

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

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. ШУХОВА

№ 7, 2017 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. Е.И. Евтушенко

Зам. главного редактора: канд. техн. наук, доц. Н.И. Алфимова

Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:

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

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

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

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

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

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

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

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

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

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

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Толыпина Н.М., Рахимбаев Ш.М., Хахалева Е.Н. СТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ГИДРАТАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ЗАПОЛНИТЕЛЕ ИЗ БЕТОННОГО ЛОМА	6
Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., Григоренко Т.И. ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЭПОКСИДНО-КАУЧУКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	10
Щекина А.Ю., Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х. КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИОННОГО ДООБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ	16
Оноприенко Н.Н., Вареникова Т.А. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЦЕВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ГЛИН В СТЕНОВОЙ КЛАДКЕ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ РАСТВОРАМИ	22
Алексанин А.В. ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕЗОЛЮЦИИ ООН	28
Зобкова Н.В., Кизимова О.В. ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКА	32
Римшин В.И., Кузина Е.С., Филькова Н.В. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В ГОРОДЕ МОСКВА В ХОДЕ РАБОТ ПО ПРОГРАММЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА	36
Юрьев А.Г., Зинькова В.А., Смоляго Н.А., Яковлев О.А. ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ	41
Ладик Е.И., Перькова М.В. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	46
Трибунцева К.М. АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРЕПОСТЕЙ И СЛОБОД БЕЛГОРОДСКОЙ ЗАСЕЧНОЙ ЧЕРТЫ	53
Гарькавый К.А., Бегдай С.Н. СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ	58
Рогова Н.С. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	63
Карякин В.Ф., Оноприенко Н.Н., Михайлов М.Г., Кунцев А.С. ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ СУГЛИНКОВ ОТ ИХ ПРИРОДНОЙ ВЛАЖНОСТИ	67
Тарарушкин Е.В. НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВА РАБОЧИХ ЗВЕНЬЕВ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	71

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Калюжнов И.В., Нураков Е.С., Классен В.К. ЗАВИСИМОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КЛИНКЕРА ОТ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ	75
Косухин М.М., Косухин А.М. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ ДИСПЕРСИЯХ И ИХ РОЛЬ В МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ	81
Щекина А.Ю. ВЛИЯНИЕ ФЛОТОРЕАГЕНТА, В СОСТАВЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ, НА СВОЙСТВА ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ	88
Убаськина Ю.А., Коростелева Ю.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДИАТОМИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	92

Вендин С.В., Мамонтов А.Ю.РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ПОДОГРЕВА
БИОМАССЫ В БИОГАЗОВОМ РЕАКТОРЕ

97

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Матусов М.Г., Несмеянов Н.П., Флоринский В.В.

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ БЕТНОСМЕСИТЕЛЯ С НОВОЙ ФОРМОЙ ЛОПАСТЕЙ

100

Качаев А.Е., Чемеричко Г.И.

ДИНАМИКА ПРЕРЫВИСТЫХ ТЕЧЕНИЙ В ДЕЗИНТЕГРАТОРАХ МОКРОГО ПОМОЛА

106

Романович А.А., Чеховской Е.И., Романович М.А., Апухтина И.В.

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ПРИВОДА АГРЕГАТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ

111

Остановский А.А., Осипенко Л.А., Чирской А.С., Мартыненко И.А.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО НЕСООТВЕТСТВИЯ ВЕТВЕЙ

ЗАМКНУТОГО КОНТУРА НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОТОВОГО

ПРОДУКТА В МЕЛЬНИЦАХ ДИНАМИЧЕСКОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СИСТЕМЫ
«МКАД»

116

Минасова В.Е., Любимый Н.С., Чепчуров М.С.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ШЛИФОВАНИЯ

МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СМЫКАНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ
ДЕТАЛЕЙ ПРЕСС-ФОРМ

125

Бондаренко И.Р.

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ НА ВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ПОДАЧАХ

131

Горлов А.С., Петрашев В.И.

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОФАЗНОЙ ЗАДАЧИ

О ВЫСЫХАНИИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ БОЛЬШИХ ЗНАЧЕНИЯХ ВРЕМЕНИ

136

Тетерина И.А., Любимый Н.С., Чепчуров М.С.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ ДЕТАЛИ «ЗВЕЗДОЧКА»

140

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Еременко В.Т., Лякишев А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СИСТЕМЕ

БЕЗОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГА АСУЗ НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИИ УМНЫЙ ДОМ

146

Ковальчук О.А., Леонтьев А.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ЗДАНИЯ

152

Буханов Д.Г., Поляков В.М., Смакаев А.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ART

157

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кикалишвили Д.Г., Демененко И.А.ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

163

Гукова Е.А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ

В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

169

Ситдикова Э.Э.

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ

ОРГАНИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

173

Поспелова Е.А., Черноситова Е.С., Лазарев Е.В.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РОССИЙСКИХ ЦЕМЕНТОВ

180

Старикова М.С., Пономарева Т.Н., Растопчина Ю.Л. ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ	187
Карамышев А.Н. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЙ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ	194
Журавлев П.А., Сборщиков С.Б. К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОГРАММ	198
Реутова М.Н., Реутов Е.В., Шавырина И.В. РЕЦИПРОКНОСТЬ В СОЦИАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЯХ: НЕРЫНОЧНЫЙ ОБМЕН РЕСУРСАМИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ	202
Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А., Максимчук Е.В. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА КРИПТОВАЛЮТЫ БИТКОИН	207
Затолюкина Н.М., Харченко Т.В. КОМПЛЕКСНЫЕ КАДАСТРОВЫЕ РАБОТЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА	214

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/article_5940f017098708.32121774

Толыпина Н.М., канд. техн. наук, доц.,
Рахимбаев Ш.М., д-р техн. наук, проф.,
Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ГИДРАТАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ЗАПОЛНИТЕЛЕ ИЗ БЕТОННОГО ЛОМА

hahaleva@intbel.ru

В последнее время в России образуется ежегодно около 6 млн. тонн отходов бетона и железобетона. В связи с программой реновации жилья специалисты прогнозируют прирост отходов из бетонного лома при разборке зданий и конструкций до 15–17 млн. т в год. Исследования по вторичному использованию бетона проводятся в нашей стране, Японии, США. Установлено влияние заполнителя из бетонного лома на эксплуатационные характеристики бетона. Особенности заполнителя из бетонного лома в основном обусловлены тем, что после дробления бетона на зернах заполнителя остаются слои растворенной составляющей или тонких пленок гидратных фаз, что обуславливает повышенную адгезию формирующейся цементной матрицы к заполнителю. В процессе повторного дробления большая часть цементной пленки на поверхности кислого заполнителя карбонизируется, благодаря чему в контактной зоне осаждаются как положительно, так и отрицательно заряженные частицы гидратных фаз, что благоприятно сказывается на снижении проводимости контактной зоны для агрессивных ионов и повышении его стойкости. В работе показана возможность использования вторичного бетона для бетонных изделий, контактирующих с сульфатными средами.

Ключевые слова: бетон, заполнитель, бетонный лом, химическая коррозия, стойкость, цементная матрица.

Введение. После дробления бетона на зернах заполнителя остаются слои в виде растворенной составляющей или тонких пленок гидратных фаз. Это обеспечивает повышенную адгезию цементной матрицы бетона к заполнителю, которая увеличивается в ряду: кварц < известняк < клинкер. Благодаря этому изделия на основе бетонного лома характеризуются повышенными деформативностью, трещиностойкостью, стойкостью к динамическим нагрузкам и т.д. [1]. К недостаткам следует отнести то, что бетоны на таком сырье отличаются повышенным расходом цемента и колебанием свойств, что обусловлено неоднородностью по составу и свойствам бетонного лома. Это требует проведения постоянного контроля зернового состава, средней плотности, пористости, пустотности, формы зерен, их прочности и др. Из-за наличия на поверхности дробленого бетона растворной части повышается водопотребность бетонной смеси, поэтому необходимо применять добавки-суперпластификаторы.

На производство щебня из бетона требуется в 8 раз меньше расхода топлива, чем при его добыче в природных условиях, при этом себестоимость бетона снижается на 25 %. Использование бетонного и железобетонного лома в производстве строительных материалов, изделий и конструкций требует тщательного отбора ис-

ходных бетонных и железобетонных конструкций [2–3]. Установлено влияние заполнителя из бетонного лома на процессы структурообразования в бетоне, на эксплуатационные свойства бетонов, такие как пористость, трещиностойкость, морозостойкость [4–10] и др.

Однако, влияние данного вида заполнителя на коррозионную стойкость бетонов мало изучено, особенно в условиях химической коррозии [11–13]. Ниже излагаются результаты исследований по данному вопросу.

Методика. Исследования по влиянию вторичного заполнителя на коррозионную стойкость бетона проводили на образцах размером 2,5×2,5×10 см состава Ц:П=1:3, которые после предварительного твердения помещали в 1 %-ный раствор сульфата магния, затем после 1, 3, 6 и 12 мес испытаний определяли прочность, параллельно определяли фазовый состав продуктов коррозии (РФА) и микроструктуру корродированной зоны (РЭМ). В качестве эталона использовали образцы состава 1:3 на природном кварцевом песке [14].

Для исследований использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (ЗАО «Белгородский цемент»), кварцевый песок (ГОСТ 8736–93) ЗАО «ПП «Гидромехстрой» карьер «Майская Заря» ($M_{кр} = 1,65$), мелкий заполнитель ($M_{кр}=2,5$), полученный измельчением на лабораторной щеко-

вой дробилке образцов бетона марок М 300 и М 400, изготовленных на заполнителе из гранита Павловского карьера Воронежской области и кварцевого песка Нижнеольшанского месторождения, твердевших в течение года. Химический состав бетонного лома, %: SiO_2 – 55,91; CaO – 15,36; Al_2O_3 – 8,65; K_2O – 1,81; Fe_2O_3 – 1,55; Na_2O – 1,54; MgO – 0,86; SO_3 – 0,78. По данным рентгенофазового анализа установлено наличие минералов, характерных для крупного и мелкого заполнителя: кварца (4,26; 3,34; 2,46; 1,82; 1,54 Å), полевых шпатов (микроклин, альбит) (3,24; 3,19 Å), биотита (10,069 Å); минералы цементного камня в основном представлены портландитом (4,92 Å).

Основная часть. После дробления бетона на зернах заполнителя остаются слои в виде растворной составляющей или тонких пленок гидратных фаз, что обеспечивает повышенную адгезию цементной матрицы бетона к заполнителю. При этом большая часть цементной пленки, прочно закрепившейся на поверхности кислого заполнителя из кварцевого песка, гранита и других кислых силикатов в процессе предыдущей эксплуатации и повторного дробления карбонируется. Часть активных центров, имеющих отрицательный заряд, нейтрализуется, блокируется ионами Ca^{2+} , в результате электроповерхностный заряд зерен заполнителя бетонного ло-

ма оказывается смещенным в положительную область, поэтому в контактной зоне осаждаются как положительно, так и отрицательно заряженные частицы гидратных фаз. В результате этого контактная зона бетонного лома обладает меньшей проводимостью для агрессивных ионов, что положительно сказывается на стойкости бетона [15].

Результаты испытаний приведены на рисунках 1–3. Установлено, что коррозионная стойкость образцов бетона с заполнителем из бетонного лома в 1 %-ном растворе сульфата магния больше в 1,2 раза, чем на кварцевом песке (рис. 2). Прочность при сжатии образцов на бетонном ломе перед испытаниями была выше прочности образцов-эталонов на кварцевом песке на 32,4 %. После набора прочности при сжатии в течение первых 3-х месяцев, она снижается и к 6 мес превышала всего на 11 % прочность образцов-эталонов. После 3-х мес испытаний образцы на бетонном ломе продолжают набирать прочность при изгибе от 9,29 до 12,17 МПа, в то время как у образцов на кварцевом песке наблюдается снижение прочности с 10,24 до 9,24 МПа. Коэффициент стойкости образцов бетона на заполнителе из бетонного лома через 180 сут испытаний составил $\text{KC}_{180}=1,42$ по сравнению с бетоном на кварцевом песке $\text{KC}_{180}=0,95$.

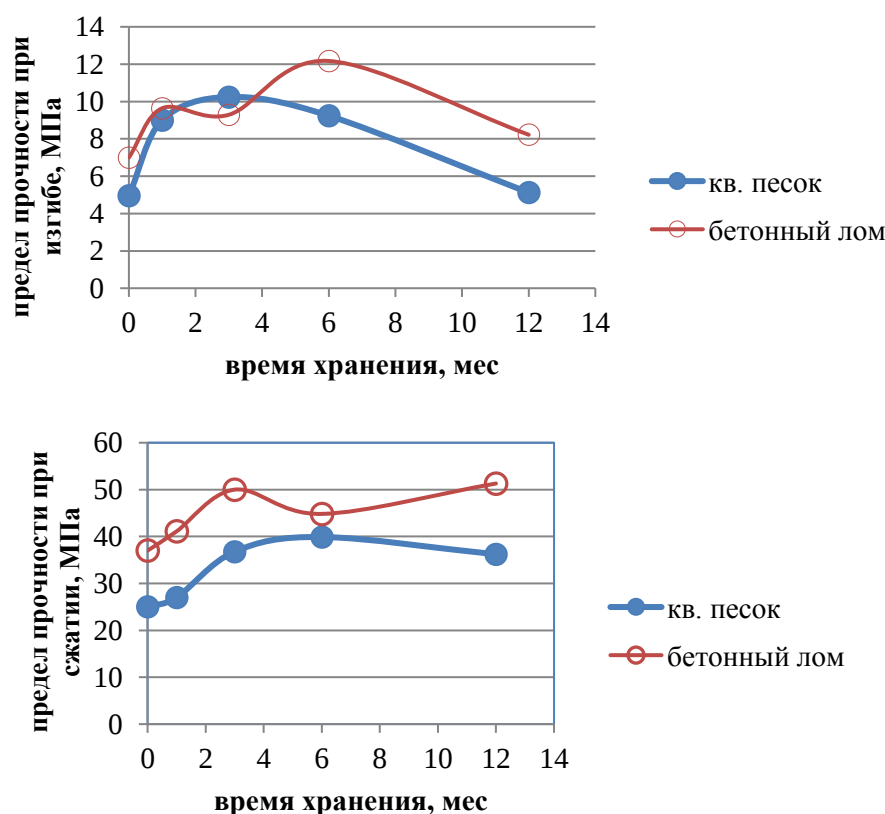


Рис. 1. Кинетика твердения образцов мелкозернистого бетона с различным заполнителем в 1 %-ном растворе сульфата магния

Через 12 мес. испытаний прочность при изгибе и сжатии образцов бетона на заполнителе из бетонного лома продолжала оставаться выше, чем у образцов на кварцевом песке. Разница по прочности при изгибе, как наиболее чувствительного показателя при коррозионных испытаниях увеличилась до 38 %, что говорит о преимуществе заполнителя из бетонного лома при воздействии сульфатно-магниевых сред. При этом коэффициент стойкости составил $K_{C360}=0,86$ по сравнению с бетоном на кварцевом песке $K_{C360}=0,78$.

На микрофотографиях контактной зоны бетонного лома с корродированным цементным камнем (рисунок 2) видны беспорядочно расположенные глобулы гидроксида магния и удлиненные кристаллы гипса. Снимок показывает, что контакт поверхности заполнителя из бетонного лома с цементной матрицей бетона не нарушен процессами коррозии, его поверхность имеет форму четкой прямой линии и зазор между заполнителем и цементным камнем находится в наноразмерной области.

На рисунке 3 изображена поверхность контакта частицы кварцевого песка с новообразова-

ниями цементного камня. На контакте с частицей песка находится слой продуктов коррозии толщиной более 5 мкм, который явно состоит из 2-х компонентов: первый представлен слоем одинаковой толщины, второй – мелкозернистым тонким слоем, который находится на поверхности первого.

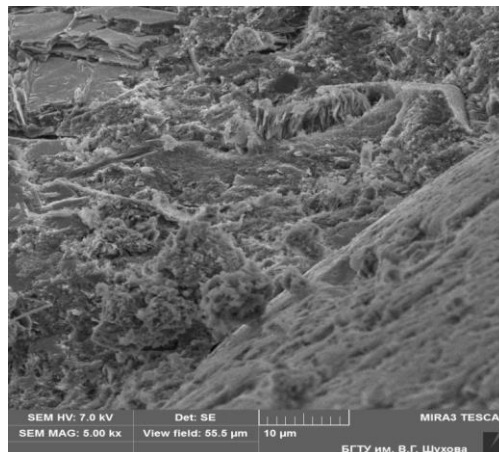


Рис. 2. Контактная зона между заполнителем из бетонного лома и цементной матрицей в образцах, корродированных в растворе сульфата магния

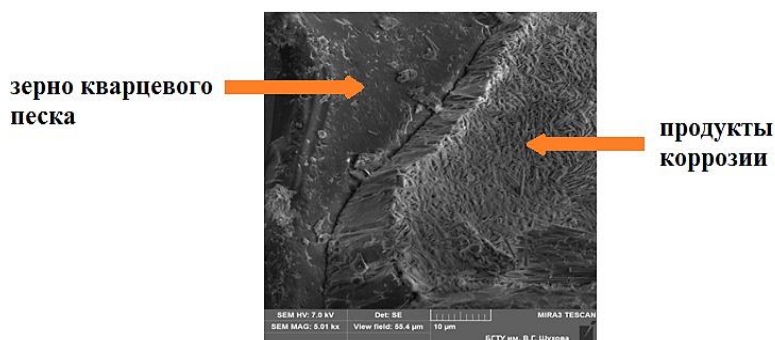


Рис. 3. Кристаллизация продуктов коррозии в зоне контакта кварцевого песка

Это может быть обусловлено последовательностью кристаллизации продуктов коррозии: гидроксида магния, гипса и этtringита.

Выводы. Резюмируя изложенное, необходимо отметить, что экспериментальные исследования подтверждают предварительные заключения авторов, сделанные из общетеоретических соображений, что бетонный лом обладает признаками активного заполнителя, что обусловлено химическим сродством гидратных образований на поверхности заполнителей, поэтому на микрофотографиях видна поверхность раздела наноразмерного характера между зерном заполнителя и цементной матрицей. Заполнитель из бетонного лома повышает коррозионную стойкость бетона в высокоагрессивных магниевых-сульфатных средах по сравнению с традиционным заполнителем из кварцевого песка. Это позволяет рекомендовать заполнитель из бетонного лома для изделий и конструкций подзем-

ных сооружений, контактирующих с агрессивными грунтовыми водами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Батаев Д.К.-С. Энерго- и ресурсосберегающие материалы и технологии для ремонта и восстановления зданий и сооружений. М: Издательство «Комтех-Принт», 2006. 235 с.
2. Баженов Ю.М., Муртазаев С.-А.Ю. Эффективные бетоны и растворы для строительных и восстановительных работ с использованием бетонного лома и отвалных зол ТЭС // Вестник МГСУ. 2008. №3. С. 124–128.
3. Батаев Д.К.-С., Муртазаев С.-А.Ю., Исмаилова З.Х. Составы и свойства бетонов на основе отходов промышленности // Труды ГГНИ им. акад. М.Д. Миллионщикова: ГГНИ, Грозный. 2007. Вып.7. С. 108–115.

4. Курочка П.Н., Мирзалиев Р.Р. Бетоны с заполнителем из продуктов дробления вторичного бетона // Вестник РГУПС. 2012. №3. С.140–147.
5. Калыгин А.А., Фахратов М.А., Сохряков В.И. Опыт использования отходов дробленого бетона в производстве бетонных и железобетонных изделий // Строительные материалы. 2010. №6. С.32–33.
6. Кикава О.Ш., Соломин И.А. Переработка строительных отходов. М.: Сигнал, 2000. 84 с.
7. Yoshio K. Studies into the reuse of demolished concrete in Japan // EDA/RILEM Conference «Reuse of concrete and brick materials», 1985. P. 342–348.
8. Boesmans B. Crushing and separating techniques for demolition material // EDA/RILEM Conference «Reuse of concrete and brick materials», 1985. P. 218–222.
9. Kenai S., Debieb F. Caracterisation de la durabilité des betons recycles a base de gros et fins granulates de briques et de beton cncassés // Mater. And Struct. 2011. 44. № 4. P.815–824.
10. Lovato P.S., Possan E., Denise C., Masuero A. Modelling of mechanical properties and durability of recycled aggregate concretes // Concr. And Build. Mater. 2012. 26. №1. P.437–447.
11. Карпачева Е.Н., Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Коррозия мелкозернистых бетонов в агрессивных средах сложного состава. Germany: Saarbrücken: LAB LAMBERT, 2012. 90 с.
12. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 250 с.
13. Хахалева Е.Н., Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонных конструкций промышленных предприятий: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 84 с.
14. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Методы оценки коррозионной стойкости цементных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 23–24.
15. Толыпина Н.М. К вопросу о взаимодействии цементной матрицы с заполнителями // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 6–1. С. 81–85.

Tolypina N.M., Rakhimbayev S.M., Khakhaleva E.N.

**THE MATERIALS ARE RESISTANT HYDRATION HARDENING THE FILLER
CONCRETE SCRAP**

Recently in Russia produces annually about 6 million tons of waste concrete and reinforced concrete. In connection with the program of renovation of housing experts predict the increase in waste from concrete waste when dismantling buildings and structures up to 15–17 million tonnes per year. Research on recycling of concrete is carried out in our country, Japan, USA. The influence of aggregate from concrete waste on the performance of concrete. Features of aggregate from concrete waste is mainly due to the fact that after crushing of concrete on the grain filler remain in the layers of mortar component, or of thin films of hydrated phases, which causes an increased adhesion of the formed cement matrix to the filler. In the process of re-crushing a large part of the cement film on the surface of the acidic filler carbonitride, so that in the contact zone are deposited both positively and negatively charged particles of hydrated phases, which is beneficial to the reduction of the conductivity of the contact zone for aggressive ions and increasing its durability. The paper shows the possibility of using recycled concrete for concrete in contact with sulfate environments.

Key words: concrete, filler, concrete scrap, chemical corrosion resistance, the cement matrix.

Толыпина Наталья Максимовна, кандидат технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Рахимбаев Шарк Матрасулович, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Хахалева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: hahaleva@intbel.ru

Кочергин Ю.С., д-р техн. наук, проф.,
Золотарева В.В., канд. техн. наук, доц.,
Григоренко Т.И., канд. техн. наук

Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЭПОКСИДНО-КАУЧУКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

viktoria802@gmail.com

Исследовано влияние дисперсных наполнителей на износ эпоксидно-каучуковых композиционных материалов на основе продуктов реакции этерификации эпоксидной смолы с жидким карбоксилатным каучуком. Показано, что величина эффекта зависит от твердости наполнителя, химической природы отвердителя и температурного режима отверждения композиции. Результаты проведенных исследований нашли практическую реализацию в виде мастик для защиты металлических поверхностей динамических турбомашин от износа.

Ключевые слова: эпоксидная смола, жидкий карбоксилатный каучук, дисперсный наполнитель, отвердитель, износ, способ защиты от износа шахтных гидронасосов.

Введение. Ранее [1, 2] нами были представлены результаты исследований износостойкости эпоксидных композиционных материалов в зависимости от молекулярной массы смолы и содержания модифицирующих добавок жидких каучуков. На практике весьма эффективным способом повышения физико-механических свойств эпоксидных полимеров (ЭП) является введение в их состав дисперсных наполнителей с размерами частиц от 1 до 100 мкм [3–7]. При этом влияние наполнителей на структуру и свойства сетчатых полимеров проявляется как в кинетическом аспекте (за счет изменения скорости и глубины реакций отверждения в граничных слоях и в объеме), так и в релаксационном аспекте (за счет ограничения в сформированном ЭП молекулярной подвижности в результате воздействия энергетического и энтропийного факторов). Множество одновременно происходящих процессов в наполненных реакционных системах усиливает структурную неоднородность граничных слоев в сетчатых полимерах и вызывает большие сложности в их изучении и возможности направленного управления ими.

Имеющиеся литературные данные по наполнению ЭП весьма противоречивы и на их основе довольно трудно составить однозначные представления о структуре, свойствах граничных слоев и их вкладе в свойства всей системы. Это в значительной мере ограничивает реализацию всех возможностей наполнения в качестве эффективного метода физико-химической модификации ЭП. Исследованию влияния наполнителей на свойства модифицированных каучуками ЭП посвящено несколько публикаций [8–10]. В частности, в работе [10] показано, что введение в эпоксидно-каучуковые полимеры

(ЭКП) дисперсных наполнителей снижает вязкость разрушения вследствие уменьшения в материале объема матрицы с высокой вязкостью разрушения. Так, базовая смола имеет поверхностную энергию разрушения 300 Дж/м^2 , и после введения стеклосфер её величина повышается до 400 Дж/м^2 . В случае эпоксидной смолы, модифицированной каучуком, после введения в неё стеклосфер поверхностная энергия разрушения, наоборот, снижается с 840 до 560 Дж/м^2 . При этом наполнение ЭКП способствует небольшому повышению температуры стеклования T_g (на $\sim 6^\circ\text{C}$), уменьшению прочности при растяжении и деформации при разрыве [8]. Помимо влияния на физико-механические свойства, наполнитель может также способствовать повышению термодинамической устойчивости системы [11], что представляет определенный интерес с точки зрения влияния границы раздела с твердым телом на фазовые равновесия в бинарных полимерных системах.

Данные о влиянии наполнителей на трибо-технические характеристики эпоксидно-каучуковых композиций в настоящее время практически отсутствуют. Учитывая высокие адгезионные свойства, ударо-, вибро- и трещиностойкость эпоксидно-каучуковых полимеров, представляло несомненный интерес провести их исследования в качестве матрицы для получения наполненных износостойких материалов.

Целью работы является исследование влияния дисперсных наполнителей на износостойкость композиционных материалов на основе эпоксидных полимеров, модифицированных карбоксилатным олигобутадиеновым каучуком.

Методология. В качестве эпоксидной смолы для исследования была использована про-

мышленная диановая смола марки ЭД-20 с молекулярной массой 400 и содержанием эпоксидных групп 21,4 %. В качестве жидкого каучука был выбран карбоксилированный сополимер олигобутадиена с акрилонитрилом марки СКН-30КТР с молекулярной массой 3200, содержанием акрилонитрила 27,1 %, концентрацией карбоксильных групп 2,97 %. Для усиления эффекта модифицирования смешение эпоксидной смолы с каучуком проводили при температуре 160 °С в течение двух часов [8].

В качестве отвердителей эпоксидных смол использовали диэтилентриамин (ДЭТА), тетраэтиленпентамин (ТЭПА), моноцианэтилированный диэтилентриамин марки УП-0633М, полиоксипропилентриамин марки Т-403, аминотилфенол марки УП-583Д и полиоксипропилендиамин Д-230.

Наполнителями служили кварц пылевидный марки КП-3, диоксид титана, пигментированный марки РО-2, молотый карбонат кальция марки Омиакарб-5А, графит литейный скрытокристаллический ГЛС-3, порошок железный, оксид хрома, оксид алюминия и микробарит.

Отверждение композиций вели по следующим режимам: холодное отверждение

(20 ± 2) °С/240 ч (режим I) и отверждение с термообработкой (20 ± 2) °С/24 ч + 120 °С/3 ч (режим II).

Показатель истирания (I) определяли по ГОСТ 11012-69 на машине типа АРГИ (Германия). Плотность образцов (ρ) измеряли методом градиентной колонки по ГОСТ 15139-69. Тангенс угла механических потерь (tgδ) измеряли на установке ДМА 983 термоаналитического комплекта DuPont 9900.

Основная часть. Результаты исследований влияния наполнителей на свойства ЭКП представлены в табл. 1 и 2. Отметим при этом, что значительное различие в содержаниях разных наполнителей связано с тем, что наполнители брались в таком количестве (по массе), чтобы обеспечивать примерно одинаковую технологическую вязкость композиций. Учитывая большое различие в плотностях наполнителей, можно в первом приближении считать, что при весьма существенных различиях в массовом содержании наполнителей, их объемное содержание примерно одинаковое (около 20 % объемных).

Таблица 1

Влияние наполнителей на свойства эпоксидно-каучуковых полимеров¹⁾

Наполнитель	Содержание наполнителя, масс. ч	Показатель истирания, мм ³ /м	Плотность, кг/м ³	Г* · 10 ⁶ , кг/м
Графит	0	13,4 / 11,5 ²⁾	1105 / 1104	14,8 / 13,8
	25	13,2 / 13,6	1226 / 1225	16,2 / 16,7
Кварц пылевидный	37,5	12,0 / 11,0	1310 / 1311	15,7 / 14,4
Диоксид титана	25	15,9 / 14,9	1267 / 1269	20,1 / 18,9
Нитрид бора	62,5	26,7 / 27,0	1285 / 1296	34,3 / 35,0
Омиакарб-5	62,5	16,1 / 10,9	1435 / 1413	23,1 / 15,4
Оксид хрома	62,5	14,8 / 12,5	1608 / 1616	23,8 / 20,2
Железный порошок	100	8,5 / 7,5	1902 / 1934	16,1 / 14,5

Примечания:

¹⁾ каучук СКН-30, содержание 25 масс. ч. на 100 масс. ч. эпоксидной смолы ЭД-20; отвердитель ДЭТА

²⁾ до черты – отверждение по режиму I, после черты – по режиму II.

