявление причин и характера формирования отклонений, вызывающих снижение работоспособности цементных печей на основе раскрытия структуры пространственных размерных связей в исполнительных механизмах оборудования; выявление и исследование возможных технологических методов эффективного восстановления требуемой точно-

сти пространственного положения исполнительных механизмов и разработка оптимальных монтажно-сборочных технологий, обеспечивающих выполнение необходимых регулировочных и профилактических работ; разработка и исследование эффективных методов систематического мониторинга технологического состояния узлов оборудования, основанных на применении средств компьютерной вибродиагностики; выявление характерных диагностических точек на основных механизмах цементных печей, обеспечивающих получение достоверной информации о формировании возникающих отклонений от требований эксплуатации, что позволяет своевременно принять превентивные меры для исключения аварийной ситуации; разработка высокоэффективных технологических процессов восстановления работоспособности изделий; разработка методики проектирования эффективных технологий восстановления работоспособности и дополнительного упрочнения изношенных базовых поверхностей изделий; разработка новых форм организации технического обслуживания и ремонта оборудования, основанных на применении современных диагностических методов систематической оценки его технического состояния и применении эффективных ремонтных технологий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко Ю.А. Технологические методы и способы восстановления работоспособности крупногабаритного промышленного оборудования без его демонтажа приставными станочными модулями. Белгород: Изд-во БГТУ. 2011. 231 с.
2. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов (модели динамики). М.: Металлургия. 1978. 112 С.
3. Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Санина Т.М., Афонин В.Г., Антонов С.И. Система устранения выброса пыли в атмосферу // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 67-68.
4. Патент на полезную модель № 2011112925/02, 04.04.2011. Дуганов В.Я., Маслова И.В., Хуртасенко А.В. Способ обеспечения прямолинейности оси вращающейся печи // Патент России № 2468322.2011.
5. Маслова И.В., Лозовая С.Ю., Чепчугов М.С. Дистанционная диагностика состояния опорных деталей сушильных барабанов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2013. Т. 19. № 3. С. 653-658.

6. Патент на полезную модель № 2010138151/02, 14.09.2010. Маслова И.В., Погонин Д.А., Хуртасенко А.В., Чепчуров М.С. Ста-

ночный модуль для восстановительной обработки бандажей и роликов // Патент России № 101952.2010.

---

**Bondarenko U.A., Fedorenko M.A., Markova O.V., Antonov S.I.**

**TECHNOLOGY REPAIR SOME NODES ROTARY CEMENT KILNS AND THEIR MODERNIZATION**

*The article describes the various repair technology nodes rotary cement kilns and their modernization without removing the nodes in operating conditions. Identified a need for the development of new principles of organization of maintenance and repair cement kilns, which will not only restore the lost performance, but also significantly improve the efficiency of their operation, by increasing the turnaround time and reduce downtime in the repair, as well as by upgrading to increase performance and reliability.*

**Key words:** rotary cement kiln, recovery, efficiency of operation.

Шарапов Р.Р., д-р техн. наук, проф.,  
Мамедов А.А., канд. техн. наук, доц.,  
Азарков А.М., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОХОДИМОСТИ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ ГУСЕНИЧНЫХ И ШАГАЮЩИХ КРАНОВ

ptdm\_zavkaf@mail.ru

Проходимость самоходных кранов важный критерий безопасной эксплуатации грузоподъемных машин. Гусеничные и шагающие краны целесообразно использовать на строительных площадках без устройства твердых оснований. Шагающие краны могут эксплуатироваться на грунтах средней и ниже средней прочности (15...40 МПа), а эффективность выражается в сокращении или полном исключении затрат на предварительную подготовку оснований с относительно слабыми (рыхлыми, насыпными, переувлажненными и т.п.) грунтами. Безопасная эксплуатация самоходных кранов на слабых грунтах невозможна также без обеспечения их устойчивости от допустимого угла осадки движителя крана.

**Ключевые слова:** гусеничные, шагающие, краны, проходимость, давление на грунт.

**Введение.** Как гусеничный, так и шагающий краны могут перемещаться в рабочем состоянии на неподготовленной площадке [1]. Их использование рационально, когда краны долго работают на одной площадке, что чаще всего имеет место на промышленном строительстве или при застройке больших жилых массивов в городах [2]. Широкое распространение стреловых самоходных кранов обеспечили: автономность привода, большая грузоподъемность (до 250 т), способность передвигаться вместе с грузом, высокие маневренность и мобильность, широкий диапазон параметров, легкость перебазировки с одного объекта на другой, возможность работы с различными видами сменного рабочего оборудования (универсально) и т.д. [3].

**Основная часть.** При расчете удельных давлений гусеничных и шагающих машин на грунт исходят из линейного распределения давлений по длине основания (рис. 1). При этом гусеница или лыжа считаются абсолютно жестким телом. В действительности, в отличие от гусеницы, лыжа представляет собой гибкую балку конечной длины, лежащую на упругом основании и нагруженную подвижными сосредоточенными грузами. К категории жестких относятся балки, которые вследствие своих конструктивных особенностей практически не изгибаются под действием внешних нагрузок. Принимается, что реактивное давление по подошве жестких балок определяется без учета их изгиба и изменяется по линейному закону (рис. 1) как по длине, так и ширине балки. Гибкие балки обладают способностью изгибаться в одном или обоих направлениях подошвы. Реактивные давления по подошве определяются, исходя из совместной работы балки и основания, и зависят как от прогиба балки, так и от степени развития

пластических деформаций на краях фундамента [4].

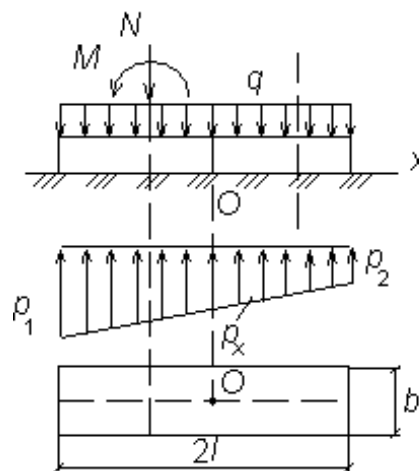


Рис. 1. Эпюра линейного распределения опорных давлений

Гибкость балок, как было показано И.А. Симзулиди [5] и М.И. Горбуновым-Посадовым может быть определена из выражения:

$$t = (1 - \nu_1^2) \pi E b l^3 / 4(1 - \nu^2) E_1 J, \quad (1)$$

где  $\nu$  и  $E$  – коэффициент Пуассона и модуль деформации грунта основания;  $\nu_1$  и  $E_1$  – коэффициент Пуассона и модуль деформации материала основания крана;  $b$  – ширина балки (полосы);  $l$  – полудлина балки;  $J$  – момент инерции поперечного сечения балки.

В зависимости от показателя гибкости  $t$  различают следующие категории балок: при  $t < 1$  – балка жесткая, при  $t > 1$  – балка является гибкой.

Оказывается, что характер распределения реактивных давлений зависит не только от степени развития пластических деформаций, но также и от гибкости основания (площадки под краном). При значениях  $t < 1$  под балкой эпюра реактивных давлений имеет седлообразное

очертание с концентрацией у краев балки (рис. 2), а при  $t > 1$  седлообразное очертание с конечными значениями у краев или даже параболическое очертание. Предварительные размеры балки в плане и по высоте находят как для жесткой балки шириной  $b = 1$  м и длиной  $2l$  исходя из линейного распределения реактивных давлений по подошве балки.

$$p = N / A + 3M / 2bt^2 \quad (2)$$

где  $N$  – сумма всех вертикальных нагрузок на балку;  $A$  – площадь подошвы (гусеницы, лыжи);  $M$  – момент всех сил относительно центра тяжести подошвы балки.

Определив реактивное давление, находим изгибающий момент в каждом сечении балки.

К категории жестких относятся балки, которые вследствие своих конструктивных особенностей практически не изгибаются под действием внешних нагрузок. Принимается, что реактивное давление по подошве жестких балок определяется без учета их изгиба и изменяется по линейному закону как по длине, так и по ширине балки.

Гибкие балки обладают способностью изгибаться в одном или обоих направлениях подошвы. Реактивные давления по подошве определяются, исходя из совместной работы балки и основания и, зависят как от прогиба балки (рис. 2), так и степени развития пластических деформаций на краях балки.

Единого метода расчета гибких балок нет, а существует несколько способов их расчета.

Области применения:

- 1 – для предварительных расчетов;
- 2 – когда не требуется большой точности расчетов;
- 3 – при слабых сильно сжимаемых грунтах.

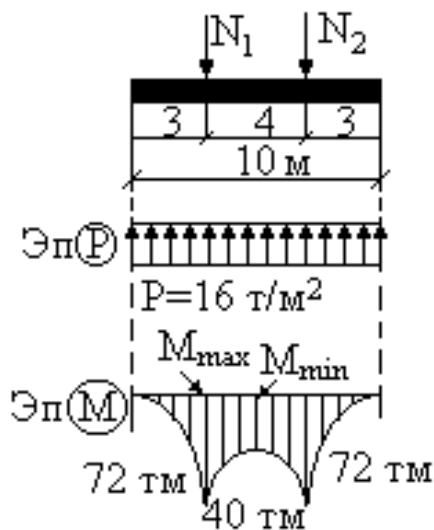


Рис. 2. Прямолинейная эпюра под лыжей

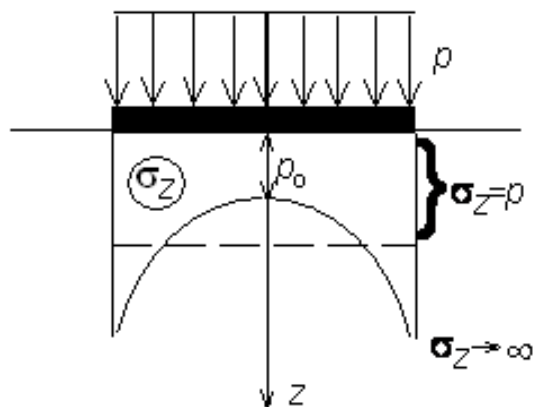


Рис. 3. Эпюра давлений по теории упругости

Кроме того, распределение реактивных давлений по теории упругости обладает существенным недостатком: под краями балки они становятся бесконечно большими (рис. 3), чего в опытах не наблюдается, поэтому во многих случаях эта модель основания приводит к завышенным внутренним усилиям (моменты и поперечные силы) в конструкции балок. Основное влияние на устойчивость самоходного крана оказывает величина угла наклона крана ввиду внецентренности его нагружения, что находится в прямой зависимости от характера распределения давлений под основанием крана. Экспериментальные исследования опорных давлений под шагающим краном КТС-5-10 и гусеничным краном МКГ-25 показали, что эпюра имеет седлообразный характер. По формулам линейного распределения удельного давления по длине лыж и гусениц максимальные опорные давления фактически в 2...3 раза ниже действительных. Эпюра давлений по теории упругости согласуется с экспериментальными данными, кроме максимальных значений по краям балок (лыж и гусениц), в среднем в 1,3...1,7 раза. Опорная площадь крана КТС-5-10 –  $8\text{ м}^2/5\text{ м}^2 = 1,6$  раза больше площади гусеничного крана МКГ-25. При этом максимальные давления под гусеничным краном в 2,5 раза больше, что вызвано звенчатостью гусеничной ленты. Угол осадки шагающего крана при максимальном нагружении составил  $0,8^\circ$ , гусеничного – свыше  $2^\circ$ . Удельные давления на грунт кранов замерялись мессдозой с гидравлическим преобразователем конструкции Д.С. Баранова [6]. Угол наклона кранов определялась прибором КО-1 (квадрант оптический).

**Выводы.** В результате исследований дан сравнительный анализ проходимости шагающих и гусеничных кранов на слабых грунтах, где более эффективны шагающие краны, что позволяет сокращать или полностью исключить затраты на предварительную подготовку оснований с относительно слабыми грунтами. Достаточная



устойчивость шагающих кранов позволяет эксплуатировать их в режиме передвижения с грузом (шагающее–рельсовый движитель). Определение реального реактивного давления грунта на кран позволяет оптимизировать геометрические параметры движителя по условиям прочности и момента сопротивления лыжи или гусеницы, требуемые размеры по сечениям и жесткость EI.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А., Харламов Е.В.. Строительные машины и механизмы: лабораторный практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 145 с.
2. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Шаптала В.В. Моделирование процесса разделения в магнитно–аэродинамическом сепараторе // Вестник Белгородского государствен-

ного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №4. С. 91–95.

3. Sharapov R.R., Agarkov A.M., Sharapov R.R.-jn.. Matrix Modeling of Technological Systems Grinding with Closed Circuit Ball Mill // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1399–1403.

4. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. ПБ 19-382-00. М.: ДЕАН, 2009. 272 с.

5. Симвулиди И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании: изд. 3-е. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1973. 431 с.

6. Баранов Д.С. Тензометрические приборы для исследования строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1971. 165 с.

---

**Sharapov R.R., Mamedov A.A., Agarkov A.M.**

### COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PASSAGE ON SOFT GROUNDS OF THE TRACK AND WALKING CRANES

*Passage of mobile cranes important criterion safe operation of hoisting machines. Track and walking cranes should be used on construction sites without solid grounds bases. Walking cranes can be operated on the ground of intermediate strength (15...40 МПа). The efficiency is expresses in the reduction or complete elimination of the costs of preliminary preparation of grounds with relatively weak (loose, bulk, and so over moistened) soils. Safe operation of mobile cranes on soft ground is not possible and without their sustainability from the admissible angle downgrade of the mover crane.*

**Key words:** track, walking, cranes, passage, pressure on the ground.

Юдин К.А., канд. техн. наук, доц.,  
Дегтярь А.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В СМЕСИТЕЛЕ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ТИПА

kyudin@mail.ru

Рассматриваются смесители периодического действия. Представлена целесообразность разработки смесителей нового типа. Выполнен литературный обзор отечественных и зарубежных авторов по данной тематике. Представлены авторская кинематическая схема и вариант лабораторной установки смесителя (трехмерная модель), описывающие воздействие на перемешиваемый в смесительной камере материал относительно двух взаимно перпендикулярных горизонтальных осей. Вращение смесительной камеры осуществляется посредством конических и цилиндрических передач. Возникающее сложное пространственное движение частиц материала можно регулировать частотным преобразователем и подбором соответствующих зубчатых колес. Представлена часть методики по определению траектории частиц материала в смесительной камере. Решается пространственная задача. Проведены предварительные экспериментальные исследования. Выбран центральный композиционный ортогональный план дробного факторного эксперимента. В качестве входных факторов выбраны четыре параметра. Особенности движения материала в смесителе позволяют говорить о наличии элементов гироскопического эффекта. Сделаны выводы по экспериментам.

**Ключевые слова:** траектории движения материала внутри смесительной камеры, смеситель периодического действия, вращение камеры относительно двух взаимно горизонтальных осей, зубчатые передачи.

**Введение.** Отраслевое оборудование промышленности строительных материалов и смежных отраслей специфично и весьма энергозатратно, что приводит к необходимости эксплуатации оборудования с учетом инновационных подходов к способам переработки материалов. Эффективное перемешивание различных материалов – это проблемное направление при переработке материалов [1].

В сложных условиях импортозамещения возрастает роль отечественных разработок, применяемых в ПСМ. Эффективное перемешивание различных материалов – это востребованное направление при переработке материалов. Примером является модернизация смесителей для сухих строительных смесей. Кроме того, одним из важных направлений является перемешивание при производстве газосиликатных изделий.

Как известно, наиболее важным фактором, влияющим на ячеистую структуру ячеистобетонной смеси и готового ячеистого бетона, является равномерность распределения небольшого количества ( $0,6...0,7 \text{ кг/м}^3$ ) газообразователя (алюминиевой пудры) во всем объеме смеси.

Используемые газобетонмешалки снабжены вертикальным лопастным валом, вращаемом приводом. Кроме того, для интенсификации перемешивания смесь подвергается вибрации при помощи навесных вибраторов [2].

Предлагаемое нами устройство для перемешивания кварцевого песка, цемента, извести и алюминиевой пудры реализует воздействие на перемешиваемый материал в двух взаимно перпендикулярных горизонтальных направлениях [3, 4]. Таким образом, смесительная камера газобетонмешалки подвергается вращению относительно двух взаимно перпендикулярных горизонтальных осей, что предполагает в смесителях периодического действия использовать элементы гироскопического эффекта.

Техническим результатом создания устройства является повышение эффективности перемешивания материалов.

Технический результат достигается устройством для перемешивания материалов, содержащим смесительную камеру сферической формы, смонтированную на водиле, вращаемом вокруг горизонтальной оси и приводом вращения. Коническая передача для вращения непосредственно смесительной камеры вокруг второй горизонтальной оси дополнена цепной передачей [5].

Наличие цепной передачи позволяет снизить размеры конических шестерен передачи, вращающей непосредственно смесительную камеру, что сократит материалоемкость конструкции устройства для перемешивания материалов.

Представим кинематическую схему предлагаемого устройства (рис. 1).

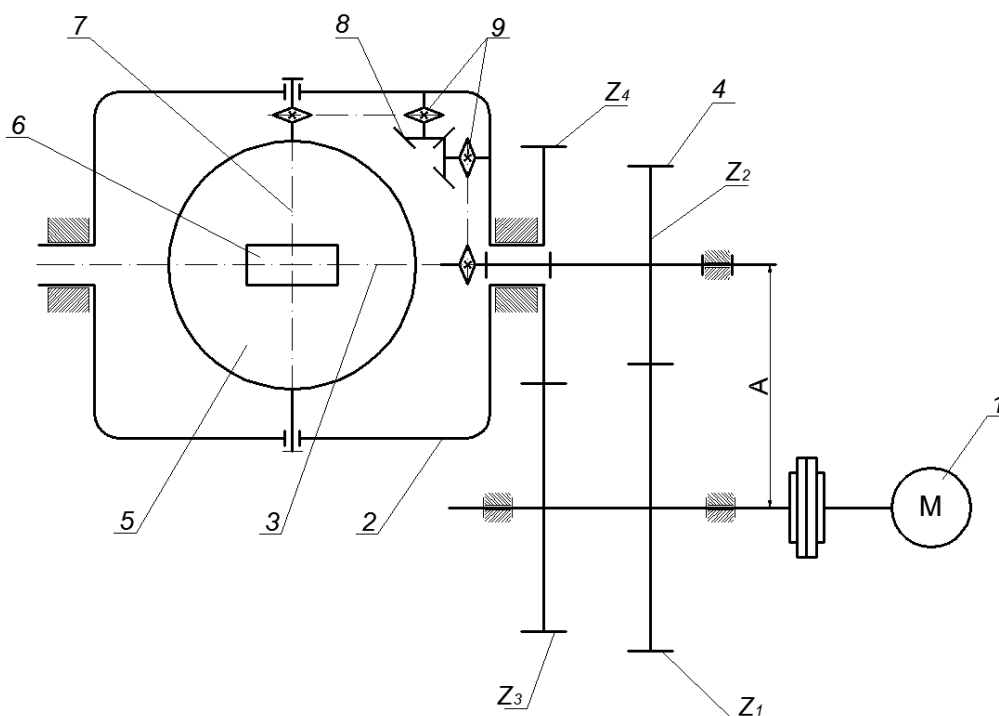


Рис. 1. Кинематическая схема устройства для перемешивания материалов с вращением камеры относительно двух взаимно перпендикулярных горизонтальных осей:

- 1 – привод; 2 – вращающееся водило; 3 – горизонтальная ось; 4 – цилиндрическая зубчатая передача; 5 – смесительная камера; 6 – загрузочный люк; 7 – вторая горизонтальная ось; 8 – коническая зубчатая передача; 9 – цепная передача

Покажем вариант реализации смесителя периодического действия с учетом двунаправленного воздействия на перемешиваемый мате-

риал внутри смесительной камеры относительно двух взаимно перпендикулярных горизонтальных осей.

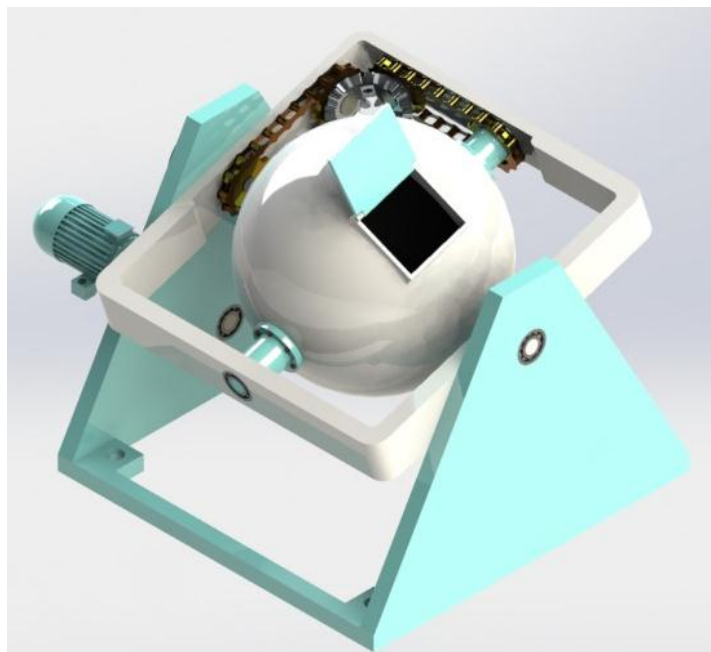


Рис. 2. Трехмерная модель устройства для перемешивания материалов

С одной стороны, центробежные силы обусловлены вращением водила с закрепленной на нём сферической смесительной камерой относительно горизонтальной оси. С другой стороны, центробежные силы обусловлены вращением собственно смесительной камеры относи-

тельно второй горизонтальной оси. Суперпозиция сил заставляет частицы материала перемещаться по сложной траектории.

Режим работы устройства для перемешивания материалов - периодический. Смесительная камера сферической формы должна иметь не-

большой диаметр во избежание возникновения чрезмерных нагрузок на подшипниковые узлы.

Сферическая форма смесительной камеры и варьирование частот вращения целесообразны для устранения застойных зон загрузки и повышения интенсивности перемешивания, так как при определенном соотношении частот возникает оптимальная для данного материала траектория движения загрузки. Все это способствует увеличению площади контактирующих поверхностей, количества взаимодействий и диффузии материалов. Рабочая фаза заканчивается остановкой привода вращения через определенный интервал времени и разгрузкой смесительной камеры через люк.

Эффективная выгрузка готовых смесей может производиться путем установки под смесительной камерой разгрузочного узла, совмещенного с порталом.

Покажем часть методики по определению траектории движения частиц материала, решая пространственную задачу. Специфика воздействия на смешиваемый материал

приводит к усложнению математического аппарата для такой задачи.

Будем считать, что частица материала движется внутри смесительной камеры только под действием силы тяжести [6].

$$m_i \ddot{\vec{r}}_i = \vec{G}_i, \quad (1)$$

где  $m_i$  – масса  $i$ -й частицы,  $\vec{G}_i$  – вес  $i$ -й частицы.

Учитывая, что  $G_i = m_i g$  и интегрируя дважды уравнение (1), получим

$$\begin{cases} \ddot{r}_i = -g\bar{k}; \\ \dot{\vec{r}}_i = -g\bar{k}t + \vec{V}_{i0}; \\ \vec{r}_i = -g\bar{k}\frac{t^2}{2} + \vec{V}_{i0}t + \vec{r}_{i0}. \end{cases} \quad (2)$$

В общем случае, при отсутствии контакта выбранной частицы шарообразной формы с другими частицами и футеровкой смесительной камеры движение центров масс каждой частицы описывается уравнением:

$$\vec{r}_i = \vec{r}_{i0} + \vec{V}_{i0}t + \frac{g}{2}t^2. \quad (3)$$

Уравнение (3) в проекциях примет вид:

$$\begin{cases} x_i = x_{i0} + V_{ix0}t; \\ y_i = y_{i0} + V_{iy0}t; \\ z_i = z_{i0} + V_{iz0}t - \frac{g}{2}t^2. \end{cases} \quad (4)$$

Для каждой  $i$ -ой частицы можно определить время  $t_{ib}$  ее движения по параболической траектории до соударения со смесительной камерой. Граничное условие имеет вид:

$$x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 = (R_b - r_s)^2, \quad (5)$$

где  $R_b$  – радиус смесительной камеры,  $r_s$  – радиус частицы.

Уравнение (5) с учетом (4) принимает вид:

$$(x_{i0} + V_{ix0}t_{ib})^2 + (y_{i0} + V_{iy0}t_{ib})^2 + (z_{i0} + V_{iz0}t_{ib} - \frac{g}{2}t_{ib}^2)^2 = (R_b - r_s)^2 \quad (6)$$

Уравнение (6) является уравнением 4-го порядка.

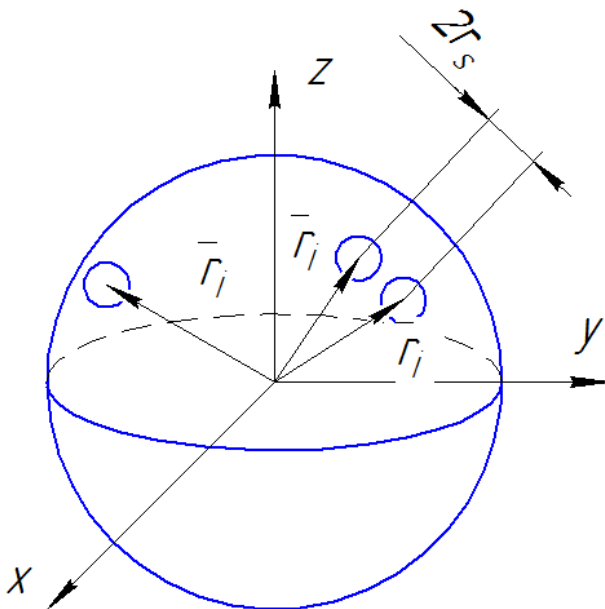


Рис. 3. Частицы материала внутри смесительной камеры

Уравнение 6 имеет четыре действительных корня. Поскольку изначально частица материала находится внутри смесительной камеры, то один корень будет всегда отрицательным, а необхо-

димый корень является минимальным положительным. Варианты движения частицы и возможное количество корней уравнения можно интерпретировать графически (рис. 4).

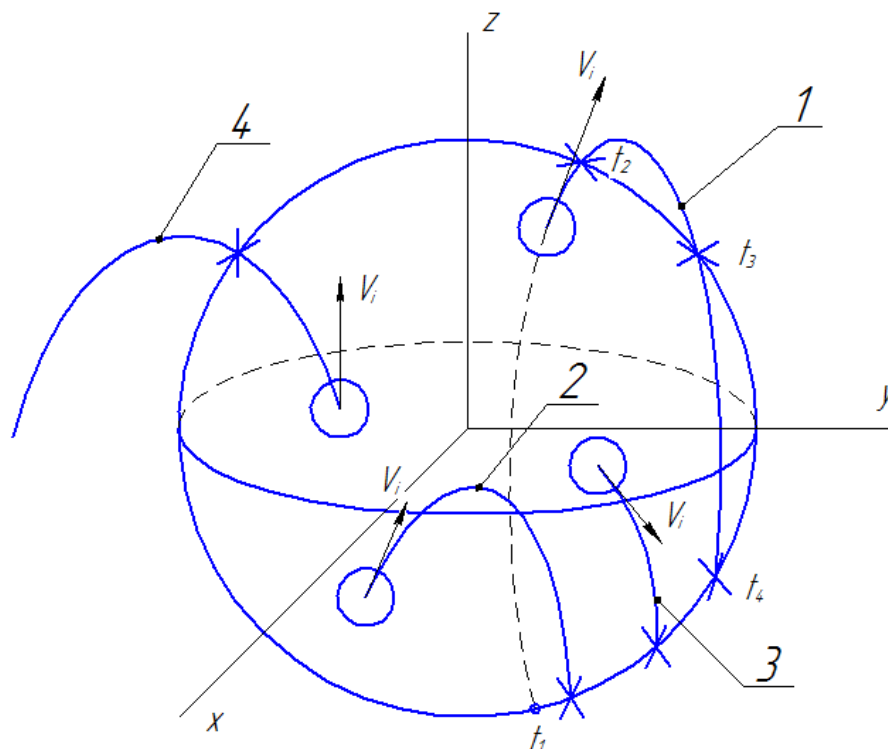


Рис. 4. Варианты движения частиц

Аналогично можно рассчитать время до соударения частиц  $|\vec{r}_i - \vec{r}_j| = 2r_s$ , которое в скалярном виде принимает вид:

$$(x_{i0} + V_{ix0}t_{ijs} - x_{j0} - V_{jx0}t_{ijs})^2 + (y_{i0} + V_{iy0}t_{ijs} - y_{j0} - V_{jy0}t_{ijs})^2 + (z_{i0} + V_{iz0}t_{ijs} - \frac{g}{2}t_{ijs}^2 - z_{j0} - V_{jz0}t_{ijs} + \frac{g}{2}t_{ijs}^2)^2 = (R_b - r_s)^2 \quad (7)$$

Достижение технического результата подкреплено экспериментальными исследованиями [6]. Следуя теории планирования экспериментов, остановились на центральном композиционном ортогональном плане дробного факторного эксперимента. В качестве входных параметров выбраны:  $\varphi$  - коэффициент загрузки смесительной камеры;  $n$  - частота вращения смесительной камеры,  $c^{-1}$ ;  $\rho$  - крупность частиц загружаемого материала,  $m$ ;  $t$  - время перемешивания загружаемой смеси,  $s$ .

Полученные экспериментальные данные следует дополнить машинным экспериментом со специфичным программным обеспечением. Выводы о возможности использования таких смесителей, сходимость результатов экспериментальных исследований и результатов промышленных испытаний могут быть сделаны в результате сравнения рассчитанных с помощью разрабатываемой методики параметров процессов смешивания.

Задача оптимизации конструктивно - технологических параметров смесителей осуществляется, например, последовательным симплекс - методом с использованием математической модели многофазного цикла движения смеси.

### Заключение.

Наличие сложного пространственного движения материала в смесительной камере предполагает его эффективное перемешивание.

Возможно варьирование цикла перемешивания частиц материала как для разных материалов, так и для получения заданного качества перемешивания смеси на основании заранее проведенных экспериментов. Это позволит варьировать экономическую целесообразность предлагаемого устройства для перемешивания материалов.

Применение предлагаемого устройства приемлемо лишь для малотоннажного производства.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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: ТНТ, 2013. 680 с.
2. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий - М.: Высшая школа, 1989. 384 с.

3. Юдин К.А., Фадин Ю.М. Устройство для реализации взаимно перпендикулярного воздействия на измельчаемый материал при перемешивании и измельчении / Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сб. ст./под ред. В.С. Богданова. - Белгород, 2011. Выпуск X. С. 361-363.

4. UnitedStatesPatent 4326428, Twodegreeof-freedom rate gyroscope, dateviews 27.04.1982 <http://www.freepatentsonline.com/4326428.html>

5. Патент №144695 РФ МПК<sup>7</sup>B22C5/04 Устройство для перемешивания материаловБогданов В.С., Юдин К.А., Савкин И.Н., Негрун А.Н., заявитель и патентообладатель Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова (RU), №2014114674; заявл. 14.04.2014, опубл. 27.08.14. Бюл. №24. 4 с.

6. Каримов И. Теоретическая механика/ Электронный учебный курс <http://www.teoretmeh.ru/>

---

**Yudin K. A., Degtyar A.N.**

**BI-DIRECTIONAL IMPACT ON THE MATERIAL IN AMALGAMATORS OF PERIODIC ACTION**

*Considered are the peculiarities of the development of mixers periodically type. There is represents the desirability of such mixers. Completed a review of Russian and foreign writers on the subject. Shows two copy-right kinematic scheme of mixers gyroscopic type, describe the impact on the mixing material in two mutually perpendicular directions and in two mutually perpendicular horizontal directions. There is shows an example of the laboratory setup. Rotation of the mixing chamber is carried out by means of toothed (conical and cylindrical) programmes. The resulting complex spatial motion of material particles can be adjusted to the selection of appropriate gear wheels. They were preliminary experimental studies. The central composite orthogonal plan of fractional factorial experiment was chosen. Entrance factors for carrying out pilot studies with laboratory installation – the mixer of gyroscopic type are presented. At an initial stage were limited to four input parameters. Conclusions on experiments are drawn.*

**Key words:** trajectory of material motion inside the mixing chamber, mixer, rotation around two the horizontal axes, gears.

Абдразаков Ф.К., д-р техн. наук, проф.,  
Хальметов А.А., канд. техн. наук, доц.  
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова  
Щенятская М.А., канд. экон. наук, доц.,  
Жариков И.С., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОДТРЕЛЕВКИ ДЕРЕВА КЛЕЩЕВЫМ ЗАХВАТОМ

igor\_bgtu@mail.ru

В статье изложены результаты исследований подтрелевки дерева клещевым захватом и силы, влияющие на удержание дерева в зависимости от диаметра ствола. Представлена расчетная схема для определения усилий возникающих в процессе подтрелевки, уточнена формула для перемещения дерева. На основании этого установлены необходимые параметры захватного устройства.

**Ключевые слова:** клещевой захват, сила удержания, подтрелевка, результат.

**Введение.** На сегодняшний день существует достаточное количество разнотипной техники для удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности на мелиоративных системах, вдоль автомобильных дорог и линий электропередач [1]. Однако необходимо отметить, что применение узкоспециализированной техники не позволяет эффективно использовать мощные машины, так как их потенциал используется не полностью при удалении древесной растительности на этих объектах, по-

этому работа осуществляется в неполном режиме [2]. С целью повышения производительности и функциональных возможностей таких машин нами разработана конструктивно-технологическая схема универсального кустореза КН-3МГ с клещевым захватом, устанавливаемого на экскаваторное оборудование с возможностью выполнения двух процессов: срезания и подтрелевки древесной растительности одним агрегатом (рис. 1) [3].

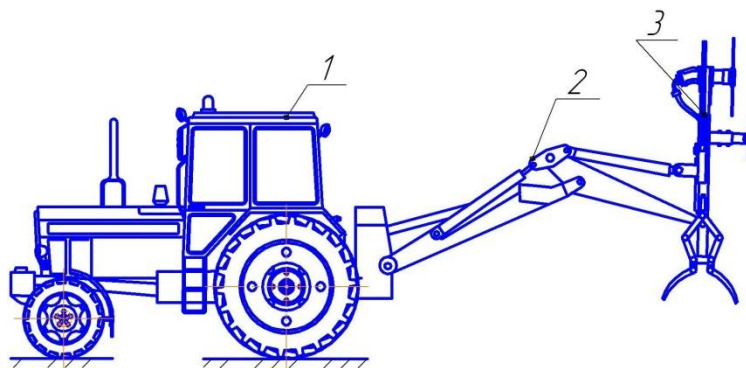


Рис. 1. Кусторез с гидравлическим приводом и клещевым захватом, выполненный в виде сменного рабочего оборудования на экскаватор ЭО-2621:

1 – трактор; 2 – экскаваторное оборудование; 3 – кусторез КН-3МГ с клещевым захватом

**Методология.** Данное рабочее оборудование заменит две единицы специализированной техники, обеспечивая при этом существенную загрузку по времени, экономии средств во время работы одного агрегата вместо нескольких, снижение затрат на обслуживание и ремонт, что в свою очередь ведет к снижению себестоимости выполнения работ по удалению древесно-кустарниковой растительности вдоль линейно протяженных сооружений [4].

С учетом конструктивно-технологических особенностей нами проводились аналитические исследования процесса подтрелевки срезанного дерева клещевым захватом в полуподвешенном положении. Используя расчетную схему (рис.2), определили необходимое усилие  $F$  для перемеще-

ния дерева и силу трения  $F_{тр}$  для удержания ствола дерева захватным устройством в полуподвешенном положении в процессе подтрелевки [5].

Силу сопротивления перемещению дерева по поверхности почвы определили по уравнению [6]:

$$F_{тр.п} = R\mu = Gk_{кр} \left( 1 - \frac{l_x}{L} \right) f_n \cos \alpha \quad (1)$$

где  $f_n$  – коэффициент сопротивления перемещению дерева по поверхности земли.

В работе Петруша Г.Н выведена формула для определения усилия перемещения хлыста [7]. Так как, мы осуществляем перемещение дерева, необходимо ввести в расчет коэффициент  $k_{кр}$ , учитывающий массу кроны дерева ( $k_{кр} =$



1,1...1,3), который определен на основании методики Л.В. Кортяева. С учетом этого формула

$$F = \frac{\rho k_{кр} \pi d^2 b'_x}{48} \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right) + \frac{f_{тр} h \left( G k_{кр} - \frac{\rho k_{кр} \pi d^2 b'_x}{48} \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right) \right)}{b_x f_{ув}} \quad (2)$$

где  $\rho$  – объемный вес древесины, Н/м<sup>3</sup>;  $d$  – диаметр дерева в комлевой части, м;  $h$  – высота подъема комля дерева, м;  $f_{ув}$  – коэффициент, учитывающий увеличение  $b_x$  и  $F$ ;  $K$  – параметр положения и размеров хлыста [9],

$$K = \frac{1}{1 + m_0 b'_x} \quad (3)$$

где  $m_0$  – величина, зависящая от геометрических размеров хлыста,

$$m_0 = \frac{t}{d_0} \quad (4)$$

где  $t$  – сбеж хлыста;  $d_0$  – диаметр комля дерева, м.

Для определения высоты подъема комля дерева  $h$ , рассмотрели дерево как упругое тело, имеющую изгибную жесткость (рис. 3) [10].

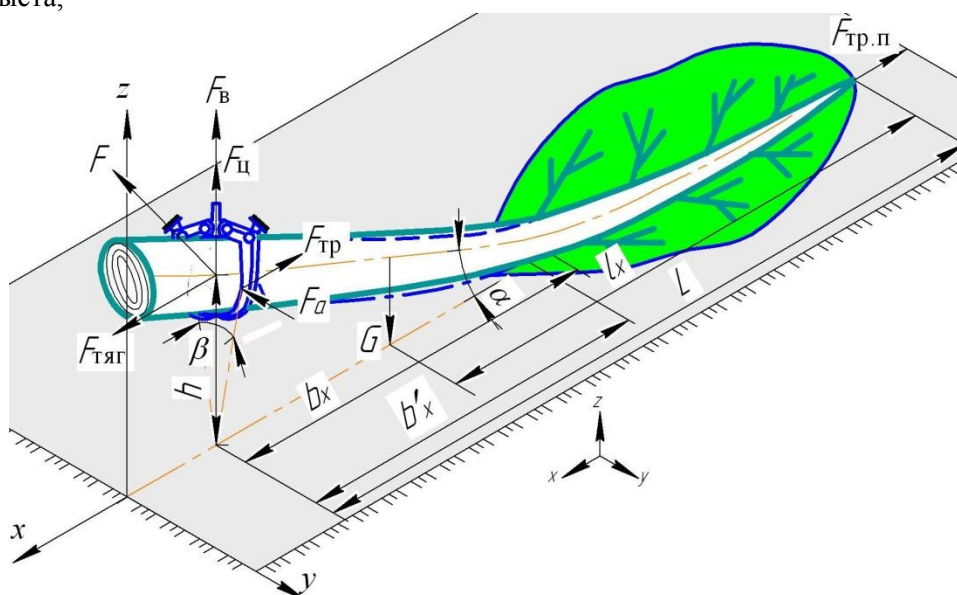


Рис. 2. Схема для определения усилий при подтрелевке дерева: где  $F_B$  – вертикальная сила поднимающая комлевую часть дерева, Н;  $F_Ц$  – сила гидроцилиндра, Н;  $F_{тр}$  – сила трения дерева о клещевой захват, Н;  $F_a$  – сила нормального давления со стороны рычага на боковую поверхность дерева, Н;  $\beta$  – угол обхвата ствола дерева, град;  $F_{Тяг}$  – сила перемещающая дерево в горизонтальной плоскости, Н;  $F_{тр.п}$  – сила трения волочащейся части дерева по поверхности земли, Н;  $G$  – сила тяжести дерева, Н;  $h$  – высота подъема комля дерева, м;  $L$  – длина дерева, м;  $l_x$  – расстояние от вершины до центра тяжести дерева, м;  $b'_x$  – длина поднятой части дерева, м;  $\alpha$  – угол наклона оси дерева к поверхности пути, град

**Основная часть.** Представим дерево в виде упругой балки на двух опорах, одна опора подвижная в точке А, а другая неподвижная в точке В с равномерно распределенной нагрузкой  $q$  и приложенной вертикальной силой  $F$  на конце балки. Опоры заменяем вертикальными реакциями связи  $RA$  и  $RB$  [11].

Построили эпюру действия заданной распределенной нагрузки  $q$ ; ему соответствует эпюра моментов  $Mq$ . Второе состояние при действии силы  $F$ ; ему соответствует эпюра моментов  $MF$ . Прикладываем единичную силу в точке перемещения балки и строим эпюру моментов от единичной нагрузки и единичной силы  $\bar{M}$  [12].

Для того, чтобы найти перемещение  $h$ , вычислим интеграл от произведения эпюр по формуле Мора:

$$h = \frac{1}{EI} \int M_q \bar{M}_c dl \quad (5)$$

Так как интегрировать выражение (5) трудно, воспользуемся правилом Верещагина, тогда получим:

$$h = \frac{1}{EI} (A \cdot \bar{M}_c) \quad (6)$$

Перемещение от  $q$ :

$$h_q = -\frac{1}{EI} \left( \frac{1}{3} \frac{ql^2}{2} l \cdot \frac{3}{4} l \right) = -\frac{ql^4}{8EI} \quad (7)$$

Перемещение от  $F$ :

$$h_F = \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} F l \cdot \frac{2}{3} l \right) = \frac{F l^3}{3EI} \quad (8)$$

На основании принципа независимости действия сил высоту подъема комля дерева определили следующим образом:

$$h = h_q + h_F = \frac{F l^3}{3EI} - \frac{q l^4}{8EI} = \frac{8F l^3 - 3q l^4}{24EI} \quad (9)$$

где  $E$  – модуль упругости дерева, Н/м<sup>2</sup>;  $I$  – момент инерции хлыста в сечении, м<sup>4</sup>.

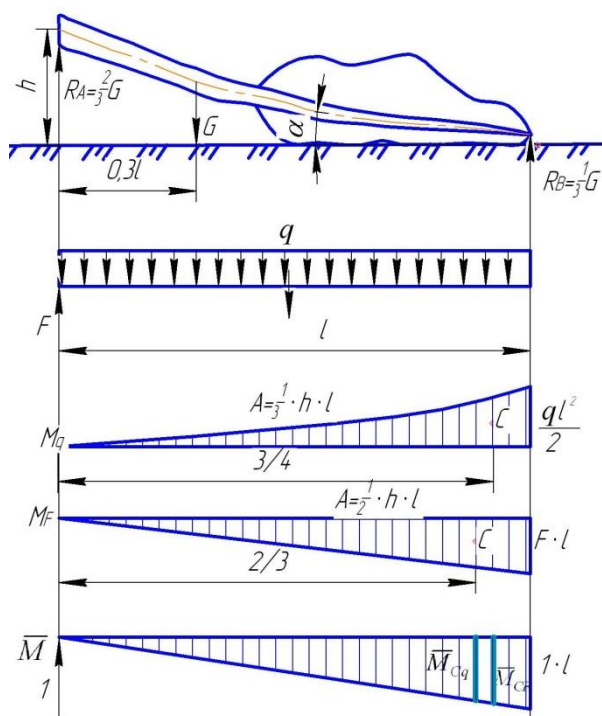


Рис. 3. Расчетная схема для определения перемещения балки

Найдя высоту комля дерева, определили необходимое усилие для перемещения дерева, которое составило 3,2 кН [13].

Рассматривая захватное устройство по представленной расчетной схеме (рис.2), в результате симметрии рычагов, определялись параметры одного из них. Сила трения, для удержания ствола дерева захватным устройством, благодаря запирающему действию клещей определяется:

$$F_{тр} = G \frac{\sin(\alpha + \beta) - f \cos(\alpha + \beta)}{\sin 2(\beta + \alpha) + 2f \cos(\beta + \alpha)} k f \quad (10)$$

где  $f$  – коэффициент трения дерева о зажимные рычаги;  $k$  – коэффициент надежности.

**Выводы.** Результаты расчета силы трения при удержании ствола дерева клещевым захватом при перемещении максимального веса груза – дерева в 3 кН, показали, что максимальная сила трения на клещах достигается при диаметре ствола дерева 0,25 м и составляет 4,11 кН (рис. 4).

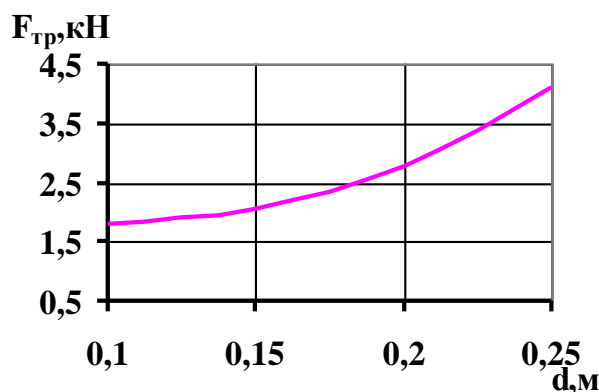


Рис. 4. Зависимость силы трения клещевого захвата при удержании от диаметра ствола дерева

Результаты расчета силы трения  $F_{тр}$  и силы  $F$  для перемещения дерева показали, что условие  $F_{тр} \geq F$  необходимое для удержания ствола дерева клещевым захватом в процессе подтравки, выполняется.

Проведенные нами испытания удаления древесно-кустарниковой растительности на оросительных системах универсальным кусторезом с клещевым захватом, показали, что часовая производительность выше базовой на 16 %, а трудозатраты снизились на 35,5 % [5].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авилова И.П., Наумов А.Е. Основы организации строительного производства. Строительные генеральные планы // Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород, 2011.
2. Авилова И.П., Наумов А.Е. Основы организации и управления в строительстве // Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород, 2011.
3. Наумов А.Е. Проектирование топологии стержневых систем при физических ограничениях // Сборник научных трудов Sworld. 2012. Т. 12. № 3. С. 81-82.
4. Жариков И.С. Использование потенциала промышленных территорий города (на примере г. Белгорода) // В сборнике: Проблемы и перспективы социально-экономического реформирования современного государства и общества. Материалы XIII Международной научно-практической дистанционной конференции. 2013. С. 45-49.
5. Хальметов, А.А. Повышение эффективности технологии удаления древесно-кустарниковой растительности на оросительных системах применением универсального кустореза: автореф. дис. канд. техн. наук // Саратов, 2011. – 23 с.

6. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. К вопросу о необходимости совершенствования процесса и последовательности реконструкции // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2014. № 22. С. 24-27.

7. Ширнин, А. Ю. Исследования процесса начала подъема переднего конца пачки хлыстов при лебедочной трелевке // Лесной журнал 2004. № 4. С. 37-41.

8. Жариков И.С., Шарапова А.В., Скрипник О.Г. Эффективность реконструкции торговых офисных зданий // В сборнике: Образование и наука: современное состояние и перспективы развития в 6 частях. 2014. С. 56-57.

9. Михайлюкова Я.Ю., Наумов А.Е., Козлюк А.Г. Основные технологии, применяемые в индивидуальном жилищном строительстве, их достоинства и недостатки // В сборнике: Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития сборник научных трудов по мате-

риалам Международной научно-практической конференции. 2014. С. 109-111.

10. Жариков И.С. Развитие и будущее лофтов в России // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2013. № 18. С. 30-34.

11. Жариков И.С. Комплексная реконструкция зданий, состояние и перспективы // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 26. № 4. С. 3-6.

12. Жариков И.С., Ищук Я.Л., Пикалова А.А., Белых Т.В. Реновация промышленных предприятий и территорий, состояние и перспективы // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 26. № 4. С. 9-12.

13. Абдразаков Ф.К., Поморова А.В., Байдина О.В., Жариков И.С. Современный механизм взаимоотношений участников инвестиционно-строительной деятельности // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-3. С. 557-561.

---

**Abdrazakov F.K., Khalmetov A.A., Shchenyatskaya M.A., Zharikov I.S.**  
**STUDIES OF THE PROCESS OF WOOD SKIDDING BY TONGS**

*The article presents results of a study of the wood skidding by the tongs and the forces affecting the retention of a tree, depending on the diameter of the trunk. The presented analytical models to determine the effort occurring during skidding and the refined formula to move the tree are introduced. On this basis, the required parameters of the gripping device have been determined.*

**Key words:** tongs, power retention, skidding, result.

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Королев Д.С., препод.,  
Калач А.В., д-р хим. наук, доц.

Воронежский институт государственной противопожарной службы МЧС России

## КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДЕСКРИПТОРОВ И МЕТОДА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

otrid@rambler.ru

Использование дескрипторов и нейросетевых технологий позволило спрогнозировать температуру вспышки и максимальное давление взрыва ряда альдегидов. На основании предложенного метода, была установлена корреляция между альдегидной группой, что позволило спрогнозировать максимальное давление взрыва и температуру вспышки как изученных ранее веществ, так и новых. Полученные данные были опробованы при расчете категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. На основании результатов проведенных исследований сделан вывод о возможности применения такого подхода к определению категории помещения.

**Ключевые слова:** альдегиды, температура вспышки, максимальное давление взрыва, дескрипторы, нейросети, пожарная опасность.

**Введение.** В №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», от 22.07.08 г. в гл.3 ст.10 определена классификация веществ по пожаровзрывоопасности [1]. Данную классификацию используют с целью определения уровня обеспечения пожарной безопасности объекта, которая основывается на свойствах веществ и материалов.

Для определения пожароопасных свойств веществ существуют экспериментальные и расчетные методы [2]. Исследованные экспериментальным путем значения для ряда известных соединений приведены в литературе [3-4].

Однако имеющиеся литературные данные можно считать недостаточными, поскольку они охватывают не более 0,1 % от общего количества синтезированных к настоящему времени органических соединений. Экспериментальное определение свойств веществ сопряжено с существенными техническими трудностями, а также экономическими и временными затратами.

Кроме того, важнейшей задачей исследователей в настоящее время является получение новых веществ с заданными свойствами. Поэтому разработка универсальных расчетных методов прогнозирования пожароопасных свойств веществ органических соединений является актуальной задачей.

**Постановка задачи.** При проектировании новых инновационных промышленных, складских и лабораторных помещений, в которых используются и/или хранятся легко воспламеняю-

щиеся жидкости (ЛВЖ), необходима обязательная проверка на отнесение их к категории взрывоопасных или пожароопасных помещений [5]. Проведение расчетов по каждому случаю достаточно трудоемкая задача, поэтому применение подхода, предложенного в работе [6], облегчает решение этого вопроса, но в сводах правил [7] для расчета избыточного давления взрыва газо- и паровоздушных горючих смесей предлагаются следующие выражения:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_o) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (1)$$

$$\Delta P = \frac{m \Delta H_{\text{гор}} P_o Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{в}} C_p T_o K_{\text{н}}}, \quad (2)$$

где  $P_{\max}$  - максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовой смеси или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным в соответствии с требованиями. При отсутствии данных допускается принимать равным 900 кПа;  $P_o$  - начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа [1]);  $m$  - масса горючих паров легко воспламеняющихся жидкостей или горючих жидкостей;  $Z$  - коэффициент участия горючих газов и паров в горении, для ЛВЖ  $Z = 0,3$  [1];  $V_{\text{св}}$  - свободный объем помещения,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{п}}$  - плотность пара ЛВЖ при расчетной температуре  $t_p$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , вычисляемая по формуле:  $\rho_{\text{п}} = \frac{M}{V_0 (1 + 0,00367 t_p)}$ ;  $V_0$  - мольный объем, равный  $22,413 \text{ м}^3/\text{кмоль}$

[1];  $t_p$  – рабочая температура, °C;  $C_{ст}$  – стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ/ГЖ, % (об.);  $K_n$  – безразмерный коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения,  $K_n = 3$  [1];  $\Delta H_{гор}$  – низшая теплота сгорания, Дж/кг;  $\rho_v$  – плотность воздуха при 38 °C,  $\rho_v = 1,1355$  кг/м<sup>3</sup>;  $C_p$  – теплоемкость воздуха при постоянном давлении,  $C_p = 1,01 \times 10^3$ , Дж/(кг×град.) [1];  $T_0$  – начальная температура воздуха,  $T_0 = t_p + 273 = 311$  K.

Основываясь на определении максимального давления взрыва [7], то оно показывает на большую погрешность в определении категории помещения и соответственно неточное предложение мер по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты. Решение данной задачи возможно посредством использования дескрипторов.

Ранее нами в работах [8, 9] на основе данных о дескрипторах, отражающих особенности строения молекулы и ее физические характери-

стики, методами нейронных сетей были спрогнозированы температуры вспышки альдегидов и кетонов. Было показано, что существенными преимуществами данного подхода являются отсутствие экспериментальных измерений и экспрессность прогнозирования.

Таким образом, нейросетевые технологии, открывают новые возможности в самой методике построения компьютерных математических моделей и позволяют строить модели, которые сами извлекают закономерности предметной области, позволяют их эффективно использовать для решения широкого круга практических задач исходя из множества обучающих примеров.

Рассмотрим процесс прогнозирования максимального давления взрыва на примере октаналя, гексаналя, деканаля, 2,3- диметилпентаналя.

В табл. 1 приведена часть данных о дескрипторах некоторых исследованных веществ.

Таблица 1

Некоторые дескрипторы исследованных органических веществ

Сведения	2-метилпропаналь	пропаналь	гептаналь	2-метилнонаналь	бутаналь
Число атомов	6,00	5,00	9,00	12,00	6,00
Число атомов углерода	4,00	3,00	7,00	10,00	4,00
Относительное число углерода	0,67	0,60	0,78	0,83	0,67
Число атомов водорода	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Относительное число атомов водорода	0,17	0,20	0,11	0,08	0,17
Число атомов кислорода	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Относительное число атомов кислорода	1,17	0,20	0,11	0,08	0,17
Количество связей	5,00	4,00	8,00	11,00	5,00
Количество одиночных связей	4,00	3,00	7,00	10,00	4,00
Относительное число связей	0,80	0,75	0,88	0,91	0,80
Количество двойных связей	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Относительное число двойных связей	0,20	0,25	0,13	0,09	0,20
Молекулярная масса	65,05	53,03	101,08	137,12	65,05
Относительная молекулярная масса	10,84	10,60	11,23	11,43	10,84
Гравитационный индекс	358,92	277,37	603,60	849,88	358,93
Гравитационный индекс (пары)	534,55	350,62	837,93	1311,60	469,72
Индекс Винера	18,00	10,00	84,00	206,00	20,00
Индекс Рандича (порядок 0)	4,28	3,41	6,24	8,53	4,12
Индекс Рандича (порядок 1)	2,27	1,91	3,91	5,31	2,41
Индекс Рандича (порядок 2)	1,80	1,00	2,41	3,72	1,35
Индекс Рандича (порядок 3)	0,82	0,50	1,46	2,50	0,71
$P_{max}$ – максимальное давление взрыва	832	858	843	789	858

Нейронная сеть, изображенная на рис. 1, была создана с помощью нейросимулятора, обу-

чена методом градиентного спуска путем использования 13 дескрипторов.

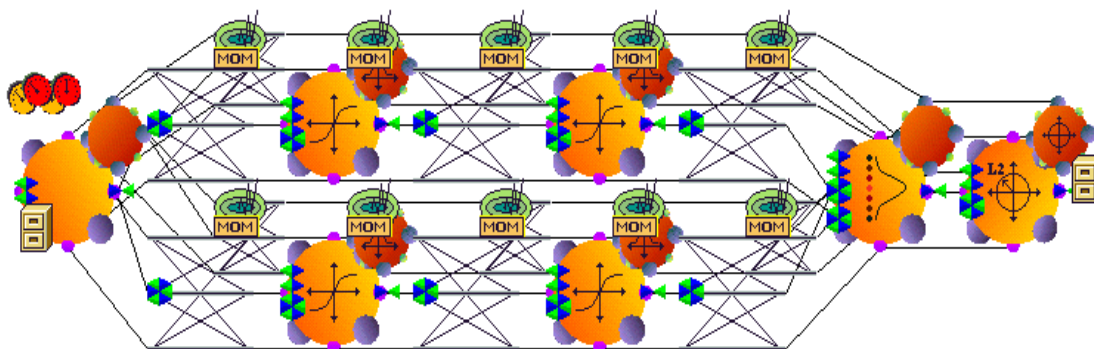


Рис.1 Архитектура нейронной сети

Результаты тестирования нейросети приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2

### Прогнозирование максимального давления взрыва

Наименование вещества	Справочные данные максимального давления взрыва, кПа	Прогноз, кПа	Относительная погрешность, %
Октаналь	740	710	4,05
Гексаналь	500	495	1
Деканаль	620	650	4,08
2,3- диметилпентаналь	-	864,29	-

Таблица 3

### Прогнозирование температуры вспышки

Наименование вещества	Справочные данные температуры вспышки, °С	Прогноз, °С	Относительная погрешность, %
Октаналь	52	65	25
Гексаналь	30	38	24
Деканаль	86	84,96	1,2
2,3- диметилпентаналь	-	2,8	-

В производственном помещении площадью 150 м<sup>2</sup> храниться емкость с гексаналем. Необходи-

мо определить категорию помещения используя рис. 2.

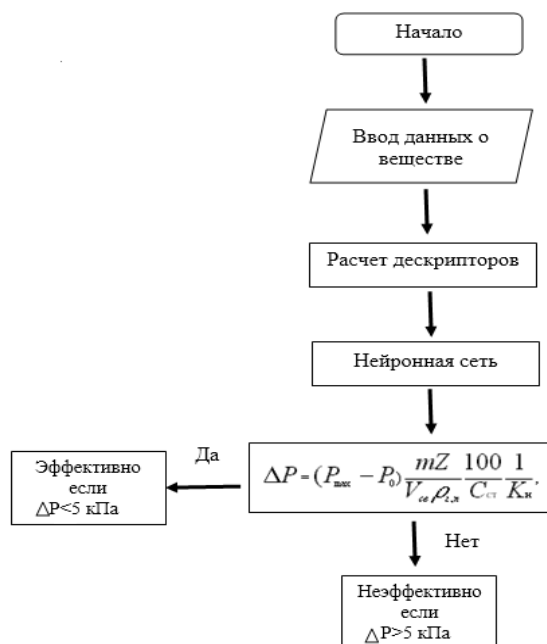


Рис. 2. Алгоритм расчета категории помещения на основе данных о дескрипторах

**Результаты исследования.** Произведем расчет категории помещения со всеми равными параметрами вещества и помещения, за исключением максимального давления взрыва. В пер-

$$1) \Delta P = (495 - 101) \cdot \frac{0,28 \cdot 0,3}{120 \cdot 0,8} \cdot \frac{100}{2,44} \cdot \frac{1}{3} = 3,6 \text{ кПа} \quad (g = 36,67 \text{ МДж/м}^2, \text{ кат. В4})$$

$$2) \Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{0,28 \cdot 0,3}{120 \cdot 0,8} \cdot \frac{100}{2,44} \cdot \frac{1}{3} = 7,3 \text{ кПа}$$

Анализируя полученные результаты расчета и определения категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности [7], можно отнести данное помещение к пожароопасной категории В4, т.к. ( $g = 36,67 \text{ МДж/м}^2$ ).

Проведенный расчет показывает, что производственное помещение относится к категории В4, хотя изначально подразумевалась категория «А». Экономическое сравнение денежных затрат на выполнения комплекса мероприятий по обеспечению надлежащего уровня пожарной безопасности в соответствии с категорией «В4», обеспечивает экономию почти в 2 млн. рублей.

**Вывод.** Таким образом, прогнозирование пожароопасных свойств гексаналя, на основе данных о молекулярных дескрипторах дает удовлетворительные результаты. Использование нейронной сети позволяет получить без проведения сложного эксперимента температуру вспышки, максимальное давление взрыва в том числе тех, для которых отсутствуют литературные данные по пожароопасным свойствам. В качестве примера приведем экспериментальные значения 2,3- диметилпентаналь  $P_{\max} = 864,29 \text{ кПа}$ ,  $T_{\text{всп}} = 2,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Полученные закономерности позволяют более точно определять категорию помещения и тем самым появляется возможность целесообразно использовать средства на обеспечение определенного уровня пожарной безопасности помещения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. №123 – ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», от 22.07.08г. М.: ПРОСПЕКТ, 2014. 112 с.
2. ГОСТ 12.1.044–89\*. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопас-

ном случае используем прогнозируемую  $P_{\max} = 495 \text{ кПа}$ , во втором случае  $P_{\max} = 900$ , как предлагает СП 12.13130.2009

ность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Введ. 01.01.91 г. М.: Стандартинформ, 2006. 100 с.

3. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалы и средства их тушения : справочник. В 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. "Пожнаука", 2004. Ч. I. 713 с.

4. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалы и средства их тушения : справочник. В 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. "Пожнаука", 2004. Ч. II. 774 с.

5. Постановление Правительства №390 «О противопожарном режиме», от 25.04.12г.;

6. Алексеев С.Г., Пищальников А.В., Барбин Н.М., Калач А.В., Калач Е.В., Плаксицкий А.Б. Сравнительный анализ методов определения удельных безопасных объемов помещений с легковоспламеняющимися жидкостями// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №1. С. 39-46.

7. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

8. Королев Д.С., Калач А.В., Каргашилов Д.В. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ и материалов с использованием дескрипторов и нейронных сетей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4.

9. Королев Д.С. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ и материалов с использованием дескрипторов// Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2014. №1. С. 7-10.

**Korolev D.S., Kalach A.V.**

## CATEGORIZATION OF PREMISES ON THE BASIS DESCRIPTORS AND NEURAL NETWORK METHOD

*Using descriptors and neural network technologies allowed to predict the flash point and the maximum explosion pressure of a number of aldehydes. On the basis of the proposed method was a correlation between the aldehyde group, allowing to predict the maximum explosion pressure and the temperature of the flash as previously studied substances and new. The data obtained were tested in the calculation of categories of premises on fire and explosion hazard. Based on the results of the research concluded that the possibility of applying this approach to the definition of the category of the room.*

**Key words:** aldehydes, flashpoint, the maximum explosion pressure, descriptors, neural networks, fire danger.



Шафоростова Е.Н., канд. пед. наук, доц.,  
Михайлюк Е.А., ст. препод.,  
Ковтун Н.И., ст. препод.  
Старооскольский технологический институт  
СТИ НИТУ «МИСИС»

## МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ПЕЧАТНОЙ ТЕХНИКИ

shaf-elena@yandex.ru

В данной работе предлагается проект создания информационной системы, позволяющей автоматизировать цикл производства на типографии, а также обеспечить всех ее пользователей необходимой информацией, призванной помочь в принятии обоснованных и объективных решений, направленных на повышение производительности типографии. Составление расписания работы оборудования и получение его оптимальной загрузки в полиграфии является трудоемким процессом. Задача оптимизации работы заключается в определении последовательности запуска материалов в производство. В результате моделирования получена модель расчета оптимальной загрузки оборудования по критерию минимизации производственного цикла обработки единичных материалов согласно приоритетному правилу.

**Ключевые слова:** расчет стоимости заказа, управление полиграфическим предприятием, алгоритм загрузки оборудования, модель расчета оптимальной загрузки оборудования.

**Введение.** В настоящее время развитие рынка цифровой печати и информационных технологий дало толчок развитию малого бизнеса в этой сфере и определило появление небольших частных типографий, оснащенных современной, высокопроизводительной печатной техникой. Однако, чтобы выдержать жесткую конкуренцию с полиграфическими компаниями, недостаточно иметь наработанные связи с клиентами, необходимо постоянно внедрять современные методы управления в системе выполнения заказов. Таким образом, важно постоянно подтверждать статус быстроразвивающейся типографии, предлагать новые и качественные виды полиграфической продукции, работать на опережение ситуации на современном рынке, расширять рынки сбыта, ориентируясь на высокий уровень предоставляемых услуг.

Необходимость разработки автоматизированной информационной системы обусловлена несколькими причинами. Это и требования заказчиков к прозрачности производственно-технологической цепочки, и высокая доля материальных затрат в себестоимости и ограничения на допустимые простои оборудования и отходы материалов. Преимущества автоматизированных систем управления высокопроизводительной печатной техникой заключаются в следующем: снижение времени оформления заказа, увеличение количества обрабатываемых заказов, снижение погрешностей при расчете стоимости изготовления заказов, оптимальное управление загрузкой оборудования, снижение производственных затрат, эффективное планирование производства, контроль над соблюдением гра-

фика прохождения заказа на всех этапах выполнения заказа, рост производительности и рентабельности производства.

**Методика.** В данной статье рассматривается модель создания информационной системы, позволяющей автоматизировать цикл производства на типографии, а также обеспечить всех ее пользователей необходимой информацией, способной оказать помощь в принятии обоснованных и объективных управленческих решений, направленных на повышение производительности типографии [1].

В полиграфическом производстве процесс обработки заявки состоит из приема заказа и непосредственно производства полиграфической продукции. Процесс диалога заказчика с менеджером итеративен: выбираются критерии, наиболее удовлетворяющие будущему заказу. Менеджер подбирает разнообразные варианты выполнения продукции и передает заказчику коммерческое предложение. Цена предложения складывается из существующих расценок на материалы, видов продукции, тиража и других показателей. Заказчик выбирает наиболее приемлемый по соотношению «цена-качество» вариант и размещает заказ в компании.

Следующий этап - это передача заказа в производство. Производство включает в себя основные стадии: технологическая подготовка, обеспечение материалами, производство и контроль исполнения заказа, контроль оплаты, отгрузка готовой продукции заказчику. Поэтому в небольших полиграфических кампаниях в процессе обработки и выполнения заказа можно выделить следующие недостатки:

- медленно и неточно выполняется расчет заказа;
- отсутствует оперативная информация о готовности заказа к производству (оплата, материалы и т.д.);
- высокая трудоемкость процесса планирования затрудняет корректировку планов, особенно в случае непредвиденных ситуаций;
- отсутствует оперативная информация о состоянии заказа в процессе его производства;
- отсутствует оперативная информация об отклонениях производственных процессов от утвержденных планов (по выработке, времени, трудозатратах, расходу материалов) и, соответственно, анализ причин отклонений.

**Основная часть.** Проектируемая информационная система должна обладать следующими преимуществами:

1. Оперативно осуществлять оформление и регистрацию заказа.
2. Обеспечивать точный расчет стоимости заказа на основе списков операций и ресурсов, необходимых для выполнения заказа.
3. Осуществлять планирование производства – составление технологической карты заказа.
4. Сохранять данные в единой базе данных (все заказы и соответствующие технологические карты).
5. Осуществлять оперативный контроль над загрузкой производственных мощностей.
6. Представлять отчеты по запросу пользователя на основании собранных данных.
7. Использовать только те данные, которые необходимы для оптимизации производительности оборудования.

Проведенный анализ предметной области позволяет отнести полиграфическое производство к единичному типу производства, поскольку нет закрепления материалов заказа по оборудованию и соответственно нет возможности использовать планы и расписания работ из прошлого периода. Разнообразие номенклатуры выпускаемой продукции, повышенные требования к качеству, а также все более сжатые сроки изготовления накладывают строгие ограничения на вероятность использования традиционных методов к построению автоматизированной информационной системы по оперативно-производственному планированию.

Поэтому разработка программы работы оборудования и получение его оптимальной загрузки в полиграфии является достаточно трудоемким процессом. Задача оптимизации данной работы заключается в определении после-

довательности запуска материалов в производство [2].

Целью построения математической модели, является получение оптимальной загрузки оборудования с учетом эвристических правил приоритетов запуска материалов в обработку.

Построим целевую функцию:

$$\min T_u = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^i (W_{ij} + P_{ij}) \quad (1)$$

- минимизация длительности производственного цикла ( $T_u$ ) за счет сокращения времени ожидания материалов в очереди, где  $i$  – множество материалов;  $k$  – множество типов оборудования;  $j$  – множество операций  $i$  – материала;  $W_{ij}$  – интервал времени между окончанием ( $j-1$ ) и началом  $j$ -ой операции  $i$  – материала;  $P_{ij}$  – длительность выполнения операций;

$$W_i = \sum_{j=1}^j W_{ij} \quad (2)$$

$W_i$  – общая длительность ожидания  $i$ -го материала (время ожидания в очереди);

$$P_i = \sum_{j=1}^j P_{ij} \quad (3)$$

$P_i$  – общая длительность всех операций  $i$ -го материала.

Ограничения задачи:

$C_i$  – время окончания обработки  $i$ -го материала

$$C_i = P_i + W_i \quad (4)$$

1.  $C_{ij} \leq C_{ij+1}$  – следующая операция ( $j+1$ )  $i$ -го материала не может начаться, если не закончена предыдущая  $j$ -ая операция;  $M_i$  – время начала обработки  $i$ -го материала оборудованием  $k$ ;  $d_i$  – время окончания последней операции  $i$ -го материала

2.  $M_i \leq (d_i - P_{ij})$  – начало обработки материала не может быть раньше, чем оборудование освободилось от обработки предыдущего материала

$L_j$  – временное смещение операции  $j$

$$L_j = C_i - d_i, \quad (5)$$

если  $L_j > 0$  – операция завершается после срока (запаздывание);  $L_j < 0$  – операция завершается до срока (опережение)

3.  $\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^j L_{jk} \leq 0$  – условие выполнения

всех операций  $i$ -го материала без запаздывания в течении всего периода обработки

$Q$  – фонд времени работы оборудования (рабочая смена)

4.  $T_{ij} \leq Q$  – длительность производственного цикла по всем заказам не может превосходить фонд времени работы оборудования.

На рис. 1 приведен алгоритм загрузки оборудования. Расчет выполняется с учетом време-

ни максимальной операции [3], а результатом расчета является процент загрузки оборудования и последовательность запуска материалов в производство по выбранным единицам оборудования согласно указанной целевой функции (1).

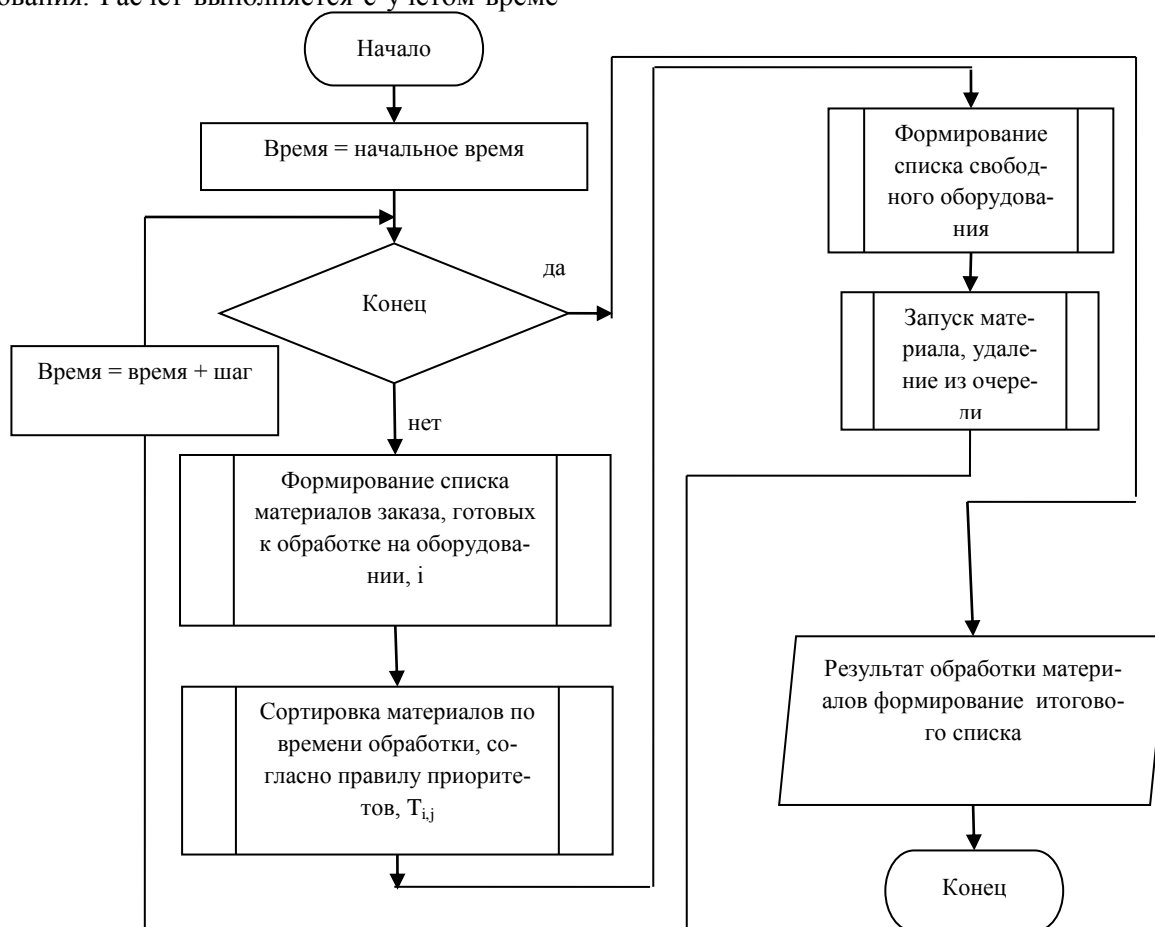


Рис. 1. Алгоритм загрузки оборудования

На рис. 2 приведена даталогическая модель данных, включающая в себя все необходимые сведения по решаемым задачам предметной области.

Исходными данными реализации модели являются: список материалов, входящих в комплект заказа; список операций в технологическом процессе; список выбранного оборудования согласно выполняемым операциям, а так же расчет распределения сроков начала и завершения работ с текущим материалом.

При назначении материалов на оборудование учитывается правило приоритетов – максимальной остаточной трудоёмкости, т.е. в первую очередь включать в операцию материал, у которого время невыполненных операций по обработке максимальное. После полученной последовательности запуска материалов выполняется оптимизация времени производственного цикла целевой функции (1).

Для временного этапа планирования  $t$  определяется порядок расчета производственного цикла работы конкретного оборудования:

$$T_{uk}(t) = T_{uk}(t-1) + \begin{cases} P_{ij}, U = u_1 \\ M_{ki} - C_{(i-1)k} + P_{ij}, U = u_2 \end{cases} \quad (6)$$

где  $U$  – условие для расчета производственного цикла:  $u_1$  – если есть  $j$ -ая операция  $i$ -го материала, которая включает в расписание согласно правилу приоритетов, то к расчетному значению  $T_{ok}(t)$  прибавляется длительность выполнения  $j$ -ой операции;  $u_2$  – если нет очереди детали на обработку, определяется время простоя оборудования в ожидании обработки следующей детали (к расчетному значению  $T_{ok}(t)$  прибавляется время простоя и время обработки следующей детали).

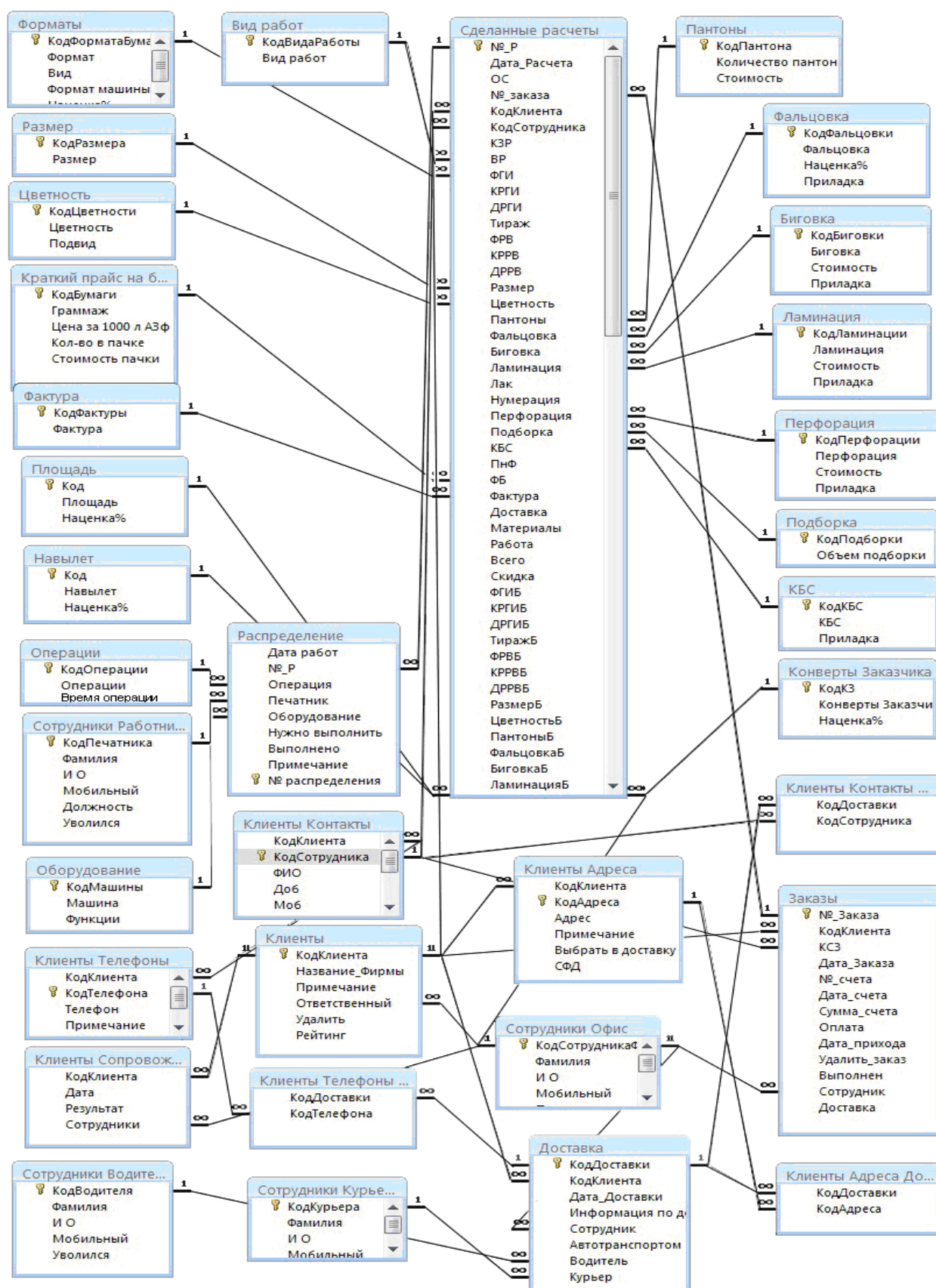


Рис. 2. Даталогическая модель

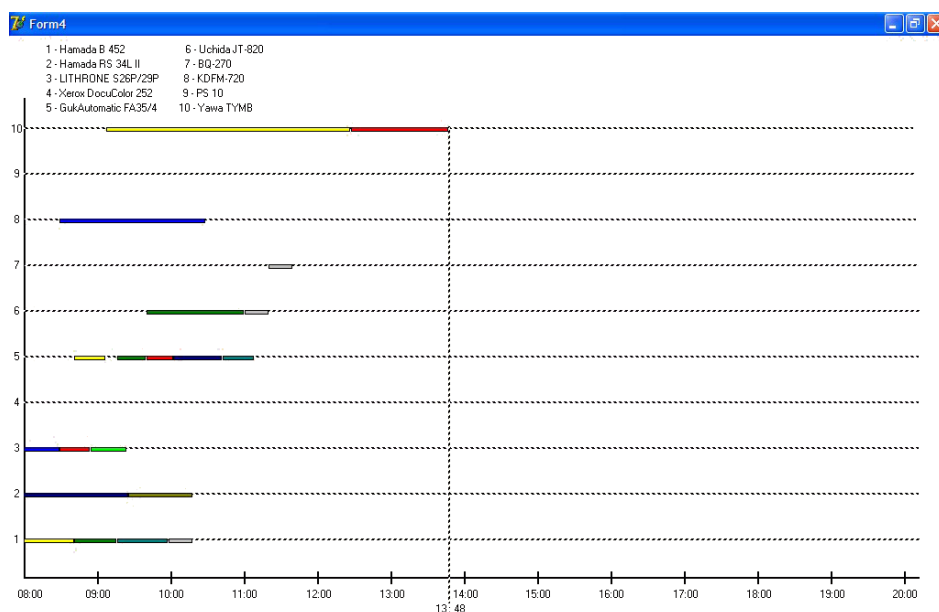


Рис. 3. Диаграмма загрузки оборудования с учетом правил приоритетов

На рис. 3 представлена диаграмма загрузки оборудования с учетом правил приоритетов. Каждый материал выделен своим цветом, что визуально позволяет отследить его маршрут обработки.

**Выводы.** В результате построения модели расчета оптимальной загрузки оборудования с учетом критерия минимизации производственного цикла обработки материалов, согласно приоритетному правилу, система позволяет сократить простои оборудования, а пользователю визуально отследить ход выполнения работы по заказу, загруженность каждого оборудования и

автоматически получать необходимую документацию работы оборудования в виде технологической карты.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мейер М. Информационные системы и технологии. М.: Мир, 2012. 408 с.
2. Дейт К. Введение в информационные системы. М.: Наука, 2011. 400 с.
3. Милсап К., Холт Д. Oracle. Оптимизация производительности производства. Пер. с англ. СПб: Символ-Плюс, 2013. 464 с.

**Shaforostova E.N., Mikhailyuk E.A., Kovtun N.I.**

### THE MODEL CALCULATES THE OPTIMAL LOADING EQUIPMENT HIGH-PERFORMANCE PRINTING EQUIPMENT

*In this paper we propose a project to create information system which automate the cycle of production printing, and to provide all users with necessary information to inform and objective decisions which aimed at improve the production of printing.*

*Scheduling of equipment and receipt optimum work load in the printing industry is a time-taking process. The aim of work optimization is determine the startup sequence of parts in production. In result of simulation we get the model of equipmet time- loading process by criterion of minimizing production which processing individual items according to the priority rule.*

**Key words:** *quote, manage printing company, the algorithm of loading equipment, the model calculates the optimal loading equipment.*

Шаптала В.Г., д-р техн. наук, проф.  
Радоуцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,  
Ветрова Ю.В., канд. техн. наук, доц.,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

zchs@intbel.ru

Прогноз и предупреждения чрезвычайных ситуаций в настоящее время осуществляется в значительной мере на основе плохо формализуемых и вообще не формализуемых знаний, которые являются результатом многолетних наблюдений, опыта работы и интуиции специалистов.

В статье рассматриваются вопросы применения нейросетевых технологий для разработки экспертных систем, для решения задач моделирования и предсказания (прогнозирования) опасных событий.

**Ключевые слова:** эксперт, моделирование, знания, нейронные сети, активационная функция, персептрон.

**Введение.** Знания, которыми обладает специалист, работающий в любой предметной области, можно разделить на формализуемые и плохо формализуемые [1]. Формализуемые знания излагаются в пособиях, справочниках, руководствах, нормативных документах в виде определений, положений, таблиц, формул, алгоритмов и т.д.

Неформализуемые знания в виду их нечеткости, субъективности, приблизительности и вообще невербальности, как правило, на носителях не фиксируются, но в неявном виде безусловно используются при принятии решений.

Прогноз и предупреждение ЧС в настоящее время осуществляется в значительной мере на основе плохо формализуемых и вообще неформализуемых знаний, которые являются резуль-

татом многолетних наблюдений, опыта работы и интуиции

специалистов [2]. В этих условиях важным инструментом решения задач моделирования и предсказания опасных событий являются экспертные системы [3].

**Основная часть.** Экспертные системы представляют собой сложные программные комплексы собирающие, обрабатывающие и обобщающие плохо формализуемые знания специалистов – экспертов и предоставляющие их менее подготовленным пользователям. Блок-схема типичной экспертной системы приведена на рис. 1.

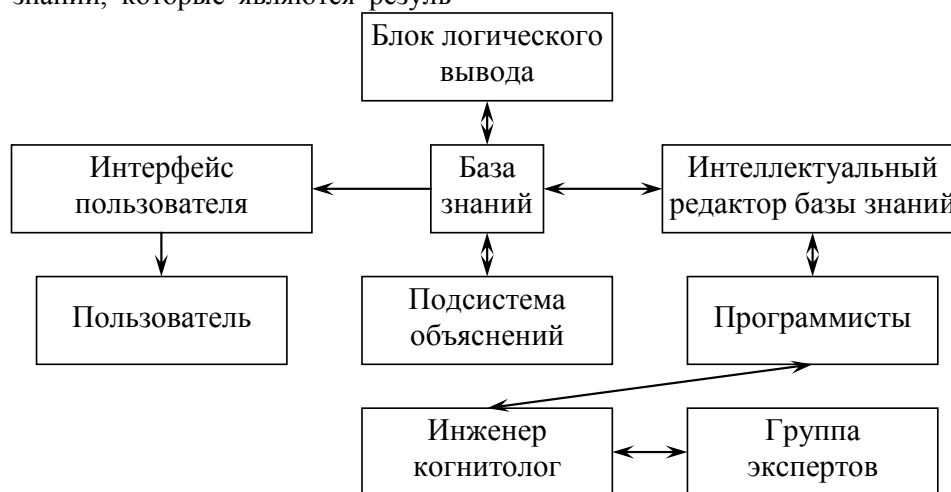


Рис. 1. Блок-схема типичной экспертной системы

В состав экспертной системы по прогнозированию ЧС должны входить следующие связанные между собой модули [4]:

– база знаний – совокупность основных знаний в области моделирования и прогнозирования ЧС;

– интеллектуальный редактор базы знаний – программа, позволяющая инженеру-когнитологу и программистам создавать, дополнять и корректировать базу знаний в диалоговом регионе;

– интерфейс пользователя – комплекс программ, поддерживающих диалог пользователя с

экспертной системой в режимах ввода исходной информации и получения результатов;

– блок логического вывода – программа, моделирующая ход рассуждений экспертов;

– подсистема объяснений – программа, иллюстрирующая ход получения того или иного решения или рекомендации.

Экспертная система должна разрабатываться четырьмя взаимодействующими группами специалистов: эксперты; инженеры-когнитологи, специализирующиеся в области создания баз знаний; программисты; пользователи [5].

Экспертная система может работать в двух режимах: приобретения знаний и решения задач, разработки рекомендаций, консультаций.

Наполнение и актуализация базы знаний происходит в результате работы группы экспертов. В настоящее время применяются несколько схем наиболее эффективного использования экспертного знания, в том числе и с применением нейронных сетей.

Разновидностью экспертных систем являются экспертные советы, применяемые для принятия решений по тем или иным вопросам безопасности. Особенностью и достоинством экспертных советов является то, что в них группа профессионалов, каждый из которых обладает опытом и знаниями в своей узкой области, вместе принимают решения в таких сложных ситуациях, анализ которых отдельному специалисту недоступен.

В экспертных советах решение, как правило, принимается большинством голосов, при этом голос каждого эксперта равнозначен. Однако, по отдельным вопросам компетентность экспертов в силу особенностей индивидуального опыта и узкой специализации, будет различной. Отсюда следует необходимость для повышения эффективности работы экспертного совета в целом учитывать компетентность каждого специалиста, участвующего в голосовании. Каких-либо методов оценки компетентности экспертов априори, т.е. до голосований не существует. Однако, такие оценки можно получить по мере работы совета сравнивая результаты голосований экспертов с достоверностью выработанных советом прогнозов. Это дает возможность в результате анализа серии экспертиз ранжировать экспертов и учитывать в будущем их мнения с различными весами.

Одним из методов автоматизации таких оценок и организации процедуры «настройки» экспертного совета являются нейронные сети [6].

Рассмотрим однослойную нейронную сеть прямого распространения [7].

На входы сети, число которых равно нечетному числу экспертов  $n$ , подаются их голоса: 1 – «за», 0 – «против». Сеть имеет один выход, выдающий исход голосования: 1 – «принято», 0 – «отклонено». После того, как соответствие принятого советом решения реальности становится известным (прогнозируемое событие произошло или не произошло), происходит корректировка весовых коэффициентов сети.

Результат голосования экспертов представим входным вектором  $x$ :

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где:  $x_i = \begin{cases} 1 - \text{"За"}; \\ 0 - \text{"Против"} \end{cases}$

Предположим, что выполнена серия из  $m$  экспертиз. Тогда работу экспертного совета можно охарактеризовать множеством векторов  $x^{(k)}$ ,  $k = 1, \dots, m$ . Решения совета, принятые большинством голосов, можно представить в виде вектора прогноза  $p_{\text{эс}}$ :

$$p_{\text{эс}} = (p^{(1)}, p^{(2)}, \dots, p^{(m)}),$$

где

$$p^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{если } v^{(k)} \geq \frac{n+1}{2}; \\ 0, & \text{если } v^{(k)} < \frac{n+1}{2}, \end{cases}$$

$v^{(k)} = \sum_{i=1}^n x_i^{(k)}$  – количество голосов «за» при голосовании в  $k$ -ой экспертизе.

Действительная реализация прогнозируемых событий отображается вектором  $d$ :

$$d = (d^{(1)}, d^{(2)}, \dots, d^{(m)}),$$

где

$$d^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{если событие произошло}; \\ 0, & \text{если событие не произошло}. \end{cases}$$

Среднеквадратичная ошибка прогноза совета вычисляется по формуле:

$$\sigma_{\text{эс}} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (d^{(k)} - p^{(k)})^2.$$

Ответ нейронной сети на входной вектор  $x^{(k)}$  обозначим  $y^{(k)}$ .

Множество пар  $(x^{(k)}; d^{(k)})$  образуют обучающую выборку.