Таблица 2

Влияние наполнителей на свойства эпоксидно-каучуковых полимеров¹⁾

Наполнитель	Содержание наполнителя ²⁾ , масс. ч	Показатель истирания, мм ³ /м	Плотность, кг/м ³	Г* · 10 ⁶ , кг/м
Графит	0	17,0 / 13,4 ³⁾	1088 / 1167	18,5 / 14,6
	25	15,0 / 14,4	1178 / 1164	18,7 / 16,8
Кварц пылевидный	37,5	15,0 / 13,5	1235 / 1204	18,5 / 16,3
Карбонат кальция	62,5	13,1 / 13,5	1344 / 1342	17,6 / 18,1
Железный порошок	100	10,5 / 9,0	1867 / 1888	19,6 / 17,0

Примечания:

¹⁾ содержание каучука СКН-30 25 масс. ч. на 100 масс. ч. эпоксидной смолы ЭД-20; отвердитель Т-403

²⁾ на 100 масс. ч. смоляной части;

³⁾ до черты – отверждение по режиму I, после черты – по режиму II

Как видно из данных табл. 1 и 2, наполнители по-разному влияют на линейный износ (I)

композиций. Для систем, отвержденных ДЭТА (табл. 1), одни наполнители (кварц пылевидный

и особенно железный порошок) способствуют снижению величины I , другие (диоксид титана и нитрид бора особенно) увеличивают износ, а третьи (графит, карбонат кальция и оксид хрома) почти не влияют на величину I . В то же время из-за большой плотности наполненных композиций массовый износ $I^* = \rho I$ для всех исследованных наполнителей выше, чем у базового образца (без наполнителя).

В случае образцов, отвержденных полиоксипропилен триамином Т-403, для всех исследованных наполнителей линейный износ ниже, чем у базового образца (для композиций, отвержденных без подогрева) и примерно такой же, как у базового для термообработанных образцов (за исключением образца, наполненного железным порошком, у которого показатель I заметно

ниже). Массовый износ I^* для всех наполненных композиций примерно такой же, как у базового образца, в случае отверждения по режиму I и несколько выше для композиций, отвержденных по режиму II .

Данные о влиянии химической природы отверждающих агентов на износостойкость наполненных молотым карбонатом кальция эпоксидно-каучуковых композиций представлены в табл. 3. Видно, что в случае отверждения образцов при комнатной температуре (режим I), для обеспечения большей износостойкости более предпочтительны полиоксипропиленамины Т-403 и Д-230, а также ТЭПА. Если же образцы подвергаются термообработке, то наименьший износ присущ образцам, отвержденным ДЭТА и ТЭПА.

Таблица 3

Влияние химической природы отвердителя на свойства эпоксидно-каучукового полимера, содержащего Омиакарб-5¹⁾

Тип отвердителя	Показатель истирания, мм ³ /м	Плотность, кг/м ³	$I^* \cdot 10^6$, кг/м
ДЭТА	16,1 / 10,9 ²⁾	1435 / 1413	23,1 / 15,4
Т-403	13,1 / 13,5	1344 / 1342	17,6 / 18,1
Д-230	13,3 / 14,1	1346 / 1347	17,9 / 19,0
ТЭПА	13,0 / 10,6	1408 / 1401	18,3 / 14,8
УП-0633М	15,8 / 14,5	1392 / 1389	22,0 / 20,1
УП-583Д	17,1 / 11,8	1374 / 1376	23,5 / 16,2

Примечания:

¹⁾ содержание каучука СКН-30 составляет 25 масс. ч. на 100 масс. ч. эпоксидной смолы ЭД-20; содержание Омиакарб-5 – 62,5 масс. ч. на 100 масс. ч. смоляной части;

²⁾ до черты – отверждение по режиму I , после черты – по режиму II .

Методом динамической механической спектроскопии установлено, что наполнители оказывают влияние как на температуру стеклования (α -релаксация), так и на релаксационные переходы в стеклообразном состоянии эпоксидно-каучукового полимера. На температурных зависимостях тангенса угла механических потерь при введении наполнителей наблюдается небольшое снижение (на 2–5 °С) температуры β -перехода, связанного с расстеклованием каучуковой фазы, и изменение его максимального значения. При этом для оксидов титана и хрома величина $\lg \delta_{\max}$ выше, чем у ненаполненного образца. В случае железного порошка интенсивность β -перехода практически такая же как у базового образца. Для всех наполненных систем экспериментально измеренная величина $\lg \delta$ больше, чем это вытекает из соотношения [12] $\lg \delta_n = \lg \delta_{n0} v_n$ (где индексы n и 0 относятся к чистому и наполненному полимеру, соответственно, v – объемная доля наполнителя), которое выполняется, если потери механической энергии обусловлены только полимерной матрицей. Это обстоятельство свидетельствует о том, что в наполненном полимере имеет место дополнительное рассеяние энергии, которое может быть

связано [13] с трением частиц дисперсного наполнителя между собой или с полимером, а также неоднородностью в распределении частиц.

Результаты проведенных исследований нашли практическую реализацию в виде мастик для защиты металлических поверхностей динамических турбомашин от износа. Как известно, эксплуатационный ресурс горношахтного, горнорудного и строительного гидротехнического оборудования, осуществляющего транспортировку реологических взвесей, в состав которых входят куски горной породы, угля, песка, других твердых тел и частиц, вызывающих гидроабразивное, коррозионное и кавитационно-эрозийное изнашивание машин и механизмов не превышает 3–5 тыс. ч. [14–18]. На главном водоотливе угольных шахт применяются шахтные корпусно-секционные центробежные насосы (КСЦН) в чугунном и стальном исполнении. Основными факторами, снижающими долговечность и потерю рабочих характеристик корпусно-секционных центробежных насосов, являются:

– гидроабразивное изнашивание деталей проточной части, которое способствует росту

объемных потерь, увеличению вибрации, уменьшению производительности и напора КСЦН;

- коррозионное изнашивание под действием химически активных компонентов перекачиваемой гидросмеси (щелочей, солей), которое также приводит к увеличению вибрации и выходу из строя проточной части центробежных насосов;

- кавитационное изнашивание, особенно ярко выраженное на входных элементах шахтных центробежных насосов, способствующее внезапному возникновению вибрации и эрозии поверхностей деталей;

- работа центробежных насосов в режиме повышенной вибрации, связанной с гидродинамической неоднородностью потока, неуравновешенностью деталей ротора, технологическими и конструктивными несовершенствами, в том числе и сборочными.

Реализацию способа защиты проточной части насоса от разрушительного действия высокоминерализованной среды осуществляли следующим способом [19, 20]. Вначале удаляли шероховатость на проточной части насоса. Чтобы металлическая поверхность проточной части была ровной и гладкой, ее тщательно дробили, очищали от загрязнений. Затем проводили модификацию поверхности – наносили промежу-

точный слой, в качестве которого использовали, не содержащие растворителей маловязкие клеевые композиции типа УП-5-233-1Р (ТУ 6-05-241-451-86) или К-153 (ТУ 6-05-1584-86). Последние отверждали при температуре окружающей среды в течение 24-х часов. Затем наносили основной рабочий слой на основе высоконаполненных эпоксидно-каучуковых композиций марок УП-5-233-ИН (ТУ 6-10-145-92) или УП-5-246С (ТУ 6-05-241-412-86). В качестве мелкодисперсных наполнителей полимерной композиции применяли карбид кремния и дисульфид молибдена. Далее проводили отверждение композиций в течение 3–7 суток при комнатной температуре. При этом процесс нанесения промежуточного и рабочего слоев осуществляли в герметичной емкости под давлением, которое превосходит рабочее давление в 1,5–2 раза. Отформованное таким способом покрытие (рис. 1.) является износостойким (износ при трении составляет 10–15 мкм, коэффициент трения – 0,06–0,08), долговечным, гидрофобным и устойчивым к адгезии твердых веществ. Оно позволяет на 3–6 % увеличить коэффициент полезного действия насоса. Это способствует повышению напора насоса при постоянной его производительности и тем самым обеспечивает снижение энергопотребления и сроков окупаемости ремонта насоса.



Рис. 1. Корпус направляющего аппарата насоса КСЦН. Вид на лопаточную систему диффузора. Внутреннее покрытие – композит на основе эпоксидно-каучуковой композиции

Выводы. Установлено, что введение дисперсных наполнителей приводит к снижению стойкости к истиранию эпоксидно-каучуковых полимеров. Величина эффекта зависит от твердости наполнителя, химической природы отвердителя и режима отверждения композиции. Наименьшее снижение стойкости к истиранию наблюдается при использовании в качестве

наполнителей – кварца пылевидного и железного порошка, а в качестве отвердителей – тетраэтиленпентамина, полиоксипропилендиамин и полиоксипропилентриамин. В результате проведенных исследований разработаны мастики для защиты от износа металлических поверхностей динамических турбомашин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Исследование износостойкости эпоксидных композиционных материалов. Часть 1. Влияние молекулярной массы эпоксидиановой смолы // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. №7. С. 42–45.
2. Кочергин Ю.С. В.В. Золотарева, Т.И. Григоренко Износостойкость композиционных материалов на основе эпоксидно-каучуковых полимеров. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №4. С. 10–19.
3. Тростянская Е.Б. Пластики конструкционного назначения (реактопласты). М.: Химия, 1974. 304 с.
4. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров. Казань: Изд-во ПИК «Дом печати», 2004. 446 с.
5. Наполнители для полимерных композиционных материалов: Справочное пособие / Под ред. П.Г. Бабаевского; пер. с англ. М.: Химия, 1981. 736 с.
6. Филлипс Д., Харрис Б. Прочность, вязкость разрушения и усталостная выносливость полимерных композиционных материалов // Промышленные полимерные композиционные материалы. М.: Химия, 1980. С. 50–146
7. Мэнсон Дж. Сперлинг Л. Полимерные смеси и композиты / Под ред. Ю.К. Годовского; пер. с англ. М.: Химия, 1979. 440 с.
8. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., М.К. Пактер, Кучер Р.В. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции. Киев: Наук. думка, 1990. 200 с.
9. Промышленные полимерные композиционные материалы: Пер. с англ. / Под ред. П.Г. Бабаевского. М.: Химия, 1980. 472 с.
10. Daly J.N., Petrick R.A. Rubber-modified epoxy resins: 3. Influence of filler on the dielectric relaxation properties // Polymer. 1982. V.23. №11. P. 1619–1621
11. Липатов Ю.С., Нестеров А.Е., Шифрин В.В. Влияние наполнителя на термодинамику взаимодействия в бинарных смесях полимеров // Докл. АН СССР. 1984. Т. 276. №2. С. 405–408
12. Lewis T.B., Nielsen L. Dynamic mechanical properties of particulate-filled composites // J. Appl. Polym. Sci. 1970. V.14. P. 144–147
13. Hirai T., Kline D.E. Dynamic mechanical properties of graphite-epoxy and carbon-epoxy composites // J. Compos. Mater. 1973. V.7. №2. P. 160–177
14. Паламарчук Н.В., Яр-Мухамедов Ш.Х. Повышение износостойкости деталей щелевых уплотнений // Шахтные турбомашин: Сб. науч. трудов / НИИГМ им. М.М. Федорова. г. Донецк, 1978. Вып. 45. С. 3–7.
15. Нечушкин Г.М. Анализ характерных износов основных деталей шахтных центробежных насосов // Шахтные стационарные установки: Сб. науч. трудов. / ВНИИГМ им. М.М. Федорова. Донецк, 1972. С. 3–8.
16. Алиев Н.А., Манец И.Г., Кочергин Ю.С. Технология применения полимеров при эксплуатации и ремонте оборудования шахт // Уголь Украины. 2004. № 4. С. 55 – 57.
17. Алиев Н.А., Грядущий Б.А. Технологические основы создания высокоресурсных многосекционных насосов // Уголь Украины. 2004. № 10. С. 14–20.
18. Кочергин Ю.С., Григоренко Т.И., Золотарева В.В. [и др.] Опыт применения эпоксидных композиционных материалов для защиты горношахтного оборудования от износа // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 2. С. 11–16.
19. Пат. 80714 Украина, МПК F 04 D 29/66 Способ защиты проточной части насоса от разрушительного действия высокоминерализованной среды / Н.А.Алиев, Ю.С. Кочергин, В.В. Грядущий, И.Г. Манец (Украина). № a2005 0084г: Заявл. 31.01.2005; Оpubл. 25.10.2007, Бюлл. № 17.
20. Пат. 78595 Украина, МПК F 04 D 29/66 Способ защиты проточной части насоса от разрушительного действия высокоминерализованной среды / Ю.С. Кочергин, И.Г. Манец, В.В. Золотарева, Д.П. Лойко (Украина). № u201210737: Заявл. 13.09.2012; Оpubл. 25.03.2013, Бюлл. № 6.

Kochergin Yu.S., Zolotarev V.V., Grigorenko T.I.**THE EFFECT OF DISPERSED FILLERS ON THE WEAR RESISTANCE OF EPOXY-RUBBER COMPOSITES**

Investigated the influence of dispersed fillers on the wear of epoxy-rubber composite materials based on reaction products of esterification of epoxy resin with liquid carboxylated rubber. It is shown that the magnitude of this effect depends on the hardness of the filler, the chemical nature of the hardener and the temperature regime of curing of the composition. The results of these studies have found practical implementation in the form of mastics for protection of metal surfaces of dynamic turbomachines from wear.

Key words: epoxy resin, liquid carboxylated rubber, dispersed filler, hardener, wear, the method of protection against wear mine pumps.

Кочергин Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор.

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

E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua

Золотарева Виктория Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров.

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

Адрес: 83117, г. Донецк, ул. Щорса, 31.

E-mail: viktorias802@gmail.com

Григоренко Татьяна Ильинична, кандидат технических наук.

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

E-mail: grigorencot2013@mail.ru

Щекина А.Ю., аспирант,
Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИОННОГО ДООБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

lhz47@mail.ru

В статье приведены результаты по оптимизации составов композиционных вяжущих на основе отходов флотационного дообогащения железистых кварцитов комплексом функциональных добавок для получения сухих строительных смесей для наливных полов. Методом математического планирования эксперимента определены оптимальные дозировки добавок для обеспечения высоких технологических и эксплуатационных характеристик. Разработаны оптимальные составы композиционных вяжущих для получения сухих строительных смесей для наливных полов.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, отходы флотационного дообогащения железных руд, физико-механические показатели, оптимальные составы.

Введение. В последние годы восстановление сырьевых ресурсов из горнопромышленных отходов и их комплексное использование во вторичном производстве являются вопросами мировой важности. Человечество всей планеты объединено проблемами загрязнения окружающей среды и истощения природных ресурсов Земли. Ежегодно во всем мире наблюдается поиск различных способов решения этих проблем, организуются международные мероприятия и разрабатываются государственные программы по вопросам экономии сырьевых ресурсов и улучшения экологической ситуации планеты [1–7].

Вторичное использование техногенных продуктов в производстве строительных материалов позволяет решить сразу несколько проблем: рациональное использование сырьевых ресурсов планеты; утилизация существующих техногенных отходов; отказ от выделения новых полезных площадей под отвалы и хвостохранилища; создание новых высококачественных строительных материалов с требуемыми физико-механическими, эксплуатационными показателями и низкой себестоимостью [8–12].

Основная часть. Проведенные ранее исследования отходов флотационного дообогащения железистых кварцитов доказывают эффективность их использования в составе вяжущих композиций [13–17]. В настоящей работе нами разработаны оптимальные составы композиционных вяжущих на основе отходов флотации железистых кварцитов, полученные совместным помолом сырьевых компонентов в вибрационной мельнице.

С целью придания максимально полезных свойств растворам с минимальным использованием количества комплексных функциональных

добавок в работе были выбраны химические добавки:

- гиперпластификатор последнего поколения Melflux 5581F;
- комплексная добавка Vinnapas 4220L (нивелирующая, пеногаситель, снижает водоотделение, диспергирующая, увеличивает адгезию, повышает обрабатываемость, препятствует седиментации наполнителя, повышает истираемость, обеспечивает гладкость и долговечность покрытия);
- комплексная добавка формиат кальция (ускоритель твердения, противоморозная добавка).

Композиционные вяжущие получены совместным помолом портландцемента, отходов флотации и комплексных функциональных добавок совместным помолом в течение 30 мин в вибрационной мельнице портландцемента марки ЦЕМ I 42,5 Н (в качестве вяжущего), отходов флотационного дообогащения гематитовой фракции железистых кварцитов фракций < 0,63 мм (в качестве минерального наполнителя) при соотношении 3/7 и комплексных функциональных добавок. Подбор оптимальных составов композиционных вяжущих и исследование влияния отдельных компонентов на их физико-механические свойства осуществлялось методом математического планирования эксперимента. В качестве факторов варьирования оптимизации смеси были приняты указанные выше расходы добавок от массы цемента: Melflux 5581F – 0,1–0,2 %; Vinnapas 4220L – 0,5–0,9 %; Формиат кальция – 1,5–2 %.

В связи с наличием пластифицирующего действия, оказываемого отходами флотационного дообогащения железистых кварцитов на гидратные системы, содержание гиперпластифика-

тора в системе принято на 30 % ниже минимально-рекомендуемого. Условия планирования эксперимента представлены в таблице 1. В соответствии с матрицей планирования были рассчитаны 17 составов смесей для эксперимента (табл. 2), в которых варьировалось содержание добавок.

Выбор факторов и параметров оптимизации композиционных вяжущих для строительных

смесей для наливных полов производился исходя из технологической и экономической целесообразности, то есть, варьирование расходов функциональных добавок преследовало цель определения их минимального количества, обеспечивающего получение выравнивающего покрытия наливного пола с требуемыми характеристиками.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
Melflux 5581F, масс. %	x ₁	0,1	0,15	0,2	0,05
Vinnapas 4220L, масс. %	x ₂	0,5	0,7	0,9	0,2
Формиат кальция, масс. %	x ₃	1,5	1,75	2	0,15

Выходными параметрами для подбора оптимального состава служили следующие показатели: средняя плотность и средняя прочность при сжатии. Было заформовано 17 серий образцов с содержанием 70 % цемента и 30 % отходов 3×3×3 см по 6...8 образцов в каждой серии. Ко-

личество воды затворения принималось по распылу конуса 17 см. Образцы выдерживались в нормальных условиях твердения в течение 28 сут, после чего были проведены физико-механические испытания. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

№ точки плана	Факторы			Физико-механические свойства	
	X ₁	X ₂	X ₃	Средняя плотность Y ₁ , кг/м ³	Предел прочности при сжатии Y ₂ , МПа
1	0,2	0,9	2	2812	108,63
2	0,2	0,9	1,5	2801	105,26
3	0,2	0,5	2	2809	108,60
4	0,2	0,5	1,5	2785	100,04
5	0,1	0,9	2	2798	101,01
6	0,1	0,9	1,5	2756	99,15
7	0,1	0,5	2	2775	98,75
8	0,1	0,5	1,5	2696	97,10
9	0,2	0,7	1,75	2803	106,78
10	0,1	0,7	1,75	2699	97,23
11	0,15	0,9	1,75	2786	100,46
12	0,15	0,5	1,75	2742	98,13
13	0,15	0,7	2	2810	108,61
14	0,15	0,7	1,5	2695	97,15
15	0,15	0,7	1,75	2792	98,91
16	0,15	0,7	1,75	2800	99,00
17	0,15	0,7	1,75	2786	98,41

После статистической обработки полученных результатов были построены математические модели изменения физико-механических свойств композиционных вяжущих.

Уравнение регрессии средней плотности. В результате статистической обработки полученных данных уравнение регрессии для средней плотности имеет следующий вид:

$$Y_1 = 2777,5 + 28,6 \cdot x_1 + 14,6 \cdot x_2 + 27,1 \cdot x_3 - 5,6988x_1^2 + 7,3012 \cdot x_2^2 - 4,199 \cdot x_3^2 - 8 \cdot x_1 \cdot x_2 - 10,75 \cdot x_1 \cdot x_3 - 6,25 \cdot x_2 \cdot x_3.$$

Комплексное представление о влиянии содержания Melflux 5581F, Vinnapas 4220 L, формиата кальция на среднюю плотность компо-

зиционного вяжущего получаем, построив с помощью уравнения регрессии номограмму (рис. 1).

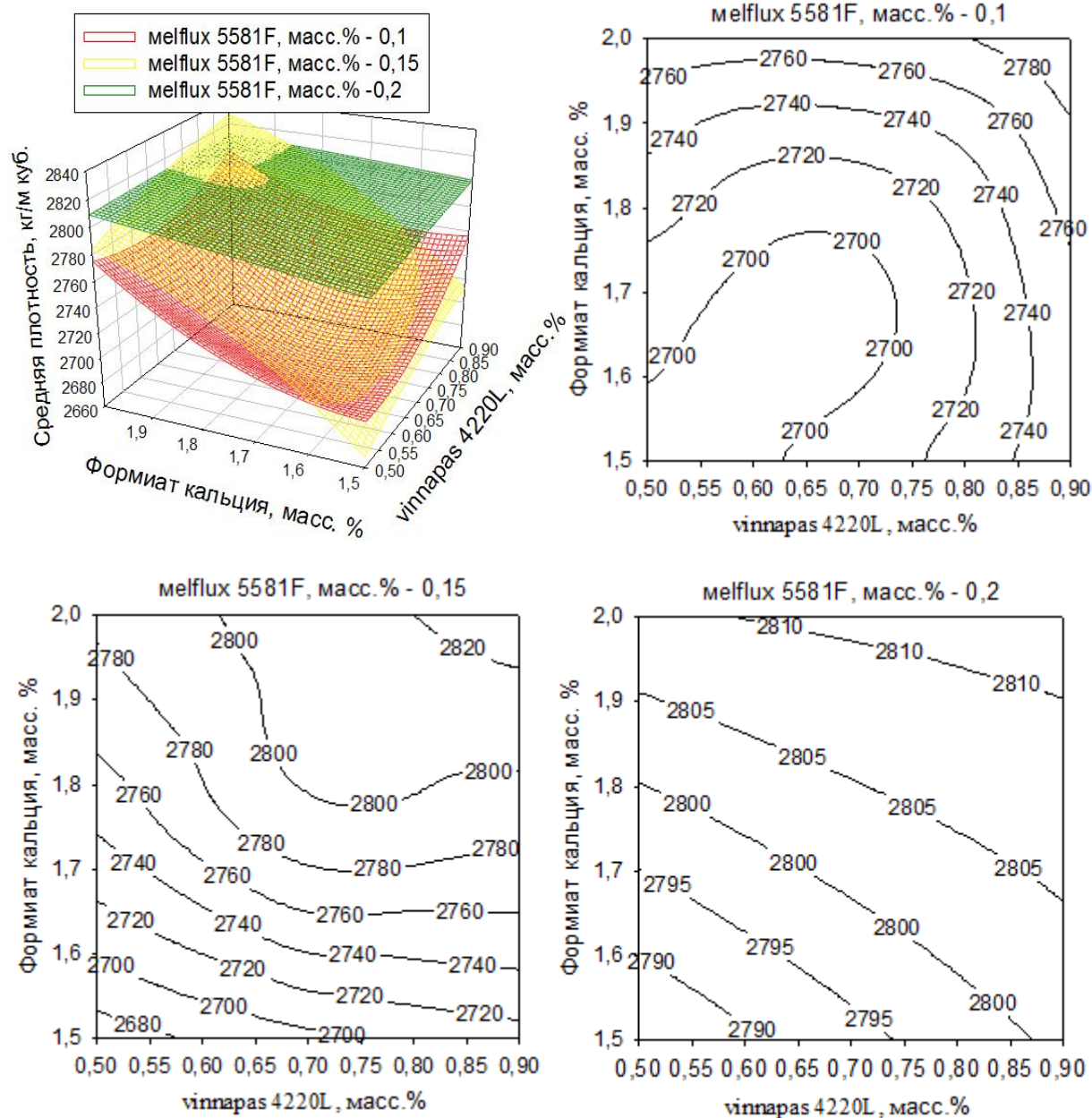


Рис. 1. Номограммы комплексного влияния функциональных добавок на среднюю плотность композиционного вяжущего

Уравнение регрессии предела прочности при сжатии. В результате статистической обработки полученных данных уравнение регрессии

для средней прочности при сжатии имеет следующий вид:

$$Y_2 = 99,99 + 3,79 \cdot x_1 + 1,191 \cdot x_2 + 2,69 \cdot x_3 + 1,4476 x_1^2 - 1,2624 \cdot x_2^2 + 2,3226 \cdot x_3^2 + 0,1200 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,6200 \cdot x_2 \cdot x_3$$

Комплексное влияние содержания Melflux 5581F, Vinnapas 4220 L, формиата кальция на

прочность композиционного вяжущего представлено на рис. 2.

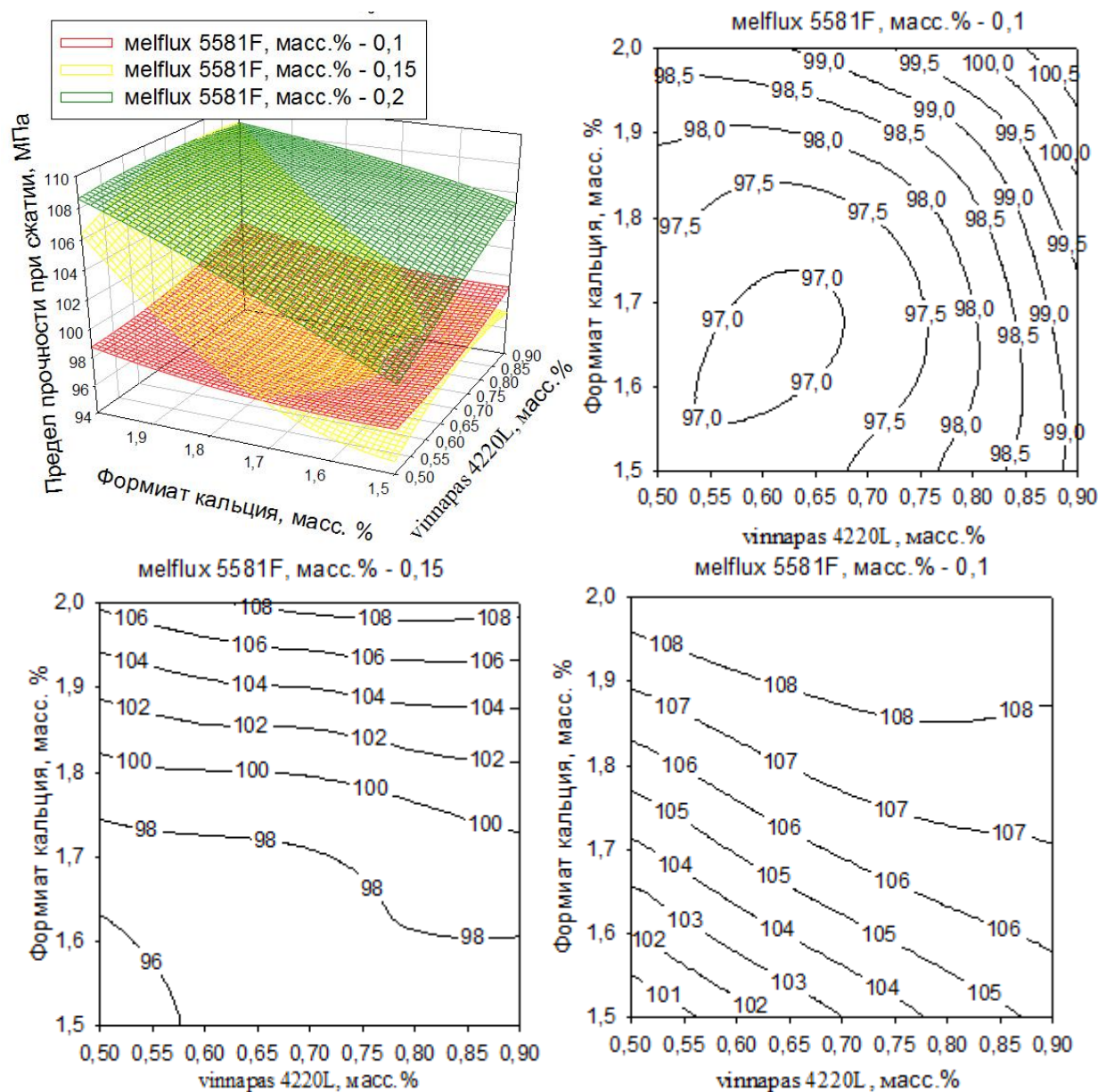


Рис. 2. Номограмма комплексного влияния функциональных добавок на среднюю прочность композиционного вяжущего

Анализируя полученные результаты по оптимизации композиционных вяжущих функциональными добавками, следует отметить, что наиболее высокие показатели прочности и плотности обеспечивают максимальные дозировки добавок, принятые в условиях планирования эксперимента (состав №1), а также максимальные дозировки добавок Melflux 5581F и формиата кальция и средняя дозировка добавки Vinnapas 4220 L (состав №3).

Полученные результаты свидетельствуют, о возможности снижения расхода Vinnapas 4220 L в составе композиционных вяжущих на 45 %.

С целью рационального использования дорогостоящей функциональной добавки Vinnapas 4220 L принят следующий оптимальный состав композиционного вяжущего: портландцемента

марки ЦЕМ I 42,5 Н, 70 %; отходы флотационного дообогащения гематитовой фракции железистых кварцитов, 30 %; Melflux 5581F, 0,2 % от массы цемента, Vinnapas 4220L, 0,5 % от массы цемента; Формиат кальция, 2 % от массы цемента.

Разработанный оптимальный состав композиционного вяжущего требует последующей апробации в составах сухих строительных смесей для приготовления наливных полов.