Рассмотрим простейший алгоритм обучения нейронной сети, моделирующей работу экспертного совета [8].

На каждой итерации, соответствующей очередной экспертизе, вычисляется разница между индикатором наступления реального события  $d^{(k)}$  и ответом нейронной сети  $y^{(k)}$ :  $\varepsilon^{(k)} = d^{(k)} - y^{(k)}$ , а затем выполняется корректировка весовых коэффициентов и порога срабатыва-



ния нейрона. При этом могут возникнуть следующие ситуации:

– если ответ сети правильный, т.е.  $\varepsilon = 0$ , то весовые коэффициенты входов  $w_i^{(k)}$  и пороговое значение нейрона  $\theta^{(k)}$  остаются без изменения;

– если ответ сети неправильный и равен нулю ( $\varepsilon > 0$ ), то веса активных входов увеличиваются, например, на величину  $\varepsilon x_i^{(k)}$ , а порог срабатывания нейрона уменьшается, например на величину  $\varepsilon$ ;

– если ответ сети неправильный и равен единице ( $\varepsilon < 0$ ), то веса входов уменьшаются, а порог нейрона увеличивается.

В итоге получается следующий алгоритм:

1.  $S^{(k)} = \sum_{i=1}^n w_i^{(k)} x_i^{(k)}$ ;
2.  $y_k = \begin{cases} 1, & \text{если } S^{(k)} \geq \theta_k; \\ 0, & \text{если } S^{(k)} < \theta_k; \end{cases}$
3.  $\varepsilon^{(k)} = d^{(k)} - y^{(k)}$ ;
4. Если  $\varepsilon^{(k)} = 0$ , то перейти на шаг 1;
5.  $w_i^{(k+1)} = w_i^{(k)} + r\varepsilon^{(k)} x_i^{(k)}$ ;
6.  $\theta^{(k+1)} = \theta^{(k)} + r\varepsilon^{(k)}$ ;

где  $r$  – коэффициент скорости обучения;

6. Перейти к шагу 1 или закончить процесс обучения.

Рассмотренный выше алгоритм можно усовершенствовать, если вместо ступенчатой использовать непрерывные функции активации нейронов, например, функцию гиперболического тангенса или сигмоидную функцию:

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-bS)},$$

где  $b$  – коэффициент, определяющий наклон графика сигмоидной функции в т. (0; 0,5) (рис. 2):

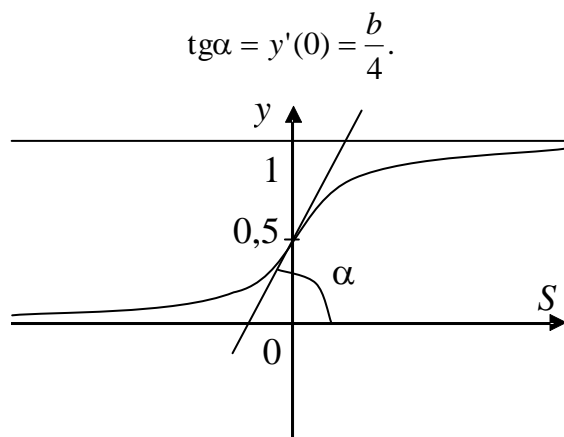


Рис. 2. К определению наклона графика активационной функции

Величина коэффициента  $b$  подбирается в процессе обучения сети.

Целью процесса обучения сети является минимизация среднего квадратического отклонения выходных ответов сети от требуемых (реальных) значений:

$$\sigma_c = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (d^{(k)} - y^{(k)})^2.$$

Обучение сети ведется по следующим итерационным соотношениям:

$$S^{(t)} = \sum_{i=1}^n w_i^{(t)} x_i^{(t)};$$

$$z(t) = \frac{1}{1 + e^{-bS(t)}};$$

$$w_i^{(t+1)} = w_i^{(t)} + \Delta w_i^{(t)};$$

$$\Delta w_i^{(t)} = r(d^{(t)} - z^{(t)})z^{(t)}(1 - z^{(t)})x_i^{(t)}.$$

Начальные значения весовых коэффициентов задаются одинаковыми для всех экспертов. Параметры обучения  $b$  и  $r$  подбираются опытным путем.

В режиме принятия решения ответ обученной сети рассчитывается следующим образом:

$$S^{(k)} = \sum_{i=1}^n w_i x_i^{(k)};$$

$$z^{(k)} = \frac{1}{1 + e^{-bS^{(k)}}};$$

$$y^{(k)} = \begin{cases} 1, & z^{(k)} \geq \theta; \\ 0, & z^{(k)} < \theta, \end{cases}$$

где  $\theta$  – порог срабатывания нейрона, величина которого определяется условием «взвешенного» большинства:

$$\theta = \frac{1}{1 + e^{-bV}};$$

$$V = \frac{\left( \sum_{i=1}^n w_i \right)}{2}.$$

**Вывод.** Расчеты показывают, что возможности однослойных персептронов с сигмоидной активационной функцией при моделировании работы экспертных советов весьма ограничены.

Более эффективно применение многослойных персептронов с набором активационных функций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков А.М. Об аспектах и уровнях развития профессиональной культуры специалиста. М.: Академия. 2005. 54 с.
2. Акимов В.А., Новиков А.М., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. М.: ФИД «Деловой экспресс», 2010. 343 с.

3. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций. Белгород: Изд-во БГТУ. 2010. 166 с.

4. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Применение нейросетевых технологий для прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С. 152-155.

5. Корноушенко Е.К., Максимов В.И. Нелинейные когнитивные модели для решения задач в слабоструктурированных системах // III Международная конференция по проблемам управления. М.: ЦПУ РАН. 1999. С. 232-234.

6. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Применение нейронных сетей для прогнозирования количества пострадавших в высших учебных заведениях при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 152-155.

7. Медведев С.В., Потемкин В.Г. Нейронные сети. М.: Диалог – МИФИ. 2002. 163 с.

Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. СПб: Наука и техника. 2003. 328 с.

---

**Radoutskiy V.Y., Shaptala V.G., Vetrova Y.V.**

**DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS ON FORECASTING OF EMERGENCY SITUATIONS**

*The forecast and preventions of emergency situations is carried out considerably now on the basis of badly formalizable and not formalizable knowledge which are result of long-term supervision, experience and intuition of experts.*

*In article questions of application of neural network technologies for development of expert systems, for the solution of problems of modeling and a prediction (forecasting) of dangerous events are considered.*

**Key words:** expert, modeling, knowledge, neuronnet, activation function, perseptron.

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Векишин В.А., н. с.,

Грабовецкая Е.Р., канд. биол. наук, доц.

Харьковский национальный медицинский университет

Лобойко В.А., канд. техн. наук, доц.,

Кобзев А.В., канд. техн. наук, доц.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

## РАЗРАБОТКА БЛОЧНОГО КАТАЛИЗАТОРА СОТОВОЙ СТРУКТУРЫ И РЕАКТОРА ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА

mypostal1@rambler.ru

Производство азотной кислоты связано с выбросами в атмосферу газов, содержащих токсичные оксиды азота. При окислении аммиака образуется оксид азота (II), который затем окисляется кислородом воздуха до оксида азота (IV), и, в результате неполноты его поглощения в абсорбционных колоннах, вместе с недоокисленным NO, выбрасывается в атмосферу. Без соответствующей очистки содержание  $NO + NO_2$  ( $NO_x$ ) в отходящих газах после абсорбции может достигать 0,15 % об. Как результат, в районах расположения химических предприятий может наблюдаться довольно высокий уровень локального загрязнения атмосферы этими оксидами. Данная проблема заставляет исследователей искать пути снижения вредного влияния данных соединений на окружающую среду и живые организмы. Использование каталитического обезвреживания позволяет существенно снизить количество оксидов азота, которые выбрасываются промышленными предприятиями. Важным направлением в решении представленной задачи является разработка высокоэффективных катализаторов очистки отходящих газов. Данные способы очистки известны достаточно давно. Восстановителями могут служить метан, водород, CO и др., но более перспективным направлением совершенствования рассматриваемого процесса является применение в качестве восстановителя аммиака, поскольку его расход в этом случае незначителен. В отличие от других восстановителей он селективно реагирует с оксидами азота, позволяет существенно снизить температуру процесса и отказаться от использования дорогостоящих и дефицитных восстановителей.

**Ключевые слова:** оксиды азота, очистка, кинетика, катализатор, реактор.

**Введение.** В настоящее время для очистки отходящих газов от оксидов азота на азотно-кислотных предприятиях используют каталитическое восстановление с применением алюмо-ванадиевых катализаторов типа АВК-10 и их модифицированных аналогов. Основным недостатком таких контактов является высокое гидравлическое сопротивление, что не позволяет использовать их в процессах с высокими объемами скоростями. В последние годы большой интерес вызывает разработка блочных катализаторов сотовой структуры, которые лишены указанных недостатков [1]. Преимущества таких катализаторов заключается в том, что при высокой скорости подачи газа, они обеспечивают низкий перепад давления до и после каталитической системы. При этом металлические блоки проще керамических в изготовлении, имеют высокую механическую прочность, теплопроводность и устойчивость к перепадам температуры. Применение металлических блочных катализаторов позволяет достигать времени контактирования на уровне нескольких милли-

секунд, а простота загрузки и отсутствие пыли явно свидетельствует о том, что блочные катализаторы являются более перспективными, чем те, которые применяются сегодня в промышленности [2]. На кафедре технологии неорганических веществ, катализа и экологии НТУ «ХПИ» был разработан катализатор очистки отходящих газов от оксидов азота основанный на титановом носителе, покрытый оксидным слоем  $TiO_2$  с последующей, пропиткой раствором гексахлороплатиновой кислоты  $H_2PtCl_6$  и модифицированием одноосновными органическими кислотами [3]. Данный катализатор показал высокую активность как в лабораторных условиях, так и в процессе промышленных испытаний на ЧАО «Северодонецкое объединение «Азот». Это позволило продолжить исследования в данном направлении, где следующим шагом являлась разработка промышленного каталитического блока и самого реактора очистки.

**Методология.** Активность катализатора определяли на лабораторной установке проточного типа, с помощью объемного анализа мето-

дом эвакуированных колб. Математическую обработку осуществляли методом регрессионного анализа с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2003 и Statgraphics Centurion XV.

**Основная часть.** Одним из основных этапов разработки каталитического реактора являлось определение кинетических закономерностей химических превращений, которые происходят на конкретном катализаторе. Для этого были проведены лабораторные исследования на установке проточного типа с реактором из кварцевого стекла при технологических параметрах, максимально приближенных к производственным: концентрация оксидов азота в газовой смеси:  $C_{NO_x} = 0,12 - 0,16 \%$  об. ( $C_{NO} : C_{NO_2} = 50 : 50$ ); концентрация восстановителя (аммиака):  $C_{NH_3} = 0,13 \dots 0,22 \%$  об.; газ-носитель – воздух;

температурный интервал: 423... 573 К; объемная скорость газовой смеси 5000 ... 15000 ч<sup>-1</sup>. Расчет критерия Рейнольдса показал, что для данных условий характерен ламинарный режим движения газового потока ( $Re > 710$ ), а процесс восстановления оксидов азота протекает в области внешней диффузии, что по данным авторов [4] вполне характерно для катализаторов данного типа. Время контактирования на катализаторе рассчитывали по формуле:

$$\tau = \frac{V_d \cdot \eta}{V_a} \quad (1)$$

где  $V_p$  – объем зоны реакции, м<sup>3</sup>;  $V_r$  – расход газа, м<sup>3</sup>/ч;  $\eta$  – доля свободного объема катализатора (принимали 0,5).

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость времени контактирования от объемной скорости

Объемная скорость, ч <sup>-1</sup>	5000	10000	15000
Время контактирования, τ, с	0,36	0,18	0,12

При расчете константы скорости пользовались выкладками, что кинетику реакций восстановления оксидов азота с помощью аммиака можно рассчитать согласно уравнения первого порядка по оксидам азота и нулевого порядка по аммиаку, при его избытке [5]. В данном случае ввиду высокой вероятности протекания побочных реакций окисления аммиака, экспериментальную (кажущуюся) константу скорости рассчитывали по уравнению первого порядка, согласно определенным в лабораторных условиях

и усредненным концентрациям  $NO_x$ :

$$k_{y\bar{e}\bar{n}} = \frac{1}{\tau} \cdot \ln \frac{C_{NO_x}^o}{C_{NO_x}^{\bar{e}}} \quad (2)$$

где  $C_{NO_x}^o$  – начальная концентрация оксидов азота, %, об;  $\tilde{N}_{NO_x}^{\bar{e}}$  – конечная концентрация оксидов азота, %, об;  $\tau$  – время контактирования, с.

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость кажущейся константы скорости от температуры и объемной скорости

Температура, К $k_{экс.}$	Объемная скорость, ч <sup>-1</sup>		
	5000	10000	15000
423	11,373	12,050	11,552
473	19,695	22,442	21,586
523	24,165	25,826	24,297

Основываясь на данных представленной выше таблицы рассчитывали истинную константу скорости, которую находили методом линеаризации функции  $k_{экс.} = f(T)$  с последующим определением предэкспоненциального множителя  $k_o$  и энергии активации  $E_a$ . Учитывая, что при всех объемных скоростях зависимость  $k_{экс.}$  от температуры экспоненциальная, линеаризацию осуществляли путем создания обратной функции  $\ln k_{экс.} = f(1/T)$ . Расчеты проводили методом регрессионного анализа в Statgraphics

Centurion XV. Также, для выявления возможного влияния побочных реакций на стадии каталитического восстановления, были проведены расчеты констант скорости процесса окисления аммиака. За основу были приняты усредненные экспериментальные данные «холостых» экспериментов, без оксидов азота, при аналогичных условиях. Дальнейшая обработка полученных данных позволила определить скорость основных и побочных реакций. Эти результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Константа скорости и скорость реакций ( $-dc/d\tau$ ) восстановления NOx и окисления NH<sub>3</sub> в зависимости от температуры процесса и начальной концентрации (C) при объемной скорости газового потока 10000 ч<sup>-1</sup>**

Температура, К	Восстановление NOx			Окисление NH <sub>3</sub>		
	$\tilde{N}_{NOx(n)}$ , % об.	$k$ , с <sup>-1</sup>	$-dc/d\tau$ , % об./с	$\tilde{N}_{NH_3(n)}$ , % об.	$k$ , с <sup>-1</sup>	$-dc/d\tau$ , % об./с
423	0,14	12,791	1,789	0,15	2,11	0,320
473	0,14	19,647	2,783	0,14	4,48	0,588
523	0,13	27,801	4,332	0,14	8,22	1,242

Данные таблицы показывают, что в данном температурном интервале скорость реакций восстановления оксидов азота намного превышает скорость возможных побочных реакций окисления аммиака. После преобразования объемной

концентрации в молярную, методом регрессионного анализа была построена кинетическая модель процесса восстановления NOx с помощью аммиака:

$$-\frac{dC}{d\tau} = 741,74 \cdot e^{-\frac{14272,43}{R \cdot T}} \cdot \left( C_{NOx(n)} - e^{-27,367 + 0,01728 \cdot T} \right) + 2558,3 \cdot e^{-\frac{24951,606}{R \cdot T}} \cdot \left( C_{NH_3(n)} - e^{-15,6795 - \frac{135}{T}} \right) \quad (3)$$

Проверка модели показала отклонение от экспериментальных данных не более  $\pm 0,01$  %.

Полученные результаты дали возможность перейти к прикладным исследованиям по разработке каталитического блока сотовой структуры и промышленного реактора к нему.

Промышленный реактор очистки рассчитывали, опираясь на данные лабораторных ис-

следований, но расчеты проводили принимая расход отходящих газов в условиях производства HNO<sub>3</sub> – 50 000 м<sup>3</sup>/ч. Линейную скорость определяли исходя из данных лабораторных исследований, объем реактора и площадь его поперечного сечения находили опираясь на промышленный расход газа ( $\approx 14$  м<sup>3</sup>/с). Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4

#### Результаты расчетов для промышленного реактора

Объемная скорость, ч <sup>-1</sup>	Время контактирования, $\tau$ , с	Расход газа $V_2$ , м <sup>3</sup> /с	Объем реактора $V_p$ , м <sup>3</sup>	Линейная скорость $w$ , м/с	Площадь поперечного сечения реактора, $F$ , м <sup>2</sup>
15000	0,12	14	3,36	4,38	3,2
10000	0,18	14	5,04	2,81	4,98
5000	0,36	14	10,08	1,35	10,34

На основе представленных выше данных была сформирована общая конструкция каталитического блока, который представляет собой гофрированные, окисленные и модифицированные одноосновными органическими кислотами титановые пластины, на которые нанесен слой каталитически активного вещества. Пластины собраны так, чтобы вершины гофр соприкасались, образуя каналы квадратного сечения [6]. В местах, где гофры прикасаются одна к другой, пластины закрепляются точечной сваркой, образуя единый каталитический блок.

Для расчета размера каталитической ячейки использовали выкладки авторов [7], согласно которым определяли пограничный слой:

$$\delta = \frac{\left( k' \cdot D \cdot F \cdot (C_i - C_p^*) \cdot \frac{1}{r} \right) - D}{k'} \quad (4)$$

где  $\delta$  – расстояние от стенки катализатора до середины ячейки, см;  $k'$  – расчетная константа скорости, с<sup>-1</sup>;  $D$  – коэффициент молекулярной диффузии, см<sup>2</sup>/с;  $F$  – площадь поверхности, см<sup>2</sup>;  $C_i^*$  – начальная концентрация NOx, моль/л;  $C_p^*$  – равновесная концентрация NOx, моль/л

Расчеты показали, что для достижения полноты очистки необходимо и достаточно сформировать блок с ячейками квадратного сечения размером 6 × 6 мм. Для определения длины блока использовали выражение (5), приведенное авторами [8].

$$\omega \cdot \frac{dx}{dl} = k \cdot F \cdot (1-x) \quad (5)$$

где  $\omega$  – расход газа, м<sup>3</sup>/с,  $x$  – степень восстановления NO<sub>x</sub>, д.ед.

После интегрирования выражение (5) имеет вид:

$$\int_0^l dl = \frac{\omega}{k \cdot F} \cdot \int_0^x \frac{dx}{1-x} \quad (6)$$

Данное уравнение было решено с учетом привязки площади поверхности к количеству стенок ячеек (пластин):

$$l = \frac{\omega \cdot \ln(1-x)}{k \cdot n \cdot F} \quad (7)$$

где  $k$  – константа скорости, приведенная к единице поверхности, м<sup>2</sup>/с,  $l$  – длина пластины, м,  $F$  – площадь удельной поверхности, м<sup>2</sup>/г,  $n$  – количество пластин, шт.

С помощью приведенной формулы определяли два параметра: длину ячеек  $l$  и их количество  $n$ .

Опираясь на полученные данные был проведен полный расчет реактора очистки, при осуществлении которого также учитывалось,

что данный аппарат будет эксплуатироваться в условиях производства и его параметры должны быть жестко привязаны к требованиям, которые предъявляются промышленным реактором.

Размеры реактора определяли так, чтобы он мог обеспечивать эффективное восстановление оксидов азота до необходимых санитарных норм в промышленных условиях при расходе газовых выбросов порядка 50 000 м<sup>3</sup>/ч. Расчеты показали, что оптимальными размерами реактора будут: диаметр  $\varnothing = 2$  м; высота  $h = 1,6$  м.

Конструктивно реактор состоит из корпуса в виде цилиндрической обечайки 1, с двух сторон которой расположены конические крышка 2 и днище 3. В зоне реакции установлен катализаторный блок 4. Между корпусом и катализатором находится зона обогрева 5, в которую через штуцеры 6 поступает горячий пар. Внизу расположены штуцеры подачи газов: оксидов азота – 7 и аммиака – 8. Газы смешиваются в объеме конического днища и поступают на блок катализатора, где протекает реакция с образованием молекулярного азота и воды, которые через штуцер 9 выбрасываются в атмосферу (рис. 1).

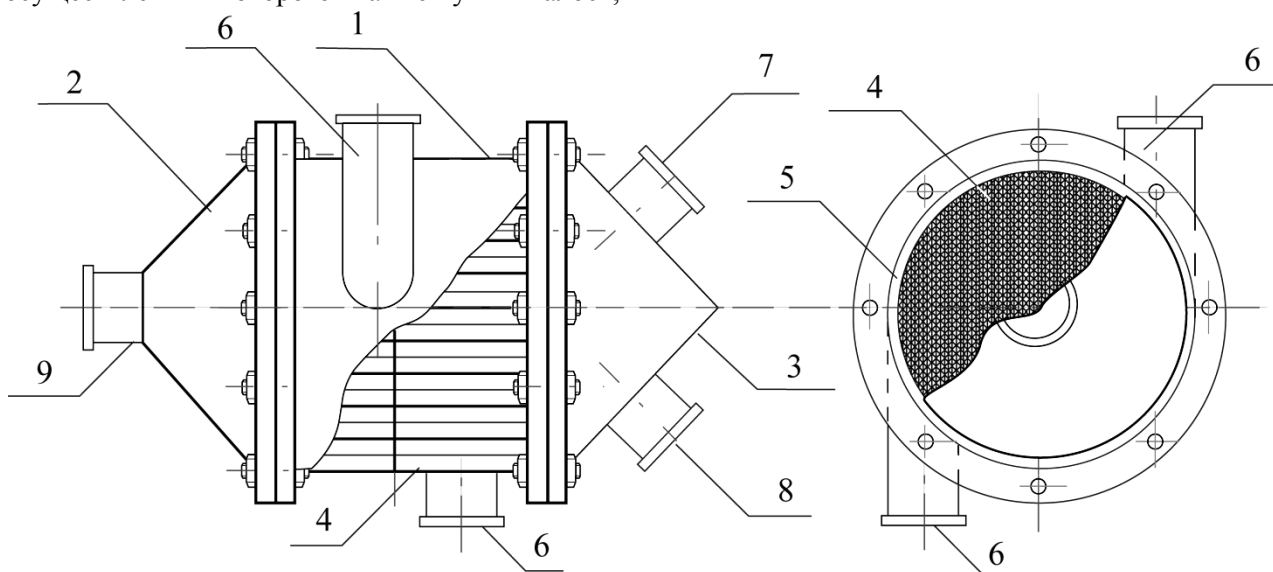


Рис. 1. Общий вид реактора очистки

Гидравлическое сопротивление катализаторного блока рассчитывали по формуле Дарси-Вейсбаха, представленной авторами [9], а сопротивление промышленного катализатора АВК-10 определяли по методике для зернистых материалов [10]. Расчеты показали, что гидравлическое сопротивление  $\Delta P$  на метр слоя разработанного катализатора в 12 раз меньше, чем у катализатора АВК-10 в условиях промышленной очистки.

**Выводы.** В результате проведенных исследований были рассчитаны кинетические показатели реакций процесса очистки оксидов азота с помощью NH<sub>3</sub> на нанесенном платиновом ка-

тализаторе сотовой структуры. Полученные данные показали, что в интервале температур 423...523 К скорость реакций восстановления NO<sub>x</sub> намного превышает скорость побочных реакций окисления аммиака. Полученное кинетическое уравнение (3) дало возможность прогнозировать эффективность процесса очистки, в том числе и в условиях производства, а данные расчета константы скорости легли в основу проектирования промышленного блочного катализатора очистки отходящих газов от оксидов азота и реактора к нему. Исследования также показали, что гидравлическое сопротивление разработанного блока в 12 раз ниже, чем у промыш-

ленного гранулированного контакта АВК-10, что дает возможность снизить затраты на создание избыточного давления для продувки газа сквозь слой катализатора.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тошинский В.И. Каталитические и абсорбционные процессы в технологии серной кислоты под повышенным давлением: Автореф. дис... докт. техн. наук. Харьков, 1990. 40 с.
2. Менон П.Г., Цвинкельс М.Ф.М., Иохансон Е.М., Ярее С.Г. Блочные сотовые катализаторы в промышленном катализе // Кинетика и катализ. 1998. Т.39. № 5. С. 670-681.
3. Лобойко А.Я., Векшин В.А., Маркова Н.Б., Ворожбян М.И., Шапарева Л.П. Исследование влияния технологии приготовления катализатора на распределение каталитически активного вещества по поверхности носителя // Сучасні проблеми технології неорганічних речовин: збірник наукових праць ДДТУ – Дніпродзержинськ. 2008. № 2(10). С. 59-62.
4. Мухленов И.П., Добкина Е.И., Дерюжжина В.И., Сороко В.Е.. Технология катализаторов. Л.: Химия, 1989. 272 с.
5. Матрос Ю.Ш., Носков А.С., Чумаченко В.А., Пармон В.Н. Каталитическое обезвреживание отходящих газов промышленных производств. Новосибирск: Наука. 1991. 221 с.
6. Патент на корисну модель UA 90106 U 12.05.2014, Лобойко О.Я, Гринь Г.І., Векшин В.О., Маркова Н.Б., Багрова І.В, Микиша Г.В. Спосіб виготовлення блочного катализатора очистки викидних газів від оксидів нітрогену. 2014. Бюл. № 9
7. Воробьев А.Х. Диффузионные задачи в химической кинетике. Изд-во Моск. ун-та, 2003. 98 С.
8. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки. Пенза: Изд-во ПГУ. 2006. 201 с.
9. Михалев М.А. Гидравлический расчет напорных трубопроводов // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 6. С.20.
10. Товажнянский Л.Л., Готлинская А.П., Лещенко В.А., Нечипоренко И.А., Чернышов И.С. Процессы и аппараты химической технологии. Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. 1176 с.

**Vekshin V.A., Grabovetskaya E.R., Loboyko V.A., Kobzev A.V.**

### CREATION OF CELLULAR BLOCK CATALYST AND REACTOR FOR PURIFICATION OF EXHAUST GASES FROM NITROGEN OXIDES

*Problems of environment pollution with nitrogen oxides are considered in the article. Role of catalytic purification in the process of decreases of NOx concentration in exhaust gases in nitric acid production is shown. Advantages of block metallic catalysts having cellular structure are described in comparison with industrial granulated catalysts. Based on the laboratory investigations, kinetic parameters of nitrogen oxides reduction using ammonia on the developed catalyst have been calculated. Sizes of catalytic block have been determined and reactor for catalytic purification for nitric acid production has been proposed. It is noted that created block metallic catalyst possesses low hydraulic resistance in comparison with industrial granulated catalysts. This allows reducing power expenses for overpressure.*

**Key words:** nitrogen oxides, purification, kinetics, catalyst, reactor.



Зайцев С.В., инж.  
Ващилин В.С., канд. биол. наук,  
Прохоренков Д.С., инж.  
Нарцев В.М., канд. техн. наук,  
Евтушенко Е.И., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СТРУКТУРА ТОНКИХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА ОЛОВА, ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ ДУАЛЬНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ\*

sergey-za@mail.ru

Приведены экспериментальные результаты синтеза тонких пленок (толщиной до 1 мкм) диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ), формируемые методом дуального магнетронного распыления металлических мишеней в контролируемой атмосфере  $\text{Ar}+\text{O}_2$ . Пленки, нанесенные на подложки из стекла и сапфира, исследовались методами рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии. Установлено, что покрытия имеют столбчатую кристаллическую структуру с решеткой типа рутила. Проведен анализ изменения давления в вакуумной камере на скорости осаждения и структуру тонких пленок диоксида олова.

**Ключевые слова:** диоксид олова, магнетронное распыление, рентгеновская дифрактометрия, морфология поверхности.

**Введение и цель.** Тонкие пленки диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ) вызывают повышенный интерес в связи с возможностью их применения в оптике, оптоэлектронике, электронной промышленности [1, 2]. Кроме того, способность слоев диоксида олова изменять электропроводность при адсорбции газов стало основой их применения в полупроводниковых сорбционных сенсорах. Это свойство стало основой широкого применения тонких пленок  $\text{SnO}_2$  в качестве чувствительных слоев сенсоров токсичных и взрывоопасных газов [3, 4].

Развитие вакуум-плазменных технологий открывает новые возможности при формировании эффективных наноструктурированных покрытий. Наиболее перспективными в этом отношении являются реактивное магнетронное распыление, позволяющие наносить пленки, состоящие из химических соединений материала мишени и реактивного газа. Кроме того, данный метод позволяет получать тонкие пленки при низких температурах и проводить послойный синтез новых структур (структурный дизайн), наращивая их буквально из атомных монослоев. При этом вид, концентрация атомов и плотность для каждого монослоя могут направленно изменяться в очень широких пределах за счет регулирования интенсивности бомбардировки частицами плазмы растущей структуры [5...7].

Целью работы является исследование влияния давления в вакуумной камере на скорость осаждения, состав и микроструктуру тонких пленок диоксида олова, осажденных методом магнетронного реактивного распыления.

**Материалы и методы.** Осаждение  $\text{SnO}_2$  производили в вакуумной установке QUADRA 500TM методом дуального магнетронного рас-

пыления. При работе магнетронов в дуальном режиме обеспечивается нанесение покрытий с повышенной степенью ионизации плазмы. Это приводит к получению более совершенной структуры реактивного покрытия и создает необходимые условия для получения нанокомпозитных покрытий.

Вакуум с базовым давлением не более  $5 \times 10^{-3}$  Па в камере получали с помощью турбомолекулярного и сухого форвакуумного насосов. Скорость откачки составляла 1028 л/мин. Перед нанесением покрытия производили ионную очистку поверхности образцов в среде аргона (Ar о.ч. 99,999 %) при напряжении 2000 В, давлении  $6,5 \times 10^{-2}$  Па, время очистки составляло 10 мин. Покрытия наносили распылением двух вертикально установленных мишеней олова (Sn 99,9 %) прямоугольного сечения ( $372 \times 74 \times 6$  мм) в контролируемой газовой среде аргона и кислорода ( $\text{O}_2$  о.ч. 99,999 %) при давлении 0,22; 0,4; 0,6 Па, скорость вращения образцов составляла 18 об/мин и ток – 0,5 А. Газы Ar и  $\text{O}_2$  в камеру поступали отдельно и регулировались контроллерами массового расхода, объемная доля реактивного газа  $\text{O}_2$  составляла 35 %. Расстояние от подложек до магнетрона и ионного источника было одинаковое и составляло 100 мм.

Тонкие пленки  $\text{SnO}_2$  толщиной до 1 мкм формировали на подложках из предметного стекла размером  $76,2 \times 25,4 \times 1,1$  мм и сапфира.

Кристаллическую структуру тонких пленок  $\text{SnO}_2$  исследовали с помощью рентгеновской дифракции (ARL X'TRA, ThermoTechno) в режиме асимметричной компланарной съемки со скольльзящим углом падения  $3^\circ$  ( $\theta$ -scan) для исключения пиков от подложки. Для идентификации фаз использовалась картотека JCPDF.

С помощью сканирующего электронного микроскопа (TESCAN MIRA 3 LMU) исследовали морфологию поверхности, фрактограммы и толщину пленки.

**Основная часть.** В ходе эксперимента было установлено, что давление в вакуумной камере, в первую очередь, влияет на поток материала от мишени к подложке. Увеличение давления, с одной стороны, увеличивает плотность бомбардировки мишени ионами аргона и приводит к увеличению потока распыляемого материала, с другой стороны, затрудняет доставку материала от мишени до подложки.

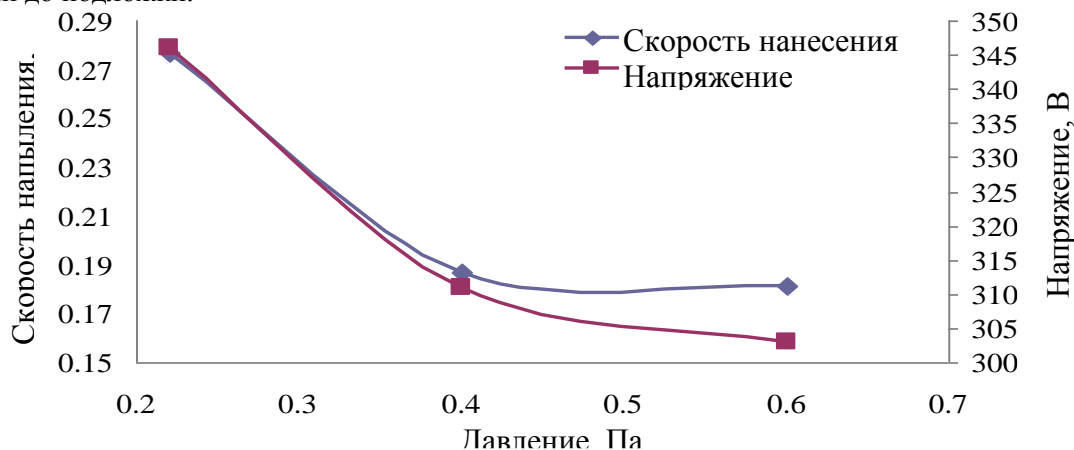


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения пленки от давления в вакуумной камере

На рис. 2. представлена дифрактограмма покрытия  $\text{SnO}_2$ . Исследование структуры методом рентгеновской дифракции показало, что пленки имеют поликристаллическую структуру. Анализ картины дифракции свидетельствует о том, что пленки имеют только пики тетрагональной фазы диоксида олова с решеткой типа рутила. Эта структура характеризуется тем, что атомы олова расположены в вершинах и центре элементарной ячейки. Каждый из них находится в окружении шести атомов кислорода, образующих несколько искаженный правильный октаэдр.

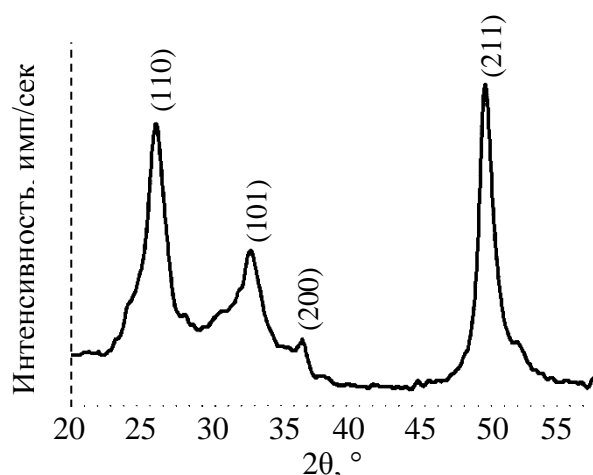


Рис. 2. Дифрактограммы образцов (режим  $\theta$ -scan)

На рис. 1 показана зависимость скорости осаждения тонких пленок диоксида олова от изменения давления в вакуумной камере. Скорость осаждения уменьшается от 0,27 до 0,18 нм/с с увеличением рабочего давления от 0,22 до 0,6 Па. Рост давления приводит к уменьшению энергии (термолизации) как ионов аргона, бомбардирующих мишень, так и распыленных атомов, что снижает поток вещества на подложку. Падение напряжения объясняется увеличением выхода вторичных электронов из-за образования оксидной пленки на мишени.

На рис. 3 приведена морфология поверхности и фрактограммы тонких пленок  $\text{SnO}_2$  на подложке из сапфира. Из полученных изображений поверхности покрытия (рис. 3 а, в, д) видно, что кристаллиты равномерно и плотно распределены по поверхности подложки, а также, видно, что при повышении давления в камере при той же концентрации кислорода размер зерен заметно уменьшается. На фрактограммах излома (рис. 3 б, г, е) видно, что покрытие состоит из столбчатых зерен вертикально ориентированных перпендикулярно подложке. Размер зерен и толщина покрытий представлены в табл. 1.

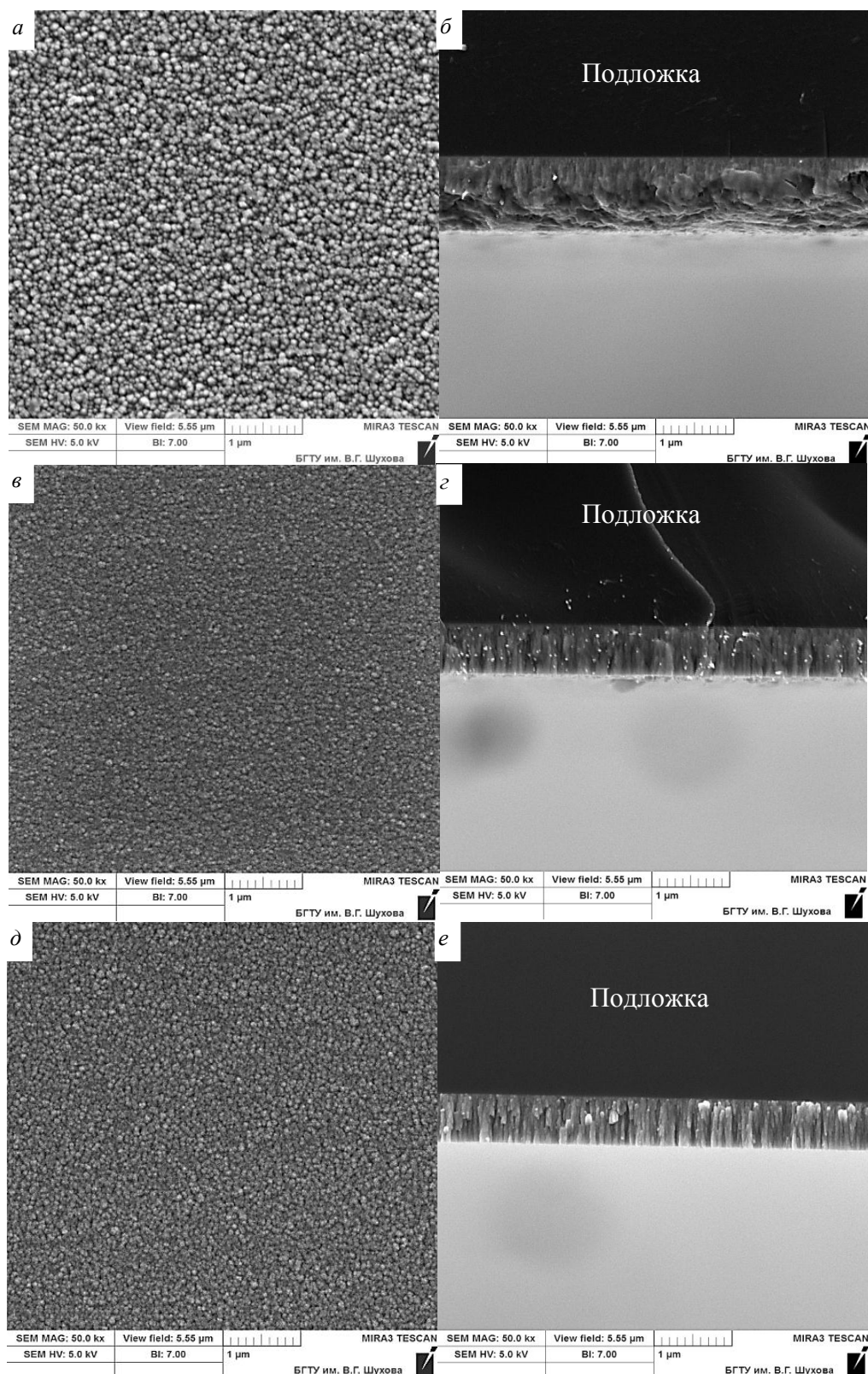


Рис. 3. Морфология поверхности и фрактограммы пленок  $\text{SnO}_2$  с различным давлением в вакуумной камере, Па: а, б – 0,22; в, г – 0,4; д, е – 0,6

Можно предположить следующий механизм формирования зерен. На первом этапе происходит формирование зародышей. Характерный размер зародыша составляет порядка 30 нм. Далее происходит постепенное увеличение диаметра зерна и при толщине покрытия порядка 170 нм размер зерна

составляет порядка 100 нм. Дальнейший рост происходит без увеличения диаметра зерен. Это, по-видимому, обусловлено ухудшением условий подвода материала к поверхности роста боковых граней в условиях близкого расположения соседних кристаллитов. Базируясь на таком механизме роста, можно предположить, что

размер зерна определяется плотностью формирования зародышей на первом этапе роста зерен. Так как размер зародышей при всех рабочих давлениях одинаков, то при низком рабочем давлении формируется небольшое количество зародышей, которые имеют возможность разрастись до крупных зерен.

Таблица 1

**Характеристики покрытий**

Общее давление в камере, Па	Толщина покрытия, нм	Средний размер зерна, нм
0,22	996	95
0,4	672	62
0,6	654	60

Поскольку элементарные процессы, протекающие на поверхности при образовании покрытий, в значительной степени зависят от условий и режимов формирования тонкопленочной системы, но на плотность зародышеобразования можно влиять, варьируя параметры технологического процесса.

**Вывод.** Показано, что методом дуального реактивного магнетронного распыления металлической мишени в контролируемой атмосфере  $\text{Ar}+\text{O}_2$  можно формировать тонкие плёнки  $\text{SnO}_2$  со столбчатой кристаллической тетрагональной структурой с решеткой типа рутила. Установлено, что с увеличением давления в вакуумной камере скорость осаждения пленок уменьшается при неизменной концентрации кислорода. Размер зародышей при различном давлении в вакуумной камере одинаков, то при низком давлении формируется небольшое количество зародышей, которые имеют возможность разрастись до крупных зерен

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 14-41-08064 р\_офи \_м, в рамках государственного задания Минобрнауки РФ и программы стратегического развития БГТУ им В.Г. Шухова.*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Добросмыслов С.С., Кирко В.И., Нагибин Г.Е., Резинкина О.А., Попов З.И. Особенности физико-механических и высокотемпературных электрофизических свойств керамических полупроводниковых материалов на основе  $\text{SnO}_2$  с добавками  $\text{MnO}_2$  и  $\text{CuO}$  // Вестник СибГАУ. 2012. №1. С. 118-122.
2. Transparent oxide electronics: from materials to devices. / Pedro Barquinha, Rodrigo Martins, Luis Pereira, Elvira Fortunato. GB: Publisher John Wiley & Sons, 2012. 312 с.
3. Рембеза С.И., Рембеза Е.С., Свистова Т.В., Борсякова О.И. Физические свойства пленок  $\text{SnO}_2$ , обработанных некогерентным импульсным излучением // Физика и техника полупроводников. 2006. Т.4. №1. С. 57-60.
4. Khrypunov G.S., Pirohov O.V., Novikov V.A., Zaitsev R.V., Zaitseva L.V., Khrypunova A.L. Development of conductive coatings for gas-sensitive tin dioxide film layers // Journal of nano- and electronic physics. 2014. Vol. 6. №2. 02016(5pp).
5. Evtushenko E.I., Doroganov V.A., Nartsev V.M., Moreva I.Yu., Zaitsev S.V., Kolomytseva S.Yu. Modification of refractory ceramic composites with coatings based on compounds of titanium and zirconium // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. V. 52. IS. 4. P. 272-277.
6. Нарцев В.М., Агеева М.С., Прохоренков Д.С., Зайцев С.В., Карацупа С.В., Ващилин В.С. Влияния условий осаждения высококачественных  $\text{AlN}$  и  $\text{SiC}$  на характеристики покрытий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 168-172.
7. Зайцев С.В., Ващилин В.С., Прохоренков Д.С., Нарцев В.М., Евтушенко Е.И. Синтез пленок  $\text{AlN}$  с использованием вакуум-плазменных технологий // Огнеупоры и техническая керамика. 2013. №7-8. С.15-18.

**Zaitsev S.V., Vashchilin V.S., Prokhorenkov D.S., Narziev V.M., Evtushenko E.I.**

**THE STRUCTURE OF THIN FILMS OF TIN DIOXIDE, FORMERLY BY THE METHOD OF DUAL MAGNETRON SPUTTERING**

*Experimental results of synthesis of thin films (thickness up to 1  $\mu\text{m}$ ) tin dioxide ( $\text{SnO}_2$ ) formed by the method of dual magnetron sputtering of metal targets in a controlled atmosphere  $\text{Ar}+\text{O}_2$ . Film deposited on a substrate of glass and sapphire were investigated by x-ray diffraction and scanning electron microscopy. It was established that the coatings have a columnar crystal structure with a lattice type rutile. An analysis is conducted changes in pressure in the vacuum chamber at a deposition rate of thin films of tin dioxide.*

**Key words:** tin dioxide, magnetron sputtering, X-ray diffraction, surface morphology.

Кудеярова Н.П., канд. техн. наук.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Ломаченко Д.В., канд. техн. наук.  
«Крюгер Технолоджис», США

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПОМОЛА ДОМЕННОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ШЛАКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ПОМОЛА

Kudeyarova@intbel.ru

При измельчении портландцемента широко распространенной добавкой являются шлаки. Шлаки доменного и электроплавильного производства отличаются по структуре и более высокой прочностью от портландцементного клинкера, что характеризует их более низкую размолоспособность. Повысить тонкость помола портландцемента можно введением добавок-интенсификаторов разрушения твердых частиц.

В работе установлено, что добавка на основе отхода производства резорцина интенсифицирует процесс помола шлака и более эффективно по сравнению с используемыми добавками в цементной промышленности по причине снижением поверхностного натяжения на границе раздела фаз твердое тело – газ, а также структурой добавки, содержащей ароматические кольца в своем строении. Использование добавки позволит до 20% увеличить удельную поверхность портландцемента с добавкой шлака и повысить энергоэффективность цементного производства.

**Ключевые слова:** гранулированный шлак, диспергаторы, интенсификация помола.

**Введение.** Шлак измельчается совместно с портландцементным клинкером при получении цемента с активными минеральными добавками или шлакового портландцемента. В качестве компонента для сухих строительных смесей и других композиционных вяжущих он вводится в предварительно измельченном состоянии. Шлаки доменного и электроплавильного производства отличаются по структуре и более высокой прочностью от портландцементного клинкера, что характеризует их более низкую размолоспособность. Исходя из этого вопрос измельчения шлаков, а также интенсификации данного процесса, как и процесса измельчения цемента в целом, является весьма актуальным.

**Основная часть.** В работе проведена оценка степени измельчения шлаков Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) и Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) с добавкой на основе резорцина. В частности, оценивалась интенсифицирующая способность добавки на основе лигносульфонатов и добавка ДР-3 на основе отхода производства резорцина, которая достаточно хорошо интенсифицирует процесс помола портландцемент-

та и шлакопортландцемента [3,4]. Помол материала проводился в лабораторной шаровой мельнице с постоянным временем помола и использованием добавок различной концентрации: 0,02; 0,04; 0,09; 0,1; 0,12 мас. %.

Приведенные результаты исследования (табл. 1) свидетельствуют об интенсификации процесса измельчения шлаков с добавками. Анализ результатов позволяет сделать вывод о том, что использование добавки на основе отхода производства резорцина позволяет эффективнее интенсифицировать процесс помола гранулированного шлака ОЭМКа, по сравнению с добавкой ЛСТ на основе полиметиленафталин сульфонов (пробы 2...5). Использование указанных добавок в процессе помола со шлаком НЛМК показало примерно схожие результаты. При этом из исследуемых шлаков наибольшую эффективность к измельчению при введении двух добавок показал шлак НЛМК. При этом замена части добавки ЛСТ добавкой на основе отхода резорцина позволяет добиться синергетического эффекта и интенсифицировать процесс измельчения доменного гранулированного шлака.

Таблица 1

**Эффективность измельчения доменного гранулированного шлака  
с различными добавками**

№ пробы	Вид добавки и ее количество, мас. %	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	
		шлак ОЭМК	шлак НЛМК
1	0	2814	2844
2	0,02 ДР-3	3110	3027
3	0,04 ДР-3	3410	3218
4	0,1 ЛСТ	2956	2917
5	0,12 ЛСТ	3012	3009
6	0,09 (0,02 ДР-3+0,07 ЛСТ)	3323	3331
7	0,12 (0,02 ДР-3+0,1 ЛСТ)	3359	3398

В дальнейшем в работе использовались образцы 1, 2, 4 и 6. Ситовой анализ является довольно важной характеристикой и позволяет сделать выводы о гранулометрическом составе изучаемого материала и тонкости измельчения. Рассев шлаков ОЭМКа и НЛМКа (эти образцы были выбраны как наиболее легко - и трудно измельчаемые) проводился на вибрационных ситах 008 и 02. Анализ отсева на ситах (табл. 2) подтверждает, что добавка на основе отхода резорцина обладает большей интенсифицирующей способностью – так, при ее использовании полный остаток на сите 008 составил 9,3 и 9,7 мас. % для образцов шлака ОЭМКа и шлака

НЛМКа соответственно. На сите 02 для обоих образцов остаток составил 1 и менее мас. %, в то время как для шлака НЛМКа с добавкой на основе полиметиленафталин сульфонов полный остаток на сите 008 составил 11,2 и на сите 02...1,3 мас. %. При этом при совместном введении добавок (образец № 6) достигаются сопоставимые и даже меньшие результаты с образцами шлаков, измельченными с добавкой на основе отхода производства резорцина. В этом случае доля крупных частиц (остаток на сите 02) меньше чем при использовании отдельных добавок.

Таблица 2

Результаты ситового анализа измельченных шлаков с добавками

№ пробы	Вид добавки и ее количество, мас. %	Остаток на ситах, мас. %, и номер сита			
		Шлак ОЭМКа		Шлак НЛМКа	
		008	02	008	02
1	0	12.4	1.8	12.3	1.8
2	0,02 ДР-3	9.3	0.9	9.7	1.0
4	0,1 ЛСТ	10.9	1.2	11.2	1.3
6	0,09 (0,02 ДР-3+0,07 ЛСТ)	9.3	0.8	9.1	0.9

Согласно теории Ребиндера введение поверхностно-активных веществ способствует диспергации измельчаемых материалов. Одной из величин, характеризующих свойства ПАВ, является их поверхностная активность, и чем больше поверхностная активность, тем больше выражены свойства ПАВ. Применяемые в настоящее время в промышленности добавки-диспергаторы представляют собой, как правило, линейные анионоактивные ПАВ. Нами была предложена добавка, имеющая небольшую поверхностную активность, но циклическое строение. Добавка представляет щелочной водный раствор кубовых остатков производства резорцина. Проведенные исследования показали, что поверхностная активность добавки не всегда является определяющей величиной, которая характеризует степень диспергации частиц. При более низких значениях поверхностной активности может быть достигнут равный или пре-

вышающий эффект воздействия поверхностно-активных веществ на измельчение твердых тел. Интенсифицирующая способность добавки ДР-3 в процессе помола твердого тела обуславливается снижением поверхностного натяжения на границе раздела фаз твердое тело – газ, а также структурой добавки, содержащей ароматические кольца в своем строении [3]. Также было установлено, что адсорбция добавки ДР-3 на границе раздела раствор – твердое тело носит преимущественно химический характер и протекает на ионах  $\text{Ca}^{2+}$  с максимальной величиной адсорбции.

Более точную характеристику степени помола того или иного компонента позволяет отразить гранулометрический метод анализа. В табл. 3 приведен гранулометрический состав шлака измельченного с выбранными добавками. Гранулометрический состав определен с помощью лазерного гранулометра Microsizer.

Таблица 3

Количество частиц (в процентах), соответствующих заданным значениям размеров частиц

№	Вид добавки и ее количество, мас. %	Количество частиц (мас. %) диаметром, мкм							
		0,99	4,92	10,9	24,4	54,3	121	269	600
1	0	3,5	7,6	14,0	19,8	27,1	21,4	5,9	0,7
2	0,02 ДР-3	3,8	8,4	16,2	18,9	25,3	21,6	5,2	0,6
4	0,1 ЛСТ	3,5	7,7	13,3	20,2	27,4	22,6	4,6	0,7
6	0,09 (0,02 ДР-3+0,07 ЛСТ)	3,9	8,3	14	20,6	24,5	22,7	5,2	0,6

Результаты исследования свидетельствуют, что добавка на основе отхода производства ре-

зорцина значительно интенсифицирует процесс помола доменного гранулированного шлака

ОАО ОЭМКа. Количество мелкой фракции (до 5 мкм) составляет для образца шлака, измельченного с добавкой на основе отхода резорцина на ~ 9 мас.% больше по сравнению с образцом шлака, измельченного с добавкой ЛСТ. При этом находит подтверждение тот факт, что замена части ЛСТ на добавку на основе отхода резорцина позволяет значительно увеличить эффективность помола и достичь сопоставимых результатов, полученных при помоле шлака с добавкой на основе резорцина (образец 6). Химический характер адсорбции добавки ДР-3 на активных центрах  $\text{Ca}^{2+}$  обуславливает влияние связи Са-О на размолоспособность шлаковых фаз. Интенсификатор ДР-3, являясь анио-

нактивным, снижает поверхностное натяжение на границе раздела твердое тело-газ и наряду с ослаблением связи Са-О, оказывает большее влияние на разрыв связи ионов кальция с кремнекислородным тетраэдром в структуре силикатных шлаковых минералов, что объясняет большую эффективность влияния интенсификатора на их измельчение.

Оценка влияния измельчения шлака с добавками на эффективность помола двухкомпонентного вяжущего (портландцементный клинкер ОАО «Белгородский цемент»-75 %, шлак ОЭМКа-25 %) проводилось при постоянном времени измельчения в лабораторной шаровой мельнице (табл. 4).

Таблица 4

Результаты измельчения двухкомпонентного вяжущего

№	Количество интенсификатора (мас.%) и его тип	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Остаток на сите 008, мас. %
1	0	281,9	10,3
2	0,02 ДР-3	334,8	8,9
4	0,1 ЛСТ	318,6	9,8
6	0,09 (0,02 ДР-3+0,07 ЛСТ)	351,7	8,4

Характер влияния добавок при измельчении доменного гранулированного шлака коррелируется с измельчением двухкомпонентного вяжущего цемент-шлак. При этом увеличение абсолютного прироста степени измельчения обуславливается тем фактом, что портландцементный клинкер является более легко размалываемым компонентом по сравнению с доменным гранулированным шлаком.

**Выводы.** Использование добавки на основе отхода резорцина позволяет интенсифицировать измельчение доменного гранулированного шлака и почти на 20 % увеличивает удельную поверхность портландцемента с использованием шлака. Частичная замена добавки ЛСТ добавкой ДР-3 позволит добиться синергетического эффекта, повысить производительность мельниц и улучшить энергоэффективность производства цемента.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. Техногенные материалы в производстве цемента // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 10. С 80-81.
2. Классен В.К. Энерго-ресурсосбережение в производстве цемента / Современные наукоемкие технологии. 2004. № 1. С. 31
3. Ломаченко Д.В., Кудеярова Н.П. Влияние поверхностно-активных свойств добавок на размолоспособность цементного клинкера / Строительные материалы. 2010. № 8. С. 58-64.
4. Шаповалов Н.А., Ломаченко Д.В. Получение композиционных цементов с использованием интенсифицирующей добавки / Фундаментальные исследования, 2013. № 4-1. С. 71-74.

**Kudeyarova N. P., Lomachenko D.V.**

## THE OPTIMIZATION OF BLAST-FURNACE SLAG GRINDING PROCESS WITH INTENSIFIERS

*Blast-furnace slag is one of the widely use component for composite binder and introduced in the system during portland cement grinding process. Blast-furnace and electric furnace slag have difference in structure and also have bigger strength compare to cement clinker, which can characterized their lower grindability. Introduction of additives allow increasing grindability of portland cement.*

*It was found that additive based on resorcinol waste production can intensify grinding process of blast-furnace slag and more efficient compare the other additives because it decrease surface tension on solid-gas interface, and also structure of additive which contain aromatic rings. Using of this additive allow increase specific surface of cement with blast-furnace slag addition up to 20% and optimize energy consuming during production process.*

**Key words:** granular slag, dispersants, intensification of grinding.



Шошин Е.А., канд. техн. наук, доц.  
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина  
Широков А.А., канд. биол. наук,  
Центр коллективного пользования «Симбиоз» ИБФРМ РАН

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕВОДАМИ ЦЕМЕНТНЫХ ПАСТ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ГИДРАТАЦИИ

Shoshin234@mail.ru

*Исследование изменений электрокинетического потенциала цементных паст выявило высокую чувствительность поверхностного заряда частиц в жидкой фазе цементной пасты к присутствию модифицирующих углеводов. Изменения электрокинетического потенциала носят колебательный или экстремальный характер в зависимости от вида модифицирующего углевода.*

**Ключевые слова:** цементные пасты, электрокинетический потенциал, углеводы, структура углеводов.

Индукционный период гидратации цемента – одна из наиболее важных стадий гидратационного процесса, в ходе которой закладываются основные параметры будущего цементного камня [1,2]. Кроме того, именно на этой стадии цементная система испытывает массивное воздействие добавок, регулирующих реологические и другие параметры смеси. Основной особенностью индукционного периода является низкая скорость гидратационных процессов – на термокинетической кривой тепловыделение системы близко к нулю. Присутствие добавок усложняет картину поведения цементной системы, меняя в том числе, термокинетическую кривую гидратации цемента.

Существуют различные модели, описывающие природу индукционного периода: образование поверхностных пленок из первоначальных гидратных образований на поверхности  $C_3S$ , разрушающихся к концу индукционного периода за счет старения и уплотнения [3,4]; образование полупроницаемых мембран из малорастворимых продуктов гидратации и их разрушение к концу индукционного периода в результате действия осмотического давления [5,6]; представление индукционного периода как стадии медленного зародышеобразования С-С-Н-геля, окончание которой сопровождается резким ускорением гидратационных процессов (стадия роста частиц) [7, 8]; торможение кристаллизации  $Ca(OH)_2$  ионами кремния до тех пор, пока уровень пересыщения раствора не достигнет некоей критической величины (конец индукционного периода) [9, 10]. Однако ни одна из описанных моделей не способна в полной мере объяснить все наблюдаемые в ходе гидратации цемента явления.

В ходе калориметрических исследований гидратации  $C_3S$  авторы [11] обнаружили экзотермический эффект, соответствующий образо-

ванию на поверхности частиц  $C_3S$  наночастиц цементного геля. Дальнейшие исследования различных видов портландцемента показали, что обнаруженный экзоэффект является характеристическим и связан, с одной стороны, с образованием на поверхности частиц клинкера пор, а с другой, с началом лавинообразного формирования на поверхности клинкерных частиц наночастиц С-С-Н-геля [12]. Указанный экзоэффект проявляется в конце индукционного периода, его величина и временное положение зависят от удельной поверхности исходного цемента и его типа. Результаты работ [11, 12] свидетельствуют в пользу модели, где индукционный период представляется результатом замедления стадии зародышеобразования гидратных новообразований.

Образование частиц новой фазы не может не отразиться на электрокинетических характеристиках цементной системы. Предварительная проверка этой гипотезы показала, что окончание индукционного периода гидратационного процесса цементной пасты сопровождается скачкообразным ростом электрокинетического потенциала системы (рис. 1) [13].

Различные авторы отмечают, что в присутствии углеводов наблюдаются значительные изменения в структуре гелевой фазы [14...16]. А основной причиной многих наблюдаемых явлений авторы [17] видят специфические взаимодействия (водородная связь) между углеводами и гидросиликатами. Специфические взаимодействия углеводов с гидросиликатами будут неизбежно проявляться и на стадии фазообразования, в частности, в изменениях параметров, индукционного периода гидратационного процесса. Изменения параметров индукционного периода должны отразиться и на характере электрокинетического потенциала зародышевой фазы модифицированной цементной пасты. Таким

образом, изменения электрокинетического потенциала (Z-потенциала) модифицированной цементной пасты могут служить индикатором

изменений характера фазообразования в присутствии модификаторов.

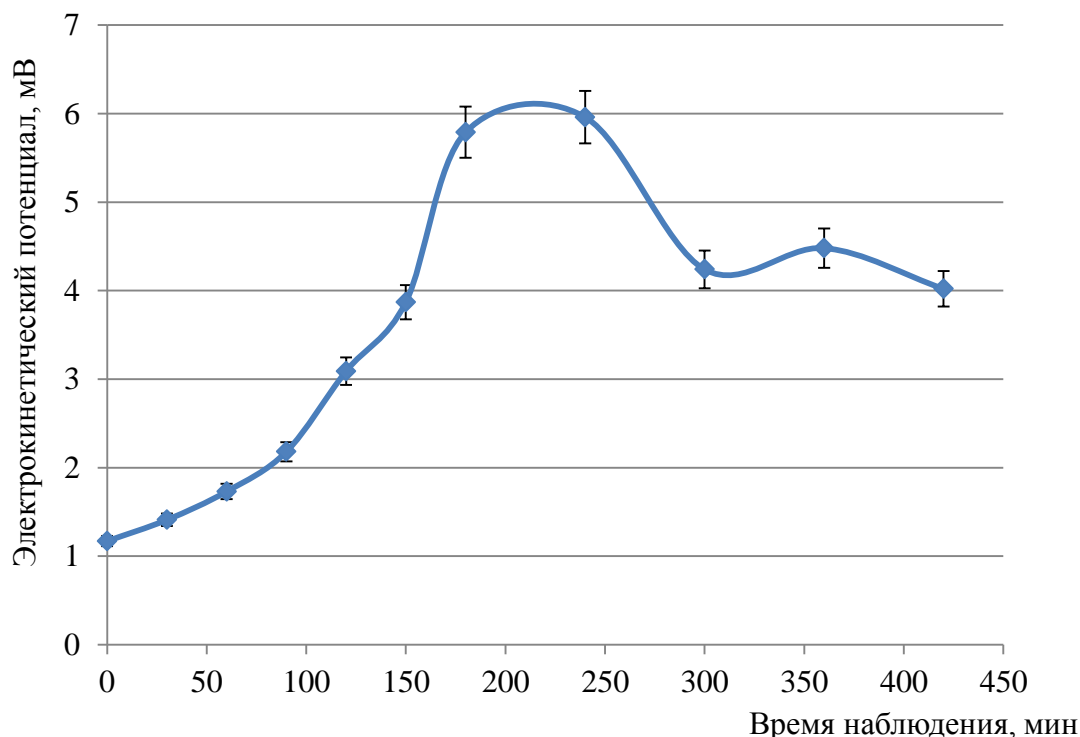


Рис. 1. Изменения электрокинетического потенциала частиц дисперсной фазы цементной пасты

Для проверки данной гипотезы были исследованы цементные пасты, модифицированные различными моно- и дисахаридами.

В качестве моносахаридов были использованы изомерные арабиноза, рибоза, ксилоза; в качестве дисахаридов — изомерные сахароза, лактоза и мальтоза. В качестве объекта исследования был выбран бездобавочный цемент вольского завода ПЦ-400 Д0, аналогичный по химическому составу исследованному авторами [11] и характеризуемый удельной поверхностью  $S_{уд}=3900 \text{ см}^2/\text{г}$ .

В качестве инструмента наблюдения, позволяющего отслеживать изменения электрокинетических свойств частиц в жидкой фазе, был выбран метод регистрации электрокинетического потенциала методом динамического рассеяния света (ДРС), реализованный в системе для характеристики наночастиц Malvern Zetasizer Nano ZS, («Malvern», Великобритания), мощность лазера  $10 \text{ мВт}/\text{см}^2$ , угол рассеяния  $173^\circ$ . Измерение проводилось в Центре коллективного пользования научным оборудованием в области физико-химической биологии и нанобиотехнологии «Симбиоз» Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук (ИБФРМ РАН).

Препараты для измерения представляли собой 1,5 % суспензии цемента в деионизированной воде Milli-Q, подвергнутые кратковременной (30 с) обработке в ультразвуковой бане (УЗУМИ-05, Трима, Россия). Для увеличения точности измерения, подготовленные препараты подвергали кратковременной изотермической выдержке (1 мин), в ходе которой происходила седиментация грубых частиц цемента, что позволило сконцентрировать в жидкой фазе частицы размером до 2...3 мкм.

Из приведенных данных следует, что в начале гидратационного процесса (первые 30 мин) углеводы не взаимодействуют с частицами цемента, т.к. отсутствуют существенные изменения Z-потенциала модифицированных цементных систем (колебания исходной величины Z-потенциала модифицированных паст не превышают 2,6 %, т.е. находятся в пределах экспериментальной ошибки). Согласно общим представлениям о кинетике гидратационных процессов, первые 30 мин гидратации включают в себя преиндукционный период, когда наблюдается активный гидролиз силикатов и насыщение водного раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [1]. Взаимодействие дисахаридов с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , по-видимому, является конкурирующим процессом, ингибиру-

ющим адсорбционные взаимодействия дисахаридов и цемента. На 90-й минуте гидратации наблюдается рост Z-потенциала как модифицированных, так и контрольного составов, однако величина роста для каждого из модифицированных составов индивидуальна, что, по-видимому, связано с образованием поверхностных углевод-силикатных комплексов [17] и изменением структуры адсорбционной (Штерновской) части

двойного электрического слоя (ДЭС). Дальнейшие наблюдения показали, что кинетические кривые приобретают колебательный характер, а частота и амплитуда колебаний определяются модифицирующим углеводом. Среди рассмотренных углеводов выделяется лактоза, в присутствии которой колебательный процесс начинается уже через 60 мин гидратации.

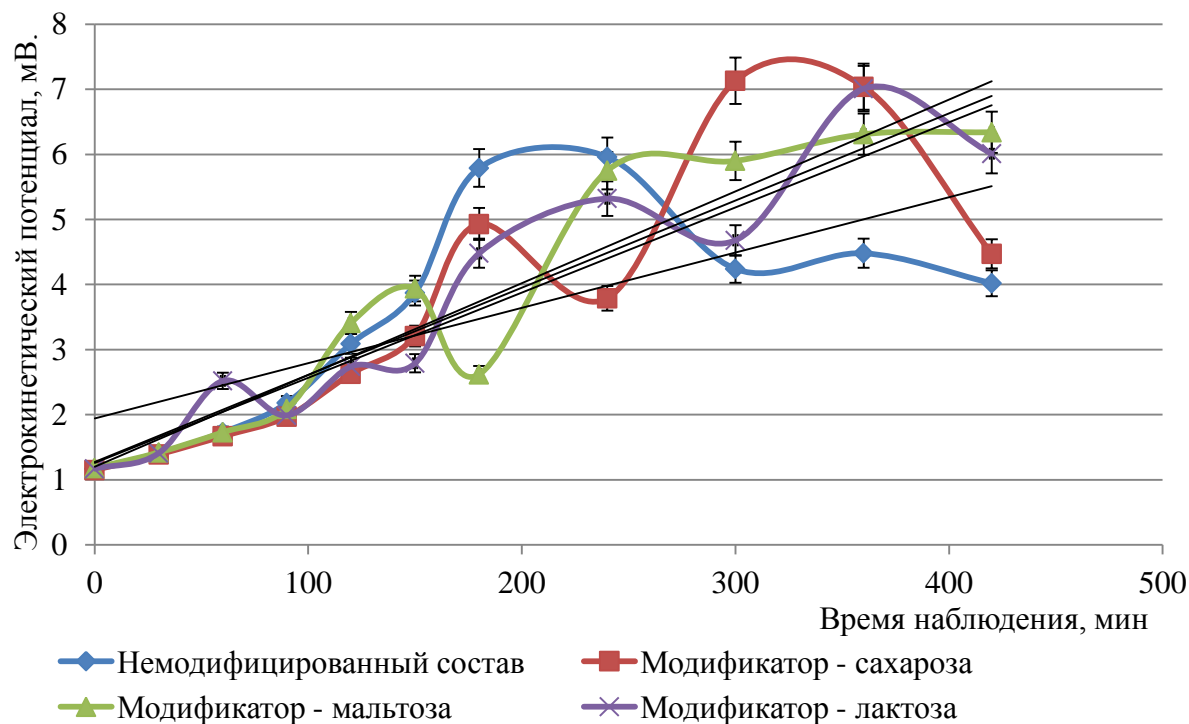


Рис. 2. Изменение электрокинетического потенциала цементных паст, модифицированных дисахаридами (содержание углеводов 0,003 моль/100 г цемента)

Таблица 1

**Изменения электрокинетического потенциала (мВ) модифицированных дисахаридами цементных суспензий во времени**

Время наблюдения (экспозиция), мин	Модификатор (3ммоль/100г цемента)			
	-	сахароза	мальтоза	лактоза
0	1,17	1,15	1,18	1,17
30	1,41	1,39	1,42	1,41
60	1,73	1,67	1,73	2,52
90	2,18	1,97	2,09	1,99
120	3,09	2,63	3,41	2,74
150	3,87	3,21	3,94	2,79
180	5,79	4,93	2,62	4,48
240	5,96	3,79	5,75	5,32
300	4,24	7,13	5,9	4,68
360	4,48	7,04	6,31	7,01
420	4,02	4,47	6,34	6,01

Сравнительный анализ представленных кинетических кривых изменения Z-потенциала модифицированных цементных паст показал, что если на кинетической кривой контрольного

состава наблюдается один широкий экстремум (в интервале 180...240 мин), то на кинетических кривых модифицированных составов наблюдается от 2 до 4 максимумов различной протяженности и интенсивности. Общим для всех модифицированных составов является более крутой

по сравнению с контрольным составом тренд на увеличение Z-потенциала системы (рис 2). Большой по сравнению с контрольным составом Z-потенциал модифицированных цементных паст предсказуем - внедрение в адсорбционный слой ДЭС объемных молекул углеводов сопровождается ростом электрокинетического потенциала в результате вытеснения противоионов в диффузную часть ДЭС, и чем глубже развитие адсорбционного процесса, тем выше величина Z-потенциала модифицированной системы. А вот выраженный колебательный характер кинетических кривых модифицированных систем может свидетельствовать: 1 - о наличии адсорб-

ционно-десорбционных процессов (в силу изменения структуры поверхности растущих наночастиц цементного геля); 2 - об изменении траектории эволюции наночастиц в присутствии углеводов [18]; 3 - о дифференцированном взаимодействии дисахаридов с минералами клинкера [17]. В любом случае обнаруженные колебательные процессы свидетельствуют о значительном изменении процессов фазообразования цементного геля в присутствии углеводов; изменения носят строго индивидуальный характер и однозначно связаны с пространственной структурой модифицирующего углевода.

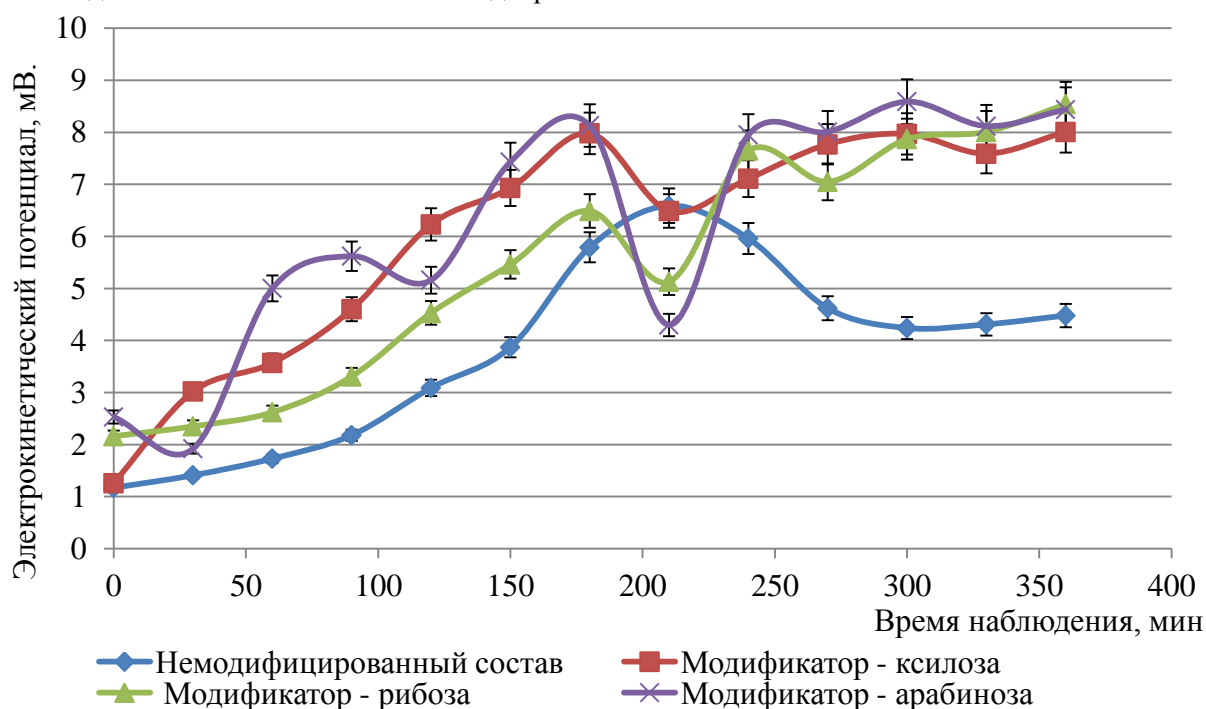


Рис. 3. Изменение электрокинетического потенциала цементных паст, модифицированных моносахаридами (содержание углеводов 0,003 моль/100 г цемента)

Таблица 2

**Изменения электрокинетического потенциала (мВ) модифицированных моносахаридами цементных суспензий во времени**

Время наблюдения (экспозиция), мин	Модификатор (3ммоль/100г цемента)			
	-	ксилоза	рибоза	арабиноза
0	1,17	1,26	2,16	2,53
30	1,41	3,02	2,35	1,92
60	1,73	3,57	2,62	5
90	2,18	4,6	3,31	5,62
120	3,09	6,23	4,53	5,16
150	3,87	6,93	5,46	7,43
180	5,79	7,98	6,49	8,13
210	6,59	6,49	5,13	4,3
240	5,96	7,11	7,65	7,95
270	4,62	7,77	7,05	8,01
300	4,24	7,97	7,87	8,59
330	4,31	7,59	8,01	8,12
360	4,48	8,01	8,54	8,44

В случае модификации цементных паст моносахаридами наблюдаются иные особенности изменений электрокинетического потенциала: 1 – присутствие в системе различных моносахаридов обуславливает различные величины исходного Z-потенциала, что свидетельствует об активной адсорбции моносахаридов независимо от активности процессов гидролиза силикатов; 2 – в присутствие моносахаридов изменения кинетических кривых Z-потенциала имеют монотонный характер, за исключением арабинозы, в присутствие которой сформировался колебательный процесс; 3 – все кривые изменения Z-потенциала модифицированных систем имеют ярко выраженный минимум в районе 210 мин экспозиции, при этом следует отметить, что кривая контрольного состава в этом временном диапазоне имеет широкий максимум (рис. 3).

Иными словами, исследования Z-потенциала модифицированных цементных паст вскрывают принципиально различное поведение моно- и дисахаридов в цементных системах: если дисахариды формируют собственный уникальный для каждого из рассмотренных дисаха

ридов характер кинетической кривой изменения Z-потенциала, то моносахариды формируют идентичные кинетические кривые. Такие принципиальные различия в характере кривых изменения Z-потенциала возможно объяснить спецификой взаимодействия моно- и дисахаридов с гидросиликатами. Согласно [17], глюкоза находится в водных растворах в открытой форме, что позволяет ей взаимодействовать с гидратированной поверхностью альдегидной группой, последнее обуславливает перпендикулярную ориентацию молекул глюкозы на минеральной поверхности, минимальное ее экранирование и как следствие, минимальное затруднение адсорбтом процессов гидратации. По всей видимости, эта логика применима и в отношении рассмотренных пентоз: несмотря на структурные различия моносахаридов-изомеров кривые изменения Z-потенциала имеют высокую степень идентичности, т.е. для всех рассмотренных модифицирующих моносахаридов-альдопентоз изменения в гидратационном процессе носят идентичный характер и от структуры моносахарида не зависят.

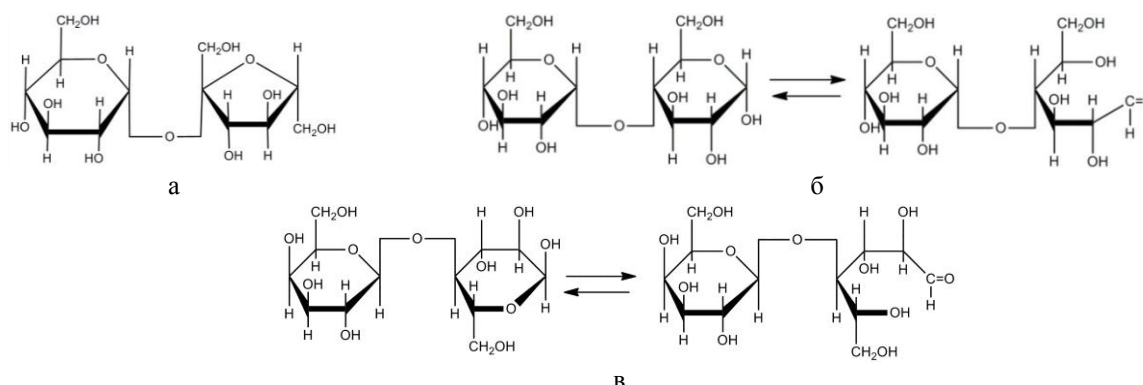


Рис. 4. а – сахароза, б – мальтоза и ее таутомер, в - лактоза и ее таутомер.

Иная ситуация наблюдается в случае присутствия в цементной системе дисахаридов. В случае сахарозы наблюдается ориентация дисахарида вдоль плоскости силиката, что обеспечивает множественные водородные связи углевода с силоксановыми группами и, как следствие, высокую ингибирующую активность сахарозы в отношении гидратационных процессов [17]. Как и сахароза, лактоза и мальтоза обладают пиранозным циклом, не подвергающимся раскрытию в водных растворах (рис. 4). Именно различия в структуре указанных пиранозных циклов лактозы и мальтозы обуславливают индивидуальный характер изменений Z-потенциала соответствующих модифицированных цементных систем.

Таким образом, изменения электрокинетического потенциала на протяжении индукционного периода гидратации цемента являются индикатором характера процессов взаимодействия углеводов с гидратирующей цементной системой. Взаимодействие моносахаридов и дисахаридов с зародышевой фазой портландцемента протекает по различным механизмам и определяется, с одной стороны, наличием циклического фрагмента молекулы дисахарида, не вступающего в водных растворах в процессы таутомерии, а с другой стороны, структурой циклического фрагмента молекулы углевода.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М. Добавки в бетон: справочное пособие. М.: Стройиздат, 1988. 575 с.
2. Тейлор Х. Химия цемента. Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. 560 с.
3. Brown P.W., Galuck K., Fronsdorff G. A kinetic model for the Hydration of tricalcium silicate // Cem. Concr. Res. 1985. №15. pp. 35-41.
4. Jennings H.M. Aqueous solubility relationship for two types of calcium silicate hydrate // J. Am. Ceram. Soc. 1986. v.69. №8. pp. 614-618.
5. Double D.D. New developments in understanding the chemistry of cement hydration // Phil. Trans. R. Soc. Lond. 1983. A 310. pp. 53-66.
6. Birchall J.D., Howard A.J., Bailey J.E. On the hydration of Portland cement // Proc. R. Soc. Lond. 1978. A360. pp. 445-453.
7. Fierens P., Verhagen J.P. Hydration of tricalcium silicate in paste – kinetics of calcium ions dissolution in the aqueous phase // Cem. Concr. Res. 1976. №6. pp. 337-342.
8. Odler I., Dörr H. Early hydration of tricalcium silicate II. The induction period // Cem. Concr. Res. 1979. №9. pp. 277-284.
9. Wu Z.-Q., Young J.F. Formation of calcium hydroxide from aqueous suspension of tricalcium silicate // J. Am. Ceram. Soc. 1984. v.67. №1. pp. 48-52.
10. Коупленд Л.Е., Вербек Дж. Дж. Структура и свойства затвердевшего цементного теста // VI Междунар. конгр. по химии цемента. - Т.2, книга 1.-М.: Стройиздат, 1976. 258 с.
11. Makar J.M., Chan G.W., Essegheier K.Y. A peak in the hydration reaction at the end of the cement induction period // Journal of materials science. 2007. v.42. №4. pp. 1388-1392.
12. Makar J.M., Chan G.W. End of induction period in ordinary Portland cement as examined by high-resolution scanning electron microscopy // Journal of the American ceramic society. 2008. v.91. №4. pp. 1292-1299.
13. Шошин Е.А., Иващенко Ю.Г., Широков А.А., Руфимский П.В. Влияние фазовых переходов на электрокинетический потенциал дисперсной фазы цементной пасты // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2014. №1 вып.74. С. 108-111.
14. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим. Ташкент: изд-во "БАН", 1974. 123 с.
15. Maria C. Garci Juenger, Hamlin M. Jennings. New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes // Cement and Concrete Research. 2002. №32. pp. 393-399.
16. Шошин Е.А. Особенности влияния моно- и дисахаридов на процессы формирования гелевой фазы цементного камня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 28-32.
17. Benjamin J. Smitha, Aditya Rawala, Gary P. Funkhouser, Lawrence R. Robertsc, Vijay Guptad, Jacob N. Israelachvilia,1, and Bradley F. Chmelka. Origins of saccharide-dependent hydration at aluminate, silicate, and aluminosilicate surfaces // PNAS. 2011. v.108. № 22. pp. 8949-8954.
18. Мелихов И.В. Тенденции развития нанохимии // Рос. Хим. Журнал. 2002. Т.46. №5. С. 7-14.

**Shoshin E.A., Shirokov A.A.**

**STUDY ON ZETA POTENTIAL OF EARLY CEMENT HYDRATION PHASE TO THE PRESENCE OF CARBOHYDRATES**

*The zeta potential of early cement hydration phase is high sensitivity to the presence of carbohydrates. Changing zeta potential has vibrational or extreme character depending on the presence of carbohydrate in the cement suspension.*

**Key words:** cement paste, zeta potential, carbohydrate, the structure of carbohydrates.

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гулей И.А., ст. препод.,  
Целютина Т.В., канд. социол. наук, доц.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

## КОМАНДНЫЙ КОУЧИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

gulei@bsu.edu.ru

*В статье рассматриваются возможности и перспективы командного коучинга в современных организациях, анализируется роль коучинга как инструмента эффективного управления, развития командообразования и повышения системы мотивации персонала. Предлагается технология внедрения командного коучинга в современную систему менеджмента организации. На основе сравнительного анализа командного коучинга и тимбилдинга, авторами разработаны концептуальные постулаты командного коучинга, направленные на доступность и востребованность технологии.*

**Ключевые слова:** коучинг, командный коучинг, управленческая команда, система мотивации, принятие управленческих решений.

Командный коучинг – это искусство и современная технология в системе управления человеческими ресурсами, способствующая раскрытию внутреннего потенциала работников, повышению мотивации, а также умению работать в команде, достигать общих целей, что позволяет разрабатывать более качественные управленческие решения [1].

Авторский взгляд на актуализацию командного коучинга в бизнес-среде: прежде всего, это усложнение управленческой структуры организаций, появление новых сложных иерархических организационных структур, отсутствие коммодитизации управленческого опыта работы в компаниях типа - инновационные предприятия, региональные комплексы с головными центрами в столицах или за рубежом, холдинговые компании, с другой стороны, необходимость укреплять свои позиции на рынке конкурентов, быть в поле вновь появляющихся и внедряющихся инновационных разработок и технологических новшеств, с третьей стороны – политика 4 «инновационных путей» развития России и желание за короткие сроки, обоснованно и без риска уметь пользоваться предлагаемыми государством механизмами и технологиями модернизации системы управления. Далее – несоответствие компетентности, опыта работы управленцев занимаемой должности. Не умение и не желание в границах антикризисного менеджмента соотносить время, потенциал работников и имеющиеся ресурсы. Менеджер должен уметь стратегически мыслить и грамотно делегировать полномочия, своевременно ставить каждого работника на нужное место и всеми возможными способами добиваться от него выполнения поставленных задач. Отметим и не готовность

бизнеса к практике оценки рисков, например, новые продукты появляются на рынке каждые полгода.

Кроме того, сотрудники перестают довольствоваться материальными формами оплаты и вознаграждения и требуют от руководителей проявления абсолютно новых навыков мотивации, стимулирования и построения транспарантных взаимоотношений между сотрудниками, звеньями управления, подразделениями.

Главное - желание научиться позиционировать себя, как руководителя, умеющего убеждать и быть при этом естественным. Желание руководителей постоянно заниматься повышением профессионального и личностного развития. Для многих руководителей также является проблемой и собственная агрессивность, неадекватность восприятия людей и ситуаций. Проблема построения открытого, безкоррупционного пространства для реализации всех связей в организации должна решаться коллективно, при участии всего персонала.

Международная Федерация Коучей определяет профессиональный коучинг как процесс оказания услуг, помогающих клиентам достигать качественно новых результатов в своей личной и профессиональной жизни [2]. В более широком смысле, на наш взгляд, коучинг – это стиль взаимодействия с другими людьми (и с собой), ориентированный на содействие человеку в раскрытии собственных ресурсов, а также постановке наилучших для себя целей и достижении их наиболее эффективными способами.

Отличие коучинга от всех видов консультирования – ставка на реализацию потенциала самого клиента. Коучинг – это система приемов и принципов, которые способствуют развитию



личности и группы, а также обеспечивают раскрытие и эффективную реализацию собственных возможностей и талантов.

Многие современные руководители стремятся повысить производительность труда, тем самым максимизировать прибыль в организации. Для этого необходимо иметь в своем подчинении высококвалифицированный персонал, готовый трудиться на благо организации. Но ведь организация, это не один человек, это одна большая команда, которая всегда стремится вперед. Решение – внедрение командного коучинга. В процессе коучинга персонал принимает участие в обсуждении общих проблем организации, поставленных задач, происходит обмен опытом, что не только объединяет и повышает мотивацию сотрудников, но и дает возможность взглянуть на проблемы с различных позиций людей, а это в свою очередь, позволяет сплотить коллектив и сделать его единым целым. Команда – это группа людей, которые объединены общей целью и участвуют в совместной деятельности для ее достижения.

Командный коучинг – это процесс освоения работы в команде, где раскрывается весь потенциал работника, где он чувствует свою важность в организации, происходит согласование ценностей, а также рождаются инновационные управленческие решения [3].

На наш взгляд, командный коучинг:

- повышает инициативность каждого члена команды, улучшает результаты любого управленческого решения;
- помогает осознать роль команды в организации, расставить приоритеты и оптимизировать все используемые человеческие ресурсы;
- выстраивает действенную систему управления командными процессами, прежде всего, стимулирование инновационного мышления через динамические паттерны групп, команд;
- способствует включенности сотрудников в проектную работу, осваиваются новые методы управления проектными командами;
- раскрывает ресурсы, возможности команды, и, самое главное воплощает эффект синергии.

Экспертное интервьюирование белгородских бизнес – коучей позволило нам сделать вывод, что внедрение коучинга в организацию необходимо начинать с обучения высшего руководства компании.

Внедрение командного коучинга в организацию это весьма сложный, технологизированный процесс, включающий три основных этапа:

1 этап: диагностика – выявляются сильные и слабые стороны команды, а также уровень их

мотивации к коллективной работе; определяют цели и задачи команды в рамках всего предприятия. Общаются с руководителями подразделений, а также с каждым из участников проводят интервью (анкетирование).

2 этап: квинтэссенция – грамотно выстроенный процесс взаимодействия коучинга, который длится 4-5 часов в день. Вторым этапом является основным, именно он помогает достигать поставленных целей. Обучение коучингу менеджеров по персоналу, индивидуальные занятия с руководством компании, передача принципов командного коучинга по вертикали власти «сверху-вниз».

Тем самым затрагивается и организационная культура компаний, как действенный инструмент развития, обеспечивающего настрой персонала на высокую производительность и высокое качество в работе. Формирование и поддержание такой культуры, которая повышала бы отдачу от людей, работающих в организации, способствовала повышению ее эффективности и конкурентоспособности, – это одна из важнейших стратегических задач высшего руководства [4]. Часто используют методики в игровой форме, ролевые задания, позволяющие персоналу по-новому взглянуть на ситуацию, на себя и на свою команду.

Таким образом, итогами второго этапа являются:

- изменение личного поведения в сфере профессиональных навыков и компетенций;
- разработка качественных управленческих решений;
- повышение уровня мотивации сотрудников;
- создание единого видения команды;
- распределение ролей и ответственности каждого члена команды.

3 этап: сбор и оценка результатов на протяжении длительного периода. Делается сравнительный анализ деятельности до начала коучинга и после.

Сравнительный анализ дефиниций и сущности тимбилдинга и командного коучинга на основе таблицы разработанной Д. Клаттербак, позволил выделить следующие особенности, которые, на наш взгляд, систематизируют ролевые модели рассматриваемых технологий.

Таким образом, командный коучинг, по сравнению с тимбилдингом, не только повышает мотивацию сотрудников, но, так же раскрывает абсолютно весь потенциал работника, его скрытые внутренние ресурсы, а также возможность оценки и вознаграждения деятельности каждого сотрудника. У персонала появляется

цель, которая позволит удовлетворять как личные нужды, так и потребности компании, тем

самым повышается производительность труда.

Таблица 1

### Сравнительный анализ тимбилдинга и командного коучинга

Характеристика	Командный коучинг	Тимбилдинг
Цель	Эффективность выполнения задач и мотивация к сотрудничеству	Повышение мотивации к сотрудничеству
Акцент	Внутренний и внешний по отношению к индивиду и команде	Преимущественно внутренний
Процесс обучения	Деятельность, связанная с выполнением производственных задач	Деятельность, не связанная с выполнением производственных задач
Вопросы для размышления	Как мы справляемся с задачами совместными усилиями? Как мы совместно обучаемся?	Насколько хорошо мы понимаем самих себя и друг друга? Как мы ладим друг с другом?
Точка сосредоточения усилий	Ролевые задачи и задачи обучения в команде	Ролевые задачи в команде
Стандартный временной горизонт	Серия кратковременных вмешательств на период выполнения задачи или на стадии роста	Меньшее число (часто единичное вмешательство) более интенсивных наблюдений в течение нескольких дней
Результаты	Признание заслуг и вознаграждение вкладов каждого участника как рычаг повышения эффективности	Взаимная оценка и соответствующее ей вознаграждение вкладов всех участников

Авторам представляется правомерным выделить три важных концептуальных постулата командного коучинга, осознание которых сделает его для многих ближе, понятней и востребованней:

1. Эффективно работает с (само-) мотивацией и целеполаганием. Стимулирует самообучение. Способствует формированию команд нацеленных на стратегическое мышление и качественный результат управленческих решений.