Выводы. В результате проведенных исследований разработан оптимальный состав композиционного вяжущего на основе отходов флотационного дообогащения железистых кварцитов для сухих строительных смесей для наливных полов, позволяющий снизить расход высокоэнергоемкого цемента и дорогостоящего гипер-

пластификатора на 30 %, с высоким показателем предела прочности при сжатии – 108,60 МПа. Применение отходов флотационного дообогащения железистых кварцитов в состав композиционных вяжущих позволяет рационально использовать природные ресурсы планеты и сократить площади хвостохранилищ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коняев В.П. Техногенное минеральное сырье России и направление его использования. М.: Изд. АСВ, 2001. 123 с.
2. Лесовик Р.В., Жерновский И.В. Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 78–79.
3. Федулов А.А. Техничко-экономическое обоснование преимущества применения сухих строительных смесей // Строительные материалы. 1999. № 3. С. 26–27.
4. Kuprina A.A., Lesovik V. S., Zagorodnyk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. С. 816-819.
5. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.B., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal 24. 2013. №11. P. 1496–1502.
6. Лесовик В.С. Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении // Строительные материалы. 2015. №4. С. 26–30
7. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
8. Lesovik V. S., Zagorodnyk L.H., Chulkova I.L. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. P. 1100–1105.
9. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Изд. Стройиздат, 1979. 302 с.
10. Федулов А.А. Техничко-экономическое обоснование преимущества применения сухих строительных смесей // Строительные материалы. 1999. № 3. С. 26–27.
11. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. №4. С. 93–98.
12. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. №11. P. 948–953.
13. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.
14. Шаповалов Н.А., Тикунова И.В., Загороднюк Л.Х., Шкарин А.В., Щекина А.Ю. Шлаки металлургического производства – эффективное сырье для получения сухих строительных смесей // Фундаментальные исследования. 2013. №1. Ч.1. С. 167–172.
15. Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Попов Д.Ю., Ильченко В.С., Ширяев О.И. Отходы обогащения горнорудной промышленности в производстве строительных материалов // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке: Материалы I междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 31 март. 2013 г.), М.: Изд-во Перо, 2013. С. 41–43.
16. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Щекина А.Ю. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков // Фундаментальные исследования. 2013. №5. С. 57–63.
17. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Щекина А.Ю., Ширяев О.И., Крайний А.А., Попов Д.Ю., Городов А.И. Исследование возможности использования отходов флотации железных руд для получения смешанных цементов // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-8. С. 1718–1723.

Shchekina A.Yu., Shapovalov N.A., Zagorodnyuk L.Kh.

COMPOSITE BINDERS USING WASTE WASTE DRAINING PRODUCTS OF IRON QUARTZES

The article presents the results of optimization of compositions of composite binders based on flotation re-enrichment of ferrous quartzite waste with a complex of functional additives for obtaining dry construction mixtures for bulk floors. Using the mathematical design of the experiment, optimal dosage of additives was determined to ensure high technological and operational characteristics. Optimum compositions of composite binders for obtaining dry construction mixtures for bulk floors have been developed.

Key words: composite astringents, waste of flotation enrichment of iron ores, physical and mechanical parameters, optimal compositions.

Щекина Анастасия Юрьевна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Шаповалов Николай Афанасьевич, доктор технических наук, профессор, первый проректор
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
E-mail:lh47@mail.ru

Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук, доц.,
Вареникова Т.А., инженер, магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЦЕВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ГЛИН В СТЕНОВОЙ КЛАДКЕ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ РАСТВОРАМИ

dstt_80@mail.ru

Разработка рецептур лицевого керамического кирпича и модифицированных кладочных растворов на основе компонентов отечественного производства является актуальным направлением в аспекте импортозамещения. В статье исследована возможность получения лицевого керамического кирпича с требуемыми характеристиками на основе полиминеральных глин Центрально-Черноземного района (Воронежской области) методом полусухого прессования. Приведены химический состав, результаты рентгенофазового анализа, технологические свойства глинистого сырья. Рассмотрены химические и физико-механические и факторы, определяющие качество кладочных растворов и монолитность кирпичной стеновой кладки, в частности, адгезия, состав функциональных групп электролитов, усадка, прочность. Показано, что использование кладочных растворов, модифицированных добавками отечественных водорастворимых полимеров, повышает эффективность работы кладки. Проанализирована возможность совместного использования в кладке исследуемого кирпича на основе полиминеральных глин и разработанных кладочных растворов с модифицирующими добавками.

Ключевые слова: полиминеральные глины, керамический кирпич, кладочные растворы, импортозамещение, модификаторы цементных систем, водорастворимые полимеры, кирпичная кладка.

Введение. В настоящее время в связи с нестабильной политической ситуацией в России и замедлением экономического роста наиболее остро встают вопросы обеспечения рынка строительных материалов конкурентоспособной продукцией отечественного производства взамен импортной. Использование керамического кирпича, позволяющего выдерживать широкий диапазон температур и влажности, сохранять и равномерно распределять тепло в стенах здания и тем самым возводить наружные стены достаточно прочными и теплыми, является перспективным направлением в строительной отрасли [1–3]. Среди множества современных стеновых материалов керамический кирпич остается одним из наиболее популярных в РФ. В связи с исчерпанием природных запасов качественных сырьевых материалов, актуальным вопросом в производстве отечественной строительной керамики является обеспечение предприятий необходимым сырьем, а также поиск возможностей применения местного и низкосортного сырья, отходов строительного производства [2–6].

Для получения надежной каменной конструкции важно обеспечить надежную совместную работу ее составляющих в частности, каменного материала и строительного раствора [7, 8]. Использование керамического кирпича и строительных растворов с требуемыми технологическими и физико-механическими показателями обеспечивает монолитность, долговеч-

ность и безопасность сооружения [2, 7, 8]. Разработка рецептур кладочных растворов на основе компонентов отечественного производства экономически целесообразна и является актуальным направлением в курсе импортозамещения. В первую очередь это относится к модификаторам кладочных цементных растворов, которые на современном рынке в основном представлены дорогостоящими продуктами импортного производства [9, 10].

Основная часть. В статье исследована возможность получения лицевого керамического кирпича с требуемыми характеристиками на основе полиминеральных глин Центрально-Черноземного района методом полусухого прессования. Проанализирована возможность повышения эффективности кирпичной кладки за счет совместного использования исследуемых кирпича и кладочных растворов, модифицированных добавками отечественных водорастворимых полимеров.

В качестве сырья для производства керамического кирпича была использована полиминеральная глина Дорожного месторождения (Воронежской области), химический анализ приведен в табл. 1.

Рентгенофазовый анализ исследуемых глин проводился на дифрактометре ДРОН-3. Минералогический состав глины, как показывает рентгенофазовый анализ (рис. 1), достаточно сложный.

Таблица 1

Усредненный химический состав глин, мас. %

SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
66,06	12,9	3,6	3,1	1,5	0,1	7,8

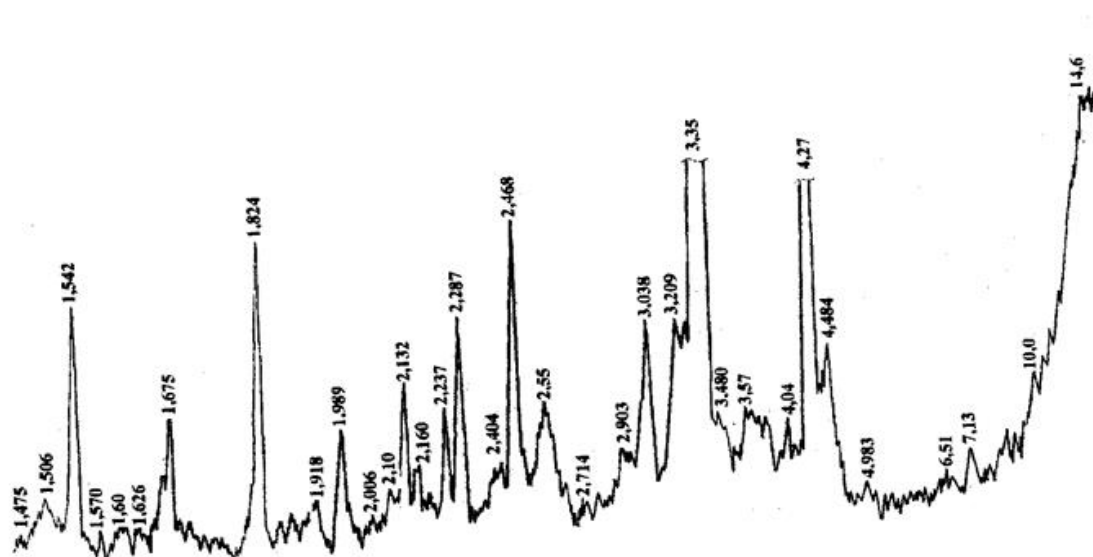


Рис. 1. Рентгенограмма усредненной пробы суглинков Дорожного месторождения

Из глинистых минералов присутствуют: нонтронит в количестве 15...20 %, каолинит – 5...8 %, иллит – 5...8 %. Содержание кварца достигает 45...50 %, кальцита – не менее 10...15 %, анортита до 10 %. Оксиды железа представлены магнетитом. По числу пластичности глины Дорожного месторождения относятся к категории среднепластичных, высокочувствительных к сушке. Коэффициент чувствительности к сушке 1,53 определялся методом Носова. Карьерная влажность 17–20 %.

Технологические свойства глины Дорожного месторождения: карьерная влажность 17 %; коэффициент чувствительности к сушке КЧС 1,53 – высокочувствительные к сушке; формовочная влажность и водозатворяемость 18 %; число пластичности 20 – относятся к категории среднепластичного глинистого сырья. Таким образом, глины месторождения «Дорожное» соответствует требованиям для производства керамического кирпича и представляет практический интерес для керамической отрасли [2].

Методика экспериментальных исследований при подготовке керамических образцов включала: тщательную подготовку сырьевых материалов: тонкое измельчение сырья в шаровой мельнице до удельной поверхности 500 м²/кг, распускание в пропеллерной мешалке и последующее вылеживание глиняной массы в течение 3, 4 и 5 суток во влажном состоянии.

Сушка массы: при 60–80 °С в течение 6 часов, и при 100–120 °С в течение 1 суток.

Образцы в форме кубиков размером 30×30×30 мм, 50×50×50 мм и балок размером 60×15×10 мм готовили методом полусухого прессования при влажности пресспорошка 6 %–12 % (оптимальная влажность 8 %) и прессовом давлении 10, 20, 30 и 40 МПа (оптимальное давление прессования 30 МПа). Предварительная сушка проводилась при комнатной температуре (21–23 °С) 6 часов, и затем в сушильном шкафу при 50–60 °С 6 часов при 140 °С 12 часов до остаточной влажности сырца 1 %. Для выбора оптимальной температуры обжига образцы обжигали в интервале температур 600–1050 °С с выдержкой при максимальной температуре два и четыре часа [2, 4, 5].

Полученные в результате исследований образцы кирпича полусухого прессования с наилучшими физико-механическими показателями после обжига при 950 °С (табл. 2) соответствуют ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Технические условия».

Таким образом, полученные в результате исследований образцы соответствуют требованиям, предъявляемым к лицевому керамическому кирпичу.

Для надежной работы кирпича в конструкции, обеспечения монолитности и прочности кирпичной кладки, важно не только выдержать требуемые характеристики кирпича, но также

обеспечить и другие важные параметры [11–15]. Рассмотрим факторы, от которых зависит проч-

ность каменной кладки.

Таблица 2

Физико-механические свойства керамических образцов после обжига

Т _{обж} , °С	Физико-механические свойства						
	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{изг}$, МПа	М, цикл	$\rho_{каж}$, г/см ³	Пористость, %	Водопогло- щение, %	Усадка, линейная, %
950	21,45	2,95	50	1,72	29,94	16,02	1,61

Кирпичная кладка работает в конструкции в сложном напряженном состоянии. Прочность и деформативность кладки будут определяться свойствами кирпича и раствора. Вследствие возникновения в кладке сложного напряженного состояния прочность ее существенно ниже сопротивления камня сжатию. Так, прочность кирпичной кладки на рядовых растворах составляет, как правило, не более 40 % прочности кирпича [7, 8]. Поэтому решение проблемы использования высоких прочностных свойств кирпича следует искать в применении новых видов раствора и совершенствовании технологии устройства кладки.

С точки зрения повышения монолитности, трещиностойкости, долговечности кладки, улучшения ее работы при изгибе, растяжении, внецентренном сжатии, повышения сопротивления кладки при сейсмических и динамических нагрузках кладочные растворы должны обладать, хорошими водоудерживающей способностью, удобоукладываемостью, сцеплением раствора с каменным материалом, малыми усадочными деформациями [7, 11–15].

При выборе компонентов кладки следует учитывать адгезию на границе контакта кирпича с раствором. Адгезионная прочность определяется физико-химическими характеристиками контактирующих поверхностей, шероховатостью поверхности и оказывает существенное влияние на монолитность кирпичной кладки. Адгезионную прочность определяют следующие факторы [13]:

- энергия связей, действующих через поверхность раздела определяется химической природой адгезива и субстрата, наличием на поверхности субстрата и в структуре адгезива функциональных групп, способных к химическому взаимодействию;

- число связей на границе раздела в результате химических реакций, действия межмолекулярных сил или диффузии зависит от площади контакта адгезива и субстрата;

- дефектность границы раздела определяется смачиванием поверхности субстрата жидким адгезивом, возникновением остаточных напряжений на границе раздела «адгезив-субстрат»;

- фазовый состав поверхности раздела определяет механизмы возникновения и распространения дефектов.

Согласно данным научно-технической литературы [7, 8] в кладке из силикатного кирпича сцепление обеспечивается менее надежно, чем из керамического, несмотря на лучшие прочностные характеристики и обеспеченность в размерах и форме силикатного кирпича. Скорость водопоглощения керамического кирпича при контакта с раствором в 1,5 раза выше, чем с силикатным, а прочность сцепления кладочного раствора с силикатным кирпичом оказывается в 2–4 раза ниже, чем с керамическим. Поверхность силикатного кирпича менее шероховатая, мелкопористая, менее развитая по сравнению с глиняным кирпичом, что снижает прочность сцепления его с раствором за счет уменьшения эффекта механического сцепления.

От величины усадочных деформаций раствора зависит прочность сцепления раствора с каменным материалом, а значит, и монолитность кладки. Усадка является нежелательным явлением, т.к. уменьшение объема системы приводит к возникновению внутренних напряжений и росту трещин внутри материала и на его поверхности [14, 15]. Это, в свою очередь, снижает модуль упругости и прочность изделия, особенно на растяжение, ухудшает его морозостойкость, отрицательно сказывается на долговечности.

Применение традиционных цементно-песчаных растворов не обеспечивает требуемых показателей адгезии, усадки, однородности растворного шва, что снижает долговечность каменной кладки. В связи с этим возникает необходимость модификации строительных смесей добавками полимеров.

Согласно данным научно-технической литературы и ранее проведенных исследований [7], кладочные составы, модифицированные водорастворимыми полимерами, предотвращают разупрочнение и трещинообразование кладки на стыке кирпича и раствора, улучшают физико-механические свойства кирпича и коэффициент использования прочности кирпича в кладке.

При выборе добавок-электролитов следует учитывать состав их функциональных групп, что позволяет целенаправленно регулировать физико-механические и технологические показатели цементно-полимерных композиций в нужном направлении. Наиболее эффективными в кладочных цементных растворах являются модифицирующие добавки неионогенной природы [7, 9]. Актуальным направлением модификации кладочных растворов является использование отечественных полимеров взамен дорогостоящих импортных аналогов.

Для приготовления кладочного раствора использовали портландцемент ПЦ ЦЕМ I 42,5Н

ГОСТ 31108-2003 ЗАО «Белгородский цемент», кварцевый песок. В качестве модифицирующих добавок использовали неионогенные водорастворимые полимеры отечественного производства (табл. 3). Количество полимерной добавки составляло 0,5 % от массы цемента. Соотношение цемент:песок в растворе составляло 1:3 по массе. Подвижность растворов составляла 9 см по конусу СтройЦНИЛ.

Основные физико-механические характеристики модифицированных кладочных растворов в сравнении с раствором без добавок представлены в табл. 4.

Таблица 3

Характеристики добавок водорастворимых полимеров

Добавка	Эмпирическая формула	Функциональная группа	Вязкость 1%-го водного раствора, мПа·с
Метилцеллюлоза (МЦ)	$[-C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_3)_x]_n$	метоксильная группа -OCH ₃	52,73
Оксиэтилцеллюлоза (ОЭЦ)	$[-C_6H_7O_2(OH)_{3-x}[-O-(CH_2-CH_2-O)_qH]_x]_n$	этоксильная группа -OCH ₂ CH ₂ OH	7,91

Таблица 4

Физико-механические свойства кладочных растворов и использованием водорастворимых полимеров отечественного производства

Добавка	Физико-механические свойства растворов в возрасте 28 сут			
	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{изг}$, МПа	Прочность нормального сцепления с силикатным кирпичом, кПа	Общая усадка, с учетом водоотделения растворов, %
-	28	7	0,08	2,50
МЦ 0,5 %	22	6,5	0,64	0,35
ОЭЦ 0,5 %	25	6,8	0,59	0,40

Сопоставляя данные, приведенные в табл. 4, можно сделать вывод, что добавки водорастворимых полимеров увеличивают прочность сцепления раствора с кирпичом и уменьшают общие деформации усадки кладочных растворов.

Были проведены исследования по определению несущей способности кладки в условиях ее центрального сжатия на традиционном цементно-песчаном растворе и для сравнения на цементно-полимерном растворе с добавкой 0,5 % МЦ [7]. С этой целью были приготовлены образцы-столбы кирпичной кладки размером 25×25×100 см; толщина растворных швов в кладке при этом составляла 12–15 мм. Кирпич применялся силикатный полнотелый утолщенный марки М150 производства АО «Стройматериалы». В результате проведенных экспериментальных данных было установлено, что несущая способность кладки на цементно-полимерном растворе на 20 % выше, чем на традиционном, а коэффициент использования прочности кирпича в кладке возрастает с 0,58 до 0,77.

Согласно данных научно-технической литературы, силикатный кирпич обладает меньшей прочностью сцепления с кладочным раствором по сравнению с керамическим кирпичом. Сопоставляя полученные экспериментальные данные и теоретические факторы, определяющие работу кирпичной кладки, есть основание полагать, что использование разработанных авторами статьи керамического кирпича полусухого прессования и кладочных растворов, модифицированных добавками водорастворимых полимеров, позволит повысить эффективность работы кладки и использовать высокие прочностные показатели кирпича.

Выводы. Поиск возможностей применения местного сырья отечественного производства для получения керамического кирпича показал, что полученные в результате исследований образцы соответствуют требованиям, предъявляемым к лицевому керамическому кирпичу.

Разработанные рецептуры кладочных растворов на основе химических реагентов отечественного производства представляются эконо-

мически целесообразными с целью их дальнейшего совместного использования в каменной кладке и улучшения ее работы наряду с керамическим кирпичом на основе полиминеральных глин, приготовленного способом полусухого прессования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Женжурист И.А. Строительная и отделочно-декоративная керамика: перспективы развития // Известия КГАСУ. 2006. № 1(5). С. 50–52.
2. Гончаров Ю.И., Вареникова Т.А. Разработка технологии высококачественного кирпича на основе суглинков с повышенным содержанием оксида кальция // Строительные материалы. 2004. №2. С. 19–21.
3. Гринфельд Г.И., Вишневский А.А., Пасушков П.П., Козлов А.Н. Кирпичные фасады. Правильные технические решения и примеры успешной реализации // Строительные материалы. 2017. № 4. С. 47–50.
4. Терёхина Ю.В., Талпа Б.В., Котляр А.В. Минералого-технологические особенности литифицированных глинистых пород и перспективы их использования для производства строительной керамики // Строительные материалы. 2017. №4. С. 8–10.
5. Наумов А.А. Реконструкция и модернизация заводов по производству кирпича // Строительные материалы. 2017. №4. С. 14–17.
6. Rajamannan B., Kalyana Sundaram C., Viruthagiri G., Shanmugan N. Effects of fly ash addition on the mechanical and other properties of ceramic // International Journal of Latest Research in Science and Technology. 2013. Vol. 2, Issue 1. P. 486–491.
7. Оноприенко Н.Н. Кладочные растворы на основе минеральных вяжущих с полимерными добавками: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.Н. Оноприенко. Белгород, 2004. 22 с.
8. Дегтев И.А., Донченко О.М., Тарасенко В.Н. Прочность и деформативность каменной кладки при силовом сжатии: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 174 с.
9. Оноприенко Н.Н., Рахимбаев Ш.М. Влияние вязкости водорастворимых полимеров на их эффективность как компонентов строительных растворов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 62–66.
10. Оноприенко Н.Н. Модификация строительных смесей в аспекте импортозамещения / Научные чтения: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф.: в 12 ч. (Белгород, 06-07 октября 2016 г.) // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. Ч. 2. 2016. С. 141–145.
11. The influence of moisture on the deformability of cement-polymer adhesive mortar, 2011. Construction and Building Materials: T. 25. № 6. p. 2948–2954.
12. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю. и др. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–83.
13. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. М.: Химия, 1977. 352 с.
14. Красильников К.Г. Физико-химия собственных деформаций цементного камня. М.: Стройиздат, 1980. 256 с.
15. Цилосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона. Тбилиси: Мецниереба, 1979. 230 с.

Onoprienko N.N., Varenikova T.A.

POSSIBILITY OF USE OF CERAMIC FACING BRICK ON THE BASIS OF POLYMINERAL CLAYS IN WALL MASONRY WITH MODIFIED SOLUTIONS

Development of compoundings of a front ceramic brick and the modified masonry solutions on the basis of components of domestic production is the urgent direction in aspect of import substitution. In article the possibility of receiving a front ceramic brick with the required characteristics on the basis of polymineral clays of the Central Chernozem area (Voronezh region) by method of moist pressing is investigated. The chemical composition, results of the X-ray phase analysis, technological properties of clay raw materials are given. Also the factors defining quality of masonry solutions and solidity of a brick wall laying, in particular, adhesion, structure of functional groups of electrolytes, shrinkage, durability are considered chemical and physico-mechanical. It is shown that use of the masonry solutions modified by additives of domestic water-soluble polymers increases overall performance of a laying. The possibility of sharing in a laying of the studied brick on the basis of polymineral clays and the developed masonry solutions with the modifying additives is analysed.

Key words: polymineral clays, ceramic brick, masonry solutions, import substitution, modifiers of cement systems, water-soluble polymers, bricklaying.

Оноприенко Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий

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

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

E-mail: dstt_80@mail.ru

Вареникова Татьяна Анатольевна, инженер, магистрант, кафедра технологии стекла и керамики, институт магистратуры

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

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

E-mail: varenikova.t@mail.ru

ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕЗОЛЮЦИИ ООН

aleks08007@mail.ru

Увеличение населения в городах, способствующее росту объемов строительства, заставляет задуматься о том, как осуществить возведение новых объектов таким образом, чтобы удовлетворить требованиям комфорта человека и не навредить окружающей природной среде. Для обеспечения гармоничного развития общества и природы на протяжении длительного времени было сформулировано понятие устойчивого развития. 25 сентября 2015 года на саммите Организации Объединенных Наций принята резолюция «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». Резолюция содержит список целей и задач различной направленности. В статье с точки зрения развития строительства особое внимание уделяется цели «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» и ее задачам. Также в статье определены первые шаги для устойчивого развития строительной сферы.

Ключевые слова: устойчивое развитие, окружающая среда, строительство, ресурсосбережение.

Введение. Во все времена человечество стремилось к удовлетворению своих потребностей, преодолевая различные препятствия и борясь с окружающей природной средой. На данный момент стоит задача сохранения природы для совместного гармоничного развития. Невозможно комфортное существование человека без взаимосвязи с природой [1, 2].

Методология. Современное общество должно не только обеспечивать свои нужды на сегодняшний день, но и гарантировать будущим поколениям, что они смогут также иметь условия для удовлетворения своих собственных потребностей. Для реализации данного утверждения Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию сформулировала понятие «устойчивого развития». По своей сути устойчивое развитие представляет собой сбалансированное развитие человечества по трем основным взаимосвязанным направлениям: экологическому, социальному и экономическому. При идеальном сценарии осуществления концепции устойчивого развития должен обеспечиваться экономический рост в совокупности с высоким уровнем социального развития и обеспечением сохранения и защиты окружающей природной среды [3–5].

Основная часть. Организация Объединенных Наций (ООН), основным предназначением которой является поддержка, укрепление мира и безопасности, развитие взаимодействия между государствами при принятии решений международной важности, формулирует и публикует документы с указанием основных Целей развития человечества на определенные периоды времени. Так, в сентябре 2000 года Генеральной Ассамблеей ООН была принята «Декларация тыся-

челетия Организации Объединенных Наций», многие цели которой были сформулированы с указанием конкретных сроков выполнения [6]. Всего в Декларацию вошли 8 целей и 21 задача, касающиеся ликвидации бедности и голода, всеобщего начального образования, охраны здоровья, сокращения смертности и т.д. Одной из целей Декларации 2000 года было обеспечение экологической устойчивости [7].

На саммите Организации Объединенных Наций 25 сентября 2015 года была принята резолюция «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [8]. В этом документе объявляется 17 целей устойчивого развития и 169 связанных с ними задач, которые имеют комплексный и неделимый характер [9]. Таким образом, становление на путь устойчивого развития является одной из главных идей человечества на ближайшие 15 лет.

С точки зрения развития строительства особого внимания в опубликованной резолюции заслуживает цель № 11 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов». Это обусловлено увеличением масштабов строительства и ростом населения в городах, а также тем, что кварталы новой застройки далеко не всегда отвечают требованиям комфортного в них проживания, например, из-за отсутствия необходимой социальной инфраструктуры или непродуманных вариантов транспортной доступности. По прогнозу к 2030 году произойдет двукратное увеличение количества жителей городов в развивающихся странах мира [10].

Достижение цели № 11 резолюции базируется на решении более конкретных задач, кото-

рые в краткой форме изложены на рис. 1. На протяжении всей истории развития городских территорий необходимо регулярно проводить мероприятия по улучшению комфорта проживания населения, по привлечению инвесторов и развитию предприятий, созданию новых рабочих мест, формированию туристических маршрутов [11–13]. Создание комфортной городской среды невозможно без развития транспортной инфраструктуры. Человек должен тратить минимальное количество времени, чтобы доехать от места проживания до места работы. Планировать расположение объектов социальной инфраструктуры необходимо с учетом потребности городских районов в детских садах, школах, больницах, спортивных и культурных сооружениях на перспективный период. В задачах резолюции отражаются вопросы экономического, социального и экологического характера, подготовка ответов на которые, невозможна без участия строительной отрасли.

При разработке проектной документации стоит обращать повышенное внимание на решение вопросов экологической безопасности и включать в проект мероприятия по использова-

нию материалов из вторичного сырья при новом строительстве. Технические характеристики невысокого качества вторичных строительных материалов при сравнении их с природными аналогами, на первый взгляд, могут рассматриваться как тормозящее явление развития рынка вторичных ресурсов. Несмотря на это, снижение цены на такие материалы и возможность применения их в неответственных конструкциях компенсируют дисбаланс [14]. Становление и укрепление позиций сферы обращения вторичных ресурсов происходит параллельно с ужесточением требований экологических и природоохранных организаций по сокращению объемов захоронения и сжигания отходов, что ведет к расширению номенклатуры продукции, изготавливаемой из вторичного сырья [15]. Эффективное функционирование сферы обращения вторичного сырья базируется на построении взаимосвязей между ее участниками. Создание системы мониторинга качества и объемов выпуска вторичной продукции с учетом потребности на перспективные периоды будет являться залогом экологической и экономической устойчивости.

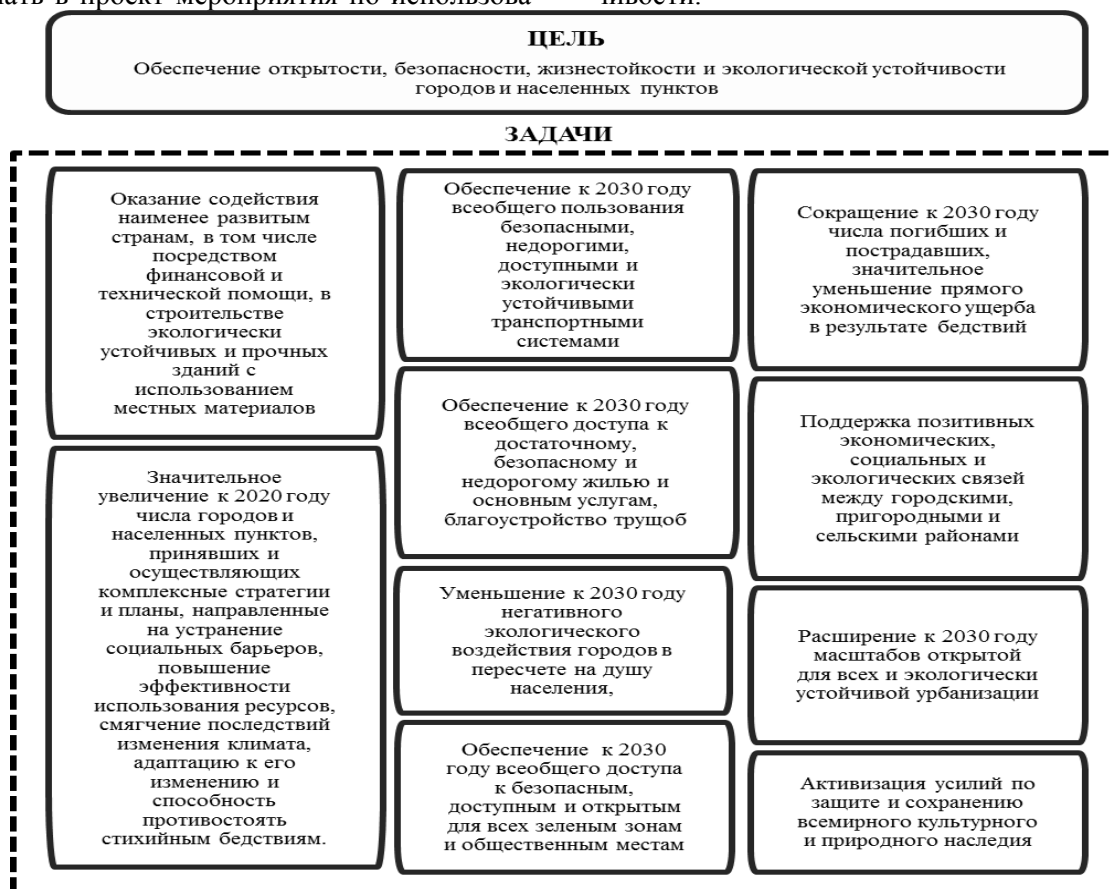


Рис. 1. Цель №11 резолюции «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» и ее задачи

Выводы. Анализ указанных выше задач позволяет сделать выводы о направлении, в котором следует развиваться строительству в бли-

жайшие 15 лет, а также какие меры для этого необходимо принять. Прежде всего, при развитии городов и поселений следует уделять вни-

мание:

- требованиям устойчивого развития и их выполнению;
- обеспечению доступности и безопасности транспортных систем;
- созданию общедоступных комфортных зон отдыха с естественной зеленой растительностью;
- стимулированию строительства из местных материалов;
- возведению недорогого, качественного и безопасного жилья;
- снижению негативного воздействия на экологию при строительстве и эксплуатации объектов;
- эффективному использованию ресурсов.

Достижение целей и решение задач резолюции, принятой на саммите ООН – это то, к чему страны мира должны стремиться. Для реализации поставленных задач необходимы суммарные усилия всех стран. Каждая страна в отдельности может разрабатывать и реализовывать индивидуальные стратегии, направленные на устойчивое и безопасное развитие. Для устойчивого развития строительной сферы необходимо следовать следующим рекомендациям:

- анализ текущего уровня соответствия современного строительства концепции устойчивого развития;
- анализ и внесение необходимых изменений в законодательство;
- разработка рекомендаций и стимулирование разработки целевых программ в области устойчивого развития строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексанин А.В., Лейбман Д.М., Мишина Н.В. Взаимодействие природной среды и строительства как инструмента создания техносферы // Научное обозрение. 2016. № 17. С. 6–9.
2. Сборщиков С.Б. Теоретические закономерности и особенности организации воздействий на инвестиционно-строительную деятельность // Вестник МГСУ. 2009. № 2. С. 183–187.
3. Ермолаев Е.Е. Управление потребительной стоимостью объектов строительства // Гуманитарные и социальные науки. 2013. № 3. С. 18–23.
4. Журавлев П.А., Ключев В.Д., Евсеев В.Г. Использование квалиметрического подхода для оценки конкурентоспособности инвестиционных строительных проектов // Научное обозрение. 2014. № 9. С. 637–640.
5. Алексанин А.В. Организационные воз-

можности снижения вредного воздействия на окружающую среду в строительной сфере // Научное обозрение. 2016. № 13. С. 258–262.

6. "Декларация тысячелетия Организации Объединенных Наций" (Принята в г. Нью-Йорке 08.09.2000 Резолюцией 55/2 на 8-ом пленарном заседании 55-ой сессии Генеральной Ассамблеи ООН) // Правовой сайт «КонсультантПлюс». Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 03.04.2017)

7. Алексанин А.В. Поддержание баланса естественного развития природных процессов за счет логистизации использования отходов строительства // Научное обозрение. 2014. № 1. С. 219–222.

8. Резолюция 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (Принята 25 сентября 2015 года на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН) // Официальный сайт Организации Объединенных Наций. Режим доступа: <http://www.un.org> (дата обращения 03.04.2017)

9. Umaporn Pupphachai, Christian Zuidema. Sustainability indicators: A tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development // Ecological Indicators. 2017. №72. С. 784

10. Shlomo Angel, Stephen C. Sheppard and Daniel L. Civco, The Dynamics of Global Urban Expansion (Washington D.C., 2005)

11. Жаров Я.В. Технология многомерного моделирования - потенциал строительной отрасли // Научное обозрение. 2015. № 10-2. С. 242–246.

12. Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Жаров Я.В. Основные теоретические положения логистики регулирующих воздействий в инвестиционно-строительной сфере // Вестник МГСУ. 2014. № 7. С. 174–183.

13. Попков А.Г. Новые организационные методы формирования подсистемы кадрового обеспечения строительного производства в условиях инжиниринговой схемы управления // Вестник МГСУ. 2010. № 2. С. 22–30.

14. Лазарева Н.В. Стоимостной инжиниринг как основа интеграции процессов планирования, финансирования и ценообразования в инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 178–185.

15. Алексанин А.В., Сборщиков С.Б., Шахов О.Ф. Анализ современного состояния нормативно-правовой базы, регулирующей обращение отходов производства и потребления, а также документов, регламентирующих управление строительными отходами на территории РФ // Экономика строительства. 2012. №6. С. 75–79.

Aleksanin A.V.**QUESTIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION
IN THE UN RESOLUTION**

The increase in the population in cities, contributing to the growth of construction, makes us think about how to build new facilities in such a way as to satisfy the requirements of human comfort and not to harm the natural environment. To ensure the harmonious development of society and nature for a long time, the concept of sustainable development was formulated. September 25, 2015 at the summit of the United Nations adopted a resolution "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development". The resolution contains a list of goals and objectives of different focus. In the article from the point of view of development of construction, special attention is paid to the goal of "Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable." and its tasks. Also in the article the first steps for the sustainable development of the construction sector are determined.

Key words: *sustainable development, the environment, construction, resource-saving.*

Алексанин Александр Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации и управления в строительстве.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Адрес: 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

E-mail: aleks08007@mail.ru

*Зобкова Н.В., канд. техн. наук, доц.,
Кизимова О.В., канд. техн. наук, доц.*

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКА

zobkovanv@yandex.ru

Сохранение объектов культурного наследия одна из ключевых задач Федеральной целевой программы «Культура России (2012–2018 годы)», которая охватывает мероприятия от ремонтно-реставрационных работ, направленных на обеспечение физической сохранности объекта, до научно-исследовательских, изыскательных, проектных и производственных работ и авторского надзора. В статье изложены результаты обследования здания второй половины 19 века. Установлено, что основными дефектами, снижающими эксплуатационные характеристики здания, являются трещины в кирпичных стенах. Анализ данных показал, что основными причинами образования трещин в несущих стенах является замачивание основания под подошвой фундамента, а также нарушение температурно-влажностного режима внутри здания.

Ключевые слова: здание, культурное наследие, обследование, дефекты, трещины, физический износ.

Сохранение объектов культурного наследия актуальное направление современного общества. Сохранение объектов включает в себя широкий спектр мероприятий от ремонтно-реставрационных работ, направленных на обеспечение физической сохранности объекта и приспособления объекта культурного наследия для современного использования до научно-исследовательских, изыскательных, проектных и производственных работ и авторского надзора [1]. Важное значение имеет разработка научно-проектной документации, без которой реставрационные работы памятника истории и культуры не разрешается. Мероприятия по реставрации объектов включены в Федеральную целевую программу «Культура России (2012–2018 годы)», утвержденную постановлением Правительства Российской Федерации от 03.03.2012 №186.

Авторами было проведено обследование объекта культурного наследия – здания второй половины XIX века, расположенного в историческом центре города по адресу: г. Саратов, ул. Советская, д. 1. На территории, отнесенной к зданию, имеется обследуемое здание и другие надворные постройки. Все здания является выявленными объектами культурного наследия федерального значения согласно Постановлению Совета Министров РСФСР от 4 декабря 1974 г. № 624.

Здание строилось как жилой дом-особняк с усадьбой. Усадьба состояла из барского дома и надворных построек. Владельцами усадьбы в разное время были помещик С.М. Скибиневский, вице-губернатор В.П. Александровский, помещик В.М. Беклемешев, купцы Ф.Е. Аносов, И.Г. Кузнецов, М.И. Сибрин. Здание было введено в эксплуатацию по архивным данным в

1883 г. Автор проекта не установлен. После Октябрьской революции 1917 года дом был конфискован в пользу государства. С 1918 года усадьба использовалась под учреждения здравоохранения. С 2007 года здание не эксплуатируется.

В композиционном решении главного фасада здания, по улице Советская, интерпретирован «образцовый» фасад проектной серии 1809-1812 гг., двухэтажный на высоком цоколе, в семь световых осей, с плоским шестиколонным портиком большого ордера и развитым фронтоном. Первый этаж значительно выше второго; окна первого этажа имеют полуциркульные решения и развитые наличники в виде профилированных тяг; окна второго этажа меньшего размера прямоугольной формы; декор поверхности стены минимизирован (рис. 1).

Боковой фасад, по улице Радищева, в одиннадцать световых осей, более прост. На него с главного фасада переходит тема арочных окон первого этажа. Декор практически отсутствует; поле стены ритмизовано пилястрами.

Здание в плане сложной формы, состоит из пяти сблокированных между собой объемов разной этажности и высоты (рис. 2).

Литер А1 – одноэтажное здание с верандой; Литер А2 – двухэтажное здание; Литер А3 – одноэтажное здание, Литер А4 – веранда; Литер Б – одноэтажное здание, построенное в более позднее время. Под большей частью здания имеется цокольный этаж.

За время эксплуатации здания летние открытые веранды Литер А1 и Литер А4 были переоборудованы в утепленные помещения. Кроме того, были выполнены незначительные перепланировки помещений с устройством дополнительных перегородок и проёмов в существующих стенах.

щих перегородках. Изменены входы в помещения цокольного этажа. Часть дверных и оконных проёмов заложена. Из имеющихся архивных документов установлено, что капитальный ре-

монт обследуемого здания не выполнялся. Производились выборочные косметические ремонты отдельных помещений.



Рис. 1. Общий вид здания

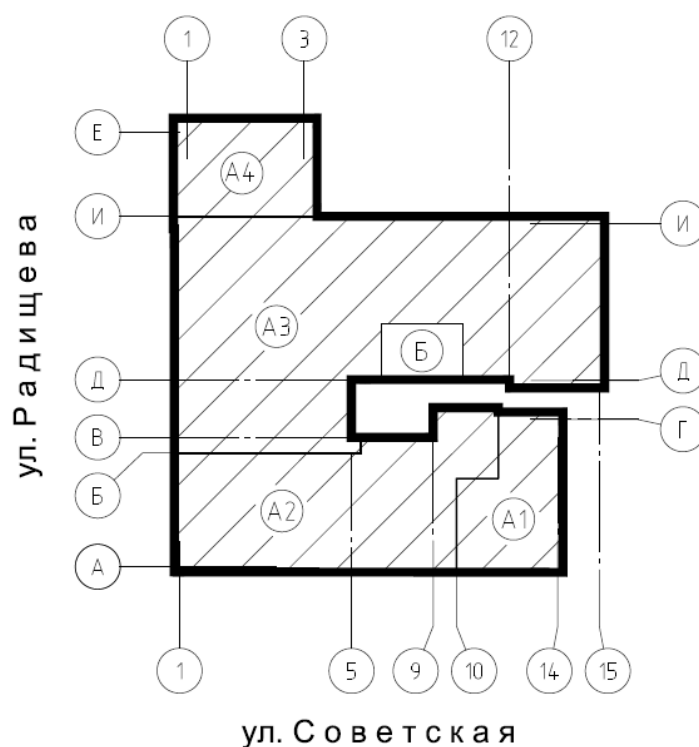


Рис. 2. Схема блокировки здания в плане

Обследование здания проводилось в 1991, 2001 годах [2, 3]. Авторы обследовали здание в 2015 году [4]. Согласно [5, 6, 7] при обследовании были выполнены следующие работы:

- изучение архивных материалов;
- визуальный осмотр основных строительных конструкций здания;
- выбор места заложения шурфов, наблюдение при открытии;

- выбор места заложения зондажей, исследование конструкций;
- фотофиксация основных, наиболее характерных дефектов и повреждений строительных конструкций; шурфов и зондажей;
- оценка физического износа строительных конструкций и здания в целом;
- анализ результатов обследования;

– составление технического отчёта по материалам обследования с выводами и рекомендациями.

В результате визуального обследования установлено – остов здания стеновой. Несущими являются продольные и поперечные стены, выполненные из глиняного кирпича на известковом растворе. Главные фасады – оштукатурены известковым раствором и окрашены, дворовые фасады – выполнены под расшивку швов и на отдельных участках оштукатурены.

Междуэтажные и чердачные перекрытия выполнены по деревянным балкам. Перекрытие над цокольным этажом деревянное есть участки из монолитного железобетона, и кирпичных

сводов. Несущими конструкциями покрытия здания является стропильная деревянная система. Кровля выполнена из стальных кровельных листов, уложенных по деревянной обрешетке.

Фундаменты под несущие кирпичные стены ленточные на естественном основании из глиняного кирпича и бутобетона.

Результаты обследования показали, что основными дефектами, снижающими эксплуатационные характеристики здания, являются трещины в кирпичных стенах. При выполнении технических обследований в 1991, 2011, 2015 г.г. проводились замеры ширины раскрытия трещин, результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характер и ширина раскрытия трещин в наружных стенах здания

№ п/п	Фасады		Характер и ширина раскрытия трещин по годам, мм								
	по оси	у оси	1991 г.			2001 г.			2015 г.		
			наклонная	вертикальная	горизонтальная	наклонная	вертикальная	горизонтальная	наклонная	вертикальная	горизонтальная
1	«А»	«1»	-	-	-	3	1	-	5	5	-
2		«9»	-	-	-	-	-	-	3	2	1
3	«1»	«А»	-	-	-	-	1	-	5	2	4
4		«Б»	-	-	-	1	-	1	5	-	2
5		«Д»	-	-	-	-	-	-	-	7	3
6		«Е»	-	-	-	2	1	-	10	2	-
7		«И»	-	-	-	-	-	-	10	-	-
8	«И»	«11»	5	-	-	8	-	3	10	-	8
9		«15»	-	-	-	6	1	-	15	2	-
10	«14»	«А»	-	-	-	-	2	-	-	10	-
11		«Г»	-	-	-	1	1	-	2	8	-
12	«15»	«Д»	-	2	-	1	4	-	10	8	-
13		«Е»	-	2	-	1	-	-	15	15	-
14		«И»	-	-	-	-	2	1	5	5	15
15	«Д»	«15»	-	3	-	2	4	-	3	5	-
16		«12»	2	1	-	2	-	-	30	-	-
17	«В»	«9»	-	5	-	5	8	-	10	10	-
18	«Г»	«10»	-	-	-	-	-	-	-	20	-
19		«14»	-	-	-	2	-	-	15	-	-
20	«9»	«Г»	5	-	-	10	-	-	-	30	-

Как видно из таблицы, в 1991 году трещины отмечены в стенах по осям «15» и «Д», «И» здания Литер А3 шириной раскрытия: вертикальных 1–3 мм; наклонных – 2 и 5 мм. В этой части здания в середине XX века устроили кухню и установили промышленную плиту, значительных размеров и веса. Появление трещин связано с большими нагрузками на перекрытие, стены и фундамент. Физический износ стен составил – 13 % [8].

Результаты обследования 2001 года показали увеличение количества трещин с шириной

раскрытия до 4 мм. А ранее образовавшиеся трещины раскрылись еще на 1–2 мм. Физический износ стен составил – 20 % [8].

С 2001 до 20015 года произошло образование новых многочисленных трещин с максимальной шириной раскрытия 20÷30 мм. Физический износ стен составил – 60 % [8]. Появление новых трещин к 2015 году объясняется тем, что здание после 2007 года не эксплуатировалось. В этот период были отключены все коммуникации, здание не отапливалось, не проветривалось. С дворовой территории не убирался снег, и та-

лые воды затапливали помещения цокольного этажа. Основными причинами образования трещин в несущих стенах является замачивание основания под подошвой фундамента. Кроме того, нарушение температурно-влажностного режима внутри здания привело к образованию других дефектов несущих конструкций.

Анализ результатов обследования, проводимых в разное время, показывает, что с течением времени количество трещин и ширина их раскрытия увеличивается. За период с 1991 по 2015 гг. физический износ стен увеличился с 13 % до 60 %. Наибольший процент износа соответствует периоду, когда здание не эксплуатировалось, и было заброшено.

Таким образом, для сохранения памятников архитектуры для будущих поколений необходимо осуществлять постоянный контроль их технического состояния. Если здание временно не эксплуатируется, то его необходимо законсервировать в соответствии с требованиями нормативных документов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 25.06.2002 N 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).
2. Техническое заключение «По результатам инженерного обследования

строительных конструкций здания городского противотуберкулёзного диспансера по ул. Советской, 1/19, г. Саратов». Саратов.: АРТ-Дмитрий, 1992. 93 с.

3. Отчет по результатам инженерного обследования здания «Предварительные работы по памятнику истории и культуры: дома вице-губернатора Александровского по ул. Советской, 1 в городе Саратове». Саратов.: АРТ-Дмитрий, 2001. 75 с.

4. Проект реставрации и приспособления для современного использования объекта культурного наследия федерального наследия «Жилой дом, 1-я пол. XIX в.», расположенного по адресу: г. Саратов, ул. Советская, д.1. Саратов.: ЗАО «НППП «ГЕОТЕХНИКА-СПИ», 2015. 110 с.

5. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М., 2010. 61 с.

6. СП 13-102-2003. Правила обследования строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Госстрой РФ, 2003. 48 с.

7. ВСН 57-88 (р). Положение по техническому обследованию жилых зданий. Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1998. 92 с.

8. ВСН 53-86 (р). Правила оценки физического износа жилых зданий: Госгражданстрой. М.: Прейскурантиздат, 1988. 78 с.

Zobkova N.V., Kizimova O.V.

INSPECTION OF A LATTER HALF OF THE NINETEENTH CENTURY CONSTRUCTION

Saving of cultural heritage sites is one of the key aims of the Federal Target Program "The Culture of Russia (2012–2018)", including rehabilitation and restoration work for physical security of an object, scientific-research, engineering survey, design and manufacturing and construction supervision. The article contains the results of the inspection of a latter half of the 19th century construction. It is found that the main defects reducing a construction's performance properties are cracks in brick walls. Data analysis has shown that the main reasons for the bearing walls cracks are wet footing in the construction bottom and temperature and humidity abuse.

Key words: construction, cultural heritage, inspection, defects, cracks, physical deterioration.

Зобкова Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительные материалы и технологии.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 41054, Саратов, ул. Политехническая, д.77.

E-mail: zobkovanv@yandex.ru

Кизимова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 41054, Саратов, ул. Политехническая, д.77.

E-mail: olga.sgty2012@yandex.ru

DOI: 10.12737/article_5940f01852f414.43320363

*Римшин В.И., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.,
Кузина Е.С., магистрант*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Филькова Н.В., экономист*

*Фонд капитального ремонта Территориального управления
Северного административного округа города Москвы*

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В ГОРОДЕ МОСКВА В ХОДЕ РАБОТ ПО ПРОГРАММЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

v.rimshin@vniizhbeton.ru

В статье обоснованы и рассмотрены технические процессы, полученные при обследовании девятиэтажного кирпичного жилого дома в городе Москва, которые необходимы для получения актуальных данных о состоянии конструкций в целом и её отдельных элементов с целью обоснования необходимости в проведении капитального ремонта. В ходе работ выявляют фактическое состояние всех конструктивных элементов и систем объекта, его прочностные характеристики, дефекты и нарушения эксплуатационных параметров, что позволит с учётом межремонтных сроков в дальнейшем сделать выводы по каждой системе и дать рекомендации, необходимые для правильной разработки проектных решений, соответствующих всем градостроительным регламентам, техническим регламентам и нормативам, в том числе устанавливающим требования по обеспечению безопасной эксплуатации здания, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий с соблюдением технических условий, в рамках осуществления работ по капитальному ремонту.

Ключевые слова: мониторинг, обследование строительных конструкций, капитальный ремонт, дефекты, повреждения.

Введение. На сегодняшний день в городе Москве идет процесс реализации региональной программы капитального ремонта многоквартирных жилых домов. Решение о разработке проектной документации для проведения капитального ремонта объекта принимают на основании постановления Правительства Москвы от 29.12.2014 г. № 832-ПП «О региональной программе капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах на территории города Москвы» [10, 15, 16]. Обследование здания является обязательным этапом при проведении его капитального ремонта. В научных трудах, опубликованных нашими соотечественниками, представлены рекомендации по законодательной и нормативной базе с целью проведения капитального ремонта [12]. Цель настоящего исследования состоит в определении технического состояния конструкций здания, а также в дальнейшем предоставлении выводов и рекомендаций, необходимых для правильной разработки проектных решений.

Методология. Для определения фактических прочностных характеристик материала конструктивных элементов, таких как марки кирпича и раствора кладки, класса бетона, в данной работе использован прибор - склерометр ОМШ-1 образца НИИЖБ. Для определения геометрических размеров при производстве обмерных работ использован цифровой оптический

длинномер типа Leica Disto A5. Для определения защитного слоя бетона, класса и диаметра арматуры использован прибор ИПА-МГ4 [4–9]. Для фотофиксации использован фотоаппарат Canon. Материал технического заключения по обследованию зданий и определению несущей способности конструкций выпускают в пяти экземплярах. Четыре из них высылаются Заказчику, еще один хранится в архиве.

Основная часть. По результатам обследования конструкций и инженерных систем здания в данной работе было установлено, что здание представляет многоквартирный одноподъездный девятиэтажный жилой дом с подвалом, построенный в 1967 году. По справкам, выданным бюро технической инвентаризации (БТИ), капитальный ремонт ранее не производился.

Наружные стены жилого дома выполнены из кирпича на цементно-песчаном растворе, толщиной до 640 мм. Фасады облицованы кирпичной кладкой с расшивкой швов, цоколь выложенный, оштукатурен и окрашен. Внутренние стены кирпичные, толщиной от 380 до 640 мм. Конструктивно балконы выполнены из консольно-защемленных железобетонных плит с ограждением из армированного полимерного материала. Два входа в подвальные помещения имеют разрушенные ступени. При визуальном обследовании выявлены следы сырости и капиллярной влаги в зоне цоколя у пристройки перекры-

тия насосной и стен фасада. Техническое состояние наружных и внутренних стен обследуемого жилого дома по визуальным признакам согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как работоспособное и пригодное для дальнейшей эксплуатации. Согласно ВСН 53-86 (р) по таблице 10 физический износ стен здания составляет 15 %. Рекомендуются восстановить поврежденные участки кирпичной кладки в местах выветриваний и разрушений с устранением причин замачивания.

Фундамент ленточный, из фундаментных блоков ФБС на сложном растворе, с использованием полнотелого кирпича на цементно-песчаном растворе для заполнения проемов. Техническое состояние фундаментов обследуемого жилого дома по визуальным признакам согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как работоспособное и пригодное для дальнейшей эксплуатации. Согласно ВСН 53-86 (р) по таблице 3 физический износ фундаментов здания составляет 10 %.

Перекрытие над подвалом выполнено из сборных железобетонных многпустотных плит перекрытия. Полы подвала выполнены в виде растворобетонной стяжки. Имеются пробои и разрушение полов. Присутствует повсеместно сырость полов подвала вследствие утечек из труб инженерных коммуникаций. Конструкция пола находится в неудовлетворительном состоянии: разрушена стяжка, наличие луж сточных вод. Техническое состояние перекрытия над подвалом обследуемого жилого дома по визуальным признакам согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как работоспособное и пригодное для дальнейшей эксплуатации. Согласно ВСН 53-86 (р) по таблице 30 физический износ перекрытия над подвалом составляет 10 %, и ремонт не требуется, а полов по таблице 48–45 %. В процессе эксплуатации жилого дома контроль технического состояния перекрытия над подвалом и конструкции пола подвала выполнялся не в полном объеме необходимых работ и мероприятий, что и привело к таким результатам. Требуется устранить причины протечек, выполнить антигрибковую обработку потолков, провести санитарную обработку помещения, ремонт полов, подвальных лестниц и оштукатуривание швов плит перекрытия.

Перекрытие над этажами выполнено из сборных железобетонных многпустотных плит перекрытия, опирающихся на ригели и стены. Техническое состояние междуэтажных плит перекрытий обследуемого жилого дома по визуальным признакам согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как работоспособное и пригодное для дальнейшей эксплуатации. Согласно ВСН

53-86 (р) по таблице 30 физический износ междуэтажного перекрытия составляет 20 %, полов по таблице 48–25 %.

Балконы выполнены из железобетонных плит по консольно-защемленным железобетонным балкам, расположены в уровне 3–9 этажей. Техническое состояние балконов обследуемого жилого дома по визуальным признакам согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как работоспособное. Дальнейшая эксплуатация балконов возможна. Согласно ВСН 53-86 (р) по таблице 37 физический износ составляет 25 %.

Крыша с внутренним организованным водоотводом. Кровля выполнена из наплавляемого материала по цементно-песчаной стяжке на железобетонных плитах. Пространственная жесткость и устойчивость всего здания обеспечивается совместной работой продольных и поперечных стен здания, плит перекрытий. Имеется отслоение, вздутие покрытия. Разрушен слой стяжки, нарушен уклон ската, стоят лужи на поверхности кровли. Парапетное ограждение имеет двойную защиту из оцинкованного листа со свесом в 250 мм и парапетной оцинкованной крышки. Выход на кровлю один с деревянным решетчатым заполнением. Состояние выходных дверей неудовлетворительное, так как выявлены загнивание древесины и разрушение заполнения. Лестницы имеют разрушения элементов конструкции. Имеет продухи не закрытые решетками, слои теплоизоляции из керамзита истощены и не отвечают современным требованиям тепло-влажностного режима, отсутствуют ходовые настилы для подхода к верхней магистрали и стоякам центрального отопления. Техническое состояние кровли обследуемого жилого дома по визуальным признакам согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как ограниченно-работоспособное и не пригодно для дальнейшей эксплуатации. Состояние кровли не удовлетворительное. Согласно ВСН 53-86 (р) физический износ кровли по таблице 41 составляет 45 %. Для дальнейшей нормальной эксплуатации кровли и чердачного помещения рекомендуется выполнить устройство ходового настила, согласно «Рекомендации по техническому обслуживанию крыш жилых зданий», ходовые настилы уложить из досок, шириной от 300 до 400 мм, с учётом возможности подхода ко всем обслуживаемым конструктивным и инженерным элементам, отремонтировать места разрушений цементно-песчаной стяжки и восстановить уклоны, заменить кровельный ковер из наплавляемых материалов, выполнить парапетное ограждение кровли, заменить дверные коробки и полотна выхода на кровлю, выполнить ремонт фонаря выхода на кровлю.

Лестницы 2-х маршевые, сборные железобетонные. Техническое состояние лестничного марша обследуемого жилого дома по визуальным признакам согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как работоспособное и пригодное для дальнейшей эксплуатации. Согласно ВСН 53-86(р) по таблице 35 физический износ подъездов и лестниц составляет 30 %. В связи с этим рекомендуется провести ремонт ограждений с последующей окраской и заменой перил на новые ПВХ, ремонт покрытия лестничных площадок, лестничных ступеней, замена оконных заполнений на лестничной клетке на новые из ПВХ-профиля с оштукатуриванием откосов и заменой подоконных досок.

Системы центрального отопления, холодного и горячего водоснабжения, система канализации находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют полной замены по разработанному проекту. Система вентиляции находится в неудовлетворительном состоянии, требуется выполнить выборочный ремонт системы с устранением выявленных дефектов. Средневзвешенный физический износ систем инженерного оборудования применительно к ВСН 53-86(р) - составляет 62–65 %. Техническое состояние электрооборудования здания оценивается как ограниченно-работоспособное. Согласно ВСН 53-86(р) по таблице 69 физический износ составляет 80 %. Рекомендуется полная замена систем центрального отопления, холодного водоснабжения, канализации согласно разработанному проекту. Система электроснабжения требует замены вводно-распределительного устройства, этажных щитков, питающих магистралей и других элементов системы согласно разработанному проекту.

Выводы. Обследование здания проводилось с ограниченным доступом к скрытым конструкциям. Согласно ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» основные несущие строительные конструкции обследованного жилого дома находятся в работоспособном состоянии, для дальнейшей безопасной эксплуатации необходимо выполнить мероприятия по устранению выявленных дефектов [1–9, 13–25]. Согласно ФЗ №384 от 01.07.2010 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», строительные конструкции здания на период обследования удовлетворяют требованиям по технической безопасности. По результатам обследования общий износ систем здания составляет 48 %. В ходе работ были выявлены дефекты и нарушения по всем системам здания, сделаны выводы о их состоянии и даны рекомендации для разработки проектной документа-

ции для проведения работ в рамках предусмотренного капитального ремонта [26–31].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анпилов С.М., Гайнулин М.М., Ерышев В.А., Мурашкин В.Г., Мурашкин Г.В., Анпилов М.С., Римшин В.И., Сорочайкин А.Н. Несъемная стеновая опалубка. Патент на полезную модель RUS 147740 08.07.2014.
2. Анпилов С.М., Ерышев В.А., Гайнулин М.М., Мурашкин В.Г., Мурашкин Г.В., Анпилов М.С., Римшин В.И., Сорочайкин А.Н. Сборный строительный элемент. Патент на полезную модель RUS 147452 08.07.2014.
3. Ерофеев В.Т., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Баженов Ю.М., Жидкин В.Ф., Родин А.И., Римшин В.И., Смирнов В.Ф., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Родина М.А. «Биоцидный Портландцемент» Патент на изобретение RUS2491239 27.02.2012.
4. Ерофеев В.Т., Римшин В.И., Баженов Ю.М., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Магдеев У.Х., Жидкин В.Ф., Бурнайкин Н.Ф., Родин А.И., Смирнов В.Ф., Богатов А.Д., Казначеев С.В. Биоцидный Портландцемент. Патент на изобретение RUS2491240 29.02.2012.
5. Ерофеев В.Т., Римшин В.И., Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Жидкин В.Ф., Бурнайкин Н.Ф., Родин А.И., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Родина М.А. Портландцемент. Патент на изобретение RUS2496729 29.02.2012.
6. Ерофеев В.Т., Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Жидкин В.Ф., Родин А.И., Римшин В.И., Богатов А.Д., Бурнайкин Н.Ф., Казначеев С.В., Родина М.А. Портландцемент. Патент на изобретение RUS 2496728 27.02.2012.
7. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Диссипативная теория силового сопротивления железобетона Москва, 2015.
8. Бондаренко В.М. Римшин В.И. Усиление железобетонных конструкций при коррозионных повреждениях, учебное пособие, Москва, 2009.
9. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций. Москва, 2014. (4-е издание, исправленное)
10. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шумилова Е.Ю. Контроль и надзор в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве Минеральные Воды, 2016.
11. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шумилова Е.Ю. Геодезические работы в строительстве Минеральные Воды, 2016. Сер. Высшее профессиональное образование.
12. Курбатов В.Л., Римшин В.И. под ред. Римшина В.И. Практическое пособие инженера-строителя, Москва, 2012.