2. Предоставляет эффективные структуры для организации менеджеральных процессов.

3. Высвобождает гибкость и креативность, свойственную эмоциональной сфере руководителей и направляет ее в «мирное русло». В условиях российской практики, коучинг является и дополнительным ресурсом рекомендательной и оценочной помощи.

Для успешного процветания организации необходимо четкое видение стратегического развития организации. Если мы хотим лидировать не только сегодня, а ещё и завтра, необходимо постоянно проводить политику развития и

совершенствования, использовать новые методы и технологии управления персоналом. Одной из таких технологий является коучинг, который влияет на умение работать в команде, разрабатывать более современные и инновационные управленческие решения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стак, Э. Коучинг на предприятии. Станьте менеджером - тренером. М.: Институт консультирования и системных решений. 2006. 206 с.
2. Птуха, К. Всё о коучинге в продажах. Делай раз, делай два, делай три. М.: Беловодье. 2011. 288 с.
3. Клаттербак, Д. Командный коучинг на рабочем месте. М.: Эксмо. 2008. 288 с.
4. Гулей. И.А. Влияние организационной культуры на эффективность деятельности предприятия // В мире научных открытий. 2010. №4. С. 149-150.

Gulei I.A., Tselyutina T.V.

### TEAM COACHING AS A TOOL TO INCREASE MOTIVATION AND EFFICIENCY OF DECISION-MAKING

*The article discusses the possibilities and perspectives of team coaching in modern organizations, analyzes the role of coaching as a tool for effective management, team-development and improve staff motivation system. Technology is proposed introduction of team coaching in the modern system of management of the organization. Based on comparative analysis of team coaching and team building, the authors developed a conceptual postulates Team Coaching aimed at accessibility and relevance of technology.*

**Key words:** coaching, team coaching, team management, motivation system, making management decisions.

Рудычев А.А., д-р экон. наук, проф.,  
Гавриловская С.П., канд. экон. наук, доц.,  
Никитина Е.А., канд. экон. наук, доц.,  
Ярмоленко Л.И., ст. препод.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ\*

sgavril@inbox.ru

*Работа посвящена исследованию, направленному на особенности применения задач многокритериальной оптимизации для управления конкурентоспособностью предприятия. В работе рассмотрены основные классы задач многокритериальной оптимизации, выполнен анализ проблем, с которыми сталкивается исследователь при их решении, а также обзор методов решения задач многокритериальной оптимизации для управления конкурентоспособностью предприятия.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, многокритериальная оптимизация, управление конкурентоспособностью, класс задач, проблемы решения задач, методы решения задач.

На сегодняшний день вопрос управления конкурентоспособностью предприятия остается актуальным, ведь не существует единого взгляда исследователей на понимание сущности и приоритетности этого процесса. Ряд исследователей считают, что управление конкурентоспособностью – это деятельность, направленная на формирование управленческих решений, которые должны ориентироваться на противостояние внешним воздействиям. Хотя другие предлагают учитывать также и ресурсный подход к управлению. Третьи под управлением конкурентоспособность понимают функции управления, направленные на создание и реализацию конкурентных товаров [1]. На наш взгляд синтез всех подходов позволит согласовать маркетинговый, ресурсный и инновационный подходы в управлении, ориентировать предприятия на противостояние внешнему воздействию и позволит организовать выпуск конкурентной продукции.

Процесс управления конкурентоспособностью использует системный, инновационный, междисциплинарный, маркетинговый, процессный, ситуационный, оптимизационный и логический научные подходы. Что позволяет рассматривать предприятие как сложную, постоянно развивающуюся систему, состоящую из целостного комплекса взаимосвязанных подсистем, обеспечивающая установление рационального соотношения между распределением имеющихся ресурсов и удовлетворением требований внешних и внутренних потребителей, постоянно обновляющая технологические, управленческие и организационные функции. Такая система будет функционировать без сбоев, если акцентировать внимание на объективности, обоснованности и эффективности принимаемых

решений в системе управления конкурентоспособностью [2].

Общеизвестно, что целью управления конкурентоспособностью предприятия является обеспечение условий его успешного функционирования в конкурентной среде и создание преимуществ относительно других предприятий данной отрасли внутри страны и за ее пределами при любых экономических, политических, социальных и других изменениях. А в основе механизма управления конкурентоспособностью предприятия лежит процесс принятия решений, который пронизывает всю управленческую деятельность, как высшего управленческого персонала организации, так и менеджеров операционных подразделений. Сложность оценки и сравнения альтернативных вариантов управленческого решения состоит в невозможности фактического эксперимента. Ведь нет лабораторий и исследовательских баз для практической реализации и отладки решения. То есть у менеджера-практика нет возможности поэкспериментировать, получить результаты эксперимента, сравнить их и выбрать наиболее удачный вариант. Поэтому инструменты экономико-математического моделирования дают менеджеру надежный инструмент и возможность для «примерки» управленческого решения на конкретную экономическую ситуацию [3]. Наиболее эффективными математическими методами являются те, которые основываются на использовании методологии многокритериальной оптимизации, посвященной проблемам выбора принципов оптимальности и методов нахождения их реализаций в экстремальных задачах с несколькими критериями.

Прежде чем переходить к рассмотрению применения методологии многоцелевой оптими-

зации в системе управления конкурентоспособностью, остановившись на предпосылках их постановки, а именно укажем причины, порождающие проблему многокритериальности. Для этого обратимся к схеме, отражающей цикл принятия управленческих решений, представленной на рис. 1 [3].

На этапе выбора оптимального курса действия на стадии принятия решений лицо принимающее решение (ЛПР) сталкивается с необходимостью решения многокритериальной задачи, а на этапе поиска альтернативных курсов действия он должен сформировать систему критериев, отражающую показатели конкурентоспособности предприятия. Поэтому можно утвер-

ждать, что решение многокритериальной задачи не является строгой математической задачей, а представляет собой набор процедур, помогающих ЛПР разобраться и уточнить цель принятия решений, устранить ошибки в своих оценках, сделать свое поведение в процессе выбора рациональным. Выбор и оценка потенциалов поставщиков, оценка конкурентоспособности выпускаемой продукции, выбор инвестиционных проектов, направленных на повышение конкурентоспособности, оценка кадрового потенциала предприятия – это только некоторые примеры многокритериальных задач в области управления конкурентоспособностью.

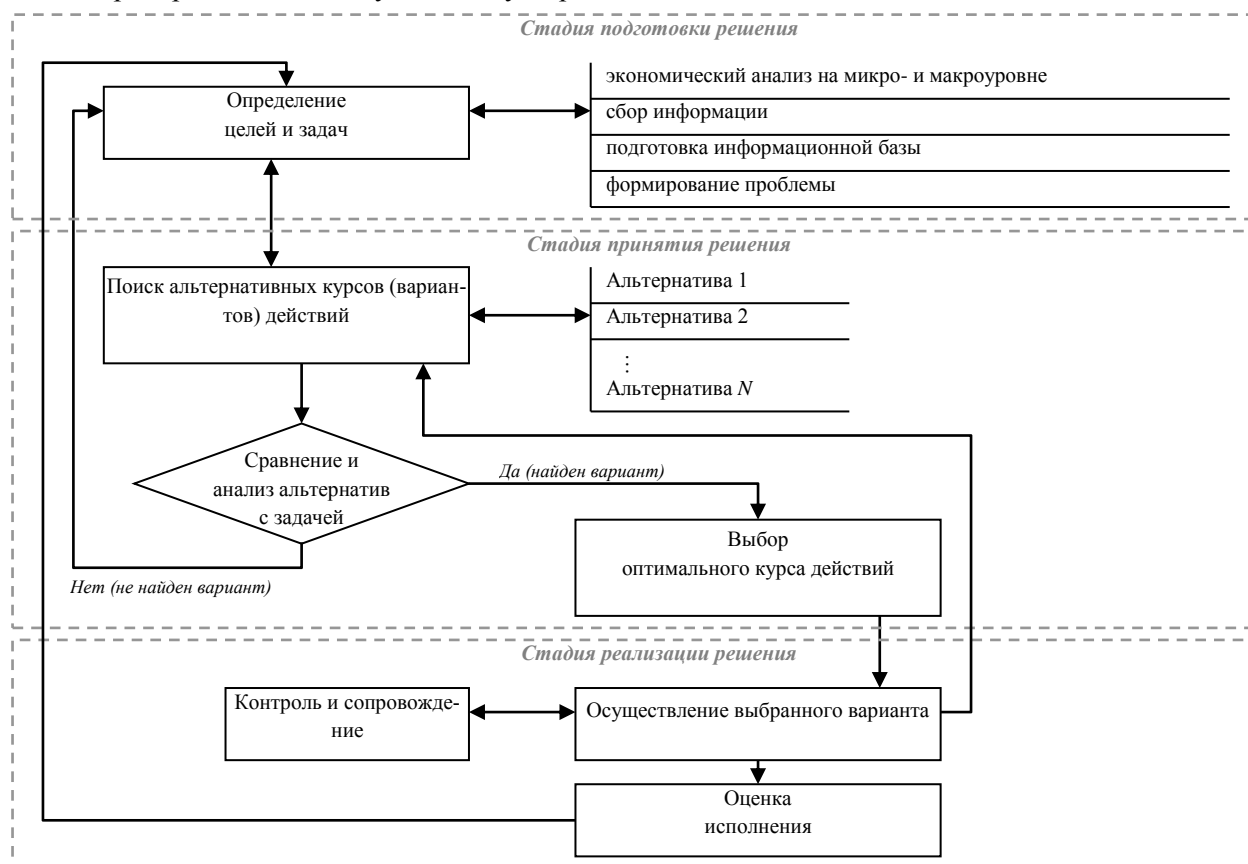


Рис. 1. Схема цикла принятия решения

На практике для разработки и обоснования решений в системе управления конкурентоспособностью можно выделить два класса задач [4]. К *первому* типу можно отнести дискретные многокритериальные задачи, в которых множество объектов конечно. В задачах этого класса множество многокритериальных объектов в пространстве критериев  $K_1 \times K_2 \times \dots \times K_m$  представляет собой множество дискретных точек. Исходными данными для дискретных многокритериальных задач является матрица значений единичных критериев  $\|k_j^i\|$ , размерности  $n \times m$ , строками которой являются объекты (варианты)  $B^i$  ( $i = 1, 2,$

$\dots, n$ ), а столбцами – критерии  $k_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ). Ко *второму* типу задач можно отнести непрерывные многокритериальные задачи, в которых объект исследования, характеризуется параметрами  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , для которых требуется определить оптимальные в некотором смысле значения этих параметров с учетом нескольких критериев (целевых функций)  $k_1, k_2, \dots, k_m$ . При этом заданы область определения параметров  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и целевые функции  $k_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $k_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $\dots$ ,  $k_m = f_m(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , а область определения переменных задается в виде системы ограничений.

В системе управления конкурентоспособностью предприятия многокритериальные задачи можно разделить на:

- задачи, в которых необходимо выделить из множества объектов один наиболее предпочтительный объект (получить одно наиболее предпочтительное решение). В некоторых случаях может быть выделено не одно, а подмножество эквивалентных и наиболее предпочтительных объектов. Постановка задачи выделения наиболее предпочтительного объекта может быть как для дискретных, так и для непрерывных многокритериальных задач;

- задачи, в которых необходимо упорядочить многокритериальные объекты. Постановка многокритериальной задачи в таком виде чаще всего имеет место для дискретных задач, например, упорядочить по предпочтению предприятия, по качеству – выпускаемые продукты;

- задачи, в которых требуется дать оценку полезности (качества) объектов по шкале интервалов. Другими словами, необходимо построить функцию полезности  $U(k_1, k_2, \dots, k_m)$ ;

- задачи, в которых требуется выделить подмножество эффективных (конкурирующих) объектов (такие подмножества называют оптимальными по Парето).

Основная проблема в решении многокритериальных задач заключается в *неоднородности пространства критериев*, так как единичные критерии измеряются в различных единицах измерения. Поэтому в большинстве методов осуществляется переход от физических единиц ( $k_j^i$ ) к относительным единицам измерения ( $u_j^i$ ), например, с использованием функций перевода. Следует подчеркнуть, что проблема однородности пространства критериев не решается полностью только переходом к относительным единицам, так как сравнить два объекта в пространстве критериев не представляется возможным. Поэтому необходимо также определить важность критериев (коэффициенты относительной важности)  $W_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ). Коэффициенты  $W_j$  задаются лицом принимающим решение (или экспертами) и отражают их структуру предпочтений. Например, если некоторый критерий принимает одно и то же значение для всех рассматриваемых объектов (вариантов решений), то естественно считать, что данный критерий не информативен с точки зрения выбора решения, значит, важность такого критерия можно считать малой.

Далее надо отметить проблему *агрегирования множества критериев* в скаляр (величину, выраженную единственным числом). В боль-

шинстве методов эта проблема решается либо путем суммирования с весовыми коэффициентами, либо переходом от количественных критериев к качественным, либо логическим свертыванием, но наиболее часто применяемым методом в системе управления конкурентоспособностью является введения определенного принципа выбора наиболее предпочтительного объекта (решения).

Другой важной проблемой решения многокритериальных задач является *оценка доверия к получаемому решению*. Дело в том, что при решении задач используется субъективная информация, поэтому у ЛПР возникает недоверие к результату. Степень доверия к результату может быть оценена через его устойчивость по отношению к субъективным данным, используемым в методах (коэффициенты  $W_j$ , процедуры перехода к относительным единицам и т.д.). Если, например, при изменении  $W_j$  в качестве наиболее предпочтительного выделяется один и тот же объект, т.е. результат устойчив по отношению к  $W_j$ , то доверие к выделенному объекту выше.

Среди всего многообразия известных методов решения задач многокритериальной оптимизации в системе управления конкурентоспособностью можно остановиться на классификации, предложенной Шварц Д.Т. [5], основанной на содержании и форме использования дополнительной информации о предпочтениях лица принимающего решения. В соответствии с которой выделяют следующие классы методов:

*методы, не учитывающие предпочтения лица принимающего решения.* Методы, принадлежащие к данному классу, не предполагают учета в той или иной форме информации о предпочтениях ЛПР. Поэтому задача состоит в поиске некоторого компромиссного решения, обычно в «центральной части» фронта Парето;

*апостериорные методы* предполагают внесение ЛПР в систему многокритериальной оптимизации информации о своих предпочтениях после того, как получено некоторое множество недоминируемых решений. В этой связи все методы данного класса на первом этапе строят аппроксимацию множества Парето. Основным недостатком апостериорных методов заключается в том, что равномерная аппроксимация множества и/или фронта Парето требует больших вычислительных затрат. Кроме того, с повышением точности аппроксимации, которую достигают увеличением числа недоминируемых решений, задача выбора единственного решения из представленного множества становится более трудоемкой для ЛПР;

*априорные методы* призваны преодолеть основной недостаток апостериорных методов, связанный с построением всего множества достижимости. Здесь предполагают, что ЛПР вносит дополнительную информацию о своих предпочтениях до начала решения задачи. Чаще всего эту информацию формализуют таким образом, чтобы свести многокритериальную задачу к однокритериальной. На практике априорные методы в «чистом» виде используются не часто, в связи с тем, что зачастую ЛПР очень сложно сформулировать свои предпочтения до начала решения задачи; *интерактивные методы*. Методы данного класса состоят из совокупности итераций, каждая из которых включает в себя этап анализа, выполняемый ЛПР, и этап расчета, выполняемый системой многокритериальной оптимизации. По характеру информации, получаемой системой от ЛПР на этапе анализа, можно выделить классы интерактивных методов, в которых лицо принимающее решение или непосредственно назначает весовые коэффициенты частных критериев оптимальности, или накладывает ограничения на значения частных критериев оптимальности, или выполняет оценку предлагаемых системой многокритериальной оптимизации альтернатив.

Методы каждого из этих классов имеют свои достоинства и ни один из них не свободен от недостатков.

Можно отметить, что особенностью задач многокритериальной оптимизации является то, что как правило частные критерии, используемые для постановки задачи, противоречивы. Это выражается в том, что улучшение одного критерия приводит к ухудшению значения других. В общем виде задача многокритериальной оптимизации может не иметь конечного решения. Что обуславливает необходимость выбора принципа оптимальности, что приводит к частной постановке задачи и в результате могут быть получены решения отличные друг от друга. Поэтому для использования методологии многокритериальной оптимизации в системе управления конкурентоспособностью предприятия необходимо с большим вниманием относит-

ся как к постановке задачи, так и к выбору пространства критериев и реализуемому методу решения проблемы.

В заключении, отметим, что использование экономико-математического моделирование в системе управления конкурентоспособностью необходимо для определения преимуществ и недостатков рассматриваемого предприятия в сравнении с его конкурентами, выбору конкурентоспособного поставщика, оптимизации кадрового потенциала предприятия, оценке сбытового потенциала предприятия, выработке адекватных управленческих решений, обеспечивающей повышение уровня конкурентоспособности предприятия.

*\*Статья опубликована в рамках задания № 1623 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матросова Л.Н., Зайцева Л.А. Анализ системы управления конкурентоспособностью предприятия // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2014. №1. С. 109-115.
2. Рудычев А.А., Лычев А.Ю. Методы оценки эффективности функционирования предприятия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С. 120-124.
3. Гавриловская С.П., Доможирова О.В. Основные аспекты применения экономико-математического моделирования для подготовки управленческого решения // Application of New Technologies in Management ANTiM 2010: Proceedings, Tara, Serbia, 2010. Т. 1. С. 531-534.
4. Белолипецкий А.А., Горелик В.А. Экономико-математическое моделирование: учебник. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 368 с.
5. Шварц Д.Т. Интерактивные методы решения задачи многокритериальной оптимизации. Обзор // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2013. №4. С. 245-264.

**Rudychev A.A., Gavrilovskaya S.P., Nikitina E.A., Yarmolenko L.I.**  
**TO THE QUESTION OF THE APPLICATION OF THE METHODOLOGY**  
**OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION IN THE CONTROL SYSTEM**  
**THE COMPETITIVENESS OF THE ENTERPRISE**

*The work is devoted to research aimed at particular applied problems of multiobjective optimization for the management of enterprise competitiveness. The paper discusses the main classes of problems of multiobjective optimization, the analysis of the problems faced by the researcher in their decision, as well as an overview of methods for solving multi-objective optimization for the management of enterprise competitiveness.*

**Key words:** competitiveness, multi-objective optimization, management of competitiveness, class tasks, problem solving tasks, problem-solving methods.

*Мочалов В.Д., канд. техн. наук, проф.,**Мочалова Я.В., канд. экон. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**Петухов М.В., аспирант**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ СОВРЕМЕННЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

**Leschinskaya@bsu.edu.ru**

*Конкурентное преимущество предприятия лежит в основе её успешной деятельности на рынке. Это требует от предприятий внедрение новых перспективных технологий, создания новой продукции, улучшения её качества, расширения ассортимента и многое другое. В ходе исследований установлено, что оценка конкурентных преимуществ является главной задачей любого промышленного предприятия. Важность такой оценки обуславливается тем, что каждое предприятие заинтересовано в усилении своих конкурентных преимуществ, разработке стратегии долгосрочного развития, поиске партнеров по сбыту своей продукции и многое другое. Особенно эта проблема очень актуальна для предприятий промышленности. Считаем, что предложенная нами методика позволит провести комплексную оценку реализации конкурентных преимуществ современных промышленных предприятий.*

**Ключевые слова:** *промышленные предприятия, конкурентные преимущества, эффективность, методика, стратегия развития.*

**Введение.** Конкурентная борьба является своего рода импульсом для выживания и динамичного развития многих промышленных предприятий. Следует отметить, что в последнее десятилетие конкурентная борьба приобретает широкомасштабные размеры и носит «острый» характер. Становится очевидным, что сегодня на рынке борьба за потребителя идет не только на уровне цены или качества выпускаемого товара, а на уровне возможностей предприятия предложить и воплотить в товаре новое потребительское свойство. Следовательно, предприятия в условиях жесткой конкурентной борьбы и резко меняющихся рыночных условиях должны сосредотачивать своё внимание не только на внутренних параметрах своей деятельности, но и учитывать факторы внешней среды, а также тактику и стратегию своих конкурентов на рынке. Во многом успех решения задач по реализации конкурентных преимуществ современными промышленными предприятиями зависит от уровня оценки реализации конкурентных преимуществ. Всё это ещё раз подтверждает актуальность выбранной темы исследования.

**Методология.** Проблемы формирования конкурентных преимуществ предприятия рассматривались отечественными и зарубежными учеными. Значительный вклад в развитие теории конкурентных преимуществ внесли российские ученые такие, как Виханский О.С., Голубков Е.П., Липсиц И.В. и многие другие ученые. Среди зарубежных ученых вклад в исследовании данной проблемы внесли М.Портер, И.Ансофф, М.Треси, К.Боумен и многие другие. Однако, уровень разработки методических подходов к оценке реализации конкурентных преимуществ промышленных предприятий продолжает оставаться недостаточно разработанным

В частности, существующие методики оценки реализации конкурентных преимуществ современными промышленными предприятиями не дают комплексного подхода к механизму её формированию. Это обуславливает необходимость продолжения данного исследования.

**Основная часть.** Чтобы обеспечить высокий уровень конкурентоспособности предприятия, необходимо иметь превосходство в какой-либо сфере перед своими конкурентами на рынке, то есть обладать конкурентными преимуществами [3].

Кроме того, следует четко отличать понятия конкурентоспособность предприятия и конкурентные преимущества. Считаем, что под конкурентоспособностью предприятия понимается способность организации противостоять на рынке другим производителям аналогичной продукции. Само понятие конкурентного преимущества в настоящее время приобрело особую актуальность, поскольку рост компаний во всем мире замедлился, а поведение конкурентов становится все более агрессивным. Главным стало не просто добиться и выявить конкурентное преимущество, а сделать его устойчивым. Конкурентное преимущество – это те характеристики, свойства товара, которые создают для предприятия определенное превосходство над своими конкурентами, а для потребителя – оптимальное сочетание потребительских характеристик товара. Превосходство оценивается в сравнении, поэтому является относительной характеристикой и обуславливается различными факторами. Для успешной деятельности предприятию необходимо выработать стратегию развития, основанную на его конкурентных преимуществах в области разработки новейших



технологий, таких как, например, алмазно-электроэрозионное шлифование [2].

По нашему мнению, под конкурентными преимуществами предприятия следует понимать совокупность уникальных факторов, эффективно используя которые предприятие создает высокотехнологичную продукцию, наращивает производственные мощности и создает предпосылки для долгосрочного развития, что в конечном итоге позволяет ему иметь превосходство перед своими конкурентами на рынке.

Целью исследования является разработка комплексной методики оценки реализации конкурентных преимуществ современными промышленными предприятиями. В рамках поставленной цели должны быть решены следующие задачи: изучить теоретические основы исследования конкурентных преимуществ промышленных предприятий; рассмотреть различные подходы к оценке конкурентных преимуществ; выявить факторы внутренней и внешней среды, влияющие на деятельность промышленных предприятий; разработать комплексную методику оценки реализации конкурентных преимуществ современными промышленными предприятиями.

Сущность конкуренции и её основные движущие силы были подробно рассмотрены в трудах известного экономиста М.Портера. Стратегическая модель анализа 5 сил конкуренции была описана Майклом Портером в 1979 году. Майкл Портер с помощью пяти структурных единиц, свойственных каждой отрасли, описал способы формирования конкурентного преимущества и долгосрочной прибыльности товара, а также способы, с помощью которых компания в долгосрочном периоде может удерживать свою прибыльность и сохранять конкурентоспособность. Теория конкуренции Майкла Портера говорит о том, что на рынке существует пять движущих сил, которые определяют возможный уровень прибыли на рынке. Каждая сила в модели Майкла Портера представляет собой отдельный уровень конкурентоспособности товара:

- рыночная власть покупателей;
- рыночная власть поставщиков;
- угроза вторжения новых участников;
- опасность появления товаров — заменителей;
- уровень конкурентной борьбы или внутриотраслевой конкуренция.

Майкл Портер считал, что данные элементы рынка являются движущими силами рыночной конкуренции, что и легло в название модели – модель пяти сил конкуренции по Портеру. Конкурентный анализ отрасли по Майклу Портеру помогает определить интенсивность и выраженность конкурентных сил в отрасли, найти такую позицию, в которой компания будет мак-

симально защищена от влияния конкурентных сил и сможет со своей стороны оказывать влияние на них. Золотое правило теории пяти сил конкуренции Майкла Портера заключается следующем: чем слабее влияние конкурентных сил, тем больше возможностей к получению высокой прибыли в отрасли имеет компания. И наоборот, чем выше влияние конкурентных сил, тем выше вероятность, что ни одна компания не в состоянии будет обеспечить высокую прибыльность от капиталовложений. А средняя прибыльность отрасли определяется наиболее влиятельными конкурентными силами [1].

Конкурентные преимущества фирмы обеспечиваются в процессе конкурентной борьбы с так называемыми пятью силами (направлениями) конкуренции, то есть с другими продавцами аналогичной продукции, фирмами - потенциальными конкурентами, производителями заменителей, поставщиками ресурсов, покупателями ее продукции. Майкл Портер считал, что конкурентоспособность страны зависит от того, насколько ее промышленность способна к обновлению и модернизации. Компании достигают преимущества над сильнейшими в мире конкурентами благодаря своей энергии и предприимчивости. Им выгодно иметь сильных соперников на внутреннем рынке, «агрессивных» отечественных поставщиков и требовательных отечественных потребителей.

На формирование и развитие конкурентных преимуществ промышленного предприятия влияют факторы внутренней и внешней среды. К факторам внутренней среды относятся: технические, ресурсные, управленческие, структурные и другие факторы. К факторам внешней среды относятся: рыночные, правовые, информационные факторы, а также политика государства. Таким образом, перечисленные выше факторы внутренней и внешней среды оказывают непосредственное влияние на эффективность функционирования промышленного предприятия. Следует отметить, что оценка конкурентных преимуществ является главной задачей любого промышленного предприятия. Важность такой оценки обуславливается тем, что каждое предприятие заинтересовано в усилении своих конкурентных преимуществ, разработке стратегии долгосрочного развития, поиске партнеров по сбыту своей продукции и многое другое. Особенно эта проблема очень актуальна для предприятий промышленности.

Фатхутдинов Р.А. считает целесообразным применять к оценке конкурентных преимуществ системный, нормативный и комплексный подходы. С позиций системного подхода при интегральной оценке конкурентных преимуществ объектов как систем следует отдельно оценивать факторы внешнего окружения и внутренней структуры систем (или внешние и внутренние

факторы). С позиций комплексного подхода при оценке конкурентных преимуществ следует учитывать технические (технический уровень производства и выпускаемой продукции и т.п.), правовые (стабильность демократических преобразований, системность и обоснованность законодательных актов по различным направлениям права), рыночные (потенциал рынка, сила конкуренции, открытость, маркетинг и т.п.), научные (глубина анализа экономических законов и закономерностей, законов организации, широта и глубина применения научных подходов, современных методов), экономические (рентабельность, устойчивость, финансовые инструменты, обеспеченность ресурсами и др.), организационные (организация производства, труда и менеджмента, логистика, организация рыночной инфраструктуры и т.д.), психологические и другие аспекты обеспечения конкурентоспособности, а также их взаимовлияния. Применение нормативного подхода к оценке будет побуждать организовывать нормирование и мониторинг конкретных факторов преимущества конкретных объектов [3, с.201].

В работе нами предлагается комплексная методика оценки конкурентных преимуществ современных промышленных предприятий. По нашему мнению, методика оценки реализации конкурентных преимуществ должна включать следующие основные этапы:

1. Определение концепции исследования.
2. Проведение анализа факторов внутренней и внешней среды предприятия.
3. Анализ сильных и слабых сторон предприятия.
4. Определение конкурентных преимуществ предприятия.
5. Разработка концепции, направленной на укрепление конкурентных преимуществ предприятия.
6. Управление и контроль конкурентными преимуществами организации.
7. Поиск и отслеживание новых конкурентных преимуществ организации.

рентных преимуществ организации.

Считаем, что предложенная нами методика позволит провести комплексную оценку реализации конкурентных преимуществ современных промышленных предприятий. Чем больше предприятие имеет конкурентных преимуществ перед настоящими и потенциальными конкурентами, тем выше её конкурентоспособность, эффективность и перспективность на рынке товаров и услуг. А для этого, по нашему мнению, необходимо проводить непрерывный мониторинг конкурентных преимуществ, создавать новые конкурентные преимущества и повышать научный уровень управления современных промышленных предприятий.

**Выводы.** Проведенный анализ позволяет сделать ряд обобщений, которые имеют как теоретическое, так и практическое значение. Считаем, что эффективная конкурентная политика промышленных предприятий должна быть направлена прежде всего на усиление конкурентных преимуществ предприятий, прежде всего в секторах обрабатывающей промышленности. С этой целью необходимо постоянно проводить оценку, отслеживать и создавать новые конкурентные преимущества современных промышленных предприятий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гибсон, Джеймс Л. Организации: поведение, структура, процессы. М.: ИНФРА-М, 2010, 660 с.
2. Мочалов В.Д., Мочалова Я.В., Беззубенко Н.К. Качество поверхности и усталостная прочность стали ШХ15 после алмазно-электроэрозионного шлифования // Вестник БГТУ. 2007. №3. С. 79-80.
3. Семченко Ю.М. Конкурентный потенциал и конкурентные преимущества предприятия. М.: ИНФРА-М, 2010. 500 с.
4. Фетисов Г.Г. Региональная экономика и управление. М.: ИНФРА-М, 2011. 416 с.

**Motchalov V.D., Mochalova Y.V., Petuhov M.V.**

#### **THE METHODOLOGY OF ASSESSING THE REALIZATION OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF MODERN INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*Competitive advantage of the company underlies its success on the market. This requires enterprises the implementation of promising new technologies, creating new products, improving quality, expanding the range and much more. In the course of investigation it was established that the assessment of competitive advantages is the main objective of any industrial enterprise. The importance of this assessment stems from the fact that every company is interested in strengthening its competitive advantages, the development of long-term development strategy, finding partners for sales of its products and much more. Especially, this problem is very relevant for manufacturing companies. We believe that our proposed technique will allow to conduct a comprehensive evaluation of the implementation of the competitive advantages of modern industrial enterprises.*

**Key words:** industrial enterprises, competitive advantages, efficiency, technique, and strategy development.

Лобанова В.А., канд. экон. наук, доц.,  
Трофимова Н.В., канд. экон. наук, ст. преп.  
Башкирский государственный университет

## ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ОБЩЕСТВЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

trofimova\_nv@list.ru

*В статье проанализированы особенности общественной производительности труда в России. Представлены сущность производительности труда и факторы ее формирования на макроуровне. На примере регионов Приволжского федерального округа выявлен вклад отдельных факторов в формирование и динамику производительности труда.*

**Ключевые слова:** производительность труда, факторный анализ, регион, Приволжский федеральный округ.

Производительность общественного труда – это ключевой фактор конкурентоспособности экономики и основа для экономического роста. Влияние фактора производительности труда одинаково значимо как на макроэкономическом уровне, так и на уровне конкурентоспособности отдельных регионов и предприятий.

Производительность труда с макроэкономической точки зрения является одним из основных факторов повышения благосостояния страны. При этом именно возможность более эффективно производить товары и оказывать услуги позволяет обеспечить качественный прирост добавленной стоимости, то есть ВВП, а не просто его валовое увеличение. Эффективное производство оказывает положительный эффект на повышение стандартов жизни, объем и качество производимых товаров и оказываемых услуг.

Ключевой задачей, стоящей перед экономикой России, является обеспечение конкурентоспособности отраслей промышленности. Актуальность этой задачи в последние годы возросла в связи с организацией Таможенного союза России, Беларуси и Казахстана и вступлением Российской Федерации во Всемирную торговую организацию. Все более глубокая интеграция России в международную торговлю способствует созданию более жесткой конкурентной среды для отечественного бизнеса, что заставляет искать пути повышения эффективности деятельности предприятий. На уровне отдельного предприятия, вида экономической деятельности, региона повышение производительности труда позволяет производителям обеспечить конкурентоспособность бизнеса – сократить издержки, накопить инвестиционный капитал, выполнить свои обязательства перед акционерами, работниками и государством.

В общем виде под производительностью труда понимается соотношение объемов выпус-

ка к объемам ресурсов, затраченных на выпуск, выраженные в идентичных единицах измерения, то есть оцениваются понесенные ресурсные затраты на создание одной единицы продукции [1].

Существует два способа увеличить общий выпуск, то есть создаваемую валовую добавленную стоимость, а, следовательно, и валовой региональный продукт (ВРП): увеличить потребление ресурсов или обеспечить рост производительности. Однако увеличение объема используемых ресурсов не обеспечивает рост доходов на единицу потребляемых ресурсов (если не существует значительного постоянного положительного эффекта масштаба). На практике это зачастую приводит к снижению заработных плат и падению рентабельности бизнеса. В свою очередь, рост производительности труда даже без прироста потребления ресурсов способствует увеличению создаваемой добавленной стоимости, а доход, получаемый с одной единицы затрачиваемых ресурсов, растет.

Производительность труда может оцениваться на уровне отдельных предприятий, кластеров, регионов и видов экономической деятельности или всей экономики в целом.

Так, на уровне национальной экономики для расчета производительности труда (ПТ) объем валового внутреннего продукта соотносят с количеством занятых в экономике. На уровне отдельных регионов ПТ равна соотношению валового регионального продукта и численности занятых в регионе.

Рассчитаем среднегодовую производительность труда по регионам Приволжского федерального округа (ПФО) по формуле 1.

$$N = Q/L, \quad (1)$$

где  $Q$  – величина валового регионального продукта;  $L$  – численность занятых в экономике,  $N$  – уровень среднегодовой производительности труда.

Проанализируем изменения среднегодовой производительности труда в 2005...2012 г. в ре-

гионах Приволжского федерального округа (ПФО). Данные представлены в табл. 1

Таблица 1

**Динамика среднегодовой производительности труда (руб./чел. в год), в регионах ПФО за 2005-2012 гг.**

	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2012/ 2005
ПФО	2377571	2971182	4517957	4316203	5022937	6149936	6912750	2,9
Республика Башкортостан	212308,9	273646,3	404558,4	363505,2	428783,1	534459,9	642176,9	3,02
Республика Марий Эл	99732,95	132878	200687,5	214928,6	258957,6	306530,1	374039,8	3,75
Республика Мордовия	110917,1	146178	238787,3	234725,9	273620,3	313526,4	348983,1	3,15
Республика Татарстан	271518,1	337498,7	510617,9	491565,7	553229,9	717592,7	788743,3	2,90
Удмуртская Республика	183048,2	215206,9	315801,4	304026,2	361667,7	443836,2	491464,5	2,68
Чувашская Республика	116136,6	155727,9	257957,2	242435,5	274459,8	330044,9	380962,1	3,28
Пермский край	248141,1	287726,9	453560,4	410144	477557,3	634277,9	691150,8	2,79
Кировская область	111671,7	137441	217215,3	218064,5	259488,1	297712,3	330795,2	2,96
Нижегородская область	171378,4	214335,5	333422,5	317746,5	381557	453236,5	492366,7	2,87
Оренбургская область	208897,6	289990,8	409623,8	386820,9	427813,4	517606,1	587866,4	2,81
Пензенская область	109971,5	130942,2	219660,1	220436	258004,9	320037,8	360971,6	3,28
Самарская область	254472,6	307356,6	439504,5	382950,8	460879,3	554325,7	624700,7	2,45
Саратовская область	146156,9	174101,9	267543	270914,3	311140,9	357225,3	397297	2,72
Ульяновская область	133219,4	168151,6	249017,2	257938,8	295777,3	369523,7	401231,8	3,01

Источник: рассчитано на основе [3]

В целом, на протяжении анализируемого периода, ПТ как на уровне всего ПФО, так и на уровне отдельных его регионов, имела тенденцию к росту. За 8 лет ПТ в среднем по ПФО увеличилась почти весьма значительно. Исключением стал 2009 г. Наиболее существенное снижение производительности труда в 2009 г. было зафиксировано в Самарской области – на 12,9 %, Пермском крае – на 9,6 %, Чувашской Республике – на 6 %. В остальных субъектах ПФО падение было на уровне средних значений по ПФО или не столь заметным.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы. Средний ежегодный прирост производительности труда в 2005...2008 гг. был более значительным, нежели в 2010...2012 гг. Если учитывать эффект низкой базы, то есть существенное падение ПТ в кризисный 2009 г., рост 2010...2012 следует признать замедленным. Например, В Республике Башкортостан ПТ за 2005...2008 гг. в среднем увеличивалась на 24 %, в то время, как за 2010...2012 гг. прирост составил 20 %, в Перм-

ском крае – 22 % против 19 %, в Оренбургской области – 25,2 % и 15 % соответственно.

По уровню производительности труда совокупность регионов ПФО неоднородна. Поэтому целесообразно провести группировку регионов, выделив 4 группы. Для расчета величины интервала используем формулу 2.

$$i = (X_{\max} - X_{\min}) / n, \quad (2)$$

где  $X_{\max}$  и  $X_{\min}$  – максимальное и минимальное значение показателя,  $n$  – число групп.

Полученные значения представлены в табл.2.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что 40% регионов ПФО отличает низкая производительность труда. При этом к 2012 г. в группу 1 переместилась Саратовская область, увеличив удельный вес группы 1 до 50%. При этом группу 4, с уровнем ПТ выше среднего по ПФО покинула Самарская область, переместившись в группу 3.

Кроме того, для регионов ПФО характерна существенная дифференциация ПТ. Так, среднегодовой уровень производительности труда за

2012 г. в Республике Татарстан выше ПТ в Республике Марий Эл 2,7 раза.

Для экономических исследований существенное значение имеет оценка вклада ПТ в

создании ВРП региона. Для того, чтобы определить этот вклад воспользуемся двухфакторной мультипликативной моделью. Содержание ее заключается в следующем.

Таблица 2

**Группировка регионов ПФО по уровню производительности труда в 2005 г., в 2012 г.**

Группа	Интервалы значений по уровню ср. ПТ в 2005 г.	Регионы ПФО	Интервалы значений по уровню ср. ПТ в 2012 г.	Регионы ПФО
1 группа (низкая ПТ)	99732,95-142679	Республика Марий Эл, Пензенская область, Республика Мордовия, Ульяновская область, Кировская область, Чувашская республика	330795-445282,21	Кировская область, Республика Мордовия, Республика Марий Эл, Чувашская республика, Пензенская область, Саратовская область, Ульяновская область
2 группа (ПТ ниже средней)	142679-185625	Саратовская область, Нижегородская область, Удмуртская республика	445282-559769	Удмуртская республика, Нижегородская область
3 группа (средняя ПТ)	185625-228571	Оренбургская область, РБ	559769-674256	Оренбургская область, Самарская область, РБ
4 группа (ПТ выше среднего значения по ПФО)	2285715-271518	Самарская область, Пермский край, РТ	674256-788743,33	Пермский край, РТ

На объем валового регионального продукта оказывают влияние два фактора: среднегодовой уровень производительности труда и численность занятых в экономике. При этом изменение за период общего объема валового регионального продукта под воздействием всей совокупности факторов можно рассчитать по формуле:

$$\Delta Q = \sum Q_1 - \sum Q_0 = \sum N_1 L_1 - \sum N_0 L_0, \quad (3)$$

где 0 – признак предыдущего или базисного периодов; 1 - признак отчетного периода.

Далее проанализируем, какой из двух факторов вносит наибольший вклад в объем ВРП.

Расчет с помощью формулы 4 позволяет установить, как изменение производительности труда сказывается на динамике ВРП.

$$\Delta Q_N = \sum N_1 L_1 - \sum N_0 L_1, \quad (4)$$

Далее рассмотрим динамику прироста ВРП за счет изменения за период численности занятых в экономике, при неизменном уровне производительности труда.

$$\Delta Q_L = \sum N_0 L_1 - \sum N_0 L_0, \quad (5)$$

Приросты объемов ВРП за счет двух факторов ( $N$  и  $L$ ), можно рассчитать цепным и базисным способами.

Рассмотрим цепной способ расчета на примере регионов ПФО в 2005-2006 г. За базу сравнения примем 2005 г. Динамика исходных значений показателей представлена в табл.3.

Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 3

**Динамика ВРП, численности занятых в экономике и средней производительности труда в регионах ПФО в 2005...2006 гг.**

год	2005			2006		
регион	$Q_0$	$L_0$	$N_0$	$Q_1$	$L_1$	$N_1$
ПФО	2799035,9	14,50	2377571	3513341,6	14,61	2971182
Республика Башкортостан	381646,5	1,80	212308,9	505205,8	1,85	273646,3
Республика Марий Эл	33350,7	0,33	99732,95	43663,7	0,33	132878
Республика Мордовия	44267	0,40	110917,1	57974,2	0,40	146178
Республика Татарстан	482759,2	1,78	271518,1	605911,5	1,80	337498,7
Удмуртская Республика	139995,3	0,76	183048,2	164848,5	0,77	215206,9
Чувашская Республика	69391,6	0,60	116136,6	93172	0,60	155727,9
Пермский край	327273,3	1,32	248141,1	383770,1	1,33	287726,9
Кировская область	79800,6	0,71	111671,7	97047,1	0,71	137441
Нижегородская область	299723,7	1,75	171378,4	376180,3	1,76	214335,5
Оренбургская область	213138,2	1,02	208897,6	302808,4	1,04	289990,8
Пензенская область	74362,7	0,68	109971,5	88805	0,68	130942,2
Самарская область	401812,2	1,58	254472,6	487713,5	1,59	307356,6
Саратовская область	170930,5	1,17	146156,9	204291,2	1,17	174101,9
Ульяновская область	80584,4	0,60	133219,4	101950,3	0,61	168151,6

Источник: рассчитано на основе [3]

Таблица 4

## Факторный анализ ВРП в регионах ПФО в 2006 г. (тыс. руб.)

	ПФО	Республика Башкортостан	Республика Марий Эл	Республика Мордовия	Республика Татарстан	Удмуртская Республика	Чувашская Республика	Пермский край	Кировская область	Нижегородская область	Оренбургская область	Пензенская область	Самарская область	Саратовская область	Ульяновская область
$\Delta Q_N$	688,1	113,2	10,9	13,9	118,5	24,6	23,7	52,8	18,2	75,4	84,7	14,2	83,9	32,8	21,2
$\Delta Q_L$	26,2	10,3	-0,58	-0,28	4,7	0,22	0,1	3,7	-0,95	1,06	4,9	0,22	1,98	0,57	0,19
$\Delta Q$	714,3	123,6	10,3	13,7	123,2	24,8	23,8	56,5	17,3	76,5	89,7	14,4	85,9	33,4	21,4

Источник: рассчитано на основе [3]

В 2006 г. в абсолютном большинстве регионов прирост объема ВРП был обусловлен на 90-94 % ростом производительности труда и на 6-10% - увеличением численности занятых.

Далее проанализируем, как изменился объем ВРП в регионах ПФО, за счет изменения

производительности труда и численности занятого населения в экономике, в 2012 г. относительно 2006 г. Для этого используем базисный способ расчета прироста. Результаты расчетов представлены в табл.5

Таблица 5

## Факторный анализ ВРП в регионах ПФО за период с 2006 г. по 2012 г. (тыс. руб.)

	ПФО	Республика Башкортостан	Республика Марий Эл	Республика Мордовия	Республика Татарстан	Удмуртская Республика	Чувашская Республика	Пермский край	Кировская область	Нижегородская область	Оренбургская область	Пензенская область	Самарская область	Саратовская область	Ульяновская область
$\Delta Q_N$	860,6	193,6	21,2	13,5	129,6	36,0	29,0	73,9	21,2	66,6	75,2	27,2	106,1	48,1	19,3
$\Delta Q_L$	-0,3	19,4	0,9	0,9	1,3	-0,5	-0,76	-16,4	-4,1	1,2	0,8	-0,3	1,4	-1,8	1,2
$\Delta Q$	860,3	213	22,1	14,4	130,9	35,5	28,24	57,5	17,1	67,8	76	26,9	107,5	46,3	20,5

Источник: рассчитано на основе [3]

Таким образом, данные табл. 5 позволяют сделать вывод, что в изменение объемов ВРП наибольший вклад вносит рост производительности труда. К 2012 г. воздействие фактора производительности труда стало более значительным. В частности, в Пермском крае, Кировской области, Чувашской и Удмуртской Республиках, Саратовской области произошло снижение численности занятых в экономике при значительном росте производительности труда.