13. Кришан А.Л., Астафьева М.А., Наркевич М.Ю., Римшин В.И. Определение деформационных характеристик бетона // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 367–369.
14. Кришан А.Л., Астафьева М.А., Римшин В.И. Предельные относительные деформации центрально-сжатых железобетонных элементов // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 370–372.
15. Казачек В. Г. и др. Обследование и испытание зданий и сооружений учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Промышленное и гражданское строительство" направления подготовки "Строительство" под ред. В. И. Римшина. Москва, 2012. (Изд. 4-е, перераб. и доп.)
16. Нотенко С.Н. и др. под ред. Римшина В.И., Стражникова А.М. Техническая эксплуатация жилых зданий. Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным специальностям. Москва, 2012. Сер. Для высших учебных заведений (Изд. 3-е, перераб. и доп.)
17. Римшин В.И. Повреждения и методы расчета усиления железобетонных конструкций. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, 2001.
18. Римшин В.И., Кустикова Ю.О. Механика деформирования и разрушения усиленных железобетонных конструкций // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2007. № 3-15. С. 53–56.
19. Римшин В.И., Шубин Л.И., Савко А.В. Ресурс силового сопротивления железобетонных конструкций инженерных сооружений. // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С. 483–491.
20. Рощина С.И., Римшин В.И. Расчет деформаций изгибаемых армированных деревянных элементов с учетом ползучести // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. №1(34). С.121–124.
21. Римшин В.И., Кустикова Ю.О. Феноменологические исследования величины сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2011. №1. С. 27–31.
22. Теличенко В.И., Римшин В.И. Критические технологии в строительстве // Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. 1998. №4. С.16–18.
23. Antoshkin V.D., Erofeev V.T., Travush V.I., Rimshin V.I., Kurbatov V.L. The problem optimization triangular geometric line field Modern // Applied Science. 2015. T. 9. № 3. С. 46–50.
24. Bazhenov Y. M., Erofeev V. T., Rimshin V. I., Markov S. V., Kurbatov V. L. Changes in the topology of a concrete porous space in interactions with the external medium // Engineering Solid Mechanics № 4. 2016. С. 219–225
25. Erofeev V.T., Zavalishin E.V., Rimshin V.I., Kurbatov V.L., Mosakov B.S. Frame composites based on soluble glass // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. T.7. № 3. С. 2506–2517.
26. Erofeev V.T., Bogatov A.D., Bogatova S.N., Smirnov V.F., Rimshin V.I., Kurbatov V.L. Bioresistant building composites on the basis of glass wastes // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. T. 12. № 1. С. 661–669.
27. Erofeev V., Karpushin S., Rodin A., Tretiakov I., Kalashnikov V., Moroz M., Smirnov V., Smirnova O., Rimshin V., Matvievskiy A. Physical and mechanical properties of the cement stone based on biocidal portland cement with active mineral additive // Solid State Phenomena. 2016. T. 871. С. 28–32.
28. Krishan A. L., Troshkina E. A., Rimshin V. I., Rahmanov V. A., Kurbatov V. L. Load-bearing capacity of short concrete-filled steel tube columns of circular cross section // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. T.7. № 3. С. 2518–2529.
29. Korotaev S.A., Kalashnikov V.I., Rimshin V.I., Erofeeva I.V., Kurbatov V.L. The impact of mineral aggregates on the thermal conductivity of cement composites // Ecology, Environment and Conservation. 2016. T. 22. № 3. С. 1159–1164.
30. Krishan A., Rimshin V., Markov S., Erofeev V., Kurbatov V. The energy integrity resistance to the destruction of the long-term strength concrete // Procedia Engineering 1. 2015. С. 211–217.
31. Rimshin V.I., Larionov E.A., Erofeev V.T., Kurbatov V.L. Vibrocreep of concrete with a nonuniform stress state // Life Science Journal. 2014. T. 11. № 11. С. 278–280.

Rimshin V.I., Kuzina E.S., Filkova N.V.

**ENGINEERING METHODS OF SURVEY RESIDENTIAL BRICK HOUSE
IN MOSCOW DURING THE WORK OF THE CAPITAL REPAIR PROGRAM**

The article are based and reviewed the technical processes, obtained using a nine-brick apartment house in Moscow, which are necessary to obtain current data on the state of construction as a whole and its individu-

al elements in order to substantiate the need for overhaul. During the works reveal the actual status of all components and systems of the object, its strength characteristics, defects and violations of operational parameters that will allow taking into account the reserve maintenance periods in the future to draw conclusions for each system and make recommendations necessary for the proper development of design solutions that meet all the urban development regulations, technical regulations and standards, including establishing requirements for the safe operation of buildings, structures, safe use of adjacent areas in compliance with the specifications, in the framework of the works of major overhaul.

Key words: *monitoring, inspection of building constructions, rebuilding, defects, damage.*

Римшин Владимир Иванович, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

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

E-mail: v.rimshin@vniizhbeton.ru

Кузина Екатерина Сергеевна, магистрант.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

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

E-mail: kkuzzina@mail.ru

Филькова Надежда Владимировна, экономист.

Фонд капитального ремонта Территориального управления CAO г. Москвы

E-mail: filkovanv@mail.ru

Юрьев А.Г., д-р техн. наук, проф.,
Зинькова В.А., ст. преп.,
Смоляго Н.А., канд. техн. наук, доц.,
Яковлев О.А., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ

yuriev_ag@mail.ru

Эффективный способ определения структуры металлической фермы имеет вариационную основу. Вариационная постановка задачи является фундаментальным подходом к реализации замысла, поскольку из нее вытекает универсальный критерий оптимальности, связанный с минимумом потенциальной энергии системы в функциональном пространстве, расширенном за счет полей функций конфигурации и (или) модулей материала. При однородном линейно-упругом материале оптимальную ферму можно представить как равнопрочную систему с внутренними силами N_i/ϕ_i , где ϕ_i – коэффициент уменьшения расчетного сопротивления материала. В качестве численного эксперимента рассмотрено определение оптимальной структуры фермы с консолями. Из четырех рассмотренных вариантов минимальный объем материала получен для фермы с нисходящими раскосами и горизонтальным фрагментом верхнего пояса. На этапе определения оптимальной геометрии фермы при заданной ее топологии задача решается строго вариационными методами структурного синтеза, а на этапе оптимизации топологии – сравнением приемлемых вариантов. Однако и в том, и в другом случае единым остается критерий оптимальности, приводящий в итоге к минимуму расхода материала.

Ключевые слова: структура фермы, вариационная постановка задачи, критерий оптимальности.

Введение. Рационализация структуры ферм наблюдается на всем пути их практического применения. Металлические фермы нашли использование прежде всего в мостостроении. В связи с этим следует упомянуть имена российских инженеров и ученых: Д.К. Журавского, С.В. Кербедза, Н.А. Белелюбского, Л.Д. Проскуракова и др.

Задачи оптимизации конструкций ферм за счет рационального расположения их элементов впервые рассмотрел В.Г. Шухов [1]. В сущности, это касалось оптимальной топологии, если под последней понимать расположение узлов и способ их соединения между собой для образования геометрически неизменяемой системы.

Теоретические исследования фактора топологии стержневых систем получили определенное развитие во второй половине XX века. Выделяется работа К. Мажида [2], в которой содержатся формулировки и доказательства теорем о влиянии структурных изменений на функционирование стержневых систем. Уделено внимание главным факторам в оптимальном проектировании.

Главенствующее значение имеет критерий оптимизации. Исторически складывалась ситуация, когда для конструкции из однородного материала считалось правомерным ориентироваться на минимум его объема (массы, стоимости). Критерий, таким образом, получал экономическую форму. Его внедрение в задачи механики

деформирования твердого тела создавало определенные неудобства с соблюдением основополагающих вариационных принципов. В итоге это приводило к проблематичности поиска глобального экстремума функции (функционала) цели [3–5].

Решение этой проблемы стало возможным после установления вариационных принципов структурного синтеза [6], из которых вытекает формулировка универсального критерия оптимальности.

Основная часть. Вариационная постановка оптимизационной задачи может быть представлена в форме интегрального тождества или приводится к требованию стационарности соответствующего функционала.

При проектировании дискретных систем из линейно-упругого материала (с модулем E) используем функционал Кастильяно. Рассмотрим виртуальную систему с внутренними силами N_i/ϕ_i . Коэффициент ϕ_i для растянутых стержней равен единице, а для сжатых принимается исходя из ограничения элементов пояса и решетки [7]. Искомые площади поперечных сечений сжатых стержней должны иметь соответствующие минимальные радиусы инерции.

В этом случае при решении изопериметрической задачи для фермы функционал Кастильяно имеет следующий вид:

$$J = \sum_{i=1}^n \frac{N_i^2 l_i}{2E\varphi_i^2 A_i} + \lambda \sum_{i=1}^n A_i l_i, \quad (1)$$

где n – число стержней длиной l_i , имеющих площадь поперечного сечения A_i и продольное усилие N_i , λ – множитель Лагранжа, имеющий постоянную величину.

Следствием стационарности функционала (1) являются m уравнений совместности деформаций (m – число лишних связей):

$$\partial J / \partial N_m = 0, \quad (2)$$

уравнение объема (V_0 – заданный объем):

$$\sum_{i=1}^n A_i l_i = V_0 \quad (3)$$

и n уравнений структурообразования:

$$\partial J / \partial A_i = 0, \quad (4)$$

или

$$-\frac{N_i^2}{2E\varphi_i^2 A_i^2} + \lambda = 0. \quad (5)$$

Так как $N_i / (\varphi_i A_i)$ выражает напряжение σ_i в i -м стержне виртуальной фермы с внутренними силами N_i / φ_i , то уравнения (5) принимает вид

$$\sigma_i^2 / 2E = \lambda \quad (\lambda = \text{const}) \quad (6)$$

свидетельствующий о равнонапряженности виртуальной фермы. Тем самым определяется критерий оптимальности проектируемой фермы. Он распространяется на любую структуру (конфигурацию).

Для металлических ферм, согласно существующим нормам, вводится расчетное сопротивление R материала. Его наличие во всей конфигурации является дополнительным условием в оптимизационной задаче. Оно вводится в функционал без множителя Лагранжа.

Поскольку

$$A_i = N_i / (\varphi_i R), \quad (7)$$

выражение потенциальной энергии деформации принимает вид:

$$J = \frac{R}{2E} \sum_{i=1}^n \frac{N_i l_i}{\varphi_i}, \quad (8)$$

а выражение объема с учетом (7) и (8) представляется в виде

$$V = 2EJ / R^2. \quad (9)$$

Следовательно, в случае глобального минимума функционала (8) объем материала фермы также принимает минимальное значение.

Решение вариационной задачи по определению геометрии фермы приведено в [8]. В ка-

честве варьируемых параметров приняты высоты стоек h_i , кроме заданных изначально.

Сложность анализа зависимости усилий в ферме от изменения геометрии состоит в непостоянстве знака усилий. При переходе растянутого стержня в разряд сжатых, кроме прочности, необходимо обеспечить устойчивость его равновесия. «Перемещение» коэффициента уменьшения расчетного сопротивления φ_i для сжатых стержней изменяет вид выражения J при итерационном расчете.

Минимум функционала (8) при варьировании длин l стержней соответствуют условию:

$$\frac{\partial J}{\partial h_i} = 0, \quad (i=1, 2, \dots, t) \quad (10)$$

Решение задачи оптимизации конфигурации фермы предусматривает следующие операции: 1) задание директивных параметров (пролета, высоты и др.), коэффициентов φ и выбор переменных h_i ; 2) определение выражений внутренних усилий в стержнях; 3) выделение стержней с переменным знаком усилий и назначение знаков в начальном приближении; 4) запись выражения потенциальной энергии деформации J ; 5) удовлетворение критерию оптимальной конфигурации: $\partial J / \partial h_i = 0$ ($i=1, 2, \dots, t$); 6) решение системы алгебраических уравнений; 7) проверка удовлетворения принятым знакам внутренних усилий; положительный результат означает окончание решения, в случае отрицательного результата необходимо возвратиться к п. 3.

Вслед за проблемой оптимизации геометрии фермы следует самый высокий уровень ее проектирования – оптимизация ее топологии, под которой понимают предопределение узлов и способ их соединения между собой для образования геометрически неизменяемой системы. Здесь в первую очередь имеется в виду оптимальная решетка, то есть рациональное расположение раскосов и стоек [9–16].

Рассмотрим, например, два варианта однопролетной фермы (рис. 1): первый (I) – с восходящими раскосами, второй (II) – с нисходящими раскосами (показаны штрихами).

В табл. 1 представлены длины стержней l_i и усилий в них N_i для первого и второго вариантов раскосов соответственно.

Потенциальная энергия деформации, вычисленная по формуле (8), составляет: для первого варианта 414,96 Дж, для второго варианта 379,77 Дж, а соответствующие объемы материала, вычисленные по формуле (9) – 0,294 м³ и 0,269 м³. Следовательно, преимущество имеет ферма с нисходящими раскосами.

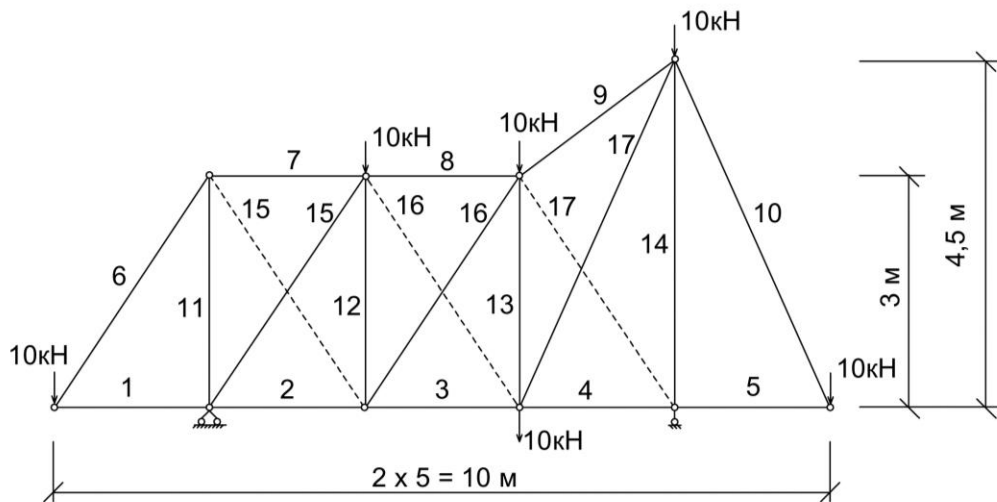


Рис. 1. Ферма с консолями при двух вариантах раскосов

Таблица 1

Длины стержней и усилия в них для двух вариантов фермы (рис. 1)

№ стержня	ℓ_i , м	N_i , кН		№ стержня	ℓ_i , м	N_i , кН	
		I	II			I	II
1	2	-6,667	-6,667	10	4,92	10,943	10,943
2	2	2,222	-6,667	11	3	-10	-23,333
3	2	4,444	2,222	12	3	3,333	-13,333
4	2	-4,444	4,444	13	3	-10	6,667
5	2	-4,444	-4,444	14	4,5	-36,667	-23,333
6	3,6	12,419	12,019	15	3,6	-16,025	16,025
7	2	6,667	-2,222	16	3,6	-4,006	4,006
8	2	-2,222	-4,444	17	4,92/3,6	21,886	-16,025
9	2,5	-5,556	5,556				

Рассмотрим влияние трансформации верхнего пояса фермы (рис. 2) на изменение показателей оптимальности. В табл. 2 представлены длины стержней ℓ_i и усилия в них N_i для первого и второго вариантов раскосов соответственно.

Потенциальная энергия деформации, вычисленная по формуле (8), составляет: для пер-

вого варианта 400 Дж, для второго варианта 387,495 Дж, а соответствующие объемы материала, вычисленные по формуле (9), 0,283 м³ и 0,274 м³. Преимущество опять-таки имеет ферма с нисходящими раскосами.

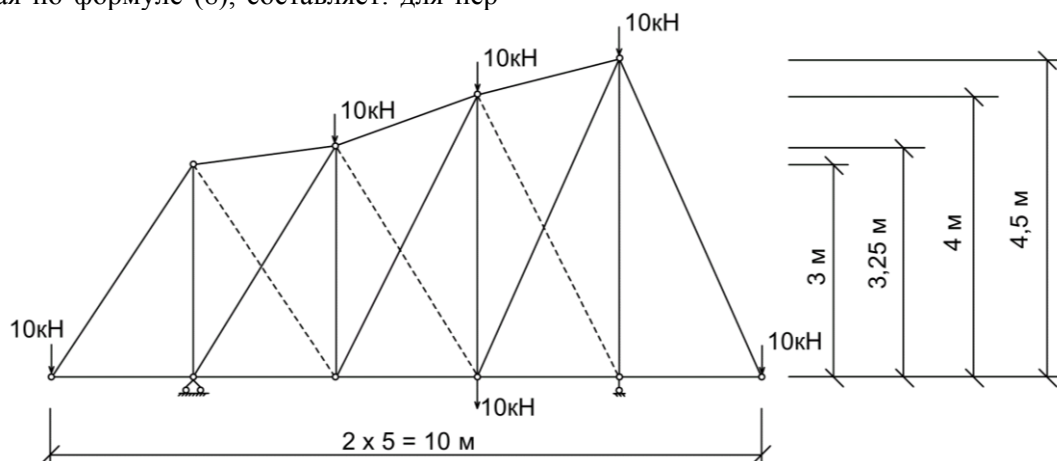


Рис. 2. Ферма с консолями и полигональным верхним поясом при двух вариантах раскосов (номера стержней на рис. 1)

Таблица 2

Длина стержней и усилия в них для первого варианта фермы (рис. 2)

№ стержня	ℓ_i , м	N_i , кН		№ стержня	ℓ_i , м	N_i , кН	
		I	II			I	II
1	2	-6,667	-6,667	10	4,92	10,943	10,943
2	2	2,051	-6,667	11	3	-9,167	-23,333
3	2	3,333	2,051	12	3,25	2,564	-13,077
4	2	-4,444	3,333	13	4	-7,5	7,917
5	2	-4,444	-4,444	14	4,5	-36,667	-21,111
6	3,6	12,019	12,019	15	3,816/3,6	-16,634	15,717
7	2,016	6,719	-2,067	16	4,472/3,816	-2,867	2,446
8	2,136	-2,191	-3,56	17	4,92/4,472	19,151	-17,392
9	2,062	-3,436	4,581				

Из четырех рассмотренных вариантов преимущественные показатели имеет ферма, представленная на рис. 1 с нисходящими раскосами. Объем ее материала на 1,9 % меньше чем у аналогичной фермы с полигональным верхним поясом.

Выводы. В заключение можно сказать, что на этапе определения оптимальной геометрии фермы при заданной ее топологии задача решается строго вариационными методами структурного синтеза, а на этапе оптимизации топологии – сравнением определенных вариантов. Однако и в том, и в другом случае единым остается критерий оптимальности, вытекающий из вариационной постановки проектной задачи и приводящий в итоге к минимуму расхода материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шухов В.Г. Строительная механика. Избранные труды. М.: Наука, 1977. 193 с.
2. Majid K.I. Optimum design of structures. London: Newnes-Butterworths, 1979. 238 p.
3. Michell A.G.M. The limits of economy of materials in framestructures // Philosophical magazine and journal of science. 1904. V. 8. № 47.
4. Прагер В. Основы теории оптимального проектирования конструкций. М: Мир, 1977. 111 с.
5. Сергеев Н. Д., Богатырев А.И. Проблемы оптимального проектирования конструкций. Л.: Стройиздат, 1971. 130 с.
6. Юрьев А.Г. Строительная механика: структурный синтез. М.: МИСИ, 1982. 100с.
7. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*: СП 16.13330.2011. М.: ОАО «ЦПП», 2011. 171 с.
8. Зинькова В.А., Юрьев А.Г., Толбатов А.А. Вариационная постановка оптимизационной задачи для плоских ферм [Электронный ре-

сурс] // Вестник науки и образования Северо-Запада России: сб. докл. 1-й Междунар. науч.-практ. конф. «Инновации в науке, производстве и образовании», 2015. Т. 1. № 4. Режим доступа: <http://vestnik-nauki.ru>.

9. Bendsøe M.P., Sigmund O. Topology optimization: theory, methods, and applications. Berlin: Springer, 2003. 376 p.

10. Зинькова В.А. Методика экспериментальных исследований узловых соединений трубчатых элементов фермы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 50–52.

11. Юрьев А.Г., Нужный С.Н. Оптимизация топологии однопролетных одноэтажных рам // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С. 742–746.

12. Зинькова В.А. Оптимизация топологии металлических ферм // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 37–40.

13. Марутян А.С. Легкие металлоконструкции из гнутосварных профилей, включая перекрестные фермы типа «Пятигорск» и перспектива их развития // Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова «Наукоемкие технологии и инновации», Белгород. 2014. С. 53–57.

14. Zinkova V.A., Yuriev A.G., Peshkova E.V. Designing of Tube Trusses without Gusset Plate with Joint Connections // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. № 5. Vol. 10. P. 12391–12398.

15. Марутян А.С., Оробинская В.Н. Оптимизация конструкций с решетками из круглых и овальных труб // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 45–57.

16. Марутян А.С., Оробинская В.Н. Треугольные фермы покрытий (перекрытий) и оптимизация их высот // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 2 (101). С. 172–183.

Yuriev A.G., Zinkova V.A., Smolyago N.A., Yakovlev O.A.**STRUCTURE OPTIMIZATION OF THE METAL TRUSSES**

Efficient method structure determination of metal truss has variational basis. Variational statement of problem is a fundamental approach of intention realization. From it follows universal criterion of optimization, connecting with minimum of potential energy of the system in function space expanded at the expense of function fields of configuration and (or) material moduls. Under the condition of homogeneous linear elastic material optimal truss represents as uniresistant virtual system with internal forces N/ϕ_i (ϕ_i – decrease coefficient of designed resistance of material). As numerical example was considered the determination of optimal structure of the truss with the consoles. Of the four variants, the minimum amount of material obtained for the truss with downward diagonals and the horizontal fragment of the upper belt. At the stage of optimal geometry determination of a truss at a given geometry the problem is solved strictly by variational methods of structural synthesis, and at stage of the topology optimization – by comparison of admissible variants. However, in both cases is present a single criterion of optimality, carrying into minimum of material expense.

Key words: truss structure, variational statement of problem, optimization criterion.

Юрьев Александр Гаврилович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.

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

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

E-mail: yuriev_ag@mail.ru

Зинькова Виктория Анатольевна, начальник отдела создания и оценки объектов интеллектуальной собственности.

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

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

E-mail: vikzinkova@mail.ru

Смоляго Нина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.

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

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

E-mail: NASmolyago@mail.ru

Яковлев Олег Александрович, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.

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

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

E-mail: yak-oleg@yandex.ru

Ладик Е.И., аспирант,
Перькова М.В., канд. арх.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Krushelnitskaya1@rambler.ru

В статье обозначены приоритетные направления рекреационного освоения ландшафтов Белгородской области с учетом особенностей ее природного каркаса. Предложены принципы и методы архитектурно-планировочной организации рекреационных территорий, учитывающие региональные особенности области, направленные на регенерацию природного каркаса и снижение фактора сезонности при организации рекреации. Сформулированные принципы и методы учитывают региональные особенности территории, позволят уменьшить рекреационные нагрузки на природные ландшафты и будут способствовать сохранению экологического равновесия.

Ключевые слова: природный каркас, рекреационные территории, принципы и методы, архитектурно-планировочная организация, природный ландшафт.

Введение. Для каждого региона развитие рекреационных территорий происходит с учетом особенностей природного каркаса. Все большее значение приобретает развитие сферы отдыха и туризма в отдельных регионах России, и в том числе Белгородской области. В современных условиях в Белгородской области отдых и туризм признаны одним из приоритетных направлений регионального развития [1]. Однако важной проблемой развития рекреационных зон, остается определение градостроительных принципов и методов, учитывающих ограниченный рекреационно-ресурсный потенциал и специфику ландшафтов Белгородской области. В настоящее время в России не существует общих стандартных методик по разработке территориально привязанных региональных принципов и методик планировочной организации рекреационных территорий, в том числе и для больших по площади уникальных природных ландшафтов.

Основная часть. Территория Белгородской области занимает южные и юго-восточные склоны Среднерусской возвышенности и расчленена речными долинами и овражно-балочной сетью. Северная часть области находится в лесостепной зоне, юго-восточная часть – в степной зоне. В настоящее время Белгородская область, как староосвоенный регион, представляет собой измененные антропогенные ландшафты, характерные для аграрно-индустриальных районов. Из земель, не подвергнутых коренному преобразованию, лишь третья часть занята относительно хорошо сохранившимися лесами, лугами, степями. Овражно-балочные ландшафты занимают наибольшую долю (39 %) в структуре природного каркаса области [2]. Большую часть террито-

рии области занимают земли сельскохозяйственного назначения, площадь которых на 1 января 2015 года составила 2094,8 тыс. га (77,2 %) [3].

Согласно комплексной оценке рекреационного потенциала территорий Белгородской области, проведенной авторами статьи, выделяются наиболее привлекательные в плане развития рекреационных территорий муниципальные районы: Белгородский, Борисовский, Валуйский, Грайворонский, Прохоровский, Губкинский, Шебекинский, Ивнянский, Старооскольский. Исходя из анализа региональных особенностей Белгородской области, выделяются основные перспективные направления рекреационного освоения ландшафтов:

- освоение агро-ландшафтов;
- организация рекреационных территорий на овражно-балочных ландшафтах;
- рекреационная рекультивация нарушенных территорий;
- реструктуризация прибрежных территорий.

В этой связи предлагаются принципы архитектурно-планировочной организации рекреационных территорий, учитывающие региональные особенности природного каркаса Белгородской области. Принципы организации территорий для отдыха населения необходимо рассматривать в контексте экологических аспектов региональной политики и территориального планирования.

Принцип формирования природного ядра на основе овражно-балочных ландшафтов. Рекреационное освоение овражно-балочных ландшафтов является перспективным направлением. Ландшафты данного типа являются мало-

пригодными и «неудобными» для строительства и других видов антропогенной деятельности, занимая значительную площадь. При этом овражно-балочные ландшафты несут в себе черты своеобразия ландшафта Белгородской области [4], нередко обладают высокими эстетическими характеристиками и становятся местами неорганизованной рекреации местного населения. Обеспечение охраны природного ядра овражно-балочных ландшафтов предлагается организовать за счёт рационального экологического и функционального зонирования территории посредством пространственной дифференциации в продольном и в высотном направлениях. Менее ценные в природном отношении зоны выделяются для мест массовой концентрации рекреантов и предприятий по их обеспечению (места стоянки и кострищ, спортивные сооружения, сеть общественного питания и т.п.). Это вершины склонов и участки с незначительным уклоном. Наиболее ценные в экологическом отношении территории (склоновые участки и

днища оврагов) отводятся для создания ядра природного каркаса.

В связи с маловодностью территории, одним из перспективных вариантов организации рекреационных территорий в Белгородской области может стать обводнение участков овражно-балочных комплексов, обладающих гидрографическим потенциалом (наличием родников). Это будет способствовать устойчивости природного каркаса и позволит повысить рекреационную привлекательность овражно-балочных ландшафтов.

В зависимости от морфологии овражно-балочной территории предлагается формировать различные типы функционально-планировочной структуры: 1) зональная планировочная структура подходит для крупных оврагов и балок, имеющих замкнутую структуру; 2) линейно-ветвистая планировочная структура (односторонняя либо двухсторонняя) применима для оврагов и балок, имеющих вытянутый контур (рис.1).