Рассмотрим долю регионов в суммарном объеме производительности труда в ПФО (рис.1). Необходимо отметить, что в формировании уровня производительности труда на уровне ПФО наибольший вклад вносят Республики Татарстан и Башкортостан по 11 % и 9,2 % ежегодно, а также Пермский край, Самарская и Оренбургские области – 9,1 %, 9 % и 8,5 % соответственно.

Но вклад данных пяти ведущих субъектов в суммарный объем ПТ постепенно снижается с 50,3 % в 2005г. до 46,7 % в посткризисном 2010 г, с 2011 г. наблюдается незначительный рост показателя до 48,2 % в 2012 г.

Приоритетным направлением является рост производительности труда. При этом увеличение эффективности использования рабочей силы может привести в краткосрочном периоде к росту безработицы. Но важным свойством роста производительности труда является то, что он не приводит к системному повышению безработицы. На уровне отдельной компании рост производительности, который может быть достигнут, например, с помощью внедрения новой, более эффективной технологии производства, может способствовать незначительному снижению занятости на небольшой период времени [1, с.5]. Однако регионы, активно внедряющие инновационные технологии и производящие инноваци-

онные продукты, как правило, после успешного внедрения технологии или продукта в производство стремятся восстановить или увеличить численность своих работников, чтобы получить контроль над большей долей рынка. При этом внедрение новых технологий увеличивает спрос на рабочую силу более высокой квалификации, что положительно отражается как на уровне за-

работной платы, так и на расходах компании на подготовку и повышение квалификации собственного персонала. Кроме того, в среднесрочном и долгосрочном периоде высвобождение трудовых ресурсов, неэффективно используемых на одних предприятиях, приводит к перераспределению труда между предприятиями в экономике.



2005 г.



2012 г.

Источник: рассчитано на основе [3]

Рис. 1. Доля регионов в суммарном объеме производительности труда в 2005 г., 2012 г.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высокопроизводительные рабочие места в регионах России. М.: ООО «ТПП-Информ», 2013. 23 с.
2. Лобанова В.А., Трофимова Н.В. Структурный фактор и его воздействие на динамику

макроэкономических индикаторов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С.121-125.

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013: Стат. сб. / Росстат. М., 2014. 995 с.

**Lobanova V.A., Trofimova N.V.**

## FACTOR ANALYSIS OF SOCIAL LABOR PRODUCTIVITY IN PRIVOLZHISKY FEDERAL DISTRICT

*The article is devoted to analysis of social labor productivity specifics. The essence and forming factors of labour efficiency were demonstrated at macro level. As exemplified in Privolzhsky Federal District, particular factors impact on formation and dynamics of labour productivity was found.*

**Key words:** Labour productivity, factor analysis, region, Privolzhsky Federal District.



Всяких М.В., канд. экон. наук, доцент  
Всяких Ю.В., канд. экон. наук, доцент

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

## РАЗВИТИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КРЕДИТОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МИРОВОЙ ФИНАНСОВОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

vsyakh@bsu.edu.ru

*В данной статье рассматривается потребительское кредитование, которое является достаточно привлекательным направлением деятельности для коммерческих банков. В условиях усиления межбанковской конкуренции за привлекаемые ресурсы, многие кредитные организации выбирают стратегию развития партнерских отношений с населением по вопросам привлечения его сбережений на банковские вклады. Такие отношения строятся на взаимном интересе, который для физических лиц может быть удовлетворен комплексным банковским обслуживанием, включая кредитование. Этим объясняется, что все большее число банков начали предлагать на финансовый рынок услуги потребительского кредитования населения.*

**Ключевые слова:** потребительский кредит, финансовый рынок, банковский вклад.

В настоящее время наиболее распространенной услугой банка, предлагаемой населению, является потребительский кредит физическим лицам. Это является самым простым способом получить кредит на личные цели в кратчайшие сроки, представив коммерческому банку, при этом, для рассмотрения заявки минимальный пакет документов.

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 21 декабря 2013 г. № 353-ФЗ «О потребительском кредите (займе)» под потребительским кредитом понимаются денежные средства, предоставленные кредитором заемщику на основании кредитного договора, договора займа, в том числе с использованием электронных средств платежа, в целях, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности, в том числе с лимитом кредитования [1].

В соответствии с проставленными мнениями и определениями, потребительский кредит можно рассматривать с разных точек зрения, что отражает его многоэлементный состав и нахождение на стыке экономических и юридических наук. Так, потребительский кредит затрагивает, с одной стороны, финансовую сферу, а с другой – физических лиц (потребителей).

Коммерческие банки предоставляют физическим лицам потребительские кредиты для того, чтобы население в полном объеме могло удовлетворять различные потребительские нужды. Таким образом, банк увеличивает платежеспособность обычного населения, помогает людям получать в короткие сроки определенные материальные блага, не накапливая для этого предварительно денежные средства. Также благодаря потребительским кредитам осуществляется ускорение реализации товаров массового предназначения, а также услуг, то есть оказыва-

ется существенное влияние на состояние экономики всей страны.

Субъектом потребительского кредитования является население в качестве кредитополучателя. В качестве кредитодателей могут выступать коммерческие банки, предприятия и организации. Традиционно потребительское кредитование осуществляется преимущественно сберегательными и ипотечными банками.

Объектом потребительского кредитования являются затраты населения текущего характера, такие, как приобретение товаров длительного пользования в собственность, а также и затраты инвестиционного характера, например, улучшение жилищных условий [2].

Для определения сущности потребительского кредита следует, в первую очередь, рассмотреть, что подразумевается под сущностью любого экономического явления. Категория сущность представляет собой совокупность таких свойств предмета, без которых он не в состоянии существовать и которые определяют все остальные его свойства.

Таким образом, сущность потребительского кредита заключается в предоставлении коммерческим банком заемщику определенной денежной ссуды, которая может быть направлена на решение различных потребительских целей, в том числе приобретение товаров в пользование с обязательным погашением их стоимости [3].

Также рассматривая экономическую сущность потребительского кредита, следует отметить, что денежная ссуда предоставляется заемщику на самых разных условиях. Так, коммерческие банки могут предложить потребительские кредиты на решение конкретной задачи клиента, а также готовы выдавать нецелевые кредиты, то есть на любые цели.

Кроме того, сущность потребительского кредита заключается в выдаче кредита, который в обязательном порядке должен быть обеспечен залогом, а также в распоряжении заемщику может быть передан необеспеченный кредитный продукт.

Сущность потребительского кредитования проявляется и в той роли, которую он играет в функционировании рынка в целом. Причем, как у любого общественного явления, эта роль проявляется двояко.

Таким образом, потребительское кредитование является достаточно привлекательным направлением деятельности для кредитных организаций. В условиях усиления межбанковской конкуренции за привлекаемые ресурсы, многие коммерческие банки выбирают стратегию развития партнерских отношений с населением по вопросу привлечения его сбережений на банковские вклады. Данные отношения строятся на взаимном интересе, который для физических лиц может быть удовлетворен комплексным банковским обслуживанием, включая кредитование. Этим объясняется, что в последнее время все большее число коммерческих банков стали предлагать на финансовый рынок услуги потребительского кредитования.

Потребительские кредиты занимают важное место в системе банковских кредитов. Существует большое количество форм, классификаций и видов потребительских кредитов. Это сделано для того, чтобы каждый заемщик смог подобрать наиболее выгодное предложение, максимально соответствующее его требованиям.

Вид потребительского кредита определяется исходя из целей. А также изучение видов потребительского кредита может сократить расходы на его обеспечение:

1) кредит на неотложные нужды – разновидность потребительского кредита, которая предоставляется заемщику для любых целей и является самым распространенным видом потребительских кредитов;

2) автокредит – это специальная форма потребительского кредита, при которой автомобиль является залогом до полного погашения суммы кредита. Кроме того, коммерческий банк может потребовать продажу залога, то есть автомобиля, в случае неуплаты потребительского кредита заемщиком;

3) кредит на образование – это разновидность потребительского кредита, которая предоставляется заемщику для оплаты обучения (своего или своих родных). В нашей стране это самый молодой и пока не достаточно распространенный вид кредитования;

4) кредит на отдых – это разновидность потребительской суммы, которую можно оперативно взять на одну цель – оплату своего отдыха;

5) ипотечный кредит – это кредит, предоставляемый гражданам под залог приобретаемой на кредитные средства недвижимости: квартиры, загородного дома, дачи, гаража, земельного участка и т. д.;

6) универсальный потребительский кредит – предоставляются коммерческими банками для определенной категории граждан, например, для пенсионеров, для молодых семей, для военнослужащих, для клиентов с отличной кредитной историей. Для этих заемщиков предусматриваются льготные условия ссуды, например, со сниженной процентной ставкой или с увеличенным сроком кредитования.

Помимо выделения основных видов потребительского кредита, существует ряд главных классификационных признаков потребительского кредитования, среди которых можно выделить: целевое назначение; субъекты кредитования; сроки предоставления кредитных ресурсов; способ предоставления; наличие и вид обеспечения; метод погашения (рис. 1).

Таким образом, в связи с функционированием рыночной экономики существует множество видов, форм, а также вариантов потребительского кредитования. Современную классификацию потребительского кредитования можно представить как видовую структуру нынешних кредитных отношений, учитывающую свойства и состав субъектов. Кроме того, на классификацию потребительского кредитования оказывают существенное влияние конкретные экономические условия, присущие для страны, а также особенности законодательства.

В настоящее время степень развития потребительского кредитования во многих странах мира, а в том числе и в России сложно переоценить. Потребительский кредит представляет одну из наиболее удобных для физических лиц форм кредитования, так как может дать значительные средства, которые могут служить источником для расширения ресурсной базы банков. Развитие потребительского кредитования позволяет не только расширять активные операции банков, но и повышать уровень жизни населения, стимулировать развитие сопряженных отраслей экономики, что способствует экономическому росту.

В последние годы потребительское кредитование в России развивалось стремительными темпами, количество клиентов банков росло в геометрической прогрессии, однако в недавнем

времени ситуация начала меняться. Однако, рост рынка заметно приостановился и некоторые экономисты даже прогнозируют в будущем

отрицательную динамику развития, что объясняется, во многом, непостоянством мировой политической неопределенностью [4].

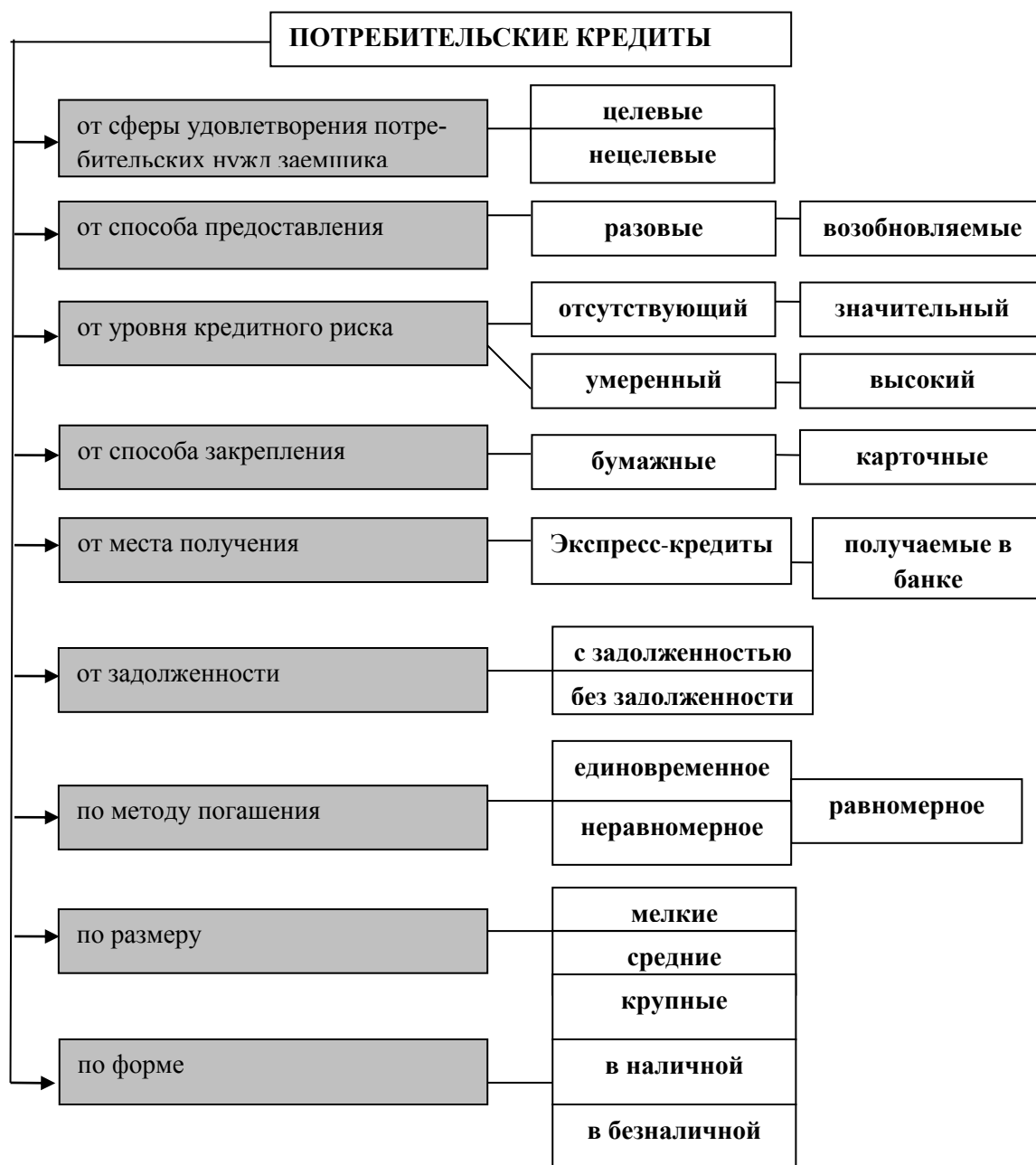


Рис. 1. Классификация потребительских кредитов

Согласно проведенному опросу рейтингового агентства Moody's среди финансовых директоров многих отечественных банков темпы роста потребительского кредитования с начала 2014 года в России замедлились в 2 раза. Если в начале текущего года темпы роста данного вида кредитования находился на уровне 19,8 %, то по данным на 1 сентября они уменьшились до 10 %. Также наблюдается увеличение объемов просроченной задолженности по потребительским кредитам у российских коммерческих банков. Заемщиков, которые обращаются за потребительским кредитом впервые в жизни, стано-

вится все меньше, а настоящее время их доля составляет меньше 17 %. По данным ЦБ РФ существенную долю потребительских кредитов коммерческие банки предоставляют заемщикам, уже имеющим на дату предоставления кредита непогашенную задолженность перед ними. Так, на 1 апреля доля таких заемщиков составила 41 % по количеству предоставленных кредитов. То есть значительная часть выданных кредитов является, по сути, рефинансированием старых.

В том случае, если существующий политический кризис и нестабильность затянется, возможно, дальнейшее усугубление устойчивой

работы фондов, а также низкий уровень капитализации банков Российской Федерации.

В условиях мировой политической нестабильности значительное влияние оказывается на состояние многих государств, так как ухудшается экономика во всех сферах жизни людей, а коммерческие банки в первую очередь ощущают данные изменения. Также в связи с тем, что в условиях мировой политической нестабильности происходит постоянное изменение курсов валют, условия работы для коммерческих банков становятся практически невозможными, а также обостряется экономика всего мира. Девальвация рубля неизбежно приводит к росту цен во всех отраслях потребительского рынка, поскольку их экономика зависит от импорта, а также осложняет деятельность банков, в том числе и области потребительского кредитования.

Поэтому анализ проблем, связанных с процессом потребительского кредитования клиентов отечественными коммерческими банками, имеет большую значимость и является актуальным в современных условиях существующей неопределенности [3].

Первым фактором, воздействующим на рынок потребительского кредитования негативно, является общеэкономический фон, который не способствует стабилизации ситуации, а, напротив, вдет к ее усугублению. Экономическое замедление в России началось еще в прошлом году, а за последние месяцы к этому добавилось воздействие санкций и политической ситуации в мире. В связи с тем, что некоторое время назад доходы россиян в массовом сегменте заемщиков перестали расти, многие отечественные коммерческие банки не увеличивают свою кредитную базу в области предоставления потребительских кредитов, в результате чего, количество клиентов остается на прежнем уровне, однако стабильно увеличивается сумма кредита, выдаваемая заемщикам.

В качестве второго фактора, оказывающего влияние на развитие российского потребительского кредитования в условиях мировой политической нестабильности, является снижение платежеспособности населения, то есть реальных доходов людей. Так доля платежей в доходах населения увеличивается, при этом, заработная плата заемщиков остается на прежнем уровне, а в некоторых случаях даже снижается, особенно в тех организациях, где предусмотрена большая премиальная составляющая.

В - третьих, некоторые индустрии на российском рынке переживают откровенно тяжелые времена. Главным образом, это относится к

туристической деятельности. На этом рынке в текущем году сработал «эффект домино», когда банкротство одного крупного игрока привело к цепной реакции для компаний поменьше. Однако, аналогичным образом могут пострадать иные сегменты экономики, «завязанные» на клиентский поток, в том числе, и потребительское кредитование.

Четвертым важным фактором, сильно влияющим на рынок потребительского кредитования, является то, что ряд отечественных коммерческих банков ужесточает условия выдачи новых кредитов. Это может привести к тому, что те «пирамиды», которые раньше выстраивались частью потребителей, когда каждый последующий кредит больше предыдущих и берется для того, чтобы выплатить уже имеющийся долг, может рухнуть.

К пятому фактору можно отнести снижение индекса кредитной сознательности. В подобных условиях коммерческие банки должны маневрировать, чтобы получить доход, поэтому наблюдается ужесточение требований к клиентам, то есть отказ потенциально рискованным группам заемщиков в возможности предоставления потребительского кредита. Так как клиенты платят хуже, их поток не увеличивается, отечественные банки вынуждены ограничивать лимиты, также сокращается процент одобрения заявок.

Также именно в условиях финансовой и политической неопределенности на первый план выходят задачи углубленной работы коммерческих банков с существующей клиентской базой. Отечественным коммерческим банкам необходимы эффективные сервисы по удержанию потребителей и укреплению партнерских отношений, требуются инструменты для индивидуализированного подхода и параметры для сегментации клиентской базы. В то же время, клиентам банков важно чувствовать, что банк учитывает их потребности, продолжает развиваться даже в сложных условиях, предлагает новые сервисы.

Потребительское кредитование остается одним из наиболее маржинальных источников дохода коммерческих банков, несмотря на ограничения регулятора и законодательных нововведений. Однако, современные макроэкономические вызовы заставляют многие отечественные банки менять и корректировать свою стратегию розничного кредитования. В целом, сложившаяся ситуация влечет за собой структурные изменения на российском рынке потребительского кредитования, выражающиеся в следующих тенденциях [2]:

- оказывается психологическое давление на потенциальных клиентов, которые боятся рис-

ков, что приводит к снижению объемов выданных потребительских кредитов;

- сокращение или полный отказ ряда отечественных коммерческих банков от потребительского кредитования;

- ужесточение требований к заемщикам и (или) повышение процентной ставки практически всеми субъектами отечественного рынка потребительского кредитования;

- значительное ускорение роста просроченной задолженности.

Для обеспечения стабильного роста кредитного портфеля по ссудам физических лиц и развития потребительского кредитования в России условиях мировой политической нестабильности в первую очередь необходимо улучшение экономического фона, но поскольку в данный момент он не самый лучший. В целом деятельность российских коммерческих банков должна быть направлена на:

- 1) работу с просроченной задолженностью по потребительским кредитам на ранних сроках. Таким образом, банки смогут подстраховаться на усилении взыскания легких кредитов на ранних стадиях, и не допустить их перехода в тот сегмент, где взыскание становится все более затруднительным и дорогим;

- 2) вне зависимости от того, как будут развиваться события на мировых финансовых рынках, очевидным является тот факт, что люди никогда не перестают тратить деньги, а следовательно, главная задача коммерческих банков - это предложить им условия, делающие этот процесс удобным, простым, выгодным и максимально приспособленным к их повседневным нуждам;

- 3) изменения к подходам оценки клиентской базы не должны сводиться к простому ужесточению требований. Нужна более гибкая оценка, основанная на четкой сегментации групп заемщиков и их потребностей;

- 4) оптимизация ресурсной базы коммерческих банков в направлении повышения сроков привлечения средств, которая является весьма актуальной для современного этапа развития российской банковской системы;

- 5) формирование оптимальной кредитной политики, позволяющей занять соответствующее конкурентное место на рынке банковского кредитования;

- 6) формирование надежного обеспечения кредитного портфеля;

- 7) активное участие коммерческих банков в деятельности бюро кредитных историй;

- 8) повышения финансовой грамотности населения в сложившихся условиях.

Реализация коммерческими банками выше-названных положений будет способствовать снижению рисков потребительского кредитования, что позволит банкам в будущем увеличивать доходность от проведения операций кредитования физических лиц.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 2013 г. « 353-ФЗ «О потребительском кредите (займе)» // Российская газета. Федеральный выпуск № 6265– 23 дек. 2013 г.
2. Банковское дело: розничный бизнес: учеб. пособие / под ред. Г.Н. Белоглазовой и Л.П. Кроливецкой. М: КНО РУС, 2010. 416 с.
3. Лепетиков Д.В. Потребительское кредитование: общие тенденции и особенности поведения лидеров рынка // Банковский ритейл. 2012. № 3. С. 5-8.
4. Мартыненко Н.Н. Развитие рынка потребительского кредитования: основные тенденции российской действительности // Финансы и кредит. 2011. № 12. С. 42–47.

Vsyakih M.V., Vsyakih Yu.V.

## DEVELOPMENT OF CONSUMER CREDITING IN CONDITIONS OF FINANCIAL INSTABILITY

*This article examines consumer lending, which is quite attractive activity for commercial banks. In the face of increasing interbank competition for resources involved, many credit organizations choose the strategy of developing partnerships with the public on issues of attracting his savings bank deposits. Such relationships are built on mutual interest, which for individuals can be satisfied and complex banking services, including lending. This explains why an increasing number of banks have started to offer services to the financial market consumer lending.*

**Key words:** consumer credit, the financial market, bank deposit.

*Абакумов Р.Г., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ИНДИКАТОРЫ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ НА МАКРО- И МИКРОУРОВНЕ

abakumovrg2000@mail.ru

*В статье рассматриваются методология индикативного анализа состояния воспроизводства основных средств на макро- и микроуровне. Предлагается система индикаторов сгруппированных в отдельные группы, характеризующие состояние управления воспроизводством основных средств организаций. Приводятся варианты группировки значений коэффициентов обновления и выбытия основных средств для оценки активности воспроизводства основных средств. Описаны ситуации при однонаправленной и разнонаправленной динамике коэффициентов обновления основных средств организации.*

**Ключевые слова:** *воспроизводство, основные средства, индикаторы анализа.*

Система индикаторов анализа состояния управления воспроизводством основных средств на макро- и микроуровне является одним составляющих методологии системного исследования управления воспроизводством основных средств.

Для методологического обоснования и конкретизации системы индикаторов анализа состояния управления воспроизводством основных средств на макро- и микроуровне предположим, что результатом проводимого управления воспроизводством основных средств как на макро-, так и микроуровне является состояние воспроизводства основных средств [1].

Следовательно, в рамках индикаторов анализа состояния управления воспроизводством основных средств, по нашему мнению, возможно использование системы показателей оценки состояния воспроизводства основных средств.

Многими исследователями не проводится четкое разделение между состоянием воспроизводства основных средств и состоянием основных средств, и тем самым, отождествляются характеристика и результат.

Все выше перечисленное вызвало необходимость выделения в самостоятельные группы индикаторов, характеризующих состояние управления воспроизводством основных средств организации на макро- и микроуровне (табл. 1).

Остановимся более подробно на группировке индикаторов, характеризующих состояние управления воспроизводством основных средств на макроуровне:

- 1) индикаторы общего состояния основных средств и капитальных вложений;
- 2) индикаторы, характеризующие условия воспроизводства основных средств;
- 3) индикаторы, характеризующие состояние воспроизводства основных средств;
- 4) индикаторы, характеризующие эффективность воспроизводства основных средств [2].

Анализ групп индикаторов, характеризующих состояние управления воспроизводством основных средств на макроуровне, в динамике позволит выявить не только характер воспроизводства основных средств, но и характер управления, что является основой для определения факторов, повлиявших на эффективность воспроизводства основных средств на макроуровне.

В группы индикаторов, характеризующих состояние управления воспроизводством основных средств на микроуровне входят: показатели состояния; показатели структуры; показатели возрастного состава; показатели степени использования основных средств; показатели интенсивности движения; показатели динамики; показатели экономической эффективности; показатели формирования внутренних источников воспроизводства основных средств.

Существующие показатели, характеризующие состояние воспроизводства основных средств, по нашему мнению, требуют совершенствования методики исчисления отдельных из них и более полного охвата некоторых сторон воспроизводства основных средств. Рассмотрим некоторые показатели и методику их расчета более подробно.

Коэффициент износа (уровень износа), судя по методике его расчета, приобретает совершенно другое значение, и наиболее целесообразно данный показатель, по нашему мнению, называть коэффициентом (степенью) амортизированности, так как он показывает долю стоимости, перенесенной на себестоимость готовой продукции и включенной в амортизационный капитал организации, то есть характеризует степень возмещения стоимости амортизируемых основных средств.

Пересмотрев подходы к оценке износа основных фондов, описанные в отечественной и зарубежной экономической литературе, нами была разработана теория определения коэффициента реального износа основных средств [3].

Таблица 1

**Система индикаторов, характеризующих состояние управления воспроизводством основных средств организации на макро- и микроуровне**

Группа	Индикаторы
<b>На макроуровне</b>	
1. Индикаторы общего состояния основных средств и капитальных вложений	Степень износа, коэффициент обновления, коэффициент выбытия, удельный вес полностью изношенных основных средств, средний возраст основных средств, структура капитальных вложений (воспроизводственная, технологическая, по источникам финансирования, отраслевая, территориальная), инвестиции в основной капитал, индексы физического объема инвестиций в основной капитал, соотношение между финансовыми и нефинансовыми инвестициями
2. Индикаторы, характеризующие условия воспроизводства основных средств	Доля валового накопления основного капитала в валовых сбережениях, доля прибыльных организаций в общем числе организаций, ставка рефинансирования, коэффициент монетизации, индекс потребительских цен, индекс производства машин и оборудования, индекс производства транспортных средств и оборудования, индекс физического объема работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»
3. Индикаторы, характеризующие состояние воспроизводства основных средств	Доля инвестиций в основные средства в ВВП, доля инвестиций в основные средства в объеме инвестиций в нефинансовые активы, индекс физического объема инвестиций в основные средства, доля инвестиций организаций российской формы собственности в общий объем инвестиций в основные средства, доля инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства в общем объеме инвестиций в основные средства, доля привлеченных средств в общем объеме инвестиций в основные средства, доля собственных средств в общем объеме инвестиций в основные средства, доля инвестиций в основные средства на охрану окружающей среды в общем объеме инвестиций в основной капитал
4. Индикаторы, характеризующие эффективность воспроизводства основных средств	Соотношение между годовыми темпами роста капитальных вложений и ВВП, производительности труда, прибыли
<b>На микроуровне</b>	
1. Индикаторы состояния основных средств	Коэффициент амортизированности, коэффициент недоамортизации, степень физического износа, коэффициент морального износа (по рентабельности основных средств), коэффициент морального износа (по доходности основных средств), коэффициент морального износа (по производительности основных средств)
2. Индикаторы структуры основных средств	Доля зданий и сооружений в общей сумме основных средств, доля машин и оборудования в общей сумме основных средств, доля современного оборудования, доля основных средств в общем имуществе организации (коэффициента участия основных средств), фактическое наличие основных средств по группам в натуральном выражении
3. Индикаторы возрастного состава основных средств	Средний возраст основных средств, доля основных средств со сверхнормативным сроком службы
4. Индикаторы степени использования основных средств	Доля основных средств сданных в аренду, доля фактически используемых основных средств
5. Индикаторы интенсивности движения основных средств	Коэффициент поступления, коэффициент выбытия, коэффициент обновления, коэффициент ввода в действие, коэффициент роста, коэффициент прироста, коэффициент интенсивности обновления, период обновления основных средств, коэффициент стабильности основных средств, движение основных средств по группам в натуральном выражении
6. Индикаторы динамики основных средств	Абсолютный прирост основных средств, темп роста основных средств
7. Индикаторы экономической эффективности воспроизводства основных средств	Отдача основных средств, отдача активной части основных средств, доходность основных средств, капиталоемкость, амортизационность, рентабельность основных средств, рентабельность затрат на содержание основных средств, затратноотдача основных средств, амортизационотдача, комплексная интегральная отдача основных средств, эффективность капитальных вложений, техническая вооруженность, ввод основных средств на 1 рубль капитальных вложений, норма прибыли
8. Индикаторы формирования внутренних источников воспроизводства основных средств	Показатель соотношения сформированного амортизационного фонда и собственного капитала, доля амортизационного фонда в объеме инвестиций предприятия, показатель отношения сформированного амортизационного фонда к валюте баланса предприятия, показатель воспроизводственной сбалансированности предприятия, показатель реализации амортизационного фонда
9. Индикаторы использования рабочего времени	Коэффициент сменности, коэффициент загрузки оборудования, коэффициент использования номинального времени



Коэффициент реального износа предлагается определять как величину отношения суммы необходимой для ремонта (капитального, текущего) основных средств с целью их приведения в первоначальное состояние и суммы первоначальной стоимости основных средств умноженное на сто.

Сумма, необходимая для ремонта (капитального, текущего) основных средств, может определяться экспертно или с привлечением специализированных организаций с выставлением счета или коммерческого предложения.

А коэффициент годности следует называть коэффициентом (степенью) недоамортизированности, так как данный показатель характеризует долю невозмещенной стоимости амортизируемых основных средств. Данные показатели, по нашему мнению, являются чисто финансовыми и не в полной мере характеризуют качественное состояние основных средств.

Проведенное нами исследование показало, что в современных условиях следует использовать четыре коэффициента для характеристики тенденций воспроизводства основных средств: коэффициент годности (Кг), коэффициент роста (Крос), коэффициент ввода (К ввод) (в статистике его называют коэффициент обновления) и коэффициент выбытия (К выб). Коэффициент

обновления, по мнению многих экономистов, практически невозможно рассчитать из-за размытости критерия «новые» основные средства, поэтому предлагаем использовать в статистической отчетности коэффициент ввода.

В условиях рыночной экономики следует принимать в расчет показатели стоимости основных средств не на начало и конец периода, а средневзвешенные, поскольку у динамично развивающихся предприятий может иметь место быстрая конверсия основных средств в оборотные и в обратной последовательности, следовательно, использование стандартов расчетов плановой экономики может привести к ошибкам.

Отличие заключается в том, что при стандартной методике расчета коэффициенты обновления и выбытия основных средств характеризуют результаты конечной стадии воспроизводственного процесса, предложенная методика расчета, напротив отражает воспроизводственную активность за анализируемый период времени.

Исходя из изложенного соображения, считаем возможным, предложить варианты группировки значений этих показателей для оценки активности воспроизводства основных средств организации (табл. 2).

Таблица 2

**Варианты группировки значений коэффициентов обновления и выбытия основных средств для оценки активности воспроизводства основных средств организации**

Интервалы значений коэффициентов	Группа	Характеристика активности воспроизводства основных средств
0...0,2	1	активность отсутствует
0,2...0,5	2	активность низкая
0,5...1	3	активность слабая
1...1,5	4	активность нормальная
1,5...2	5	активность умеренно высокая
Более 2	6	активность высокая

Отметим, что отобранные коэффициенты дают определенное представление о воспроизводстве основных средств даже взятые в статике. Однако более глубокое представление о состоянии воспроизводства основных средств коэффициенты дадут в случае, если они будут взяты в динамике. В таблице 3 описаны некоторые ситуации и даны оценки при однонаправленной и разнонаправленной динамике коэффициентов обновления основных средств.

Все показатели, характеризующие состояние воспроизводства основных средств, необходимо рассматривать и анализировать в динамике, это необходимо для системного исследования управления воспроизводством основных средств организаций и определения слабых мест (несоответствий) в бизнес-процессах предприятия и причин, вызвавших данные несоответствия, так как только на основе этого можно сделать научно обоснованные выводы.

Таблица 3

**Описание ситуации при однонаправленной и разнонаправленной динамике коэффициентов обновления основных средств организации**

Динамика коэффициентов обновления основных средств	Описание ситуации
$\uparrow K_r \uparrow K_{рос} \uparrow K_{ввод} \uparrow K_{выб}$	Увеличение степени новизны основных средств при росте их величины, наращивание темпов ввода, выбытия Быстрое обновление и ускоренная амортизация основных средств, их расширенное воспроизводство

Продолжение табл. 3

$\downarrow K_r \downarrow K_{\text{рос}} \downarrow K_{\text{ввод}} \downarrow K_{\text{выб}}$	Уменьшение степени новизны основных средств при сокращении их величины, снижение темпа ввода, выбытия Медленное обновление и обычная амортизация основных средств, их простое воспроизводство
$\uparrow K_r \downarrow K_{\text{рос}} \uparrow K_{\text{ввод}} \uparrow K_{\text{выб}}$	Увеличение степени новизны основных средств при сокращении их величины, наращивание темпа ввода, выбытия Быстрое обновление и ускоренная амортизация основных средств, их простое воспроизводство
$\downarrow K_r \uparrow K_{\text{рос}} \downarrow K_{\text{ввод}} \downarrow K_{\text{выб}}$	Уменьшение степени новизны основных средств при росте их величины, снижение темпа ввода, выбытия Медленное обновление и обычная амортизация основных средств, их расширенное воспроизводство
$\uparrow K_r \uparrow K_{\text{рос}} \uparrow K_{\text{ввод}} \downarrow K_{\text{выб}}$	Увеличение степени новизны основных средств при росте их величины, наращивание темпа ввода, сокращение выбытия Быстрое обновление и обычная амортизация основных средств, их расширенное воспроизводство
$\downarrow K_r \downarrow K_{\text{рос}} \uparrow K_{\text{ввод}} \downarrow K_{\text{выб}}$	Уменьшение степени новизны основных средств при сокращении их величины, наращивание темпов ввода, снижение темпов выбытия Ускоряющееся обновление и обычная амортизации основных средств, их простое воспроизводство

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р.Г. Управление воспроизводством основных средств в условиях инновационного развития экономики: теория, методология, концепция. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 114 с.
2. Абакумов Р.Г. Управление воспроизводством основного капитала в организациях системы потребительской кооперации: Монография. – Белгород: Кооперативное образование, 2006. 177 с.
3. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. К вопросу о необходимости совершенствования процесса и последовательности реконструкции // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2014. № 22. С. 24-27.
4. Авилова И.П., Рыкова М.А., Хай Д.З. Модификация показателей экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта с использованием профилей риска неполучения доходов проекта // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 133-137.
5. Жариков И.С. Методологический подход к учету технического состояния объектов недвижимости при определении их стоимостных характеристик // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2014. № 22. С. 100-104.

**Abakumov R.G.**

### INDICATORS ANALYSIS CONDITION MANAGEMENT REPRODUCTION PERMANENT ASSETS ON MACRO- AND MICROLEVEL

*In clause are considered methodology indicators analysis condition reproduction permanent assets on macro- and microlevel. System indicators grouped in separate groups describing a condition management by reproduction permanent assets organizations is offered. Variants grouping values factors updating and leaving permanent assets for an estimation activity reproduction permanent assets are resulted. Situations are described at unidirectional dynamics factors updating permanent assets organization.*

**Key words:** reproduction, permanent assets, indicators analysis.

Старикова М.С., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АДАПТИВНОСТИ ОТРАСЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ**

s\_ms@bk.ru

*В статье предложены методические рекомендации по сравнительной оценке степени адаптивности отрасли к изменяющимся внешним условиям. В результате проведенного анализа сделан вывод, что существующие инструменты измерения адаптивности экономических субъектов основаны на оценке соответствия внутренних параметров систем внешним. Однако данный подход имеет ограничения в использовании для таких крупных объектов как отрасли. Поэтому в качестве основного инструмента оценки степени адаптивности отраслей российской экономики использован модифицированный ABC-XYZ-анализа, дополненный расчетом индекса относительного размера предприятий отрасли. Результаты анализа предложено визуализировать с помощью матрицы.*

**Ключевые слова:** адаптивное управление, оценка адаптивности, отрасли народного хозяйства, ABC-анализ, XYZ-анализ.

**Введение.** Адаптивность экономических систем обусловлена их способностью гибко подстраиваться под требования сложившейся ситуации для сохранения параметров деятельности на приемлемом уровне. В условиях значительных внешних трансформаций, изменений принципов конкурентной борьбы именно степень выраженности свойств адаптивности влияет на эффективное развитие любых экономических объектов, определяя их конкурентоспособность [4]. Поэтому множество научных трудов последнего времени посвящено адаптивному управлению. В частности, С.В. Сухов считает, что адаптивное управление направлено на реализацию целей и стратегии экономической системы посредством своевременного приведения в соответствие характеристик ее внешней и внутренней среды [1]. Исходя из этого утверждения, система адаптивного управления выполняет функцию, своего рода, надсистемы (метасистемы), обеспечивающей эффективность функционирования субъекта экономики. К.М. Марченкова определяет адаптивное управление как совокупность новых взглядов на цели, задачи, инструменты, субъекты и организационные структуры управления и предлагает считать концепцию адаптивного управления развитием взглядов на философию управления [2, с. 20]. Иными словами, надделение систем управления свойствами адаптивности является реакцией на внешние трансформации. Предпосылки развития адаптивного управления формируют глобальные процессы: перераспределение зон влияния в мировой экономике и политике, ускорение технологических и технических изменений, переосмысление системы внутриэкономических взаимодействий с позиции партнерства. В связи с повышением значимости формирования адаптационных механизмов на уровне предприятий, отраслей, регионов нарастает необходимость расширения методического инструментария анализа и оценки адаптивности экономических

систем, а также определения стратегических направлений разработки адаптационных мер. Существующие методические подходы к оценке адаптивности рассматривают в качестве объекта исследования, в основном, предприятие, для которого приспособляемость определяется степенью соответствия внутренних параметров внешним, например, воспринимаемого жизненного цикла изделий и фактически имеющегося цикла спроса на рынке [5]. Для более крупных объектов, которыми являются отрасли гораздо сложнее использовать подобные подходы, основанные на сопоставлении. В этом случае предлагается определять адаптивность по ее проявлениям, а именно по устойчивости основных показателей деятельности. Подобный взгляд прослеживается в некоторых трудах, например у Ю.А. Дорошенко и Н.В. Полуяновой проводится параллель между устойчивостью и адаптивностью [3]. Задачам оценки адаптивности отраслей удовлетворяет, с нашей точки зрения, дополненный метод ABC-XYZ-анализа.

**Основная часть.** В основу оценки адаптивности (стабильности) отраслей народного хозяйства предлагается положить ABC-XYZ анализ, широко практикуемый на уровне компаний для анализа ресурсов и контрагентов. Логика ABC-XYZ анализа удовлетворяет принципам системного анализа, который, в свою очередь, отвечает современным потребностям качественной диагностики объектов и играет существенную роль в синтезе и комплексировании научных знаний [6]. Этапы ABC-XYZ анализа, получившего развитие в данном исследовании в качестве инструмента оценки отраслей экономики, сводятся к следующим:

1. Определение относительного вклада отраслей в показатель оборота. Причиной выбора данного количественного показателя, отражающего масштабы функционирования отрасли, является возможность его статистического учета

как для сервисных, так и для промышленных субъектов.

2. Группировка отраслей по вкладу в оборот. Деление на группы А, В, С предполагает необходимость ранжирования имеющихся данных в порядке убывания доли отрасли в совокупном обороте. Определение границ групп предлагается осуществлять на основе графического метода многоугольника. Выбор его из множества других, описанных в открытых источниках [7], вызван максимальным его соответствием принципу разграничения имеющейся совокупности в точках резкого изменения темпов нарастания доли в обороте.

3. Оценка коэффициентов вариации оборота отрасли по временному интервалу (более трех лет). Их значения, определенные за значительный временной интервал, на наш взгляд, отражают степень адаптивности отрасли к внешним амплитудным изменениям. При этом необходимо привести все имеющиеся статистические данные к ценам последнего периода с помощью публикуемых индексов цен. Расчет коэффициентов вариации осуществляется по формуле:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}{\bar{O}} \cdot 100 \quad (1)$$

где  $O_i$  – оборот отрасли в  $i$ -ом году в ценах последнего года из анализируемого периода;  $\bar{O}$  – среднегодовой оборот отрасли по приведенным данным;  $n$  – количество лет в периоде,  $i = 1, \dots, n$ .

4. Группировка отраслей по значению коэффициента вариации оборота. Выделение групп X, Y, Z осуществляется по тому же принципу, что и в случае ABC-анализа: ранжирование данных по возрастанию коэффициента вариации, построение кумулятивной кривой коэффициента вариации, использование принципа многоугольника для разбиения имеющейся совокупности на три группы.

5. Расчет индекса среднего размера предприятий отрасли ( $I_s$ ) как величины, отражающей существующий потенциал адаптации. Предлагается следующая формула для его определения:

$$I_s = \frac{S_t}{S_n} \quad (2)$$

где  $S_t$  – доля отрасли в общем обороте по экономике, %;  $S_n$  – доля отрасли в численности организаций по экономике, %.

5. Совмещение данных ABC и XYZ анализа в графической модели (матрице 3x3), где в поле, разбитом на 9 секторов, позиция отрасли отражается в виде круга, диаметр которого пропорционален индексу среднего размера предприятий.

Таким образом, в отличие от традиционной методики предлагается при расчете коэффициента вариации анализировать не внутригодовую

цикличность, а временной интервал более трех лет, что обусловлено размером исследуемых экономических систем (отрасли) и направленностью изыскания (адаптивность к трансформирующейся внешней среде). Кроме того, методика дополнена определением индекса среднего размера предприятий отрасли, который отражается на матрице совмещенного ABC-XYZ анализа.

Оценка вклада направлений экономической деятельности по экономике страны за 2013 год, а также показателя вариации оборота за 2010-2013 гг. позволила выделить группы отраслей, имеющих разную адаптируемость к меняющимся условиям (табл. 1).

Объединение всех показателей, рассчитанных в табл. 1, позволило построить матрицу ABC-XYZ анализа (рис. 1).

Традиционно считается, что группу А образуют «локомотивы» экономики, зависимость от которых обуславливает риски значительных потерь при резком снижении эффективности данной группы объектов. Уровень конкурентоспособности отраслей группы А в значительной степени определяет развитие экономики. Объекты группы В стабилизируют экономику, а группа С, являясь инвестиционноемкой, приносит низкий доход.

Хотя на уровне бизнеса компании считается, что характер управления группой А должен быть инновационно- и инвестиционно-ориентированным, с ярко проявленной функцией мониторинга и контроля, а для групп В и С темпы модерации должны убывать, применительно к более крупным экономическим системам выводы не могут быть столь однозначными. Например, многие отрасли группы С являются социально-ориентированными, имеющими преобладающую долю государственной или муниципальной собственности. Кроме того, учитывая изменения в структуре поставок продовольственных ресурсов, имеется необходимость активизации сельскохозяйственного направления, которое также входит в группу С по вкладу в оборот.

XYZ-анализ основан на расчете коэффициента вариации, отражающего степень волатильности изучаемого признака. Исходя из гипотезы о том, что изменчивость экономических показателей отраслей характеризует их адаптивность к трансформирующимся условиям внешней среды, сделаны выводы: 1) наиболее адаптивными отраслями экономики являются инфраструктурные технологические отрасли, строительство, образование, государственное управление и безопасность, коммунальные и не связанные со здравоохранением и социальным обеспечением услуги; 2) среднюю степень адаптивности име-

ют торговля, обрабатывающая и добывающая промышленность, транспорт и связь, сельское хозяйство, операции с недвижимостью; 3) малая

адаптивность свойственна для гостиничного и ресторанного бизнеса, для здравоохранения и социальных услуг.

Таблица 1

### Результаты ABC-XYZ анализа отраслей российской экономики

№ п/п	Направление деятельности	Группа по ABC анализу	Вклад в оборот по экономике в целом, %	Группа по XYZ анализу	Вариация оборота (2010-2013 гг.)	Индекс среднего размера предприятий отрасли
1	Торговля и ремонт транспортных средств, бытовых изделий и предметов личного пользования	A	38,3	Y	7,9	1,08
2	Обрабатывающая промышленность	A	25,8	Y	9,0	3,10
3	Транспорт и связь	B	8,2	Y	5,3	1,32
4	Добыча полезных ископаемых	B	8,0	Y	7,2	20,01
5	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	B	6,3	X	2,6	8,96
6	Операции с недвижимым имуществом и аренда	B	5,5	Y	7,5	0,29
7	Строительство	B	4,3	X	2,9	0,44
8	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	C	1,4	Y	8,5	0,42
9	Гостиницы и рестораны	C	0,7	Z	18,6	0,35
10	Здравоохранение и предоставление социальных услуг	C	0,6	Z	24,6	0,35
11	Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	C	0,5	X	2,9	0,09
12	Образование	C	0,3	X	4,2	0,10
13	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное страхование	C	0,1	X	2,4	0,04
14	Финансовая деятельность	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

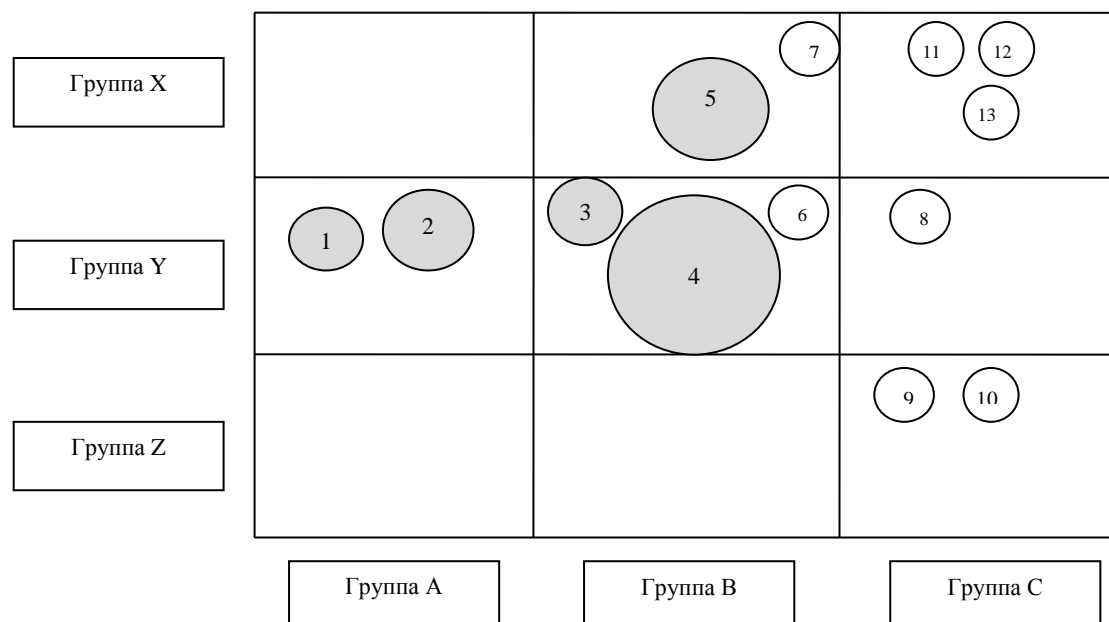


Рис. 1. Матрица ABC-XYZ анализа отраслей российской экономики (по данным 2010...2013 гг.)

1 – торговля и ремонт; 2 – обрабатывающая промышленность; 3 – транспорт и связь; 4 – добывающая промышленность; 5 – производство и распределение электроэнергии, газа и воды; 6 – операции с недвижимостью; 7 – строительство; 8 – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; 9 – гостиницы и рестораны; 10 – здравоохранение и социальные услуги; 11 – прочие коммунальные, социальные и персональные услуги; 12 – образование; 13 – госуправление, безопасность, социальное страхование. Размер круга на диаграмме пропорционален среднему размеру предприятия отрасли

Отметим, что отрасли, приносящие 80,2 % оборота, отнесены по результатам расчетов к группе У, что свидетельствует о сложности их внешней среды, о влиянии циклических макрофакторов и необходимости формирования модели адаптивного управления развитием предприятий данных направлений экономической деятельности.

**Выводы.** В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Адаптивное управление становится метасистемой менеджмента, обеспечивающей эффективность функционирования экономических систем.

2. Актуализация адаптивного управления в современных экономических условиях обусловлена акцентированным проявлением внешних трансформаций, связанных с переосмыслением поля экономических взаимодействий на отраслевом и региональном уровне.

3. Методический аппарат оценки адаптивности экономических систем нуждается в дополнении, так как имеющиеся подходы ориентированы на предприятия и их бизнесы и не могут быть распространены на более крупные объекты (отрасли, регионы). Предложена методика оценки адаптивности отраслей экономики на основе модификации ABC-XYZ анализа.

4. Оценка адаптивности отраслей экономики показала, что характер выводов не может быть исключительно механистичным и должна учитываться социальная (некоммерческая) ориентированность некоторых направлений деятельности. Однако метод позволяет представить практические выводы относительно критических направлений инвестирования и выделить

отрасли, для которых разработка механизмов адаптивного управления является первоочередной задачей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухов С.В. Методическое обеспечение формирования системы адаптивного управления предприятием: дис... канд. экон. наук: Ярославль. 2000. 179 с.

2. Марченкова К.М. Адаптивное управление компаниями в условиях кризисных явлений в экономике: дис...канд.экон.наук. М. 2009. 163 с.

3. Полуянова Н.В., Дорошенко Ю.А. Отраслевые условия формирования конкурентной устойчивости производителей строительных материалов // Экономика. Управление. Право. 2014. № 3. С. 11-15.

4. Старикова М.С., Рагимов Ф.И. Современные акценты конкурентной борьбы промышленных корпораций // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 93-100.

5. Старикова М.С., Растопчина Ю.Л., Шацкий А.И. Управление рыночной устойчивостью и адаптивностью промышленного предприятия на основе развития его маркетингового потенциала. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 186 с.

6. Чижова Е.Н., Пожарская М.А. Системный подход в исследовании экономических явлений // Белгородский экономический вестник. 2011. № 4 (64). С. 14-20.

7. Фишер А. Методы выделения групп в ABC анализе [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: [http://zakonrus.ru/vlad\\_st/abc.htm](http://zakonrus.ru/vlad_st/abc.htm) (дата обращения: 15.09.14).

**Starikova M.S.**

## EVALUATION OF ADAPTABILITY OF THE RUSSIAN ECONOMY SECTORS

*This article contains guidelines for the comparative assessment of the adaptability degree to changing industry conditions. The analysis concluded that the existing measurement tools of economic entities adaptability based on an assessment of compliance with the parameters of the internal and external systems. However, this approach has limitations in use for large objects such as branches. Therefore author used approach of ABC-XYZ-analysis as the main assessment tool in the research. This method was complemented by the calculation of the index of the relative size of the industry and the analysis results were suggested to visualize by the matrix.*

**Key words:** adaptive control, adaptive estimation, sectors of the economy, ABC analysis, XYZ-analysis.

Всяких Ю.В., канд. экон. наук, доц.,  
Кочергин М.А., студент

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БАНКА В УСЛОВИЯХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

vsyakh@bsu.edu.ru

В статье определены ключевые направления трансформации денежно-кредитной политики России, раскрывается ее нынешнее содержание, представлен анализ действий Банка России для формирования ее инструментов, их эффективность. Выявлена взаимосвязь между изменением ключевой процентной ставкой и уровнем инфляции. Рассмотрены положительные и негативные стороны оперативного реагирования на макроэкономические угрозы средствами выбранной монетарной политики.

**Ключевые слова:** денежно-кредитная политика, ставка рефинансирования, таргетирование, курс валют.

Денежно-кредитная политика является одной из наиболее важных составляющих финансово-экономической политики государства в целом. В условиях экономической нестабильности и неопределённости вопросы и проблемы, касающиеся денежного обращения, коммерческого кредитования и инфляции являются наиболее насущными и требуют скорейшего решения.

Среди инструментов, используемых в ходе реализации государственными институтами денежно-кредитной политики, можно выделить: норму обязательного резервирования, ставку рефинансирования, а также операции на открытом рынке [13]. В данной статье мы подробнее остановимся на ставке рефинансирования, а также на сравнительно новом для России инструменте денежно-кредитного регулирования – ключевой ставке. Цель работы – попытаться дать оценку эффективности использования ин-

струмента ключевой ставки в Российской Федерации за последние годы.

Под ставкой рефинансирования (другое название – учётная ставка; англ. bank rate) принято понимать ставку процента в годовом исчислении, по которой центральный банк страны (либо другой на то уполномоченный государственный орган) осуществляет кредитование коммерческих банков, т.е. тот процент, под который коммерческие банки страны получают от центрального банка денежные средства, причем, как правило, на довольно короткий срок [2]. В Российской Федерации ставка рефинансирования введена в употребление Банком России с 1 января 1992 года (тогда её величина составила 20 %) [7].

В период с 4 февраля 2008 года по 14 сентября 2012 года ставка рефинансирования принимала значения в пределах от 7,75 % до 13 % (табл. 1).

Таблица 1

Значения ставки рефинансирования ЦБ РФ с 4 февраля 2008 года по 14 сентября 2012 года

Срок, с которого установлена ставка	Значение ставки рефинансирования ЦБ РФ, % годовых	Срок, с которого установлена ставка	Значение ставки рефинансирования ЦБ РФ, % годовых
14 сентября 2012 г.	8,25	15 сентября 2009 г.	10,5
26 декабря 2011 г.	8	10 августа 2009 г.	10,75
3 мая 2011 г.	8,25	13 июля 2009 г.	11
28 февраля 2011 г.	8	5 июня 2009 г.	11,5
1 июня 2010 г.	7,75	14 мая 2009 г.	12
30 апреля 2010 г.	8	24 апреля 2009 г.	12,5
29 марта 2010 г.	8,25	1 декабря 2008 г.	13
24 февраля 2010 г.	8,5	12 ноября 2008 г.	12
28 декабря 2009 г.	8,75	14 июля 2008 г.	11
25 ноября 2009 г.	9	10 июня 2008 г.	10,75
30 октября 2009 г.	9,5	29 апреля 2008 г.	10,5
30 сентября 2009 г.	10	4 февраля 2008 г.	10,25

Составлено по данным: [7]



Всего за эти пять лет значение ставки изменялось 24 раза; наибольшее число изменений пришлось на кризисный 2009 год. Среднее значение ставки за рассматриваемый период –

9,92 %. Максимальное среднее значение ставки рефинансирования отмечено в 2008 году (рис. 1).

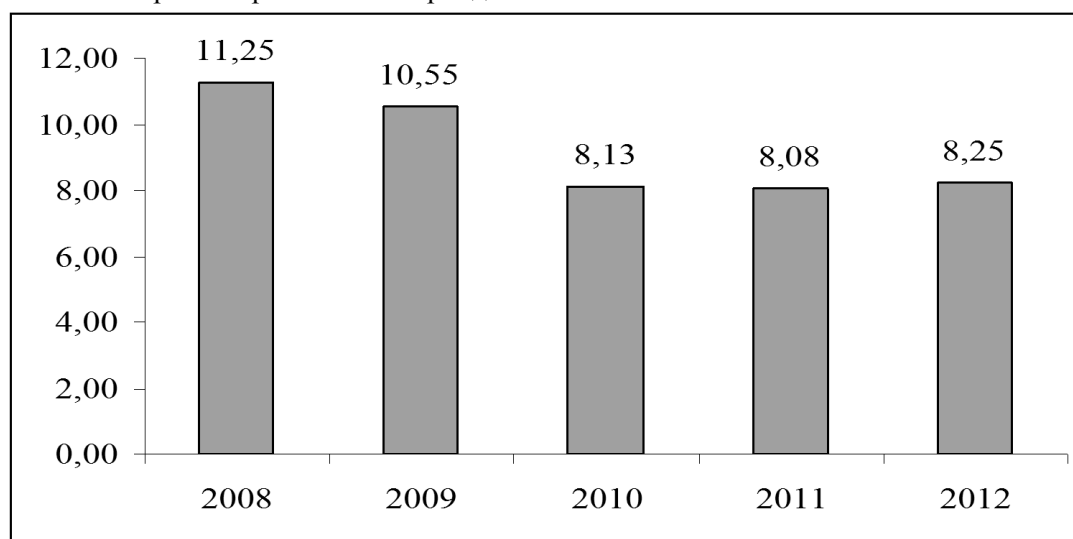


Рис. 1. Среднегодовые значения ставки рефинансирования ЦБ РФ в 2008...2012 гг., % годовых

Стоит отметить, что с 14 сентября 2012 года и по настоящий момент времени ставка рефинансирования своего значения не изменяла.

В период до 1 декабря 2008 года (включительно) ставка рефинансирования имела тенден-

цию к увеличению своего значения; в дальнейшем, вплоть до 14 сентября 2012 года в целом отмечается тенденция к снижению значения ставки (рис. 2).

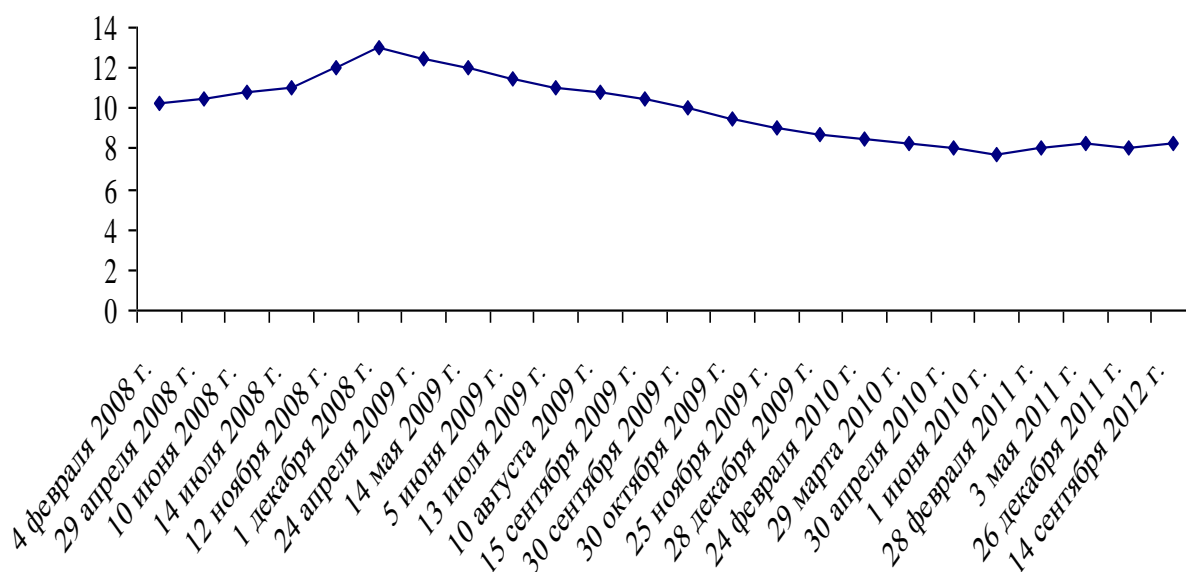


Рис. 2. Динамика величины ставки рефинансирования ЦБ РФ в период с 4 февраля 2008 года по 14 сентября 2012 года, % годовых

13 сентября 2013 года, спустя год после последнего изменения ставки рефинансирования, решением Совета директоров Банка России «в рамках перехода к режиму таргетирования инфляции» была введена ключевая ставка [6]. Ключевая ставка (англ. key rate) – это процентная ставка, по которой Центральный Банк Российской Федерации (ЦБ РФ) предоставляет коммерческим банкам денежные средства в кре-

дит сроком на одну неделю, а также ставка, по которой ЦБ готов принимать денежные средства от коммерческих банков по договору депозита.

Введение ключевой ставки положило начало процессу систематизации и унификации кредитования Центральным Банком коммерческих банков [9]. Следует отметить, что к моменту введения в РФ ключевой ставки, ставка рефинансирования де-факто перестала выполнять

свою функцию ставки процента по кредитам для коммерческих банков [10]. В настоящее время ставка рефинансирования используется в качестве базы для начисления штрафов, пеней и т.д. [2].

Таким образом, в настоящее время именно ключевую ставку можно назвать основным индикатором денежно-кредитной политики, про-

водимой ЦБ РФ. В 2016 году планируется сравнить значения ставки рефинансирования и ключевой ставки, что может привести к восстановлению роли первой в экономике страны [10].

Основные отличия ключевой ставки от ставки рефинансирования в РФ можно представить в виде таблицы (табл. 2).

Таблица 2

### Сравнительная характеристика ставки рефинансирования и ключевой ставки ЦБ РФ

Критерий сравнения	Ставка рефинансирования	Ключевая ставка
Период существования	с 1 января 1992 г. (23 года)	с 13 сентября 2013 г. (2 года)
Использование в качестве процентной ставки по кредитам и депозитам для коммерческих банков	де-факто не используется	используется
Фискальная функция	выполняет (выступает в качестве базы для расчёта штрафных и прочих платежей)	не выполняет
Выполнение роли «основной ставки» экономики страны	не выполняет	выполняет

Величина ключевой ставки в период с 13 сентября 2013 года по 16 марта 2015 года изме-

нялась в общей сложности 9 раз и принимала значения от 5,5 % до 17 % (рис. 3) [7, 9].

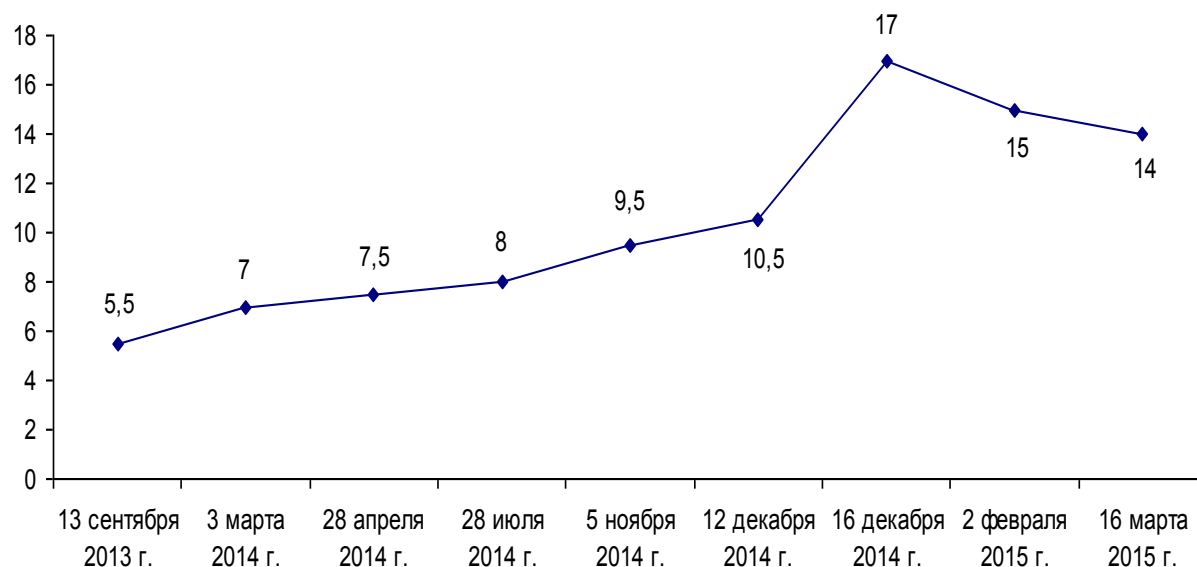


Рис. 3. Значения ключевой ставки ЦБ РФ с 13 сентября 2013 года по 16 марта 2015 года, % годовых

Среднее значение ключевой ставки за период составляет 10,44 %. До 16 декабря 2014 года значение ставки увеличивалось, затем оно стало снижаться. Данный факт (наличие «точки перелома») делает динамику ключевой ставки в целом схожей с динамикой ставки рефинансирования.

Манипуляции с ключевой ставкой, проводимые Центробанком направлены, помимо всего прочего, на регулирование уровня инфляции в стране. Здесь следует сказать несколько слов о политике таргетирования, курс на проведение которой был взят Центральным Банком Россий-

ской Федерации, практически параллельно с введением ключевой ставки.

Под таргетированием (от англ. «target» — цель, мишень) в рамках денежно-кредитной политики государства принято понимать выбор и установление определённых локальных целей — т.н. «мишеней», на которые в дальнейшем, в рамках достижения целей глобальных, при помощи инструментов денежно-кредитного регулирования, будет осуществляться целенаправленное воздействие [1].

Таргетирование инфляции может иметь несколько последствий. Во-первых, это повыше-

ние качества макроэкономического прогнозирования, поскольку ЦБ и правительство будут вынуждены ставить перед собой реальные цели, а не желаемые, как сейчас. Во-вторых, станет более ответственным отношение к заявленным целям по уровню инфляции и, в-третьих, возрастет волатильность курса рубля к иностранным валютам, так как таргетирование инфляции предполагает полную свободу курса национальной валюты [3].

Инфляционное таргетирование подразумевает, что Центральный Банк устанавливает некую желаемую планку для показателя инфляции, определённый вектор его стабильного развития, и в дальнейшем делает все, дабы обеспечить заданный уровень [11].

В целом, можно говорить о том, что повышение значения ключевой ставки, помимо

укрепления рубля по отношению к иным валютам, в конечном итоге направлено на снижение уровня инфляции и темпа роста потребительских цен на товары и услуги [5, 8].

В этой связи, оценить эффективность манипуляций, проводимых ЦБ РФ со значением ключевой ставки, по отношению к уровню инфляции поможет сравнительный анализ динамики индекса потребительских цен (ИПЦ) и динамики ключевой ставки.

Прежде всего, нам необходимо сопоставить значения ИПЦ и значения ключевой ставки по периодам: для этого рассчитаем средние значения ИПЦ за укрупнённые (т.е. соответствующие периодам действия того или иного значения ключевой ставки) периоды (табл. 3).

Таблица 3

**Сопоставление значений ИПЦ и значений ключевой ставки ЦБ РФ  
за период с сентября 2013 года по февраль 2015 года**

Период	Размер ключевой ставки ЦБ РФ, % годовых	ИПЦ, % к предыдущему месяцу [12]	Среднее значение ИПЦ за укрупнённый период, %
Сентябрь 2013	5,5	100,21	100,52
Октябрь 2013		100,57	
Ноябрь 2013		100,56	
Декабрь 2013		100,51	
Январь 2014		100,59	
Февраль 2014		100,7	
Март 2014	7	101,02	101,02
Апрель 2014	7,5	100,9	100,81
Май 2014		100,9	
Июнь 2014		100,62	
Июль 2014	8	100,49	100,55
Август 2014		100,24	
Сентябрь 2014		100,65	
Октябрь 2014		100,82	
Ноябрь 2014	9,5	101,28	101,28
Декабрь 2014	13,75*	102,62	103,24
Январь 2015		103,85	
Февраль 2015	15	102,22	102,22

\* Как среднее двух значений ключевых ставок, установленных в декабре 2014 года (рис. 3)

Для того, чтобы выяснить, существует ли между значениями ИПЦ и ключевой ставки зависимость, воспользуемся статистическим методом корреляционно-регрессионного анализа.

Необходимые расчёты представлены в Табл. 4. Наличие связи будет устанавливаться между значением ключевой ставки и значением ИПЦ следующего периода, исходя из предположения, что изменение ключевой ставки в перио-

де  $n$  должно оказывать влияние на уровень инфляции периода  $n + 1$ .

Исходя из формулы линейного коэффициента корреляции (где  $n$  – число наблюдений), получаем:

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right) \cdot \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right)}} = 0,6194$$

Таблица 4

**Расчёты, необходимые для проведения корреляционно-регрессионного анализа значений ИПЦ и ключевой ставки ЦБ РФ за период с сентября 2013 года по февраль 2015 года**

Период	X (значение ключевой ставки за период, % годовых)	Y (значение ИПЦ следующего периода, % к предыдущему периоду)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
Сентябрь 2013 – февраль 2014	5,5	101,02	555,61	30,25	10 205,04
Март 2014	7	100,81	705,67	49,00	10 162,66
Апрель – июнь 2014	7,5	100,55	754,13	56,25	10 110,30
Июль – октябрь 2014	8	101,28	810,24	64,00	10 257,64
Ноябрь 2014	9,5	103,24	980,78	90,25	10 658,50
Декабрь 2014 – январь 2015	13,75	102,22	1 405,53	189,06	10 448,93
ИТОГО	51,25	609,12	5 211,95	478,81	61 843,06

Данное значение линейного коэффициента корреляции говорит нам о наличии средней по своей силе связи между значениями ключевой ставки ЦБ РФ и индекса потребительских цен. Однако направление данной связи – прямое. Следовательно, повышение ключевой ставки ведёт за собой и повышение уровня инфляции.

Исходя из этого наблюдения, можно сделать вывод о том, что манипуляции ЦБ РФ, осуществлявшиеся в сентябре 2013 – феврале 2015 со значениями ключевой ставки, нельзя назвать в полной мере эффективными в рамках политики инфляционного таргетирования.

Рассматривая процесс введения режима инфляционного таргетирования можно отметить ряд подготовительных мероприятий, среди которых основным стал переход к плавающему курсу национальной валюты, вначале в рамках как называемых «валютных коридоров», а после Банк России ограничивался лишь точечными интервенциями на валютном рынке в периоды резких скачков курса национальной валюты. Такой подход позволил найти равновесный, справедливый курс рубля в период острой нестабильности на сырьевых рынках без существенного сокращения золотовалютных резервов государства [4]. Сложившаяся макроэкономическая ситуация в 2014-2015 годах, напряженность в сфере внешнеполитических связей России и ее традиционных стран-партнеров с нашей позиции лишь ускорили переход к инфляционному таргетированию, как наиболее эффективному направлению денежно-кредитной политики государства. Безусловно, обратной стороной такого подхода стало снижение покупательной способности населения, особенно в отношении импортируемых товаров, скачок

негативных ожиданий и неопределенности во многих сферах народного хозяйства. Однако приоритетом властей всегда выступает возможность выполнения всех государственных социальных обязательств, что выступает залогом внутренней стабильности и возможностью направлять финансовые потоки в ключевые сектора экономики для преодоления кризиса [3].

Само собой, проведенный анализ не охватывает всех сторон описываемых явлений. Несмотря на это, полученные в его ходе данные можно расценивать как некую общую тенденцию.

Единственная рекомендация, которую в сложившейся ситуации можно дать руководству Центрального Банка, заключается в следующем: помимо использования инструмента ключевой ставки необходимо также прибегать к разумному и сбалансированному использованию всех перечисленных ранее инструментов денежно-кредитной политики, в совокупности с возможным введением новых.

Остаётся надеяться, что в будущем эффективность использования инструмента ключевой ставки в Российской Федерации повысится. Тенденция, хоть она и отрицательная, не является сугубо критической. Главное – всегда осторожно и разумно подходить к использованию инструментов денежно-кредитного регулирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Академик [Электронный ресурс]: словари и энциклопедии // Словарь финансовых терминов. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/fin\\_enc/18626#ТАРГЕТИРОВАНИЕ0](http://dic.academic.ru/dic.nsf/fin_enc/18626#ТАРГЕТИРОВАНИЕ0) (Дата обращения: 19.03.2015).
2. Банки.Ру [Электронный ресурс]: инфор-

мационно-новостной портал финансовой и банковской сферы // Словарь банковских терминов. URL:

[http://www.banki.ru/wikibank/stavka\\_refinansirovaniya/](http://www.banki.ru/wikibank/stavka_refinansirovaniya/) (Дата обращения: 19.03.2015).

3. Всяких М.В. Актуальные вопросы перехода к инфляционному таргетированию // Научно-теоретический журнал Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 89-92.

4. Всяких Ю.В. Трансформация денежно-кредитной политики государства в посткризисных условиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 88-90.

5. Зубков И. Центробанк снизил ключевую ставку, ожидая летом замедления инфляции // Российская газета. 2015. №53.

6. Информация Банка России от 13.09.2013 «О системе процентных инструментов денежно-кредитной политики Банка России» // Вестник Банка России. 2013. №51.

7. Консультант Плюс [Электронный ресурс] // Справочная информация: «Ключевая ставка и процентная ставка рефинансирования (учетная ставка), установленные Банком России». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_law\\_12453/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_12453/) (Дата обращения: 19.03.2015).

8. Морозов А., Боева И. Центробанк отчаянно спасает рубль // Комсомольская правда,

2014.

9. ПрофБанкинг [Электронный ресурс]: банковская бизнес-школа // Две ставки денежно-кредитной политики РФ: ключевая ставка Банка России и ставка рефинансирования. URL: <http://www.profbanking.com/articles/1007-key-rate.html> (Дата обращения: 19.03.2015).

10. ПрофБанкинг [Электронный ресурс]: банковская бизнес-школа // Ставка рефинансирования. URL: <http://www.profbanking.com/articles/700-refinancing-rate.html> (Дата обращения: 19.03.2015).

11. Таргетирование инфляции – цели и инструменты в условиях волатильности на международных рынках (сессия 2) // Материалы МБК–2014, 2014.10 с.

12. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] // База данных значений индексов потребительских цен на товары и услуги. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/DBInet.cgi> (Дата обращения: 19.03.2015).

13. Фролова Т.А. Экономическая теория: конспект лекций. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009.

14. Investopedia [Web-resource] : educating the world about finance. URL: <http://www.investopedia.com/terms/b/bankrate.asp> (Дата обращения: 19.03.2015).

---

**Vsyakih Yu.V., Kochergin M.A.**

## **PERFORMANCE EVALUATION OF MONETARY POLICY OF THE CENTRAL BANK IN THE CONTEXT OF GEOPOLITICAL INSTABILITY**

*The article gives the key directions of Russian monetary policy transformation, covers its current keynote. The analysis of the actions aimed at the policy tools formation of The Central Bank of the Russian Federation is given, their effectiveness is estimated. The correlation between the key rate and the inflation rate is revealed. Positive and negative aspects of dynamic response to macroeconomic threats by means of the selected monetary policy are described.*

**Key words:** *monetary policy, refinancing rate, targeting, exchange rate.*

Дубровина Т.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ТОВАРОВ

t.kos92@mail.ru

*В данной статье рассматриваются проблемы конкурентоспособности предприятий, некоторых отраслей экономики. Актуальность данной темы заключается в том, что в статье рассматривается сложившаяся ситуация в Российской Федерации в условиях введенных санкций и развивающемся импортозамещении товаров.*

**Ключевые слова:** импортозамещение товаров, кондитерская промышленность, конкурентоспособность отрасли, система развития импортозамещения в регионе, методы оценки конкурентоспособности отрасли, вектор управления конкурентоспособностью.

Достижение высокой конкурентоспособности предприятий в условиях импортозамещения товаров в будущем должно сыграть немалозначную роль в экономике страны. Такой подход, а точнее сказать переход от рыночной экономики к социальной позволит обеспечить экономическую и национальную безопасности страны в целом. Уже существует концепция национальной безопасности РФ, в которой отмечено, что одной из основных значительных для страны задач является повышение конкурентоспособности страны, что непосредственно зависит от повышения конкурентоспособности российских предприятий на мировом рынке [1].

В настоящее время, определение конкурентоспособности предприятия имеет количественное значение, которое можно рассчитать по соответствующим формулам. Многие авторы дают определение и работают с таким понятием как «конкурентоспособность предприятия». Из них: Ф. Котлер, Т.Г. Философова, Д.С. Воронов, Ю.Б. Рубин, Р.А. Фатхутдинов, А.А. Рудычев, Е.Д. Щетинина.

Конкурентоспособность предприятия, говорит Филипп Котлер – это есть само свойство предприятия характеризовать степень удовлетворения потребителя, как реальную, так и потенциальную, в сравнении с предприятиями, работающими в той же отрасли и на том же рынке [2].

Конкурентоспособность предприятия определяется как относительная характеристика, в которой отражается процесс развития данной компании в отличии компании-конкурента, учитывая различные степени удовлетворения потребителей своими товарами или услугами, считает Т. Г. Философова [3].

Способность промышленного предприятия соответствовать или превышать по каким-либо либо показателям своих конкурентов можно оценить с помощью экономических величин. Основными направлениями к управлению кон-

курентоспособностью предприятия являются привлечение новых инвесторов, ресурсов, а также непосредственно удовлетворение потребностей, а в настоящее время важной потребностью является социально-экономическая, в виде производимой продукцией предприятия. При условии выполнения вышеперечисленных направлений возникает возможность оценить организационно-экономическую основу промышленного предприятия. Так конкурентоспособность предприятия зависит от своего окружения, как внешнего, так и внутреннего. Некоторые элементы внешнего окружения частично могут находиться под контролем самого предприятия, и зависеть от целей и стратегий предприятия. В то время как другие (внутренние) элементы не зависят от какой-либо деятельности предприятия, поэтому к ним необходимо приспособляться. Все внешнее окружение можно разделить на следующие факторы: общегосударственные, региональные и отраслевые.

Также в данной статье рассматривается конкурентоспособность предприятий не только рынка ресурсов, но и также рынка продукции. Сторонники эволюционной теории и ресурсо-ориентированной теории, которые являются представителями Австрийской школы, предлагают рассматривать конкурентоспособность промышленного предприятия как процесс борьбы за ресурсы. [7] Но в настоящее время борьбу с конкурентами нужно вести не только за ресурсы, но и социально-экономическое отношение потребителя к продукции.

Таким образом, проанализировав значения терминов вышеперечисленных авторов, можно сделать вывод, что конкурентоспособность предприятия – это характеристика предприятия, указывающая его отличительные сильные и слабые стороны в сравнении с конкурентами, работающими в той же отрасли [8].

В современных условиях введения санкций против Российской Федерации, наше государство активно применяет импорто-

замещение товаров. Для того чтобы определить подходы к управлению конкурентоспособностью предприятия в условиях импортозамещения товаров, необходимо рассмотреть понятие «импортозамещение товаров».

Импортозамещение – замещение импорта товарами, произведёнными отечественными производителями, то есть внутри страны. Для замещения импорта национальными товарами могут быть использованы таможенно-тарифное (пошлины) и нетарифное (квоты, лицензирование ввоза) регулирования, а также субсидирование производств внутри страны и прямой запрет на ввоз определённых товаров из-за границы.

Импортозамещение характеризует также тенденцию городского свободного рыночного хозяйства к замещению ввозимых в город

товаров, товарами, произведёнными в городе. Эта идея была выдвинута Джейн Джекобс [4].

Подходы к управлению конкурентоспособности влияют на разные факторы предприятия. Рассмотрим некоторые подходы представленные ниже (табл. 1).

Конкурентоспособность предприятий и соответственно промышленная политика в настоящее время уже не имеют того эффекта и результат, на который можно было бы рассчитывать еще некоторое время назад.

В сложившейся ситуации в мировой экономике, а точнее изменение политических отношений Российской Федерации со странами европейского союза, появилась необходимость в увеличенном темпе повышать конкурентоспособность отечественных товаров и услуг и вводить импортозамещение товаров стран-конкурентов [5].

Таблица 1

Подходы к управлению конкурентоспособностью

	Подход	Вектор	Акцент
	На основе преимуществ	Экономико-коммерческий	Формирование устойчивых преимуществ в издержках, качестве и др.
	На основе позиционирования	Экономико-психологический	Точное представление потребностей клиента
	На основе клиентской лояльности	Экономико-психологический	Удовлетворение потребностей клиента
	На основе социальной эффективности	Социально-экономический	Репутации, партнерстве

С 1 января 2005 г. приказом президента РФ вступил в силу Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, который построен Минэкономразвития России на основе соответствующего классификатора Евросоюза в 1976 г. [1].

Подробно ознакомившись с вышеуказанным классификатор, можно сделать вывод, что в сложившейся ситуации в мировой экономике и стране целесообразно выделять социальный коэффициент конкурентоспособности.

Исходя из приведенных соображений, мы предлагаем рассчитывать интегрированный показатель конкурентоспособности (KSP), в который будет включена компонента социальной эффективности (SE):

$$KSP = \frac{\sum I_{KSPj}}{n} \cdot SE, \quad (1)$$

где  $I_{KSPj}$  – индекс сравнительной конкурентоспособности предприятия по j-му рыночному параметру.

Коэффициент социальной эффективности рассчитывается по формуле:

$$SE = \left( \frac{NP}{NR} + \frac{WP}{WR} + \frac{CP}{CR} + \dots \right) / n, \quad (2)$$

где NP – количество рабочих мест, создаваемых на предприятии в течение периода оценки, чел.; NR – количество рабочих мест, созданных в муниципальном образовании, где функционирует предприятие чел.; WP – уровень заработной платы на предприятии в течение периода оценки, руб.; WR – уровень заработной платы в муниципальном образовании, где функционирует предприятие, руб.; CP – объем средств, направляемых предприятием на решение социальных задач в течение периода оценки, руб.; CR – объем средств, выделенных на решение социальных задач в муниципальном образовании, где функционирует предприятие; n – число показателей сравнительной социальной эффективности предприятия [6].

Использование предложенного подхода повысит объективность оценки конкурентоспособности промышленного предприятия и позволит учитывать ту роль, которую оно играет в обществе.

Национальный рынок промышленной продукции, а точнее его долю, которую



занимают иностранные производители, экономисты нашей страны оценивают как один из резервов роста конкурентоспособности промышленных предприятий страны. А также стратегического управления ею.

Сегодня Российской Федерации нужна новая стратегия развития – продуктовая и социальная – и, соответственно, методология ее разработки. Резкое изменение социально-экономических и политических целей вызывает негативное влияние, но может послужить толчком к позитивным переменам.

Речь идет о теоретическом и практическом обосновании такой государственной политики в области производства и сбыта, которая могла бы обеспечить удовлетворение нужд потребителей при тех же возможностях спроса без снижения качества получаемых благ – с одной стороны, и обеспечения доходности производителей бывшей импортной продукции – с другой.

Методологически важно, что данная политика не может носить чисто рыночный характер, она неизбежно потребует элементов стратегического планирования, расстановки социальных акцентов, учета интересов различных, в том числе, малообеспеченных слоев населения, а также малого бизнеса. Было бы неправомерным оставаться при формировании новой экономической политики на позициях слепого рыночного регулирования и стихийности. Дело в том, что сейчас требуются столь серьезные меры по трансформации структуры хозяйства, что сами производители не справятся с такой многоплановой задачей.

В данной работе рассмотрены аспекты обеспечения управления конкурентоспособностью предприятия. Также охарактеризованы существующие методики управления и оценки данной экономической

категории. На основании анализа принципов, подходов и факторов конкурентоспособности предприятия, можно сделать вывод, что в настоящее время актуальным аспектом оценки деятельности предпринимателя является социальная конкурентоспособность. В случае применения хотя бы некоторых принципов и подходов социальной конкурентоспособности наблюдается рост репутации предприятия в глазах потребителя, что на наш взгляд, является основным критерием измерения конкурентного преимущества.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года [Электронный ресурс] URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/99.html> (дата обращения 25.03.2015)
2. Филип Котлер. Основы маркетинга. Перевод с английского В. Б. Боброва. Общая редакция и вступительная статья Е. М. Пеньковой. Москва. Издательство «Прогресс». 2011. 496 с.
3. Философова Т.Г. Конкуренция и конкурентоспособность. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2007. 271 с.
4. Джекобс Джейн Экономика городов = The Economy of Cities / под ред. канд. экон. наук О.Н. Лугового. Новосибирск: Культурное наследие, 2008. 294 с.
5. Терещенко В.М. Маркетинг-терапия. СПб.: Питер, 2004. С. 20.
6. Рудычев А.А., Никитина Е.А. и Гавриловская, С.П. Основные аспекты подготовки и разработки модели оценки конкурентоспособности предприятия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 137-140.

**Dubrovina T.A.**

## MANAGEMENT OF COMPETITIVENESS COMPANIES IN THE IMPORT SUBSTITUTION OF GOODS

*This article describes the problems of the competitiveness of enterprises, some sectors of the economy. Relevance of the topic is that the article discusses the situation in the Russian Federation in the US-imposed sanctions ditions and developing import substitution products.*

**Key words:** *import substitution products, confectionery industry, competi-tiveness industry, the system of import substitution in the region, methods for assessing the competitiveness of the industry, the competitive-ness of the control vector.*

*Рамазанов М.А., администратор системы учета и контроля доступом  
Дагестанский государственный институт народного хозяйства*

## ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ И МАРКЕТИНГОВОГО ПОДХОДА В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ РЕГИОНА

**musikru999@mail.ru**

*В статье рассмотрены проблемы активизации инвестиционной деятельности в ряде регионов Северо-Кавказского федерального округа. Современное положение данной сферы деятельности признается неудовлетворительным. Акцентируется внимание на возможности использования маркетингового подхода. Обосновывается эффективность создания с данной целью регионального центра маркетинговых услуг, деятельность которого должна базироваться на интеграции интересов участников инвестиционного процесса и быть направленной на формирование прозрачного механизма взаимоотношений экономических субъектов и их информационную поддержку. Предлагается трехуровневая структура данного образования.*

**Ключевые слова:** *регион, инвестиционный климат, социально-экономическое развитие, маркетинговый подход, Северо-Кавказский федеральный округ, информационная поддержка.*

### **Введение**

**Постановка проблемы.** Сохранение высокой неравномерности уровня социально-экономического развития территорий России, наблюдающееся на фоне глобализации мировой экономики, актуализирует потребность в поиске новых инструментов повышения деловой активности в регионах и новых как внутренних, так и внешних источников инвестиций. В свете общего замедления российской экономики, падения цен на товарные группы, традиционно относящиеся к российскому экспорту, и возникновение рисков снижения наполняемости государственного бюджета эти задачи в первую очередь приложимы к дотационным регионам.

Одним из подходов, формирующих новую парадигму управления социально-экономическим развитием региона, является маркетинговый подход. Его применение сопряжено с повышением эффективности использования внутренних ресурсов региона с особым вниманием к «коммуникативным» ресурсам и реализуется при активном участии местных органов власти.

**Задачи и методы исследования.** В процессе исследования предполагается рассмотреть возможность использования маркетингового подхода к управлению социально-экономическим развитием территорий и оценить его применимость к таким регионам как Дагестан, Чечня и Ингушетия в разрезе активизации инвестиционной деятельности.

**Основная часть.** Ранжирование российских регионов по признаку состояния инвестиционного климата демонстрирует устойчиво депрессивное состояние ряда территорий северного Кавказа. Так, в 2005 году Чеченская и Ингушская республики оценивались как такие, инвестиционный потенциал в которых оценивается

как низкий, а инвестиционная деятельность сопряжена с экстремальными рисками. Республика Дагестан оценивалась как территория с пониженным инвестиционным потенциалом и высокими рисками. Десятилетие спустя (по итогам 2014 года) Дагестан и Ингушетия не изменили своих позиций, Чечня получила оценку «незначительный потенциал – высокий риск» [1]. Иными словами, миллиарды рублей государственных дотаций за 10 лет не изменили инвестиционный климат и не позволили сформировать этот мощнейший рычаг влияния на социально-экономическое развитие региона. Это напрямую свидетельствует о необходимости внедрения новых механизмов управления социально-экономическим развитием региона.

Маркетинговый подход к оценке и реализации потенциала территории предполагает определение целевого сегмента рынка, т.е. выявление той части потребностей, которые сформируют поле для деловой активности и привлекут инвесторов: коммерческие банки, инвестиционные компании, предпринимателей, предприятия, население региона и других территорий. И здесь главная задача - определить, оценить и учесть по различным критериям интересы каждого из потенциальных субъектов, желающих осуществить инвестиции, или разместить бизнес-объекты в регионе. Именно это позволит снять фактор неопределённости, негативно влияющий на инвестиционную привлекательность рассматриваемых территорий.

Сегодня в отечественной науке формируется переход к современной парадигме, определяющей связь между качеством жизни в регионе и степенью реализации его собственного потенциала (включая инвестиционный). В ее основе лежит признание территории как полноправного объекта рыночных отношений, своеобразного

товара, специфическое исследование которого должно строиться на философии маркетинга, т.е. удовлетворении запросов потребителя (в данном случае потенциального инвестора) [2]. Иными словами регион «продвигает» предлагаемые в своих границах условия осуществления инвестиционной деятельности.

Формирование системы маркетингового управления развитием региона предполагает:

- определение целей, принципов и задач маркетингового управления развитием региона;
- создание организационной структуры субъекта управления, соответствующей основным принципам указанной концепции и способной обеспечить реализацию стратегий, разработанных в ее рамках;
- выработку механизмов, обеспечивающих эффективную работу основных элементов системы управления развитием региона (межрегиональные органы, органы исполнительной власти региона, муниципальных образований, хозяйствующие субъекты, организации и население);
- создание маркетинговой среды в регионе.

Северо-Кавказский федеральный округ, включающий в себя рассматриваемые территории Чечни, Ингушетии и Дагестана имеет ряд потенциальных конкурентных преимуществ, которые могут быть реализованы в сельском хозяйстве, туристической сфере, электроэнергетике, обеспечении транзита, добывающей промышленности и ряде направлений производств. Все вышеперечисленные направления – возможные сферы привлечения инвестиций. Однако за уже рассмотренное десятилетие реального развития данные направления не получили.

Управленческие решения в рамках реализации концепции регионального маркетинга в состоянии решить данную проблему, но они должны носить долгосрочный характер. Поскольку субъекты, действующие под влиянием решений региональных властей, не подлежат однозначной классификации – традиционные маркетинговые концепции могут быть использованы в крайне ограниченном масштабе. Исходя из этого, объектом управления становится не какой-либо объект, а отношения между участниками инвестиционного процесса в регионе.