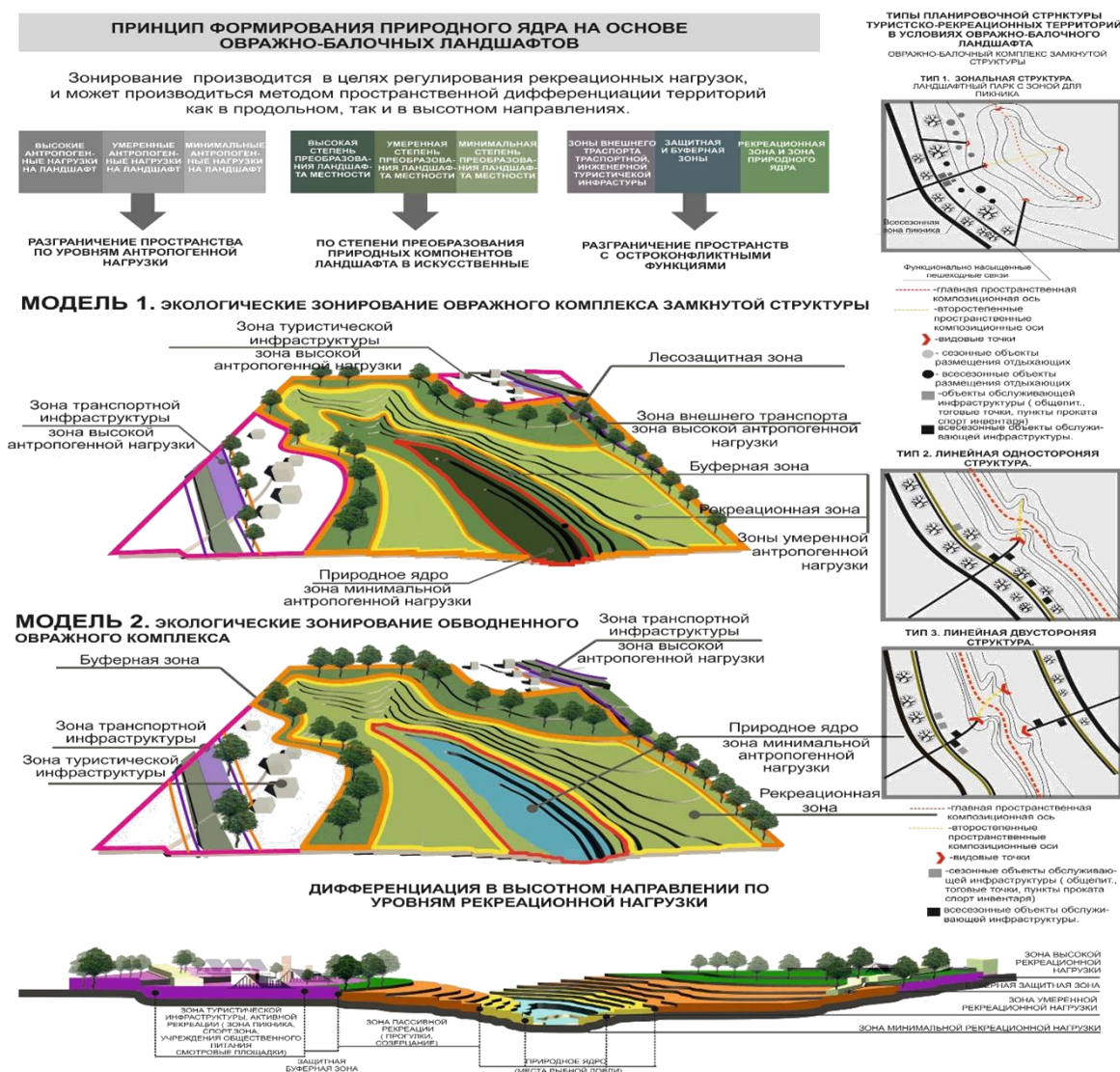


Рис. 1. Принцип формирования природного ядра на основе овражно-балочных ландшафтов

Принцип интегрирования природных и искусственных компонентов состоит в комплексном подходе к созданию архитектурных объектов, интегрированных в овражно-балочный ландшафт путем подражания ритмическим закономерностям ландшафта местности и ограничения этажности, раскрытия объемов в направлении видовых точек, использования местных натуральных строительных материалов, соответствующих колориту местности. Проанализировав мировой опыт по организации застройки на сложном рельефе, авторы выделя-

ют несколько приемов интеграции архитектурных объемов в ландшафт местности, наиболее подходящих для овражно-балочного ландшафта: 1) акцентирование ритма ландшафта – может достигаться формированием объемов переменной этажности; 2) подражание ритму ландшафта за счет террасно-расположенных объемов; 3) заглабление архитектурных объемов в ландшафт; 4) образное подражание естественным формам ландшафта за счет архитектуры объектов, повторяющей силуэт рельефа местности (рис. 2).

ПРИЕМ 1. АКЦЕНТИРОВАНИЕ РИТМА ОВРАЖНО-БАЛОЧНОГО ЛАНДШАФТА



ПРИЕМ 2. ПОДРАЖАНИЕ РИТМУ ОВРАЖНО-БАЛОЧНОГО ЛАНДШАФТА



ПРИЕМ 3. ЗАГЛУБЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕМОВ В ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫЙ ЛАНДШАФТ



ПРИЕМ 4. ОБРАЗНОЕ ПОДРАЖАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫМ ФОРМАМ ОВРАЖНОГО ЛАНДШАФТА



ПРИЕМ 5. АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЪЕМ - МОСТ

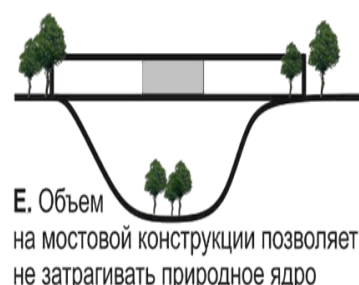


Рис. 2. Приемы интегрирования архитектурных объемов в овражно-балочный ландшафт

Несмотря на относительно густую и разветвленную сеть рек, Белгородская область относится к числу маловодных регионов. Главная причина деградации речной сети - интенсивная хозяйственная деятельность на их водосборах, выразившаяся в значительной вырубке лесов и распашке земель и повлекшая широкое развитие эрозионных процессов. Образование густой овражно-балочной сети обусловило резкое понижение уровня грунтовых вод, заиливание русла и родников, участвующих в питании рек. Для стабилизации экологической ситуации предла-

гается **принцип экологической стабилизации прибрежных территорий малых рек**, целью которого является снижение рекреационных нагрузок и восстановление деградированных прибрежных ландшафтов. Принцип предлагается реализовать путем создания экологических коридоров вдоль береговых линий малых рек и функционально-насыщенных зеленых пешеходных связей, которые будут способствовать восстановлению экологического равновесия и снижению антропогенных нагрузок (рис. 3).

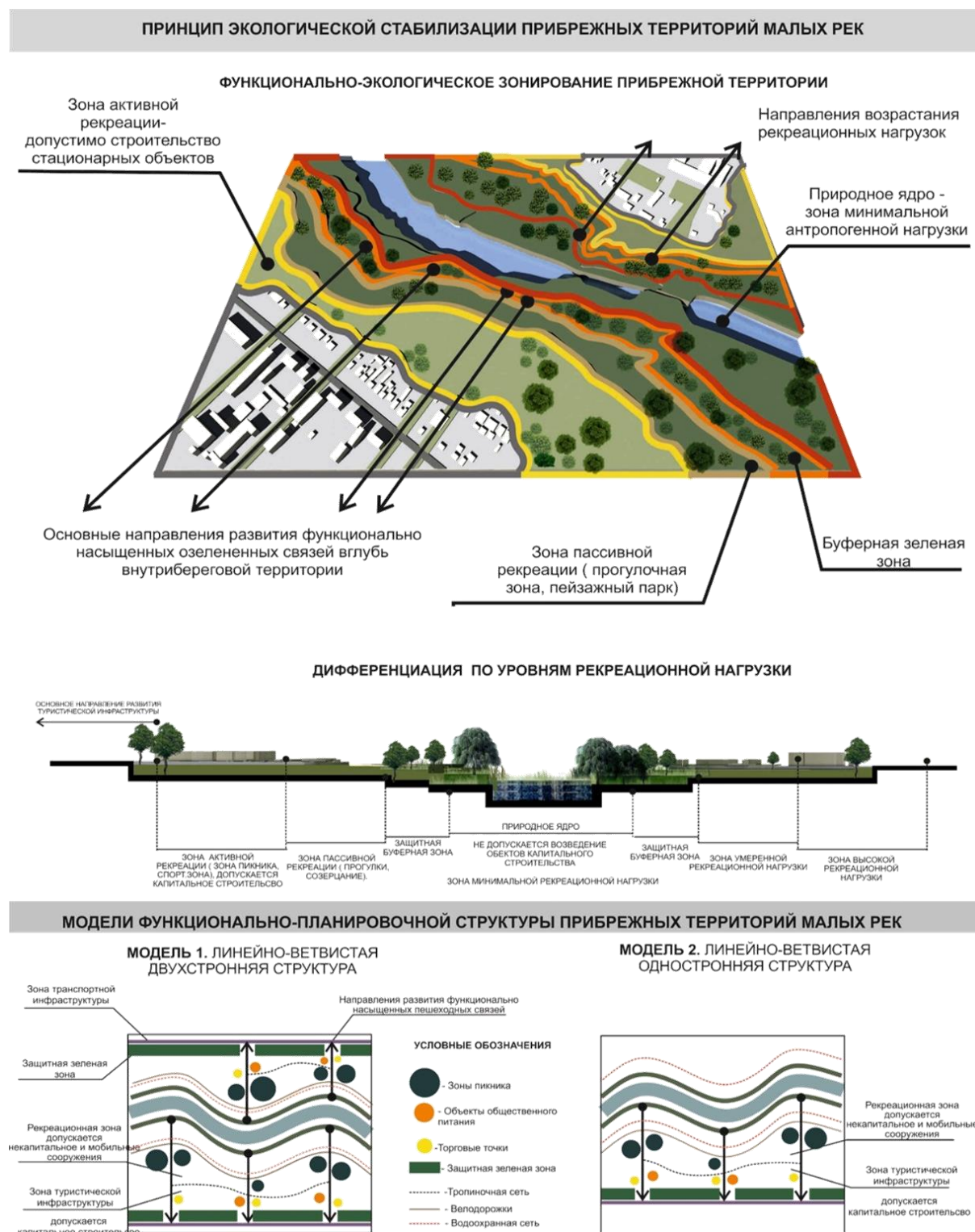


Рис. 3. Принцип экологической стабилизации прибрежных территорий малых рек

Принцип всесезонной социальной адаптации рекреационных территорий. На развитие территорий для отдыха населения оказывает влияние фактор сезонности. В связи с этим в работе предлагается использовать принцип всесезонной социальной адаптации функций рекреационных территорий (лыжные трассы трансформируются в летний период в лыжероллерные, спортивные площадки - в ледовые

катки и т.д.). Социальная адаптация состоит в выявлении и учете мотиваций групп потенциальных рекреантов, что является основой для планирования и организации рекреационных территорий по критериям функции, длительности отдыха, ценовой доступности, а также привлечение населения в качестве соучастника проектирования с помощью социологических опросов и средств массовой информации (рис.4).

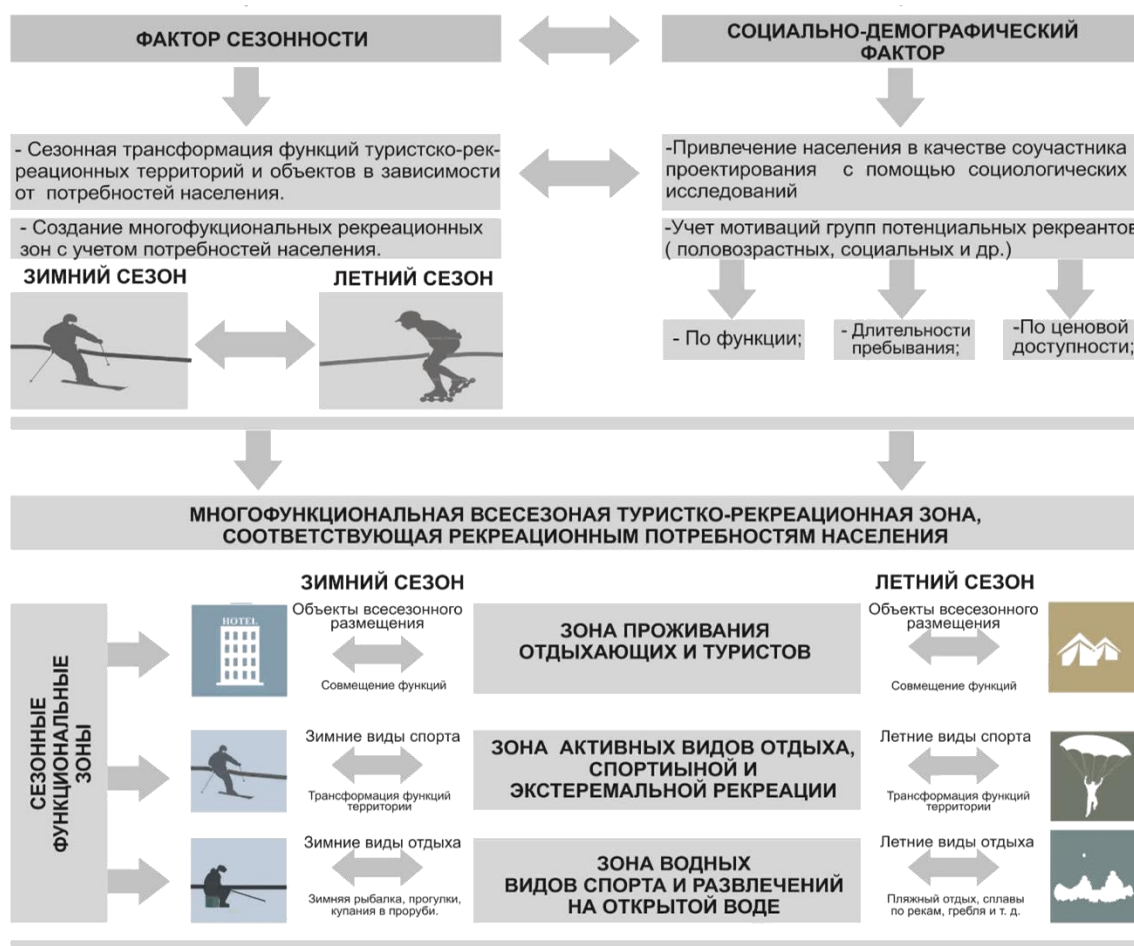


Рис. 4. Принцип всепогодной социальной адаптации рекреационных территорий

С целью реализации вышеперечисленных принципов авторами предлагаются **методы архитектурно-планировочной организации рекреационных территорий** с учетом ландшафтных особенностей Белгородской области.

1. Метод рефункционализации прибрежных территорий заключается в передаче функций водоема закрытым объектам (аквапаркам, бассейнам), замещении функций пляжа парковой средой, заменой активных видов отдыха на воде пассивными созерцательными видами (связан с маловодностью региона и экологическим состоянием водных ресурсов). Целью метода является снижение рекреационных нагрузок на водные объекты.

2. Метод рекреационной рекультивации нарушенных территорий. Особое место в структуре природного каркаса Белгородской области занимают техногенные ландшафты: отработанные меловые карьеры, песчаные карьеры, места открытой добычи руд и т.д. При организации рекреационных территорий техногенные ландшафты представляют собой определенный интерес [5]. Метод рекреационной рекультивации предусматривает превращение техногенных ландшафтов (меловых, глиняных и песчаных карьеров) в тематическую парковую

среду, привлекательную для рекреации, в том числе путем обводнения (рис. 5).

3. Метод обводнения оврагов может выступать как фактор стабилизации состояния экосистемы путем формирования природного ядра в условиях маловодности региона. В сложившейся ситуации выступает как метод создания рекреационных зон и регенерации природного каркаса территории. Метод предусматривает максимальное использование первоначального рельефа местности при сооружении дамбы. Необходимо предусматривать наличие глубоководной и мелководной зон. Углубление для сбора воды должно обеспечить глубоководную часть пруда в 10–12 м. Пруды должны быть вытянуты по преобладающему направлению ветра. После завершения работ необходимо устройство плавных сопряженных плоскостей откосов и горизонтов выработки с естественной поверхностью земли и придание овальных форм береговой линии [6].

4. Метод геопластики на овражно-балочном рельефе заключается в работе с уже существующими основными формами рельефа и их пластической обработке и может осуществляться с помощью различных приемов: террасирование; устройство кратерных садов, акценти-

рование естественных форм рельефа композиционными доминантами. Геопластика представляет собой формирование рукотворного релье-

фа, однако правильно сформированный рельеф запускает процессы самовосстановления ландшафта [7] (рис.6).

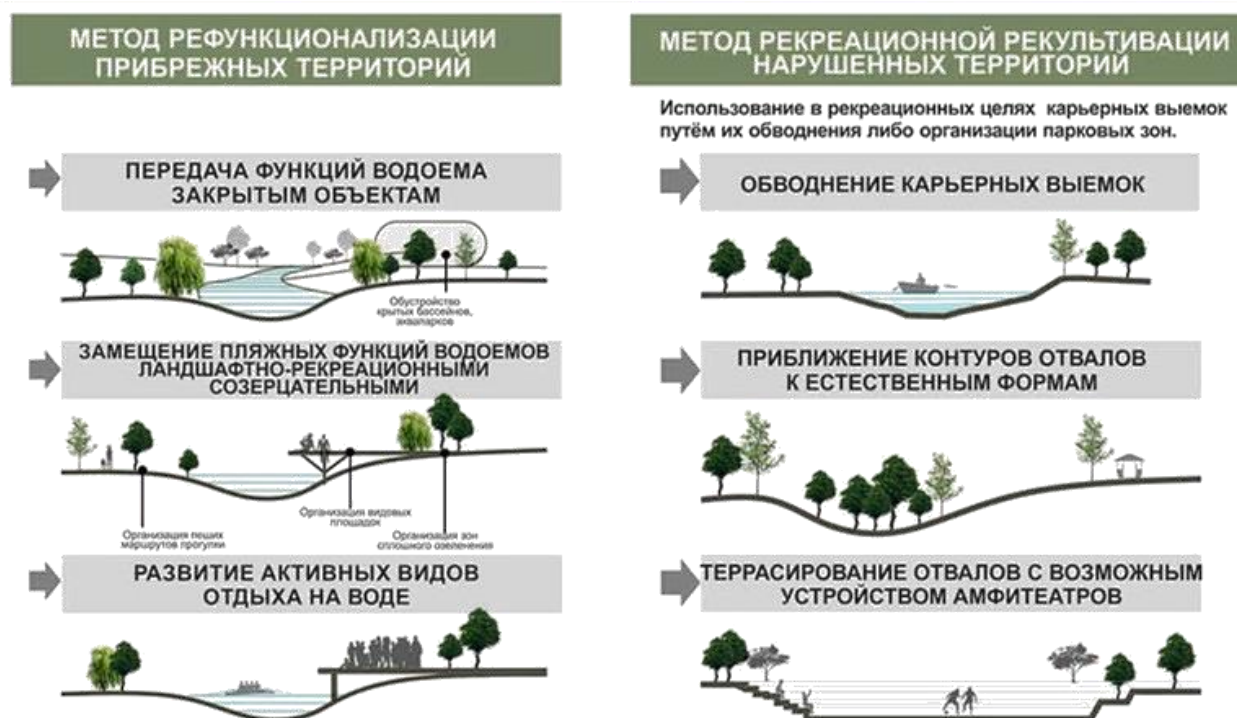


Рис. 5. Метод рефункционализации для деградирующих прибрежных территорий и метод рекреационной рекультивации нарушенных техногенной деятельностью территорий

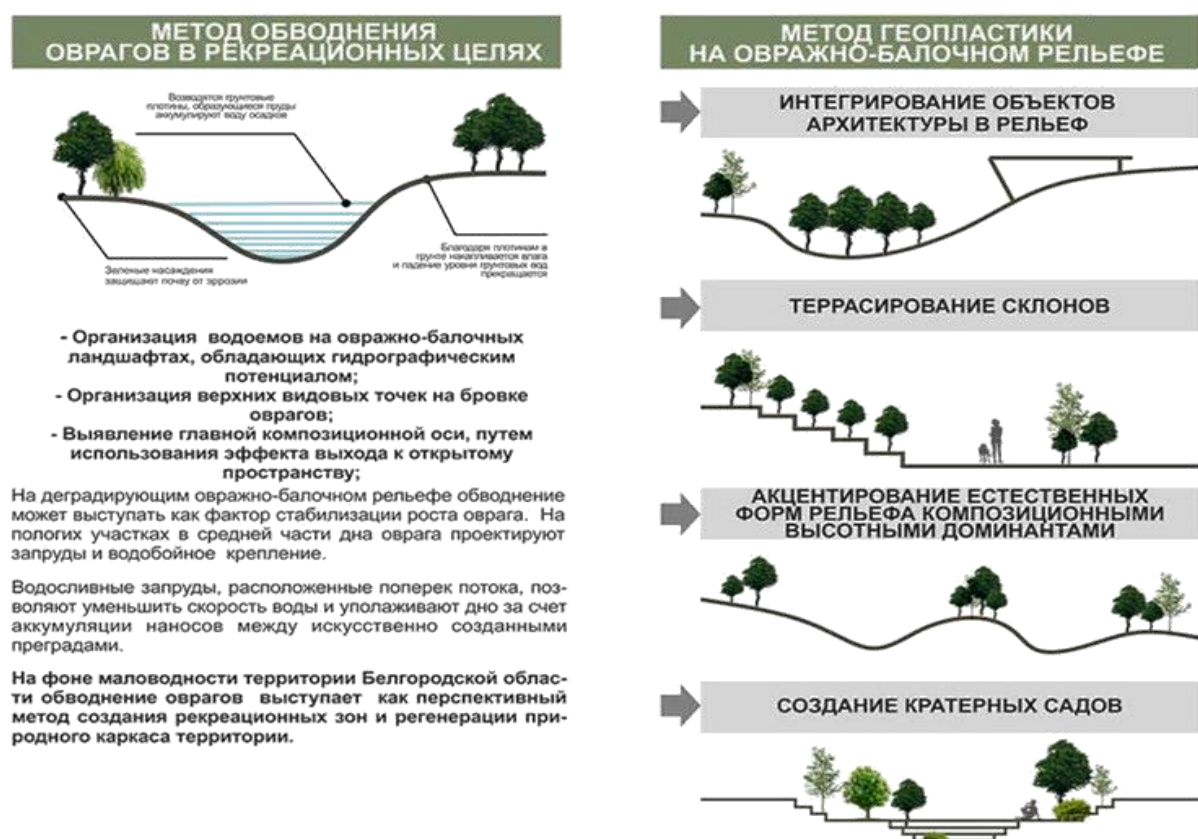


Рис. 6. Методы обводнения и геопластики на овражно-балочном рельефе

Выводы. Сохранение и регенерация природного каркаса должно стать приоритетом в ходе дальнейшего рекреационного освоения ландшафтов Белгородской области. Учет интересов экологии при организации рекреационных территорий особенно важен, поскольку именно эти территории чаще всего располагаются в уникальных природных ландшафтах, нарушение которых может повлечь за собой нарушение экологической устойчивости и воспроизводства природных ресурсов. При организации территорий рекреационного назначения в Белгородской области основной важной задачей является поиск путей гармонизации между природной и антропогенной средой. В этой связи актуально применение при проектировании рекреационных территорий принципов, учитывающих региональные особенности, позволяющих уменьшить рекреационные нагрузки на природные ландшафты и способствующих сохранению экологического равновесия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крушельницкая Е.И. Особенности природного каркаса Белгородской области как основы для развития территорий отдыха и туризма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №4. С. 59–64.
2. Стаценко Е.А. Планирование объектов экологического каркаса в структуре землеустройства Белгородской области: Автореф. дис. канд. геогр. наук. Белгород, 2012. 23 с.
3. Дегтярь А.В., Григорьева О.И., Татаринцев Р. Ю. Экология Белогорья в цифрах. Белгород: КОНСТАНТА, 2016. 122 с.
4. Большаков А.Г., Щербакова Т.П., Бондарева В.Ю., Матвейшина М.Е. Анализ социально-пространственных условий планировки Белгорода // Сборник материалов региональной научно-технической конференции по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области, 2015. С. 41–51
5. Крушельницкая Е.И., Перькова М.В. Становление и развитие архитектурно-планировочной организации туристско-рекреационных территорий: Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 142 с.
6. Хольцер Зепп. Пустыня или рай. К.: Издательский дом «Зерно», 2012. 344 с.
7. Большаков А.Г., Лоншаков Д.А. Повышения экологического благополучия района в Белгороде путем преобразования ООПТ в окружении застройки в парк с природоохранными функциями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 47–52

Ladik E.I., Perkova M.V.

PRINCIPLES AND METHODS OF ARCHITECTURAL-PLANNING ORGANIZATION OF RECREATIONAL TERRITORIES WITH REGIONAL PECULIARITIES OF BELGOROD REGION

The article outlines priority directions of recreational development of landscapes of Belgorod region, taking into account the peculiarities of its natural framework. Proposed the principles and methods of architectural-planning organization of recreational areas, taking into account regional peculiarities of the region, aimed at regenerating the natural framework and reducing the seasonality factor in the organization of recreation and tourism. Among them are: the principle of the formation of the natural core on the basis of ravine-gullies landscapes, the principle of integration of natural and artificial components, the principle of environmental stabilizing coastal areas of small rivers and others.

Key words: natural frame, tourist and recreational areas, recreational development, the principles of architectural design.

Ладик Елена Игоревна, аспирант кафедры архитектуры и градостроительства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.
E-mail: Krushelnitskaya1@rambler.ru

Перькова Маргарита Викторовна, кандидат архитектуры, доцент, заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.
E-mail: perkova.margo@mail.ru

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРЕПОСТЕЙ И СЛОБОД БЕЛГОРОДСКОЙ ЗАСЕЧНОЙ ЧЕРТЫ

ksenia.tribuntseva@yandex.ru

В исследовании рассматриваются архитектурно-планировочные особенности основных типов крепостей Белгородской засечной черты. Рассмотрены архитектурно-планировочные особенности поселений, возникших в период БЗЧ, которые делились на крепости (оборонительная функция) и слободы (торговые, промышленные функции), которые формировались с учетом ландшафтных особенностей «дикого поля». Проведен картографический анализ крепостей и слобод. Описаны характеристики и причины развития характерной для крепостей XVII в. планировки исторических малых городов Белгородской области. Дана статистика населения крепостей и слобод.

Ключевые слова: архитектурно-планировочные особенности, историческое развитие, малые города, город-крепость, историко-культурный потенциал, архитектурный облик, крепостные сооружения.

В зависимости от места расположения и стратегических задач крепости Белгородской черты делились на два основных типа: крепости в системе земляных валов и крепости на крутых берегах рек. К первому типу принадлежали, например крепости: Болховец, Белгород, Новый Оскол, Нежегольск, у которых вал черты служил одновременно и одной из стен города, а также Яблонов, Верхососенск, Бельский и Челновой, земляные укрепления которых располагались за валом. Эти крепости стояли на открытых степных участках, лишенных естественных преград, и перекрывали основные пути татарских вторжений. Крепости второго типа были деревянными, без земляных валов, и строились на высоких берегах рек как опорные пункты сторожевой и станичной службы, а также как пункты военного контроля над бродами и переправами [21].

Несмотря на сходство планов, по внешнему архитектурному облику деревянные и деревоземляные крепости заметно отличались друг от друга: для деревянных «городов» характерно было обилие вертикальных элементов, поскольку их башни ставились на сравнительно небольшом (50 – 100 м) расстоянии одна от другой. В земляных же крепостях расстояние между башнями увеличивалось в два – четыре раза, а в общем силуэте укреплений большую роль играли земляные валы с их плавными, спокойными очертаниями [14]. Примером деревоземляного города может служить возведенный под руководством горододела Ивана Андреева Яблонов. Деревянные «города» по конструкции стен, как и крепости Тульской черты, подразделялись на два вида: стоячий острог (обычно с обламами) и рубленый (венчатый) город. Примером первого вида может служить Острогжск, второго — Коротояк. В отличие от каменных крем-

лей в деревянных крепостях по углам ставились не круглые или прямоугольные, а четырехугольные в плане глухие башни; проездные же, напротив, чаще бывали многоугольными, так как, обладая значительно большей высотой, чем рядовые башни, они должны были иметь соответственно и большую площадь основания (учитывая применение деревянных конструкций). Поэтому проездные и караульные башни были еще более выраженными доминантами крепостного ансамбля, чем в крепостях городов «берега».

В расположении слобод по отношению к крепости наблюдаются сходные черты, продиктованные практическими соображениями: с одной стороны, слободы старались располагать близ реки, с другой максимально приблизить их к крепости, сделав планировку города как можно более компактной.

Существует ряд факторов, указывающих на то, что города строились по «росписям», т.е. по описаниям предполагаемого к строительству города. Их обычно составляли в Москве с одобрения царя и затем рассылались воеводам. В целом XVI век отмечен интенсивным развитием русских городов. Однако это не означало расцвет русской экономики и культуры. Последствия татарского ига все еще продолжали ощущаться. Города развивались за счет деревень, поскольку закрепощение крестьян усилило противоречия между городом и деревней, тем самым обрекая деревню на отсталость и подневольный труд [15].

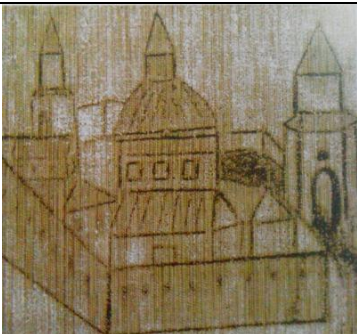
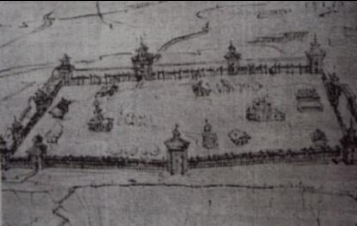
Общим для крепостей обоих типов была геометрическая «регулярность» их очертаний: все они имели более или менее правильную прямоугольную форму, что объяснялось фортификационными требованиями того времени

(возможность вести активную круговую оборону с использованием артиллерии, отсутствие «мертвой» зоны обстрела). Единственным исключением был Усерд, имевший овальную крепость; она была поставлена на старом городище

и следовала его конфигурации. Однако возведенный семь лет спустя также на старом городище Ольшанск уже получил прямоугольные в плане укрепления [21].

Таблица 1

Сравнение графических изображений крепостей Белгородской засечной черты

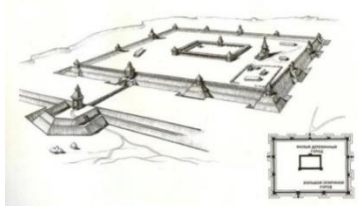
Дата	Изображение	Описание
ВАЛУЙКА		
1593		Рисунок первой Валуйской крепости, 1593 г. Обнаруженный в архивных делах поместного приказа ученым краеведом [16].
1599		Рисунок Валуйской крепости, 1599г., выполненный по сохранившимся подробным описаниям
1647		Крепость Валуйка, 1647 г.
ЦАРЕВ-АЛЕКСЕЕВ (НОВЫЙ ОСКОЛ)		
Сере- дина XVII в		Постройкой города руководил французский инженер Давид Николь. К осени 1647 года уже начал появляться контур города – крепости. Окружность, или длина городских стен, составляла 596 сажень (1 сажень – 2,13 м). По периметру окружности стояло 13 шестистенных башен, четыре из них – с воротами. Самые высокие – у Усердских ворот (14 сажень) и у Валуйских ворот (13,7 сажени). Построенный город-крепость выполнял важную военную задачу в борьбе с кочевниками, тесно был связан с крепостью на Холковском городище, с Хотмыжском, с крепостью на Меловой горе в Белгороде, и с крепостью на Крапивенском городище, и с летописным городом-крепостью Донец

Деревянные «города» по конструкции стен, как и крепости Тульской черты, подразделялись на два вида:

- 1) стоячий острог (обычно с обламами),
- 2) рубленый (венчатый) город.