Основными участниками процесса формирования и реализации регионального маркетинга становятся:

- местные предприниматели (заинтересованные в улучшении условий ведения бизнеса);
- население, испытывающее влияние изменения инвестиционной среды на условия жизни в регионе с одной стороны и формирую-

щее спрос с другой стороны;

- инвесторы, заинтересованные в рентабельности и безопасности собственных вложений;
- местные власти, стремящиеся к обеспечению высокой конкурентоспособности региона.

Прогрессивность такой концепции подтверждается тем, что при её реализации управленческие решения формируются как унификация наработок, возникающих при индивидуальных взаимоотношениях партнеров. В данном контексте отношения становятся важнейшим ресурсом, находящимся в распоряжении региона и привлекающем финансовые, материальные, людские и информационные ресурсы.

Фактически, наличие существенных сумм государственных дотаций и конкурентных преимуществ рассматриваемых регионов на фоне отсутствия прогресса в инвестиционной сфере косвенно уже подтверждает предположение, что проблемы развития инвестиционной среды Дагестана, Чечни и Ингушетии лежат в плоскости построения механизма взаимоотношения субъектов, обеспечивающих данный вид деятельности.

Механизм процесса интеграции стратегии регионального маркетинга в программы развития региона должен находиться в ведении отдельной структуры – Регионального центра маркетинговых услуг (РЦМУ). Такая структура может быть организована в формате департамента, отвечающего за создание и реализацию стратегии социально-экономического развития региона (СКФО) и включать представителей всех участников процесса формирования и реализации регионального маркетинга. Это также предполагает создание единого информационного пространства.

Комбинированная организационная структура единой маркетинговой службы, включающей в себя элементы как вертикальной, так и горизонтальной структуры даст большие преимущества. Координация работы РЦМУ по вертикали должна основываться на регламентации и делегировании полномочий (формирования и принятия решений) [3]. С целью учёта интересов всех участников процесса может быть предложена трёхуровневая структура:

- 1) единый межрегиональный информационно-маркетинговый центр,
- 2) региональный центр маркетинговых услуг (базовый уровень),
- 3) отдел маркетинга предприятия – участника интегрированного объединения (также не исключено участие общественных объединений, сформированных по признаку общности интересов их участников).

Региональный маркетинг не в состоянии согласовать интересы всех участников и распределить права и обязанности между хозяйственными уровнями без соответствующих управленческих структур. В условиях расширения экономической самостоятельности регионов возникает потребность в согласовании интересов - макро-, мезо- и микроуровней. Это обусловлено многоуровневостью рыночной среды – наличием международных, национальных, региональных и местных рынков [4].

Основная задача регионального центра маркетинговых услуг – выработка концепции регионального маркетинга, обеспечивающей инвесторам возможность достижения желаемых результатов и сочетающейся с межрегиональными программами. Создание единой маркетинговой структуры даст возможность использовать научно-исследовательский, производственно-технологический потенциал регионов путем использования инновационно-информационной стороны деятельности службы. Появятся широкие возможности по формированию гарантированных рынков сбыта и эффективных интегрированных структур на макро-, мезо-, микроуровне. Перспективные планы экономического развития региона позволят учесть экономические интересы и возможности всех предприятий и использовать фонд инвестиций, сформированный с соответствующей долевой участием предприятий региона, иностранных инвесторов и других источников.

Формирование и функционирование единой службы маркетинга будет способствовать развитию в макрорегионе (СКФО) информационного пространства с выходом на межрегиональные и международные информационные каналы. Это позволит обеспечить:

- обмен информацией о конъюнктуре внутреннего и внешнего рынка;
- постоянное присутствие на внутренних и внешних рынках и своевременное принятие мер по улучшению потребительских свойств продукции с учетом изменений спроса;
- продвижение новых видов продукции;

- расширенный доступ к кредитным ресурсам благодаря повышению прозрачности деятельности экономических субъектов.

Кроме того, это даст возможность обеспечить информационную прозрачность экономики, что является одним из необходимых условий для привлечения инвестиций, а также развития промышленной интеграции и кооперации.

**Выводы.** Таким образом, в процессе исследования было установлено неудовлетворительное состояние инвестиционной среды Дагестана, Ингушетии и Чечни. Причины подобного положения вещей в первую очередь кроются в несовершенстве механизма взаимоотношений участников инвестиционного процесса.

С целью повышения инвестиционной привлекательности данных регионов предлагается создание Регионального центра маркетинговых услуг – органа, интегрирующего интересы субъектов инвестиционной деятельности регионов и согласующих их с надрегиональными программами социально-экономического развития.

Данная структура, помимо своей вовлеченности в разработку соответствующих правовых норм, призвана оказывать организационную и информационную поддержку участникам инвестиционного процесса и продвижение их проектов как внутри региона, так и за его пределами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российский региональный инвестиционный конгресс. «Инвестиционная привлекательность регионов – 2014: бремя управления» // <http://www.raexpert.ru/project/regcongress/2014/ranking#tab1>
2. Feldman, L. P. Societal Adaptation: A New Challenge for Marketing // *Journal of Marketing*. 1971. Vol. 35. pp. 54-60.
3. Окландер М.А. Проблемы формирования маркетинговой системы страны. К.: Наукова думка, 2002. 168 с.
4. Антонов Г.Д., Иванов О.П. Централизация маркетинга в интегрированных компаниях: необходимость и эффективность // *Маркетинг в России и за рубежом*. № 4. 2002. 106-117 с.

**Ramazanov M.A.**

## FORMATION OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS AND MARKETING APPROACH IN SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGION

*The article deals with the problems of investment activity in several regions of North Caucasian Federal District. The current situation in this sphere of activity deems unsatisfactory. Attention is drawn to the possibility of using a marketing approach. For this purpose it is substantiated the efficiency of creating a regional center of marketing services, whose activities should be based on integration of interests of the investment process participants and be concentrated upon formation of transparent mechanism for the relationships of the economic actors and their information support. It is proposed three-tier structure of the mentioned organization.*

**Key words:** region, investment climate, economic and social development, marketing approach, North Caucasian Federal District, information support.

Божков Ю.Н., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИННОВАЦИОННАЯ БИЗНЕС-СРЕДА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

bun\_belgo@mail.ru

Формирование инновационной экономики в России становится необходимым условием реформирования, модернизации и развития конкурентоспособного отечественного производства. Именно инновационная экономика становится стратегическим направлением для формирования инновационной бизнес-среды в стране. В статье рассматриваются вопросы функционирования инновационной бизнес-среды и ее влияния на систему управления человеческим капиталом. Приводится принципиальная схема структуры инновационной бизнес-среды, а также конкретные параметры для ее оценки и описания.

Необходимость формирования национальной инновационной системы в России предъявляет особые требования к качеству и уровню человеческого капитала, который выступает в качестве основополагающего фактора инновационных преобразований. Начальной точкой формирования инновационной системы управления человеческим капиталом на предприятии должен являться тщательный анализ инновационной бизнес-среды как источника потенциальных организационных изменений.

**Ключевые слова:** инновационная экономика, инновационная деятельность, инновационная бизнес-среда, человеческий капитал.

Понятия, связанные с инноватикой и экономикой, основанной на знаниях, находятся в процессе качественного развития и количественного расширения, что естественно для столь молодой теории и вытекает из ее определения, сущности как науки о новом. С позиций экономической теории инновационный процесс должен рассматриваться диалектически – как взаимоотношения общественных потребностей и производства, спроса и предложения, обусловленные качественным ростом производительных сил в противоречивом единстве с производственными отношениями, что влияет на смену фаз технологического уклада (переход от 5-го к 6-му и 7-му). Данные отношения осуществляются на основе взаимодействия социально-экономических потребностей и научных знаний, интегрирующих науку, технику, производство и потребление, и оказывающих влияние на развитие человека [1].

Тезис о том, что конкурировать на рынке в XXI веке без высокого уровня инновационной активности производителя невозможно – практически ни в одной отрасли – не нуждается в дополнительной аргументации.

Исследования инновационных процессов на микро- и макро уровне позволяют судить о том, что указанная деятельность является реакцией на вызовы внешней среды, ее запросы, которые исходят из смены образа жизни, отношения к ней, новых проблем, требующих решения новыми способами. Изучением бизнес-среды занимается, как известно, маркетинг. Однако

нам бы хотелось обратить внимание на такие аспекты бизнес-среды, которые оказывают непосредственное влияние на систему управления фирмой, строение ее капитала, ее поведение в инновационном плане. Именно инновационная бизнес-среда создает или задает те условия, в которых вынуждено функционировать предприятие, ставит «планки» и ориентиры, формирует определённый тип бизнес-моделей и уровень активности, включая инновационной [2].

Под инновационной бизнес-средой часто понимают совокупность факторов и условий, сложившихся на данное время в ареале рыночной деятельности предприятия и определяющих уровень требований к его инновационной активности. В свою очередь инновационную активность определяют как темпы роста интеллектуальной деятельности компании, производства ею инновационной продукции [3, 4].

Функционируя в бизнес-среде, инновационно-активное предприятие определяет стратегическое пространство бизнес-среды, в котором ведет свою инновационную деятельность, реализуя экономические интересы и получая прибыль.

Итак, мы полагаем, что инновационная бизнес-среда (далее – ИБС) – это совокупность рыночных и некоммерческих отношений, физических и юридических лиц, институтов и структур, в наибольшей степени подверженных изменениям, обусловленным развитием как прогрессивным движением. Именно этот срез среды имеет пионерный характер, быстро реагирует на

новшества и готов осуществлять расходы, связанные с инновациями, а также нести релевантные этому риски.

В состав ИБС входят такие основные компоненты как:

- государственная (региональная) политика в области инноваций и развития;
- научно-образовательные, проектные и научно-исследовательские учреждения;
- инновационный спрос (потребители);
- инновационное предложение (производители аналогичной продукции);
- инновационные партнеры (внедренческие фирмы, банки, фонды, посредники, консультанты);

– интегрированные структуры (национальные и региональные инновационно-исследовательские системы, кластеры);

- институциональные элементы, способствующие развитию инноваций;
- общественные организации;
- изобретатели-одиночки;
- новые среды (интернет, сети, электронные ресурсы).

Бизнес-среда рассматривается как доминирующая сила воздействия на инновационную деятельность предприятия. Данные факторы могут как прямо, так и косвенно воздействовать на формирование и развитие инновационного предпринимательства. Принципиальная схема структуры ИБС представлена на рис. 1.

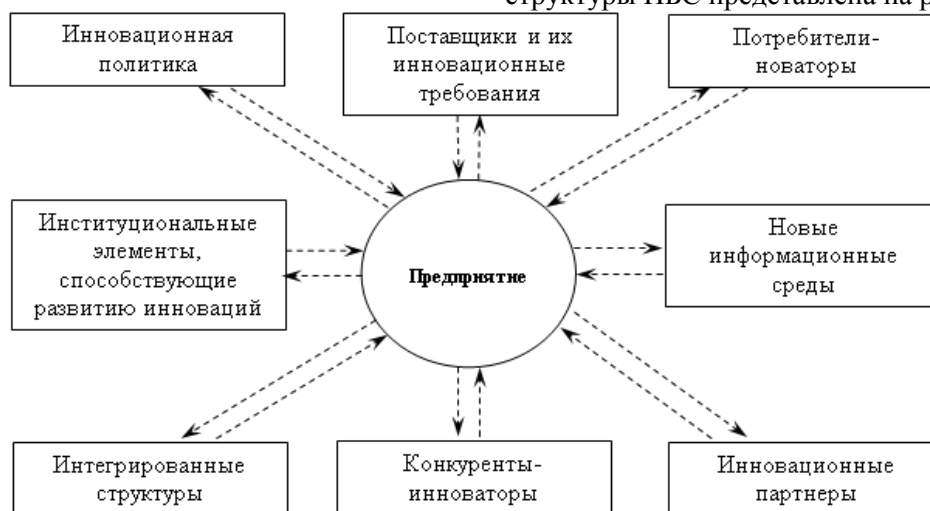


Рис. 1. Структура инновационной бизнес-среды (ИБС)

Как видим, ИБС имеет некоторые отличия от конкурентной среды, хотя есть параллель с ромбом конкуренции М.Портера – в части спроса. Из всех представленных элементов важны в первую очередь именно потребители.

Успех инновационного предприятия зависит не только от соответствия его деловых возможностей основным требованиям целевого рынка, но и от того, превосходят ли они потенциал конкурентов. Сами по себе деловые способности компании не являются конкурентным преимуществом. Наиболее эффективно функционирует то предприятие, которое способно создавать, внедрять и постоянно воспроизводить продукт для потребителя, т.е. инновационно-активное предприятие. Угрозы со стороны бизнес-среды – это негативное влияние неких тенденций или неблагоприятное развитие событий, которые при отсутствии защитных маркетинговых мероприятий приводят к сокращению объемов продаж и снижению доходов предприятия [5].

Все это возможно преодолеть и осуществить через глобальное инновационное лидерство и эффективность национальной экономики, которая позволит вывести продукцию или услугу отвечающей требованиям конкурентоспособности.

Можно выделить несколько уровней ИБС:

- макроуровень;
- мезоуровень;
- микроуровень.

Исследование ИБС необходимо для достижения нескольких целей.

Во-первых, исходя из требований и состояния этой среды проектируется наиболее адекватная система управления инновационной деятельностью, ориентированная на определенный тип поведения бизнес-организации: инновационность низкого («аутсайдер»), среднего («среднячок») или высокого («инновационный лидер») уровня.

Во-вторых, на основе ее изучения формируется пакет возможных форм и направлений сотрудничества и партнерства – как коммерче-

ского, так и некоммерческого, его цели и оптимальные способы организации. Эти формы служат, с одной стороны, источником инновационных ресурсов, «входом» для соответствующей деятельности, с другой стороны, «выходом», то есть площадкой для реализации новаторских

способностей индивидов и коллектива, а также создаваемых и коммерциализируемых ими новшеств.

Более конкретные параметры для оценки и описания ИБС различных уровней представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Характеристика ИБС по ее основным элементам (на мезоуровне)

Элемент ИБС	Степень проявления (характеристика)		
	Слабая (до 3 %*)	Умеренная (3...10 %*)	Активная (более 10 %*)
Региональная инновационная политика			
Вузы и НИИ (количество)	До 5	5...49	Более 50
Спрос	Преобладают потребители-«консерваторы»	Соотношение примерно равное	Преобладают потребители-«новаторы»
Предложение (конкуренты): А) инвестиции в инновационную деятельность; Б) число малых инновационных предприятий	А) Низкий уровень инвестирования  Б) до 50	А) Средний уровень инвестирования  Б) 51...100	А) Высокий уровень инвестирования  Б) более 100
Специализированные институты по развитию инноваций, в т.ч. наличие инновационных кластеров	Малочисленны и неразвиты 0...3	Достаточно развиты 3...6	Высоко развиты Более 6
Деловые партнеры: А) уровень инновационных требований; Б) уровень инновационных возможностей	А) низки Б) низки	А) средний уровень Б) средний уровень	А) высокий уровень Б) высокий уровень

\* – доля бюджетного финансирования инновационной деятельности.

В условиях постоянно меняющейся бизнес-среды на первый план встают вопросы эффективного управления предприятием, являющейся одним из аспектов конкурентоспособности инновационного предприятия [3].

Инновационное развитие, являясь основным приоритетом современной экономики, становится стимулом для деловой активности, который, в свою очередь, базируется на интеллектуальном капитале и поддерживает в обществе систему новейших комбинаций факторов производства. Такая система – не только основа конкурентоспособности экономики, она создает условия для всестороннего развития личности через творческую самореализацию и инвестиции в человеческий капитал.

Тенденции мирового экономического развития, выявленные Организацией экономического сотрудничества и развития, свидетельствуют о существенном влиянии процесса накопления знаний и человеческого капитала на темпы экономического развития. Со стороны производительных сил формирование и развитие человеческого капитала определяется темпами научно-технического прогресса и инновациями. Поскольку развитие науки и техники – это лишь средство осуществления процесса труда, ведь именно в процессе труда возрастает качество рабочей силы, накапливается человеческий капитал, то под влиянием научно-

технического прогресса и в результате осуществления инновационного процесса происходят существенные изменения как в средствах производства, так и в качестве рабочей силы, человеческом капитале. Объективная необходимость развития человеческого капитала, вызываемая интересами развития производительных сил, усиливается совершенствованием всей системы производственных отношений, которые оказывают влияние не только на ускорение научно-технического прогресса, его темпы, масштабы и направления развития, но и в целом на инновационное развитие экономики, следовательно, обеспечивают реализацию требований инновационной экономики к развитию человеческого капитала [6].

Исследования показывают корреляцию уровня состояния и развития ИБС, инновационной активности в регионе с качеством человеческого капитала. Так, например, Е.А.Стрябова провела исследования влияния кластеров, в том числе инновационных, на уровень развития бизнеса и наличия в регионах интеллектуальной элиты [7]. Уточненные и дополненные, они свидетельствуют о тесной зависимости уровня развития человеческого капитала предприятия от его инновационной активности и от степени развития ИБС, в которой оно функционирует (табл. 2).



В методологическом плане интересен вопрос о том, какие показатели качества человеческого капитала зависят от «входа» ИБС, а какие от «выхода», хотя граница здесь условна. Например, обучение и скорость обмена инфор-

мацией, определяется в основном ИБС на «входе», рентабельность же инвестиций в образование и мотивация, основанная на этом параметре, зависит частично от внутренней среды, частично – от «выхода» в ИБС.

Таблица 2

**Зависимость развития человеческого капитала от инновационной среды (кластеров)\***

Регион	Число инновационных кластеров	Доля нематериальных активов в структуре баланса предприятий, %	Доля инновационной продукции в ВРП, %	Среднемесячная заработная плата в расчете на 1-го специалиста в промышленности, включая доходы от интеллектуальной собственности, тыс. руб.
Белгородская обл.	2	1,1	4,6	28,6
Воронежская обл.	5	3,4	5,9	31,5
Курская обл.	4	2,5	4,0	29,4
Липецкая обл.	6	Нет данных	5,3	33,7
Московская обл.	22	6,8	12,7	86,9

\* По данным 2013 года.

Это дает возможность определения факторов формирования инновационного человеческого капитала предприятия и создания условий для этого процесса. Следовательно, первым шагом на пути формирования инновационной системы управления человеческим капиталом (далее – ИС УЧК) должен являться тщательный анализ ИБС как источника потенциальных изменений, начиная с организационно-управленческих.

Инновационная деятельность предприятия представляет собой взаимосвязь и взаимодействие интеллекта (логического мышления), творчества (креативного мышления) и инновационного мышления (объединение творческого и логического элементов).

По нашему мнению, в условиях инновационного развития следует применять трехмерный подход к управлению человеческим капиталом [8]:

- доходный;
- ресурсный;
- социетальный.

Так, ресурсно-инвестиционный подход предполагает обеспечение следующих условий для реализации человеческого потенциала:

- количественное соответствие ресурсов различного вида друг другу, соблюдение необходимых пропорций в инвестировании с опережением инвестиций в человеческий капитал;
- соответствие ресурсов (как факторов производства) друг другу по качеству – моральной и технической прогрессивности, инновационности, динамизму, креативности и т.п.

Касаясь доходного подхода следует подчеркнуть необходимость учёта того обстоятельства, что человеческий капитал – это не только опыт, знания и навыки человека, это еще и инвестиции в образование, обучение (накопление

человеческого капитала), восстановление работоспособности, переквалификация и информационное обеспечение (воспроизводство человеческого капитала), а также создание условий труда и реализации (использование человеческого капитала) [9].

Социетальный подход означает учет в процессе управления человеческим капиталом, особенно при его воспроизводстве, совокупности связей на личном, семейном, субкультурном плане, что также является частью инновационной бизнес-среды. Термин «социетальный» был введен А. Г. Келлером, который относил его, прежде всего к организационным аспектам социальной жизни. Каждая из структур социетальной системы выполняет определенную функцию и придает этой системе в ходе взаимоотношений с другими ее структурами новое системное качество, которое не сводится к качествам элементов. Социетальная система постоянно воспроизводит социальное качество своих структур и, соответственно, социальные качества индивидов и групп индивидов, включенных в их функционирование. Возникает тенденция адаптации к формам и способам функционирования социетальной системы ее структурных элементов, и в то же время человеческий капитал выступает продуктом этой среды.

Все вышесказанное в полной мере относится и к инновационному человеческому капиталу, который выступает в качестве основополагающего фактора инновационных преобразований как на общестрановом и региональном уровнях, так и на уровне отдельного предприятия, активно функционирующего в ИБС [10].

Таким образом, инновационная бизнес-среда является и «входом» и выходом для инновационной деятельности предприятия, определяя требования к системе управления и структу-

ре капитала, в частности, человеческого капитала: она участвует во всех фазах процесса его менеджмента: выступает источником накопления человеческого капитала, способом воспроизводства и формами его использования. Поэтому ИС УЧК базируется на учете новых закономерностей развития экономики и управления знаниями и на принципах соответствия инновационной бизнес-среде.

Критерием эффективности ИС УЧК может служить опережающий темп роста капиталотдачи по сравнению с темпами инвестирования в материально-вещественную часть человеческого капитала. Это означает, что при правильно организованной системе управления человеческим капиталом личные инвестиции в капитал относительно снижаются, равно как его и осязаемая часть, а возрастает доля духовно-психологических, невещественных компонентов в общей величине как личного инновационного потенциала, так и коллективного.

Эффективная инновационная деятельность означает возрастание роли творческих способностей человека к самореализации, что устанавливает сильную зависимость процесса производства инновации от развития и совершенствования самого субъекта инновационной экономики.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Божков Ю.Н., Кондрашова Е.А. Некоторые аспекты инновационного развития предприятий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 92-94.
2. Щетинина Е.Д., Старикова М.С. Управление издержками инновационной деятельности как элемент бизнес-стратегий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 93-98.
3. Острякова А. Ф. Влияние элементов бизнес-среды на развитие инновационного предпринимательства // Управление экономическими

системами: электронный научный журнал. 2013. № 10. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.uecs.ru/makroekonomika/item/2465-2013-10-26-05-47-14> (дата обращения: 20.04.2015).

4. Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Технологии и актуальные модели инвестиционного развития регионов и городов Российской Федерации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С. 128-132.

5. Куприянов С.В., Трошин А.С. Реструктуризация производственной инфраструктуры промышленных предприятий: теория и практика. Белгород: Изд-во БГТУ. 2006. 102 с.

6. Лобачева Е.Н., Борисенкова Л.Н. Роль человеческого капитала в инновационной экономике // Гуманитарный вестник. 2013. Вып. 8. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/econom/hidden/101.html> (дата обращения: 20.04.2015).

7. Стрябкова Е.А. Кластерная политика регионов России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С.113-118.

8. Божков Ю.Н. Подходы к оценке человеческого капитала промышленного предприятия // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета (РГТЭУ). 2010. № 1. С. 154-158.

9. Дорошенко Ю.А., Калашников А.Н. Экономическое содержание понятие «человеческий капитал» // Белгородский экономический вестник. 2011. № 1-2 (61-62). С. 3-7.

10. Дорошенко Ю.А., Калашников А.Н. Инвестирование в человеческий капитал как фактор инновационного развития // Белгородский экономический вестник. 2011. № 3 (63). С. 13-16.

**Bozhkov Y. N.**

## INNOVATIVE BUSINESS ENVIRONMENT AND ITS IMPACT ON THE SYSTEM OF HUMAN CAPITAL MANAGEMENT OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

*Formation of innovative economy in Russia is a necessary condition of reform, modernisation and development of competitive domestic production. It is the innovation economy becomes a strategic direction for the formation of innovative business environment in the country. The article discusses the functioning of an innovative business environment and its impact on the system of human capital management. Is a schematic diagram of the structure of innovative business environment, as well as specific parameters for evaluation and description.*

*The necessity of formation of national innovative system in Russia has specific requirements for the quality and level of human capital, which acts as a fundamental factor of innovative transformations. The starting point of formation of innovative system of human capital management in the company should be a thorough analysis of innovative business environment as a source of potential organizational changes.*

**Key words:** innovative economy, innovative activity, innovative business environment, human capital.

Глаголева Н.Н., канд. эконом. наук, доц.,

Матвеева О.П., канд. эконом. наук, доц.,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

Glagoleva@mail.ru

Реализация приоритетов модернизированного развития Российской Федерации, ее регионов возможна в условиях обеспечения, прежде всего, экономической безопасности страны, с учетом растущей доли теневой экономики, а также глобализационных процессов. Экологическая безопасность является одним из видов экономической безопасности, целью которой является создание благоприятной среды обитания и комфортных условий жизнедеятельности.

В статье дана оценка показателей окружающей среды Российской Федерации и Белгородской области за 2005-2013 годы. Одной из приоритетных проблем государства в экологической отрасли является сохранение и оздоровление окружающей среды, поэтому в статье отражены мероприятия по улучшению окружающей среды в Российской Федерации и в целом и по Белгородской области в частности.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, показатели здоровья, средняя продолжительность жизни населения, принципиальная схема обеспечения экологической безопасности, ее классификация, показатели, характеризующие экологическую безопасность страны.

Динамичное и устойчивое социально-экономическое развитие страны в определенной мере соотносится с безопасностью, в частности экологической. Экологическая безопасность представляет собой допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

Следует отметить, что проблемы экологической безопасности и рационального природопользования неразрывно связаны с:

- социально-экономическим развитием общества, при этом они же им и обусловлены;
- вопросами охраны здоровья;
- созданием благоприятных условий для жизнедеятельности и естественного воспроизводства населения в настоящем и будущем поколениях.

Экологическая безопасность является одним из видов национальной безопасности, целью которой является создание благоприятной среды обитания и комфортных условий жизнедеятельности. При этом информирование населения о состоянии окружающей среды в контексте экологической безопасности нацелено на:

- обеспечение благоприятной среды обитания и комфортных условий;
- обеспечение охраны природных ресурсов;
- предотвращение техногенных аварий и катастроф;
- обеспечение экологического равновесия.

Следовательно, основными объектами экологической безопасности выступают:

- человек (личность) с его правом на здоровую и благоприятную для жизни окружающую природную среду;

– общество с его материальными и духовными ценностями, зависящими от экологического состояния территории города;

– благоприятная экосистема территориального поселения как основа устойчивого развития общества и благополучия будущих поколений [2].

Таким образом, показатели, характеризующие состояние здоровья человека и состояние окружающей среды, правомерно использовать в качестве единиц измерения экологической безопасности.

Оценка экологической безопасности подразумевает, необходимость оценки качества жизни населения страны, региона в определенный исторический период [4]. Наиболее корректной следует считать оценку качества жизни населения через демографические параметры – это статистические показатели, характеризующие состояние населения и его воспроизводство. К ним относятся показатели естественного движения населения:

- рождаемость;
- смертность (общая, младенческая, по причинам смерти);
- средняя продолжительность предстоящей жизни;
- численность и структура населения;
- плотность населения;
- уровень образования;
- этническая структура;
- семейная структура.

Требования и нормы по охране здоровья человека и окружающей среды определяются стандартами, правилами, рекомендациями меж-

дународных, государственных и общественных организаций, международными экологическими регламентами и нормами [2].

Главным показателем здоровья, в первую очередь, является средняя ожидаемая продолжительность жизни. Для европейца этот норматив составляет  $89 \pm 5$  лет (рис. 1).

Из данного рисунка видно, что

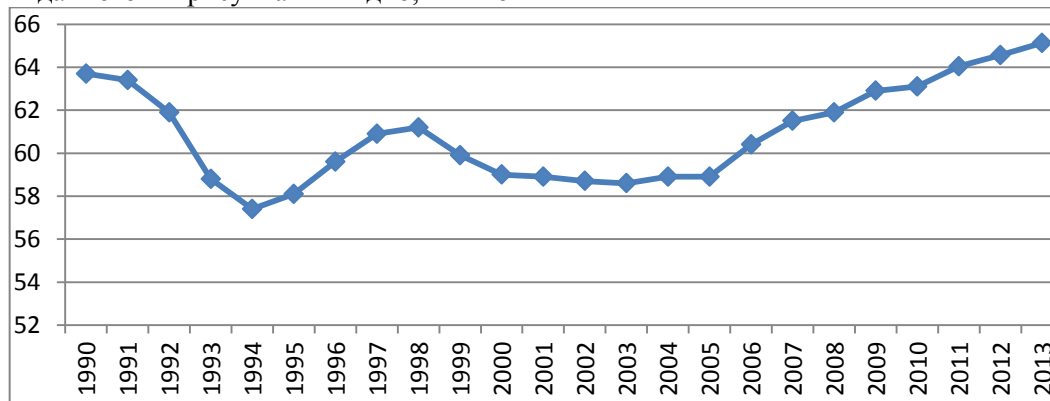


Рис. 1. Средняя продолжительность жизни в Российской Федерации за 1990-2013 годы

Резюмируя изложенное выше, отмечаем, что проблемы экологической безопасности и рационального природопользования неразрывно связаны с социально-экономическим развитием общества и им обусловлены. При этом развитие производственных мощностей в стране коррелирует с вопросами охраны здоровья, созданием благоприятных условий для жизнедеятельности и естественного воспроизводства населения в настоящем и будущем.

В связи с этим необходимо акцентировать внимание на воздействии хозяйственной деятельности на окружающую среду в Российской

Федерации (табл. 1). Так, в Российской Федерации образование отходов производства и потребления с каждым годом возрастает, что является отражением не только отсутствия утилизационных установок и сооружений, но и их сокращение в течение рассмотренного периода. Однако следует отметить, что выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников и заборы воды из природных водных объектов для использования, за исследуемый период имеет тенденцию снижения, что позитивно влияет на состояние окружающей среды.

Федерации (табл. 1). Так, в Российской Федерации образование отходов производства и потребления с каждым годом возрастает, что является отражением не только отсутствия утилизационных установок и сооружений, но и их сокращение в течение рассмотренного периода. Однако следует отметить, что выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников и заборы воды из природных водных объектов для использования, за исследуемый период имеет тенденцию снижения, что позитивно влияет на состояние окружающей среды.

Таблица 1

**Основные показатели, характеризующие воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации, за 2005, 2010-2013 годы [6]**

	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Тр., %	
						2005 г.	2013 г.
Заборы воды из природных водных объектов для использования, млрд м <sup>3</sup>	69,3	69,7	66,0	64,0	63,0	90,1	98,4
Сброс загрязненных сточных вод, млрд м	17,7	16,5	16,0	15,7	15,6	88,1	99,3
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, млн т	20,4	19,1	19,2	19,6	18,4	90,2	93,9
Образование отходов производства и потребления, млн т	3036	3735	4303	5008	5153	169,7	102,9

Кроме того, акцентируем внимание на том, что поверхностные источники питьевой воды ежегодно подвергаются загрязнению сульфатами, хлоридами, общим азотом, нитратами, жирами и маслами, поэтому обеспечение населения питьевой водой из поверхностных источников представляет все большую опасность. Около 50% россиян вынуждены использовать для питья воду, которая не соответствует санитарно-

гигиеническим нормам по ряду показателей. Так, качество воды 75 % водных объектов Российской Федерации не отвечает нормативным требованиям, подтверждением этого являются данные приведенные в таблице 2. В частности, количество общего азота и нитратов в водоёмах Российской Федерации за исследуемый период увеличились соответственно на 4 % и 16,8 %.

В табл. 2 представлены результаты анализа поступления загрязняющих веществ со сточны-

ми водами в водоемы Российской Федерации за 2005, 2010...2013 годы.

Таблица 2

**Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы  
Российской Федерации за 2005, 2010-2013 годы [6]**

Показатели	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Тр., % 2013 г. к	
						2005 г.	2012 г.
Объем сброса сточных вод, млрд м <sup>3</sup>	50,9	49,2	48,1	45,5	42,9	84,2	94,2
В составе сточных вод сброшено:							
сульфатов, млн т	2,2	1,9	1,9	2,0	1,8	81,8	90
хлоридов, млн т	6,7	5,7	5,4	5,6	5,7	85,1	101,8
общего азота, тыс. т	34,5	36,5	34,2	32,0	35,9	104,0	112,1
нитратов, тыс. т	374,7	366,4	409,9	434,2	437,9	116,8	100,8
жиров и масел, тыс. т	8,1	4,1	3,4	2,9	2,8	34,5	96,5

Далее отмечаем, что в гидросферу ежегодно сбрасывают энергетические, промышленные, бытовые и другие виды сточных вод. В воду попадают нефть и продукты ее переработки, фенолы, органические вещества, соединения меди и цинка.

В таблице 3 представлена динамика объема сброса сточных вод в поверхностные водоемы по видам экономической деятельности в Российской Федерации за 2005, 2010...2013 годы.

Динамика объема сброса сточных вод в Российской Федерации за исследуемый период уменьшилась, а при добыче полезных ископаемых возросла. Отмеченный рост оказывает негативное влияние на экологию, причем не только на водные ресурсы, но и на земельные, например, добыча большого числа полезных ископаемых приводит к разрушению почвы земли [2].

Таблица 3

**Объем сброса сточных вод в поверхностные водоемы  
по видам экономической деятельности в России за 2005, 2010-2013 годы [6], (млрд м<sup>3</sup>)**

	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Тр., % 2013 г. к	
						2005 г.	2012 г.
Объем сброса сточных вод – всего	50,9	49,2	48,1	45,5	42,9	84,2	94,2
из них по видам экономической деятельности:							
рыболовство, рыбоводство	4,7	4,2	3,8	3,3	2,9	61,7	87,8
добыча полезных ископаемых	1,9	1,3	1,3	1,3	1,3	42,1	100
обрабатывающие производства							
из них:							
производство пищевых продуктов, включая напитки, и табак	0,2	0,1	0,1	0,09	0,09	45	100
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	100	100
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	34,9	35,7	35,3	33,5	31,5	90,2	94,1
транспорт и связь	0,31	0,2	0,2	0,2	0,2	66,6	100
здравоохранение и предоставление социальных услуг	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	100	100

Надо признать, что не только вода подвергается постоянному негативному антропогенному воздействию, но и атмосферный воздух, результаты анализа которого представлены в таблице 4, где отражена динамика показателей как по Российской Федерации, так и по Белгородской области.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, как в целом по Российской Федерации, так и по Белгородской области снижаются, что наглядно демонстрируют данные, приведенные в таблице 4. Это связано с ужесточением мер по охране

окружающей среды. Однако наиболее остро проблема экологического состояния атмосферного воздуха проявляется в городах, где на относительно незначительной территории сконцентрировано большое количество промышленных объектов, например, в отдельных частях Белгородской области.

Резюмирую изложенное выше, отмечаем, что одной из приоритетных проблем государства в контексте экологической безопасности является сохранение и оздоровление окружающей среды, поэтому важными направлениями улучшения окружающей среды как в целом по

Российской Федерации, так и по Белгородской области, в частности являются:

- разумное использование природных ресурсов;
- экологическое воспитание подрастающего поколения;
- прекращение загрязнения экологии за счёт повышения степени безопасности технологического производства;

– уменьшение радиоактивного загрязнения окружающей среды;

- надежное и безопасное для окружающей среды и здоровья человечества хранение, перевоз, уничтожение запасов химического оружия;
- поиск инновационных способов производства продукции, которые будут отличаться своей безопасностью для состояния здоровья населения и экологии в целом.

Таблица 4

**Выброс в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников  
в Российской Федерации и Белгородской области 2005, 2010-2013 годы  
(значение в показателях за год, тыс. т) [6]**

	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Тр., % 2013 г. к	
						2005 г.	2012 г.
Российская Федерация	20 425,36	19 115,59	19 162,32	19 630,29	18 446,54	90,3	93,9
Белгородская область	102,02	132,41	134,5	133,97	117,72	115,3	87,8

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегические императивы и детерминанты экономики современной России: монография /С.Н. Глаголев, Ю.А. Дорошенко, А.Я. Аркатов и др.; под общ. ред. Ю.А. Дорошенко. – Белгород: изд-во БГТУ, 2014. 239 с.

2. Глаголева Н.Н., Солошенко Ю.А. Экономико-статистическая оценка демографической безопасности Белгородской области // Научные достижения молодых исследователей: материалы международной студенческой научной конференции. 7-11 апреля 2014 г.: в 4 ч. Белгород: Издательство БУКЭП, 2014. Ч. 2. С. 279-287.

3. Журавлева Н.В., Лихошерстова Г.Н. Социально-экономическое развитие региона на основе использования кластерных технологий // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. №3 (43). С. 199-206.

**Glagoleva, N. N., Matveyeva O.P.**

### ENVIRONMENTAL SECURITY AS A FACTOR OF ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE COUNTRY

*Implementation of the modernized development priorities of Russia and its regions is only possible in the economically secure environment, with a glance to growing share of the shadow economy and globalization processes. Ecological safety is one of economic security areas, the purpose of which is to create a favorable habitat and comfortable living conditions.*

*The article estimates environmental indicators in Russia and Belgorod Region over a period of 2005-2013. Preservation and improvement of the environment is one of the priority problems of the state, so the article reflects activities aimed at improving of the environment situation in Russia in general and in the Belgorod region in particular.*

**Key words:** *environmental safety, health indicators, life expectancy of the population, the concept of environmental security, its classification, indicators of ecological security of the country.*

ции, экономики и права. 2012. №3 (43). С. 199-206.

4. Матвеева О.П., Прушковская Е.Е. Повышение жизненного уровня населения на основе развития внутреннего рынка продовольственных товаров стран Таможенного союза // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 3 (51). С. 264-272.

5. Прижигалинская, Т.Н., Терновский Д.С., Пьянкова М.Г. Теоретико-методологические основы исследования стратегического потенциала организаций потребительской кооперации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. №2 (50). С. 83-89.

6. Федеральная служба государственной статистики// Интернет-ресурс: [www.gks.ru](http://www.gks.ru).

## НАШИ АВТОРЫ

**Логанина Валентина Ивановна**

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, кафедра «Стандартизация, сертификация и аудит качества».

Тел.: (8412) 92-94-78; e-mail: loganin@mai.ru

**Алфимова Наталия Ивановна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: alfimovan@mail.ru

**Выскребенцев Владимир Сергеевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра городского кадастра и инженерных изысканий

E-mail: vovagjan@mail.ru

**Колесникова Людмила Ильинична**

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

E-mail: Arh.lik@yandex.ru

**Рыбникова Ирина Александровна**

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

E-mail: 7upa7@mail.ru

**Клюев Сергей Васильевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра сопротивления материалов и строительной механики.

E-mail: Klyuyev@yandex.ru

**Гнездилова Светлана Александровна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра автомобильные и железные дороги

E-mail: gnezdilka@ya.ru

**Гусев Алексей Дмитриевич**

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова 28 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, кафедра «Инженерная экология».

E-mail: Naderevnydeduschke@yandex.ru

**Серых Инна Робертовна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра сопротивления материалов и строительной механики.

E-mail: inna\_ad@mail.ru

**Радоуцкий Владимир Юрьевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях.

E-mail: zchs@intbel.ru



**Рыжкова Ольга Сергеевна**

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

E-mail: archisun@list.ru

**Шошин Евгений Александрович**

Адрес: Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77. Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., кафедра «Строительные материалы и технологии».

E-mail: Shoshin234@mail.ru

**Абакумов Роман Григорьевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: abakumovrg2000@mail.ru

**Горожанкин Валентин Константинович**

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

E-mail: Vk.goro@yandex.ru

**Зобкова Наталья Владимировна**

Адрес: Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77. Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., кафедра «Строительные материалы и технологии».

E-mail: zobkovanv@yandex.ru

**Шаповалов Николай Афанасьевич**

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

E-mail: shap@bstu.ru

**Клименко Василий Григорьевич**

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

E-mail: Klimenko3497@yandex.ru

**Даниленко Елена Петровна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра городского кадастра и инженерных изысканий.

E-mail: danilenko\_er@mail.ru

**Ярмош Татьяна Станиславовна**

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

E-mail: Grand-tanya.@yandex.ru

**Салямова Клара Джаббаровна**

Адрес: Узбекистан, Ташкент 100125 ул. Дурмон йули 3.1 Институт сейсмостойкости сооружений Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.

E-mail: Klara\_51@mail.ru

**Низина Татьяна Анатольевна**

Адрес: Россия, 430000, г. Саранск, ул. Советская, 24. Мордовский государственный университет, кафедра строительных конструкций архитектурно-строительного факультета.

E-mail: nizinata@yandex.ru

**Кузин Илья Юрьевич**

Адрес: Россия, 600000, г. Владимир, ул. Никитская, д. 17. ООО ДИС - Экспертиза промышленной безопасности.

E-mail: dis-vl@mail.ru

**Степанова-Третьякова Наталья Станиславовна**

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

E-mail: tristena@mail.ru

**Черныш Александр Сергеевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра городского кадастра и инженерных изысканий.

E-mail: gkadastr@mail.ru

**Калачук Татьяна Григорьевна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра городского кадастра и инженерных изысканий.

E-mail: gkadastr@mail.ru

**Чернышева Наталья Васильевна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: chernysheva56@rambler.ru

**Аверкова Ольга Александровна**

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

E-mail: olga\_19572004@mail.ru

**Сулейманова Людмила Александровна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительства и городского хозяйства.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

**Семикопенко Игорь Александрович**

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

E-mail: v.s\_bogdanov@mail.ru

**Романович Алексей Алексеевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра подъемно-транспортных и дорожных машин.

E-mail: AlexejRom@mail.ru

**Федоренко Михаил Алексеевич**

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

E-mail: KDSM2002@mail.ru

**Полунин Александр Иванович**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

E-mail: polynin@intbel.ru

**Ломакин Андрей Александрович**

Адрес: Украина, 61003, Харьков, ул. Университетская, 16. Украинская инженерно-педагогическая академия, кафедра металлорежущего оборудования и транспортных систем.

E-mail: DelGado@bk.ru

**Шарапов Рашид Ризаевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра подъемно-транспортных и дорожных машин.

E-mail: ptdm\_zavkaf@mail.ru

**Горлов Александр Семенович**

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

E-mail: belgoras@mail.ru

**Юдин Константин Анатольевич**

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

E-mail: kyudin@mail.ru

**Королев Денис Сергеевич**

Адрес: Россия, 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231 Воронежский институт государственной противопожарной службы МЧС России.

E-mail: otrid@rambler.ru

**Шафоростова Елена Николаевна**

Адрес: Россия, 309512, Белгородская обл., г. Старый Оскол, м/н Макаренко, д.42, каб.420. Старооскольский технологический институт СТИ НИТУ МИСиС, кафедра автоматизированных и информационных систем управления

E-mail: shaf-elena @yandex.ru

**Векшин Виталий Александрович**

Адрес: Украина, 61058, Харьков, пр. Ленина, д. 4 Харьковский национальный медицинский университет, биохимический сектор, центральная научно-исследовательская лаборатория

E-mail: mypostal@rambler.ru

**Кудеярова Нина Петровна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технологии цемента и композиционных материалов.

E-mail: Kudeyarova@intbel.ru

**Зайцев Сергей Викторович**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технологии стекла и керамики.

E-mail: sergey-za@mail.ru

**Гулей Инна Арамовна**

Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85. Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кафедра управления персоналом.

E-mail: gulei@bsu.edu.ru

**Рудычев Анатолий Андреевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций

E-mail: eop@intbel.ru

**Мочалова Яна Викторовна**

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

E-mail: Leschinskaya@bsu.edu.ru

**Трофимова Наталья Владимировна**

Адрес: Россия, 450000, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К Маркса, д.3/4. Башкирский государственный университет, кафедра макроэкономического развития и государственного управления  
E-mail: Trofimova\_nv@list.ru

**Всяких Юлия Владимировна**

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85. Белгородский государственный университет, кафедра финансов и кредитов.  
E-mail: vsyakh@bsu.edu.ru

**Абакумов Роман Григорьевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра экспертизы и управления недвижимостью  
E-mail: abakumovrg2000@mail.ru

**Старикова Мария Сергеевна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра маркетинга  
E-mail: s\_ms@bk.ru

**Дубровина Татьяна Александровна**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедры маркетинга.  
E-mail: t.kos92@mail.ru

**Рамазанов Муслим Азизович**

Адрес: Россия, Республика Дагестан, 367008, г. Махачкала, ул. Д. Атаева, 5. Дагестанский государственный институт народного хозяйства, администратор системы учета и контроля доступом  
E-mail: musikru999@mail.ru

**Божков Юрий Николаевич**

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра менеджмента и внешнеэкономической деятельности  
E-mail: bun\_belgo@mail.ru

Научное издание

**«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»  
№ 5, 2015 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова  
Компьютерная верстка Н.И. Алфимова  
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

**Учредитель журнала** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего и профессионального 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 10.04.15. Подписано в печать 17.08.15 Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 34,17. Уч.-изд. л. 36,75

Тираж 1000 экз. Заказ 286. 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