Примером первого вида может служить Острогожск, второго – Коротояк. В случае стоячего острога городовая стена, невзирая на се

значительную протяженность по горизонтали, приобретала выраженную вертикальную направленность за счет вертикально поставленных бревен с заостренными концами; рубленая же стена, более спокойная, с сильно подчеркнутой горизонталью, теснее увязывалась с рублеными башнями, которые становились единственными носителями вертикального начала.



Житомир. Крепость XVII века Белгородской засечной черты. Реконструкция Г.А. Корниенко



В отличие от каменных кремлей в деревянных крепостях по углам ставились не круглые или прямоугольные, а четырехугольные в плане глухие башни; проездные же, напротив, чаще бывали многоугольными, так как, обладая значительно большей высотой, чем рядовые башни, они должны были иметь соответственно и большую площадь основания (учитывая применение деревянных конструкций). Поэтому проездные и караульные башни были еще более выраженными доминантами крепостного ансамбля, чем в крепостях городов «берега». Скажем, в Острогжске рядовые башни от земли до обломов имели 30 венцов, а Московская проезжая башня насчитывала 60 венцов: общая ее высота равнялась 20 сажням (более 40 м). На верху башни располагался «чердак» – смотровая вышка, с которой можно было «видеть в степь за реку за Тихую Сосну верст на 30 и больше».

В крепостях городов Белгородской черты размещались приблизительно те же сооружения, что и в каменных кремлях юродов укрепленного «берега» и деревянных укреплениях тульских городов: церковь, съезжая изба, иногда объединявшаяся с тюрьмой погреба для хранения боеприпасов, комплекс воеводского двора обнесенный особой оградой и включавший две-три избы и хозяйственные постройки (мыльню, поварню, конюшню, сарай и т.п.), а также осадные дворы

жителей на случай военного времени. Место внутри крепости использовалось так же экономно, как и в каменных кремлях: рядовой осадный двор имел площадь от 100 до 200 м². Привилегированного населения – детей боярских и духовенства – в новых городах было мало, и отводимые им наделы незначительно отличались по площади от наделов казаков, стрельцов и пушкаррей. В крепости иногда размещали и торг с лавками амбарами и свободной площадью между торговыми рядами; это решение, не характерное для рассмотренных ранее городов, было вызвано, с одной стороны, постоянной военной опасностью с другой – малочисленностью населения и неразвитостью торгового дела. В маленьких крепостях осадных дворов не устраивали, а число построек сводили к минимуму: в Алешне не было собора, а в Орлове его заменяла часовня [2, 5, 6].

Соборные церкви играли большую роль в композиции ансамбля крепости. Так, Троицкий собор Острогжска значительно превышал рядовые башни (43 венца до повала вместо 30) и имел оригинальное завершение: «...на церкви поставлено на клетке две главы, круг глав шесть бочек, а обиты главы и бочки дубовою чюшаею». Подобный верх резко отличал церковь от крытых шатрами башен и безошибочно указывал на культовый центр города. Важное градостроительное значение собора учитывалось уже при закладке крепости: собор старались ставить вблизи геометрического центра крепости или сдвигали его к переднему, «городскому» фасаду. Правда, при этом собор никогда не располагался прямо против проездной башни: в отличие от монастырских ансамблей крепость была светским сооружением, и ориентация ее ворот на собор выглядела бы нелогичной. Собор способствовал и композиционной связи крепости с городом, перекликаясь с церквями посада. В размещении остальных построек внутри крепости четких закономерностей не наблюдается (исключая караульные избы, ставившиеся у ворот). Деревянные или деревоземляные цитадели Белгородской черты были еще более выраженными архитектурно-композиционными и планировочными центрами своих городов, чем каменные крепости «берега». Вся городская структура изначально строилась и разворачивалась от крепости [21].

«Регулярность» новых городов, как неоднократно отмечалось в литературе, способствовал единовременный отвод жителям земельных участков. Иногда эти участки по размерам несколько отличались друг от друга (в Усерде казаки получили усадьбы 8×15, а стрельцы 6×10 сажень), иногда были одинаковы (в Хотмыж-

ске всем категориям населения – казакам, стрельцам, пушкарям и даже детям боярским – были даны стандартные участки 7×14 сажень. Особой правильностью планировки, как отмечал Л. М. Тверской, отличались города, построенные украинскими переселенцами (например, Ахтырка, возведенная в 1654 г. близ Белгородской черты «черкасами» под руководством воеводы Л. Камынина, и «черкасами» же поставленный в 1652 г. Острогожск. Это было опосредованным воздействием приемов западноевропейского градостроительства. Впечатлению «регулярности» способствовало и единообразие жилой застройки, скажем, в «Строельной книге г. Орлова» чаще всего упоминается «изба новая трех сажень» с поветью и клетью, и только в нескольких случаях – у церковнослужителей и отдельных детей боярских перечисляются конюшня, баня и изба «четыре сажень».

Если слободы сильно растягивались, это могло создать трудности при нападении неприятеля. Орловский воевода доносил в Москву, что в Орлове в Драгунских слободах «иные дворы от городка версты на 3 и больше в один двор, а не все вместе (т. е. застройка шла в один ряд вдоль реки Усмань.), и им драгунам скорым делом Орлову городку помочи учинить и своих дворов уберечь не мочно» [16]. В результате наиболее типичной стала планировка с центральным положением крепости, когда слободы равномерно располагались с трех сторон (если крепость стояла вплотную к реке) или даже с четырех ее сторон. В большинстве городов слободы были защищены только надолбами, иногда – рвом и валом; в крупных же городах существовала средняя линия укреплений – острог. Примером такого города служит Козлов, где в остроге находились торговый центр города, посадские дворы и Стрелецкая слобода, а две другие слободы были вынесены к противоположной стороне крепости. Помимо крепостей в этот период возникли слободы слободы Алексеевка и Грайвороны (1678 г.) на месте нынешних городов Алексеевка и Грайворон. Историческую преемственность можно отметить и в названии поселений. Основное занятие – земледелие и кустарные промыслы [7, 9, 10]. С годами крепло и расширялось Московское государство, южная граница отодвинулась к Каспийскому и Черному морям. Крепости Белгородской оборонительной черты утратили военное назначение. В связи с этим города, расположенные на торговых путях росли и крепили, там были развиты ремесла и торговля. Другие оказались вдалеке от оживленных дорог и стали приходить в упадок [17, 18, 19, 20].

Достаточно сложно судить о составе и статистике населения городов, поскольку «подворные» переписи не дают даже отдаленного представления о количестве населения. Источники в виде записок путешественников и свидетелей того времени сообщают фантастические цифры. Эти цифры нельзя считать достоверными, поскольку они разнятся с официальными переписями. Таким образом, суждения о населении основываются скорее на косвенных данных, чем на прямых фактах из исторических источников. Не претендуя на точность, можно только приблизительно вычислить городское население, пользуясь размерами городов, количеством дворов и сообщениями об эпидемиях, войнах и пожарах. Нужно также учитывать, что ярмарки также вызывали приливы населения. По сравнению с главными русскими городами численность населения небольших городов-крепостей и слобод исчислялось не тысячами, а сотнями.

Таким образом, малые города, возникшие в конце XVI – начала XVII века во время строительства Белгородской черты формировались сначала как военные крепости или слободы и получили в большинстве своем дальнейшее пространственное развитие [1, 2, 4, 5]. Это наложило заметный отпечаток на состав населения и на внешний облик этих городов. Крепости были укомплектованы почти исключительно служилыми людьми; посадские люди проживали только в крупных городах (Воронеж, Белгород), но и там они составляли не более 20–25 % населения. Состав служилых людей также имел специфические особенности: высшая их категория служилые по отчеству была представлена только самым низшим разрядом детьми боярскими городскими, причем нередко, владея поместьями, они не имели крепостных и сами обрабатывали землю, фактически не отличаясь от рядовых казаков. Казаки делились на две группы: одни служили «по прибору» наряду со стрельцами, пушкарями пр., другие назывались белопоместными и слободскими и владели отведенной им землей коллективно. Среди служилых людей в особую группу выделялись «черкасы» – украинские переселенцы. Все перечисленные категории селились отдельными слободами при крепостях; только дети боярские и поместные казаки иногда постоянно проживали в своих поместьях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пьеркова М.В., Большаков А.Г. Теоретическая модель развития региональной системы расселения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 105–111.

2. Перькова М.В., Трибунцева К.М., Крушельницкая Е.И. Особенности развития Белгородского региона и его элементов / Сб. докл. Региональная научно-техническая конференция по итогам ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области. // Белгор. гос. технол. ун-т. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. С. 265–275.

4. Perkova M., Zaikina A. Historical peculiarities of formation of small town of Shebekino structure // Architecture and Engineering. 2016. Т. 1. № 3. С. 18–23.

5. Крушельницкая Е.И., Перькова М.В. Становление и развитие архитектурно-планировочной организации туристско-рекреационных территорий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 142 с.

6. Перькова М.В., Трибунцева К.М., Киселев С.Н. Исторический аспект формирования функционально-планировочной структуры малых городов Белгородской области / Сб. докл. Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области. // Белгор. гос. технол. ун-т. Белгород: Изд-во БГТУ. 2015. С. 331–343.

7. Михина О.С., Перькова М.В. Особенности организации рекреационных зон вдоль малой реки на примере города Новый Оскол / Технологии XXI века: Проблемы и перспективы развития. Сб. статей Междунар. науч.-практ. Конф. // Уфа: АЭТЕРНА, 2015. С. 78–86.

9. Lonshakov D.A., Perkova M.V., Bolshakov A.G., Tribuntseva K.M. Creating conception of rec-

reational areas development on the example of small urban settlements // Research Journal of Applied Sciences. 2015. Т. 9. № 11. С. 887–892.

10. Перькова М.В., Заикина А.С. Особенности формирования общественных пространств в г. Шебекино // Евразийский союз ученых. 2015. № 11-1 (20). С. 11–15.

14. Генеральный план городского поселения «Город Строитель» Белгородской области. Т.1. Пояснительная записка. Белгород. 2009., Районы Белгородской области. Бородин А.С. Белгород. 1988.

15. Постановление губернатора Белгородской области от 27.09.2007 № 120 «О сохранности скифских захоронений Белгородской области».

16. Гуляницкий Н.Ф. Градостроительство Московского государства XVI - XVII веков.. Под общ. Ред. Н.Ф. Гуляницкого. М.: Стройиздат, 1994. 317 с.

17. Аржанцев Б.В. Архитектурно-исторические образы Симбирска. Ульяновск : Печатный Двор, 2003. 168 с.

18. Габричевский А.Г. Морфология искусства. А. Г. Габричевский. М.: Аграф, 2002. 864 с.

19. Семенцов С.В. «Градостроительное развитие территорий Приневья до основания Санкт-Петербурга: Водская Пятина и Ингерманландия // Вестник СПбГУ, 2015. вып. 1 С. 145–163.

20. Чистобаев А.И. Красовская О.В., Скатерщиков С.В. Территориальное планирование на уровне субъектов России. СПб: СПбГУ, НПИ "ЭНКО", Издательский дом "Инкери", 2010. 296 с.

21. Перькова М.В., Трибунцева К.М. Возникновение и развитие малых городов Белгородской области. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 145 с.

Tribuntseva K.M.

ARCHITECTURAL-PLANNING FEATURES OF FORTS AND SETTLEMENTS OF THE BELGOROD DEFENSE LINE.

The study examines the architectural and planning features of the main types of fortresses Belgorod defense line. Reviewed architectural features of settlements incurred during the period BDL, who were divided into strength (defensive function) and settlements (commercial, industrial) function, which takes into account landscape features of the "wild field". Conducted cartographic analysis of the fortresses and settlements. Describes the characteristics and causes of development characteristic of the castles of the XVII century plan of the historic small towns of the Belgorod region. Given the statistics of the population of fortresses and settlements.

Key words: architectural and planning features, historical development, small towns, fortified city, historical and cultural potential, architectural appearance, fortifications.

Трибунцева Ксения Михайловна, аспирант кафедры архитектуры и градостроительства
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: ksenia.tribuntseva@yandex.ru

Гарькавый К.А., канд. техн. наук, проф.,
Бегдай С.Н., канд. техн. наук, доц.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

219@mail.ru

На Черноморском побережье с высокими летними нагрузками на систему электроснабжения использование холодильных машин бывает осложнено из-за ограничений по мощности со стороны энергосетевых организаций. Возможным направлением по снижению нагрузки на систему электроснабжения сооружений, построенных в последние годы, с разной степенью легальности, это использование абсорбционных холодильных машин. Абсорбционные холодильные машины отличаются от компрессорных относительно небольшим потреблением электрической энергии, их использование поможет уменьшить как эксплуатационные затраты, и как следствие нагрузку на электрические сети.

Понижение использования электрической энергии это главное преимущество абсорбционных холодильных машин. В данных машинах охлаждение осуществляется не за счет электрической энергии затрачиваемой на работу компрессора, а энергии тепла. Тепловую энергию можно получить как за счет солнечного коллектора или непосредственного сжигания топлива, так и за счет утилизации энергии.

Далее рассмотрим принцип действия, классификацию абсорбционных холодильных машин и возможность применения пассивных систем в кондиционировании.

Ключевые слова: солнечный коллектор, абсорбционная холодильная машина, солнечная энергетика, гелиопрофиль.

Введение. Обще известно что первая абсорбционная холодильная машина была создана французом Фердинандом Карре которая была им запатентована 1860. Рабочим телом выступала смесь воды и аммиака [5, 16].

Рассмотрим абсорбционные холодильные машины одноступенчатого двух и трех ступенчатого типа. В одноступенчатых машинах рабочее тело постепенно переходит через четыре разных элемента машины – испаритель, абсорбер, десорбер и конденсатор. У одноступенчатой абсорбционной холодильной машины как и у парокомпрессионной холодильной установки рабочие холодильные циклы схожи. В данной системе Хладагент испаряется при понижении давления в испарителе. Необходимо отметить, что данный процесс идет с поглощением теплоты. Если сравнивать с парокомпрессионной холодильной машиной, то процедура снижения давления рабочего тела в испарителе происходит не из-за подводимой мощности компрессора, а из-за поглощения хладагента жидким абсорбентом в абсорбере установки. После чего абсорбент с поглощенным им хладагентом направляется в десорбер. В десорбере раствор нагревается за счет подведения внешней теплоты, например от солнечного коллектора и т. д., следствием чего является выделение хладагента из абсорбента. Далее обедненная смесь абсорбента из десорбера направляется в абсорбер. Далее под значительным давлением хладагент поступает в конденсатор, где трансформируется в

жидкое агрегатное состояние с выделением тепла которое утилизируется, а затем через дроссель направляется в испаритель, после чего цикл возобновляется. Изменение концентрации хладагента в десорбере и абсорбере как правило идет с изменением температуры насыщения. Чтобы снизить потери энергии при передвижении абсорбента между абсорбером и десорбером монтируется теплообменник [6, 11].

Одноступенчатая идеальная абсорбционная холодильная машина теоретически может достигнуть холодильного эффекта, который равен количеству подведенной тепловой энергии, полученной генератором, но в силу необратимости и неравновесности процессов в работающих установках, холодильный эффект будет непременно ниже, нежели затраты энергии. У одноступенчатых абсорбционных холодильных машин коэффициент полезного действия достаточно низок, что немного ограничивает их область применения. Одноступенчатые абсорбционные холодильные машины зачастую устанавливаются в тех зданиях, где есть легкодоступные источники тепла. Машины этого типа используются в системах кондиционирования. Номинальная мощность одноступенчатых абсорбционных холодильных машин, как правило, составляет до 5 МВт. У одноступенчатых абсорбционных холодильных установок холодильный коэффициент, находится в диапазоне 0,6–0,8 (при идеальных газах 1,0) [14, 8, 9].

Высокой эффективностью в сравнении с одноступенчатыми являются двухступенчатые абсорбционные холодильные машины. Эти машины, в отличие от холодильных установок одноступенчатого типа, используется пара конденсаторов либо пара абсорберов, для того чтобы получить возможность более эффективно выделять хладагент из абсорбента при меньших потреблении тепловой энергии [7, 12].

Абсорбционные холодильные машины состоящие из двух ступеней бывают разных конструкций. Две основополагающие из них это системы с двумя конденсаторами и системы с двумя абсорберами. Их принцип действия основывается на том, что способность холодильной установки к охлаждению зависит, в основном, от количества хладагента, который может быть превращен в газовое состояние при нахождении в испарителе используя энергию тепла подводимого из внешней среды. Взятую у конденсатора либо появляющуюся на стадии абсорбции теплоту, можно использовать для повышения количества хладагента, выделяемого из абсорбента [15].

За счет подвода теплоты от внешнего источника наблюдается испарение хладагента и одновременной десорбции части хладагента из абсорбента, которые направляются в первый конденсатор. Далее бедная смесь направляется во второй десорбер. В следующем десорбере происходит финальная десорбция хладагента благодаря подводимой тепловой энергии, образующейся на этапе конденсации хладагента. После этого хладагент из второго десорбера поступает в конденсатор, где и осуществляется финальный процесс конденсации. В данном рассмотренном случае генератор разделен на низкопотенциальную и высокопотенциальную части. Пары хладагента направляются из испарителя во второй абсорбер, где отчасти абсорбируются. Оставшиеся пары хладагента направляются в первый абсорбер. Тепло паров хладагента в первом абсорбере направляется во второй низкопотенциальный десорбер чтоб обеспечить десорбцию паров рабочего тела из бинарного раствора. Также в свою очередь необходимо отметить, что для обеспечения десорбции паров рабочего тела из водоаммиачного раствора в высокопотенциальном десорбере берется тепловая энергия подводимая от внешнего источника теплоты. Источником тепловой энергии в машинах данного типа может служить как пар так и все виды горючего топлива, обычно это природный газ или пропан бутановые смеси. Двухступенчатые абсорбционные холодильные машины целесообразно использовать в случаях, когда. Этот тип машин более эффективен, одна-

ко отличаются значительно высокой изначальной стоимостью по сравнению с одноступенчатыми. Высокая стоимость объясняется тем что применяются более дорогие материалы с повышенной коррозионной стойкостью, а также значительными поверхностями теплообменника, относительно дорогими системами управления. Эффективность абсорбционной холодильной машины характеризуются холодильным коэффициентом, для двухступенчатого типа равен величине 1,0 (идеальный газ – 2,0) [13, 10].

Трехступенчатые абсорбционные холодильные машины являются следующим этапом развития двухступенчатых абсорбционных холодильных машин. В настоящее время эта технология находится в проработке. Трехступенчатая абсорбционная холодильная машина, как и двухступенчатая, может быть получена различными методами, число возможных конфигураций здесь еще больше в сравнении с двухступенчатыми абсорбционными холодильными машинами. Простейшая трехступенчатая абсорбционная холодильная машина это не что иное как комбинация нескольких отдельных одноступенчатых абсорбционных холодильных машин. Особенностью данных систем является то что тепловая энергия от одной машины используется в другой машине. Высокопотенциальный цикл обеспечивает внушительный холодильный эффект посредством внешнего источника тепла, и в то же время является источником для низкопотенциального цикла. Системы с трехступенчатыми абсорбционными холодильными машинами по эффективности сопоставимы с обычными парокомпрессионными системами. При всем при том стоимость при этом абсорбционных холодильных машин будет больше, следовательно экономическая сопоставляющая применения данных машин должна определяться в индивидуальном порядке в зависимости от местонахождения и особенностей отдельно взятого объекта. Прототипы трехступенчатых абсорбционных холодильных машин характеризуются величинами холодильного коэффициента от 1,4 до 1,6 [1, 3, 4].

Основная часть. Особенностью абсорбционной холодильной машины является то, что они в отличии от парокомпрессионных установок кондиционирования не имеют двигающихся частей работающих с относительно большими давлениями в следствие в них отсутствуют вибрации выражающиеся шумом, то есть работают практически с нулевым уровнем шума. Названию абсорбционные холодильные машины обязаны процессам абсорбции, то есть поглощению жидкостью паров хладагента, происходящем в испарителе данной машины. В большинстве

своём в абсорбционных холодильных машинах используют два вида рабочего тела это водный раствор аммиака с температурой кипения хладагента -33 градуса Цельсия и водный раствор бромида лития с температурой кипения хладагента 100 градусов Цельсия. Очевидным является выбор хладагента, для системы кондиционирования с совместным использованием солнечного коллектора описанном в патенте Российской Федерации № 2367581, который имеет меньшую температуру кипения, то есть водоаммиачный раствор.

В состав экспериментальной пассивной абсорбционно-диффузионной системы кондиционирования воздуха входит:

Хладагент в виде аммиака,

Абсорбент в виде деионизированной воды,

Ингибитор коррозии ИФХАН-32-2,

Стабилизатор парциального давления в конденсаторе в виде гелия

Материалом для изготовления пассивного кондиционера была выбрана сталь 2СП в виде труб стальных бесшовных горячедеформированных.

Количество рабочего раствора составило одну целую шесть десятых литра при массовой концентрации аммиака 35,4 процента. Помимо водоаммиачного раствора в системе абсорбционной холодильной машины присутствует гелий под давлением 20 бар. Выбор пал на гелий так как газ является инертным и не вступает в химическую реакцию с аммиаком. Трубы были сварены плазменной сваркой в защищенной аргонной среде.

Описываемая система кондиционирования диффузного типа состоит также как и одноконтурная абсорбционная холодильная машина из:

1. Генератор предназначенный для генерации аммиачного пара и подъема раствора низкой концентрации в абсорбер.

2. Конденсатор предназначенный для изменения агрегатного состояния аммиака с генерацией тепла.

3. Испаритель предназначенный для изменения агрегатного состояния аммиака с генерацией холода.

4. Ресивер предназначенный для буферного хранения рабочего тела.

Работает собранная система кондиционирования воздуха следующим образом. Рабочее тело постепенно изменяет свою концентрацию в двух основных элементах системы - генераторе и соответственно в абсорбере циркулируя циклически. Раствор с высокой концентрацией получают из ресивера. В генераторе где происходит выделение аммиака из водоаммиачного раствора поступившего из ресивера результатом

является массовое снижение аммиака в растворителе. Раствор слабой концентрации по трубам направляется к абсорберу в котором происходит поглощение аммиачного пара полученного от испарителя. Далее раствор становится высококонцентрированным и самотеком подается обратно в ресивер. Высококонцентрированный раствор двигаясь от ресивера в сторону генератора проходит через теплообменник типа труба в трубе где получает небольшое количество теплоты от горячего раствора меньшей концентрации. Далее немного подогретый водоаммиачный раствор высокой концентрации поступает в регенерационный блок где частично поглощает тепловую энергию от горячего аммиачного пара, как следствие крепкий раствор становится еще горячее. Далее крепкий водоаммиачный раствор под действием гравитационных сил направляется в кожухотрубный теплообменник где происходит его вскипание с образованием влажного насыщенного пара аммиака и частичек воды, посредством тепловой энергии поступающей от солнечного коллектора. На выходе после кожухотрубчатого теплообменника пары аммиака направляются в ректификационную колонну где аммиачные пары отделяются от частиц воды, из за того что у водяного пара точка россы отличается от паров аммиака, а раствор небольшой концентрации направляется через теплообменник труба в трубе в абсорбер посредством гравитационных сил.

Конденсатор представляет собой одноходовой теплообменник подача пара осуществляется с верха. Непрерывно поступающий аммиачный пар постепенно вытесняет гелий из конденсатора, в следствии со временем начинает расти концентрация и неизбежно происходит процесс конденсации аммиака с образованием тепла. Конденсат в последствии охлаждается теплообменником труба в трубе прохладной паровой фракцией с испарителя.

Жидкий аммиак испаряется в испарителе охлаждая воздух в помещении представляющим собой фанерный короб утепленный экструдированным пенополистиролом объем модели помещения составил 62 литра. Испаритель тоже является как и конденсатор одноходовым с подачей в верхний бачек. Паровая фракция из испарителя направляется из нижнего бачка радиатора в ресивер через теплообменник труба в трубе и абсорбер.

Объектом эксперимента является солнечный коллектор патент № 2367581 интегрированный в малогабаритную одноконтурную абсорбционную аммиачную холодильную машину изготовленную в лаборатории ВИЭ кафедры.

Регулирование подводимой к абсорбцион-

ной холодильной установке тепловой мощности от гелиопрофиля осуществляется путем изменения электрической мощности нагревателя.

Выводы. В первом приближении стало ясно что система является работоспособной, в относительно широком диапазоне начальных параметров воздуха солнечная система кондиционирования может обеспечить комфортные параметры воздуха в помещении только абсорбционным методом. В случаях когда площадь гелиоколлектора мала или температура теплоносителя в солнечном коллекторе не превышает 35 градусов Цельсия, системе требуется дублер. Из данного эксперимента понятно, что в дальнейшем необходимо увязать нелинейное изменение температуры внутри и с наружи помещения с холодильной мощностью машины. Недостатком данной системы, как выяснилось в процессе эксперимента является отсутствие бака аккумулятора который помог бы компенсировать вышеуказанные не линейные изменения нагрузок на систему кондиционирования. К недостаткам также следует отнести тот факт что здание должно иметь специфическую систему вентиляции. На сегодняшний момент остается не ясным как придать системе эстетический вид.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шилкин Н.В. Абсорбционные холодильные машины. АВОК. 2008. №1
2. INTAS PROJECT, Reference Number: INTAS-96-1730. Alternative Refrigerating // Heat-Pumping and Air-Conditioning Systems on the basis of the open absorption cycle and Solar Energy. 1998.
3. Амерханов Р.А., Бегдай С.Н. К проблеме энергоэффективного здания // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2005. № 2 С. 91–94.
4. Гарькавый К.А., Бегдай С.Н. Анализ эффективности микроклимата помещения // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. № 6 С. 76–77.
5. Бегдай С.Н. Повышение тепловой эффективности одноэтажных зданий с гелиоколлектором. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Волгоград, 2008. 18с.
6. Гарькавый К.А., Цыганков Б.К. Анализ тенденций развития традиционных и возобновляемых источников энергии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 1. № 46. С. 207–212.
7. Гарькавый К.А., Амерханов Р.А. К вопросу экономической и энергетической эффективности систем, использующих возобновляемые источники энергии // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 4. С. 57–59.
8. Гарькавый К.А. Главный возобновляемый источник энергии // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 8 (148). С. 22–28.
9. Кириченко А.С. Обоснование параметров комбинированной системы солнечного тепло- и холодоснабжения Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.. 2015. С.37-40
10. Амерханов Р.А., Кириченко А.С., Снисаренко В.П. Использование воздушного теплового насоса для теплоснабжения объектов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2015. № 1 (182). С. 73–79.
11. Scrosati B., Garche J.. Lithium batteries: Status, prospects and future // Journal of Power Sources. 195 (2010). 2419–2430
12. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Кириченко А.С., Куличкина А.А., Чечерин М.О., Скороход А.А. Система геотермального теплохладоснабжения // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 53. С. 203–209.
13. Амерханов Р.А., Кириченко А.С. Обоснование параметров комбинированной системы солнечного тепло- и холодоснабжения зданий // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2015. № 9 (165). С. 62–65.
14. Weinreich B., Zehner M. Dimensioning aids in practice - a comparison // Sun, Wind Energy. 2009. № 12. P. 88–96.
15. Ertmer K. Expansion tanks and valves specialists abound // Sun, Wind Energy. 2010. № 9. P. 98–102.
16. Lamp P., Ziegler F. European research on solar-assisted air conditioning // Int. J. Refrig. 1998. Vol. 21. № 2.

Garkavy K.A., Begday S.N.

SOLAR AIR CONDITIONING SYSTEMS

On the Black Sea coast with high summer loads on the power supply system, the use of refrigerating machines can be complicated due to power restrictions on the part of power grid organizations. A possible direction to reduce the load on the power supply system of structures built in recent years, with varying degrees of legality, is the use of absorption refrigeration machines. Absorption refrigerators differ from com-

pressor ones with relatively small consumption of electrical energy, their use will help to reduce both operating costs, and as a consequence, the load on electrical networks.

Lowering the use of electrical energy is the main advantage of absorption refrigerating machines. In these machines, cooling is performed not by the electric energy of the compressor expended on the work, but by the energy of heat. Thermal energy can be obtained either from the solar collector or from the direct combustion of fuel, or from the utilization of energy.

Next, consider the principle of operation, the classification of absorption refrigerators and the possibility of using passive systems in air conditioning.

Key words: *solar collector, absorption refrigerating machine, solar energy, helio-profile.*

Гарькавый Константин Алексеевич, профессор кафедры электротехники, теплотехники и ВИЭ.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

Адрес: Россия, 350044, Краснодар, ул. Калинина, д. 13.

E-mail: k08@mail.ru

Бегдай Станислав Николаевич, старший преподаватель кафедры электротехники, теплотехники и ВИЭ.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

Адрес: Россия, 350004, Краснодар, ул. Северная, д. 106.

E-mail: 219@mail.ru

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Mos-007@yandex.ru

Строительство и эксплуатация нефтепромысловых объектов иногда связана с возникновением аварийных ситуаций, в результате которых происходит загрязнение отдельных участков земной поверхности нефтепродуктами. Для устранения последствий загрязнения выполняется рекультивация на основании проекта, достоверность которого закладывается при проведении полевых геодезических работ по определению площади участка. В ходе исследований установлено, что применение тахеометрической съемки может в несколько раз превышать необходимую точность, что приводит к значительному удорожанию полевых работ. Применение на практике «бытовых» GPS-приемников значительно позволяет сократить сроки и стоимость полевых работ. При этом следует учитывать, что точность «бытовых» GPS-приемников позволяет использовать их при определении участков, площадь которых превышает 0,5 га.

Ключевые слова: строительство, рекультивация, полевые геодезические работы, GPS-приемники.

В соответствии с законодательством РФ, каждое предприятие, допустившее загрязнение природной среды нефтепродуктами при строительстве или эксплуатации нефтепромысловых сооружений, обязано проводить ее восстановление [1]. Всем нефтегазодобывающим предприятиям неизбежно приходится сталкиваться с проблемой загрязнения окружающей природной среды вследствие аварийных разливов нефти (рис. 1) при добыче, транспортировке или первичной ее переработке. На практике восстановление загрязненных нефтепродуктами земель решается путем проведения рекультивации. Рекультивация земель – это комплекс мер, направленных на восстановление прежних плодородных качеств земли, ее биологической и хозяйственной ценности, а также на улучшение условий окружающей природной среды. При возникновении аварии и попадании нефтепродуктов в окружающую природную среду предприятие обязано незамедлительно провести ряд мероприятий: устранение аварии, локализацию распространения нефти по поверхности земли или водной поверхности, максимально собрать нефтепродукты с поверхности земли или водной поверхности [2].

Негативными последствиями от попадания нефтепродуктов в окружающую природную среду для предприятия являются затраты на ликвидацию аварии, штрафные санкции контролирующих органов, рекультивацию загрязненных земель, а также репутационные риски.

Загрязнение почв нефтепродуктами резко ухудшает физико-химические и водно-воздушные их свойства и в большинстве случаев

приводит к гибели естественной растительности и древесных культур, а при попадании в водные объекты болота, реки, озера делает их не пригодными для жизни водных обитателей. Процесс рекультивации земель весьма трудоемкий и дорогостоящий и должен проводиться на основании проекта рекультивации нефтезагрязненных территорий. Технология рекультивации нефтезагрязненных земель осуществляется в два этапа: технический и биологический. Сроки проведения этапов рекультивации зависят от доступности в транспортном отношении участка, его площади, а также от его обводненности.

При разработке проекта рекультивации земель для целей строительства основным видом работ являются полевые работы по определению площади и объема загрязненных земель, подлежащих вывозу и очищению. Для этого проводится комплекс геодезических работ, который является основополагающим, так как от точности данных определений зависит достоверность закладываемых в проект показателей и в конечном итоге стоимостные показатели рекультивации того или иного участка, что имеет большое значение для нефтедобывающего предприятия и подрядчика, выполняющего рекультивацию.

На стадии разработки проекта рекультивации определение площади нефтезагрязненного участка выполняется аналитическим способом – основанным на вычислении площади по результатам измерений линий и углов на местности с применением формул геометрии и тригонометрии, а также по координатам вершин поворотных точек границы земельного участка.



Рис. 1. Нефтезагрязненный участок, подлежащий рекультивации

Из множества способов определения координат поворотных точек участка применяется аналитический способ, основанный на использовании GPS-приемников. Максимально возможная точность определения координат в горизонтальной плоскости составляет 2-3 метра (при условии хорошей видимости небосвода) при применении «бытовых» GPS-приемников.

Известно, что средняя квадратическая погрешность m_s определения площади земельного участка, имеющего прямоугольную форму, вычисляется по формуле:

$$m_s = m_t \sqrt{S} \sqrt{\frac{1+K^2}{2K}}, \quad (1)$$

В формуле S – площадь земельного участка, K – коэффициент вытянутости участка $K = \frac{d}{l}$ (d – длина участка, l – ширина участка), m_t – средняя квадратическая погрешность пово-

ротной точки участка $m_t = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$, (m_x , m_y – средние квадратические погрешности определения координат вершин участка местности).

Если участок имеет квадратную форму средняя квадратическая погрешность определения площади участка определяется по формуле:

$$m_s = m_t a, \quad (2)$$

где: a – длина стороны квадрата.

При квадратной форме участка ($K=4$) имеем:

$$m_s = 1,46 m_t \sqrt{S}. \quad (3)$$

Для определения средней квадратической погрешности определения площади участка имеющего произвольную форму используют известную формулу:

$$m_s = m_t \sqrt{\frac{1}{8} \sum \{(X_{k+1} - X_{k-1})^2 + (Y_{k+1} - Y_{k-1})^2\}}, \quad (4)$$

где m_t – средняя квадратическая погрешность в положении поворотной точки участка, X_{k+1} , X_{k-1} – координаты последующей и предыдущей поворотных точек.

Согласно существующим нормативам, погрешность определения площади нефтезагрязненного участка не должна превышать 5 % от его площади. На рис.2 показана взаимосвязь погрешностей определения площади участка m_s и погрешности определения координат его вершин m_t GPS-приемником.

Анализ зависимости погрешности определения площади участка от погрешности опреде-

ления координат его вершин показывает, что аналитический способ основанный на использовании «бытовых» GPS-приемников может быть применен на участках, площадь которых более 0,5 га.

Площадь загрязненных участков менее 0,5 га следует определять с точностью, соответствующей созданию топографических планов масштаба 1:2000. [3]. В этом случае тахеометрическая съемка выполняется как правило с одного или нескольких базисов в зависимости от формы участка.

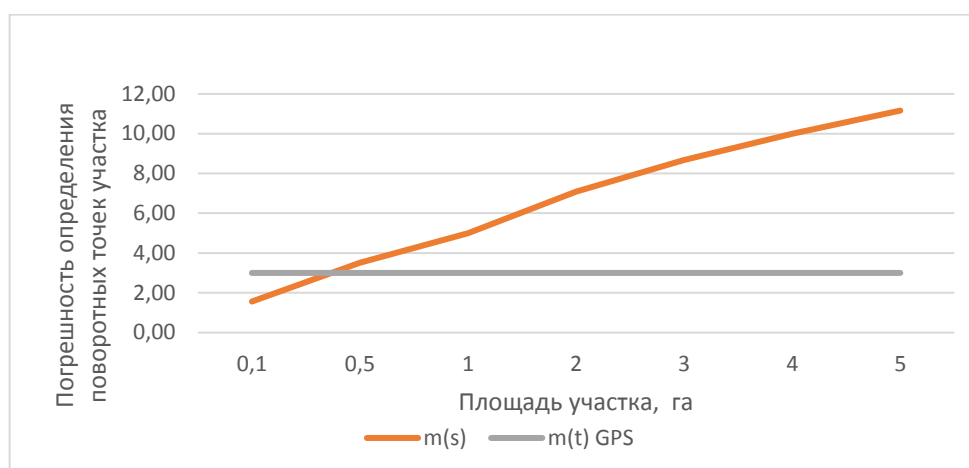


Рис. 2. График зависимости погрешности определения площади участка от погрешности определения координат его вершин «бытовым» GPS-приемником

В табл. 1 приведены данные, характеризующие точность определения положения поворотных точек участка в зависимости от масштаба съемки [3].

ротных точек участка в зависимости от масштаба съемки [3].

Таблица 1

Точность определения координат точек при крупномасштабных съемках

Масштаб съемки	Погрешность определения поворотных точек участка, м ²
1:500	0,35
1:1000	0,7
1:2000	1,4
1:5000	3,5

Приведенный на рис. 3 график наглядно показывает какую погрешность определения координат поворотных точек участка необходимо учитывать, чтобы ошибка определения площади не превышала 5 % от площади участка. Из рисунка видно, что нет необходимости в опреде-

лении площадей загрязненных участков с точностью топографических съемок масштабов 1:500 и 1:1000, так как это может привести к необоснованному увеличению стоимости полевых геодезических работ.

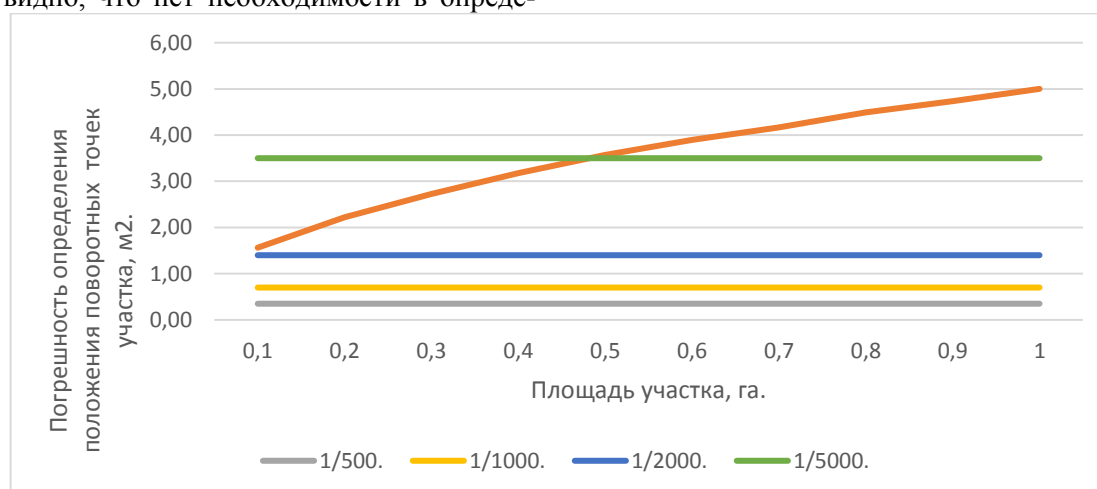


Рис. 3. График зависимости погрешности определения площади участка от погрешности определения координат его вершин полевыми геодезическими измерениями

Приведенные на графике данные наглядно показывают, что при площади участков более

0,1 га следует руководствоваться точностью съемки предъявляемую для топографических

планов масштаба 1:2000, участки площадью которых более 0,5 га следует руководствоваться точностью создания планов масштаба 1:5000. Если учитывать данные приведенные на рис. 2, то можно говорить о допустимости применения «бытовых» GPS-приемников для определения площади нефтезагрязненных участков площадью которых более 0,5 га.

Погрешность в определении площади загрязненного участка неизбежно приведет к погрешности расчетной стоимости рекультивационных работ. Зная площадь нефтезагрязненного участка S можно определить стоимость рекультивации данного участка по формуле:

$$C = S * D, \quad (5)$$

где D – тариф за единицу площади.

Средняя квадратическая погрешность определения стоимости выражается формулой

$$m_c = Dm_s, \quad (6)$$

из которой видна ее прямая зависимость от точности определения площади участка местности.

Величина D определяется иными факторами и ее обсуждение выходит за рамки данной статьи. Тем не менее, понимание данной проблемы позволит специалистам как заказчика, так

и исполнителя сводить к минимуму риски возникновения спорных и конфликтных ситуаций.

Приведенные в статье данные о применении различных методов определения площади нефтезагрязненных участков использованы при разработке типового проекта рекультивации нефтезагрязненных земель ОАО «Юганскнефтегаз» [4] и были рекомендованы к применению в последующих проектах рекультивации на территории деятельности ОАО «Юганскнефтегаз».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».
2. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте нефтепроводов от 6.02.1997 № РД 39-00147105-006-97.
3. Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М.: Недра, 1985.
4. Типовой проект рекультивации нефтезагрязненных земель ОАО «Юганскнефтегаз» 2014 г.

Rogova N.S.

GEODESIC SUPPORT OF ENVIRONMENTAL MEASURES FOR THE REHABILITATION OF CONTAMINATED TERRITORIES

The construction and operation of oilfield facilities are sometimes connected with the appearance of emergency which is the result of the oil pollution of individual sections of the earth's surface. For the elimination of the consequences of a pollution is made reclamation on the basis of the project the accuracy of which is laid in conducting field surveying for determining the land area. In the course of the study is found that the application of the total station surveys may several times exceed the required accuracy that leads to a significant cost of field work. The practice of "household" GPS- receivers allows to significantly reduce the time and cost of the field work. In this case we should note that the accuracy of the "household" GPS- receivers allows them to be used in determining parcel area exceeding 0.5 ha.

Key words: construction, reclamation, field surveying, GPS receivers.

Рогова Нина Семеновна, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных изысканий и геоэкологии. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26.
E-mail: mos-007@yandex.ru

Карякин В.Ф., канд. техн. наук,
Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук, доц.,
Михайлов М.Г., студент,
Кунцев А.С., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ СУГЛИНКОВ ОТ ИХ ПРИРОДНОЙ ВЛАЖНОСТИ

dstt_80@mail.ru

Приведены результаты исследований величины относительной просадочности в зависимости от различной природной влажности суглинка. Экспериментальные исследования проведены согласно методике ГОСТ 23161-2012. Определены основные физические свойства просадочного суглинка при-склоновой части северной части долины р. Везёлка. Показано, что влажность суглинка влияет на относительную деформацию просадочности. Получены значения природной влажности для суглинка, при которой грунт теряет свои просадочные свойства. Исследования по выявлению просадочных свойств грунтов, в том числе с целью их устранения, представляется полезным в подготовительных работах при устройстве фундаментов, при инженерно-геологических работах по укреплению грунтовых оснований.

Ключевые слова: суглинки, относительная просадочность, природная влажность, замачивание грунта, инженерно-геологические изыскания.

Введение. Одной из наиболее важных проблем современного строительства является возведение зданий и сооружений на просадочных грунтах. Такие грунты широко распространены, в том числе и в районах интенсивной городской застройки. Для обеспечения нормальной эксплуатации проектируемых объектов важно учитывать всевозможные деформации грунтов оснований [1–10], в том числе деформации просадки, т.к. они могут стать причиной недопустимых деформаций в конструкциях зданий и сооружений [11, 12].

Для определения просадочности грунтов необходимо провести соответствующие инженерно-геологические изыскания. Выявление просадочных свойств оснований зданий и сооружений и их устранение актуально не только для объектов капитального строительства, но и для ИЖС.

Четвертичные суглинки, особенно средне-верхнечетвертичного возраста (Q_{2-3}), как правило, при изысканиях оказываются просадочными [2, 5]. Эти суглинки светло-коричневого цвета покрывают надпойменные террасы и при-склоновые отложения водораздельных, возвышенных плато. На плато суглинки темнее, более плотные, по возрасту раннечетвертичные, реже верхнечетвертичные делювиального происхождения. Эти суглинки достаточно уплотнённые, в основном, непросадочные.

Методология. По ГОСТ 23161-2012 «Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности» для определения характеристики просадочности ϵ_{sl} используют метод

замачивания грунта, т.е. изменение влажности грунта в зависимости от степени заполнения пор водой.

Можно сделать вывод: если все поры суглинка в естественных условиях заполнены водой, то будет невозможным зафиксировать дополнительную его деформацию от замачивания, так как нет объёма для поступления воды. Следовательно, суглинок будет непросадочным.

Основная часть. Нами была рассмотрено, как будет изменяться величина относительной просадочности ϵ_{sl} при различной природной влажности просадочного суглинка.

Для этого на при-склоновой части северной части долины р. Везёлка были взяты образцы светло-коричневого суглинка и определены его основные физические свойства, в частности:

- плотность $\rho = 1,54 \text{ г/см}^3$;
- естественная влажность $W=0,14$ (14 %);
- влажность на границе текучести $W_L=0,29$ (29 %);
- влажность на границе раскатывания $W_p=0,17$ (17 %);
- число пластичности $I_p=0,12$
- показатель текучести $I_L=-0,25$

По ГОСТ 25100-2011 определили: по числу пластичности - суглинок, по показателю текучести – твёрдый.

Суглинок был высушен и измельчен до фракций 0,1-0,5 мм. Из высушенной массы отбирали и уплотняли в кольцо одометра объёмом 150 см^3 суглинок, доводя плотность до плотности сухого грунта ρ_a равной $1,35 \text{ г/см}^3$. При этом масса составила величину 202,7 г. Такую массу

сохраняли во всех экспериментах, изменяя лишь влажность (5, 10, 20 и 25 %), которую легко рас-

считать по объемам добавленной воды к сухому грунту из определения влажности (табл. 1).

$$W = m_{\text{воды}} / m_{\text{сух.грунта}} \quad (1).$$

Таблица 1

Количество добавляемой воды до заданной влажности

Наименование	Влажность, %				
	5	10	15	20	25
Масса сухого грунта, г	202,7	202,7	202,7	202,7	202,7
Масса воды, г	10,1	20,2	30,4	40,5	50,7

Увлажненный, хорошо перемешанный суглинок вместе с кольцом помещали в одометр [13] и при каждом эксперименте создавали нагрузку ступенями 50, 100, 150 и 200 кПа. Ступени изменяли после стабилизации величины деформации, измеряемой индикатором часового типа, которую фиксировали в журнале наблюдений, затем снизу подавали воду при градиенте напора 1...1,1 до условной стабилизации в соответствии с ГОСТ 23161-2012. Относительную

величину просадочности грунта рассчитывали по формуле [14]:

$$\varepsilon_{sl} = h' - h_p / h_o, \quad (2)$$

где h' – высота образца грунта с влажностью при заданном давлении, мм; h_p – высота образца грунта после дополнительного сжатия (просадки) в результате замачивания, мм; h_o – начальная высота образца, мм.

Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Изменения абсолютной деформации суглинка при различной влажности и нагружении

Нагрузка, кПа	Абсолютная деформация в мм при влажности, %				
	5	10	15	20	25
50	0,52	0,49	0,45	0,74	0,89
100	0,91	0,85	0,99	1,22	1,31
150	1,35	1,37	1,43	1,54	2,20
200	1,61	1,57	1,78	1,95	2,50
Условная деформация после стабилизации при замачивании	5,62	3,58	2,93	2,75	2,58
Относительная величина, ε_{sl}	0,16	0,08	0,046	0,012	0,003

В соответствии с ГОСТ 25100-2011 полученные данные просадочности суглинка классифицируются:

- при $W=5\%$ – $\varepsilon_{sl}=0,16$ -суглинок чрезвычайно просадочный;
- при $W=10\%$ – $\varepsilon_{sl}=0,08$ -суглинок сильно-просадочный;

- при $W=15\%$ – $\varepsilon_{sl}=0,046$ -суглинок средне-просадочный;

- при $W=20\%$ – $\varepsilon_{sl}=0,003 < 0,01$ -суглинок непросадочный.

Таким образом, действительно, влажность суглинка влияет на относительную деформацию просадочности суглинка по определённой зависимости (рис. 1).

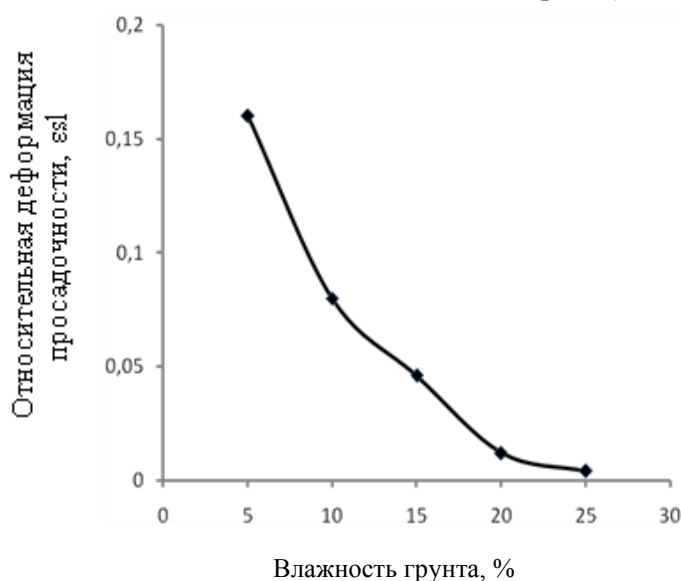


Рис. 1. График изменения относительной деформации просадочности ε_{sl} от влажности W

При этом коэффициент водонасыщения при влажности 25 %, когда суглинок становится непросадочным, составил величину $S_r=0,87$, т.е. грунт практически водонасыщенный (по ГОСТ 25100-2011).

Таким образом, определив влажность просадочного грунта по графику, можно найти относительную деформацию просадочности. При коэффициенте водонасыщения S_r больше 0,8 грунт, как водонасыщенный, становится непросадочным.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования по выявлению просадочных свойств грунтов, в том числе с целью их устранения, представляются полезным в подготовительных работах при устройстве фундаментов, при инженерно-геологических работах по укреплению грунтовых оснований. Регулируя влажность суглинка, можно уменьшить или вообще исключить относительную деформацию просадочности грунта в процессе строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. Киев: Будівельник, 1982. 224 с.
2. Оноприенко Н. Н., Калачук Т.Г. Перспективы развития инженерных изысканий для индивидуального жилищного строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 11–15.
3. Черныш А. С., Оноприенко Н. Н., Лютенко А. О. Механика грунтов: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 123 с.
4. Калачук Т.Г., Юрьев А.Г., Карякин В.Ф., Меркулов С.И. Повышение несущей способности опорной конструкции в дисперсных грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №11. С. 76–78.
5. Калачук Т.Г. Зависимость между просадочными деформациями и действующими напряжениями в лессовых основаниях / Новые технологии и проблемы технических наук: сб. науч. трудов по итогам междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 10 ноября 2015 г.). Красноярск: Инновационный центр развития образования и науки, 2015. С. 67–73.
6. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. М.: Недра, 1980. 272 с.
7. Григорян А.А. О некоторых особенностях проектирования свайных фундаментов на просадочных грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2015. №1. С. 24–28.
8. Usmanov R., Mrdak I., Vatin N., Murgul V. Reinforced soil beds on weak soils // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. P. 932–935.
9. Sr. Chandrasekaran. Offshore Structural Engineering: Reliability and Risk Assessment. CRC Press. 2016. 254 p.
10. Asghari E., Toll D.G. and Haeri S.M. Triaxial behavior of a cemented gravelly sand, Tehran alluvium // Geotechnical and Geological Engineering. 2003. № 21. Pp. 1–28.
11. Буланкин Н. Ф., Козаков Ю. Н. Опыт применения свай в просадочных грунтах Красноярска // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2014. №2. С. 25–28.
12. Зеркаль О.В. Оценка геологических рисков в практике инженерных изысканий // Инженерные изыскания. 2009. № 9. С. 40–43.
13. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М.: Стандартинформ, 2011.
14. ГОСТ 23161-2012. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности. М.: Стандартинформ, 2013.

Karjakin V.F., Onopriyenko N.N., Mikhaylov M.G., Kuntsev A.S.

CHANGE OF THE SIZE OF THE RELATIVE SURFACE OF THE QUATERNAL SUGLINKS FROM THEIR NATURAL HUMIDITY

The results of investigations of the relative subsidence in relation to the different natural humidity of loam are presented. Experimental studies were conducted in accordance with the procedure GOST 23161-2012. The main physical properties of the subsidence loam of the pristil part of the northern part of the Vezelka River valley are determined. It is shown that the moisture of loam affects the relative deformation of subsidence. The values of natural moisture for loam are obtained, at which the soil loses its subsidence properties. Studies to identify the subsidence properties of soils, including the purpose of their elimination, seem useful in preparatory work in the construction of foundations, with engineering and geological work to strengthen soil bases.

Key words: loams, relative subsidence, natural moisture, soil soaking, engineering-geological investigations.

Карякин Виктор Федорович, кандидат технических наук, профессор
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Онопrienко Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: dstt_80@mail.ru

Михайлов Максим Геннадьевич, студент кафедры строительства и городского хозяйства

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

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

E-mail: kuntsev12@mail.ru

Кунцев Алексей Сергеевич, студент кафедры строительства и городского хозяйства

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

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

E-mail: kuntsev12@mail.ru

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВА РАБОЧИХ ЗВЕНЬЕВ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

tarmstu@yandex.ru

В статье рассмотрен вопрос о применении математических методов исследований операций для назначения состава рабочих звеньев при выполнении строительно-монтажных или отделочных работ. Назначение составов звеньев ведется из условия максимально возможного качества составов, которое определяется квалификацией и опытом рабочих. Задача поиска оптимальных составов звеньев поставлена в виде задачи линейного программирования. Для решения поставленной задачи используется симплекс-методом в совокупности с методом ветвей и границ для получения целочисленного решения.

Ключевые слова: качество строительных работ, звено, рабочий, задача линейного программирования, симплекс-метод, метод ветвей и границ.

Введение. На сегодняшний день качество строительно-монтажных и отделочных работ является одним из факторов влияющих на стоимость производства работ. Чем выше требование к качеству строительства, тем выше себестоимость работ. Поэтому в условиях рыночной конкуренции производитель работ стремиться получить большую прибыль за счет оптимизации качества строительства. Одним из способов решения данной проблемы является использование математических методов моделирования.

Основная часть. В большинстве случаев при назначении рабочих на определенные виды строительно-монтажных и отделочных работ выполняется инженерами-проектировщиками в основном «в ручную» исходя из своих профессиональных навыков и опыта. Однако этот подход к решению данной задачи в условиях строительства крупных объектов становится неуместным, так как проектировщикам приходится иметь дело с анализом больших объемов данных, которые необходимо учитывать для принятия наилучшего решения.

В самом деле, при увеличении количества однотипных видов работ увеличивается количество вариантов назначения рабочих на эти работы, которое в определенный момент достигает такого количества, когда проектировщики не могут решить задачу корректно, с точки зрения оптимального решения с учетом максимизации качества выполнения работ. Решением данной проблемы является автоматизация назначения рабочих на строительные работы с помощью ЭВМ.

Главной целью автоматизации назначения рабочих является помощь проектировщику при назначении рабочих с учетом наилучшего решения. Автоматизация позволит более качественно выполнить анализ данных, сократить время для

выполнения решения задачи о назначении, учесть требования к квалификации (разряд рабочего, стаж работы, опыт работы и др.) рабочих при формировании на отдельные виды работ.

Автору известны исследования о назначении оптимальных составов рабочих групп в таких отраслях как железнодорожные и авиаперевозки [1–4].

Составим математическую модель задачи оптимального назначения рабочих в звенья на строительные работы. Пусть необходимо составить звенья на строительно-монтажные работы с определенным количеством рабочих, так чтобы качество работ на объекте было максимально возможным. Работы звеньями выполняются последовательно.

Постановка задачи:

1) в штате строительной организации N типов рабочих – членов звеньев, назначаемых на отдельные виды работ;

2) имеется n_i рабочих i -го типа, $i = \overline{1, N}$ (рабочие различных разрядов (2-5)), так что каждый конкретный рабочий определяется парой (i, j) , где i – тип рабочего, j – порядковый номер рабочего среди рабочих i -го типа, $j = \overline{1, n_i}$;

3) q_{ij} – квалификация рабочего (i, j) (сюда входят опыт работы, умения рабочего др.), может принимать значение из отрезка $[0, 1]$;

4) учет квалификации должен зависеть от разряда рабочего, поэтому вводится вес a_i , с которым учитывается квалификация i -го типа рабочего (a_i может принимать только натуральные значения), так что квалификация рабочего (i, j) , которой оперирует проектировщик, вычисляется по формуле $a_i q_{ij}$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, n_i}$;

5) количество звеньев k задается равным M , таким образом, $k = \overline{1, M}$.

6) в звено под номером k необходимо назначить b_i^k рабочих i -го типа; двоичная переменная x_{ij}^k принимает значение 1, если рабочий (i,j) назначен в звено k , и принимает значение 0 в противном случае, таким образом, в постановке задачи присутствует ограничение:

$$\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^k = b_i^k, \quad i = \overline{1, N}, k = \overline{1, M} \quad (1)$$

7) некоторые рабочие могут быть закреплены за какими-либо видом работ по желанию проектировщика; некоторым рабочим может быть запрещено работать на каком-либо виде работ по желанию проектировщика, т.е. в постановке задачи возможны ограничения вида $x_{ij}^k = 1$ для некоторых наборов i,j,k и ограничение вида $x_{ij}^k = 0$ для некоторых для некоторых наборов i,j,k ;

8) должна быть предусмотрена возможность некоторых рабочих в обязательном порядке работать вместе в каком-либо звене, т.е. возможны ограничения вида:

$$x_{i_1 j_1}^k + x_{i_2 j_2}^k = 2 \quad (2)$$

для некоторых значений k и некоторых пар $(i_1, j_1), (i_2, j_2)$.

Абсолютное качество k -ого звена, определяется выражением:

$$Q_{abs}^k = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} a_i q_{ij} x_{ij}^k \quad (3)$$

Максимальное качество k -ого звена, которое возможно достичь, задается формулой:

$$Q_{max}^k = \sum_{i=1}^N a_i b_i^k \quad (4)$$

Поскольку численность звеньев может быть разная, для сравнения качества звеньев нужно использовать не абсолютное, а относительное качество, которое для k -ого звена определяется соотношением:

$$Q_{rel}^k = \frac{Q_{abs}^k}{Q_{max}^k} \quad (5)$$

Цель – сформировать составы звенья так, чтобы обеспечить по возможности максимальное качество всех звеньев. То есть необходимо рассмотреть следующую целевую функцию:

$$f(x) = \frac{3}{10} x_{11}^1 + \frac{3}{10} x_{12}^1 + \frac{2}{10} x_{13}^1 + \dots + \frac{1}{12} x_{36}^3 + \frac{1}{10} x_{37}^3 + \frac{7}{60} x_{38}^3 \rightarrow \max$$

Система ограничений из пункта 6 постановки задачи (формула (1)):

$$\begin{aligned} x_{11}^1 + x_{12}^1 + x_{13}^1 + x_{14}^1 &= 1 \\ x_{21}^1 + x_{22}^1 + x_{23}^1 + x_{24}^1 + x_{25}^1 + x_{26}^1 &= 2 \\ x_{31}^1 + x_{32}^1 + x_{33}^1 + x_{34}^1 + x_{35}^1 + x_{36}^1 + x_{37}^1 + x_{38}^1 &= 2 \\ x_{11}^2 + x_{12}^2 + x_{13}^2 + x_{14}^2 &= 1 \\ x_{21}^2 + x_{22}^2 + x_{23}^2 + x_{24}^2 + x_{25}^2 + x_{26}^2 &= 2 \\ x_{31}^2 + x_{32}^2 + x_{33}^2 + x_{34}^2 + x_{35}^2 + x_{36}^2 + x_{37}^2 + x_{38}^2 &= 2 \\ x_{11}^3 + x_{12}^3 + x_{13}^3 + x_{14}^3 &= 1 \\ x_{21}^3 + x_{22}^3 + x_{23}^3 + x_{24}^3 + x_{25}^3 + x_{26}^3 &= 2 \\ x_{31}^3 + x_{32}^3 + x_{33}^3 + x_{34}^3 + x_{35}^3 + x_{36}^3 + x_{37}^3 + x_{38}^3 &= 2 \end{aligned}$$

Система ограничений из пункта 7 постановки задачи:

$$x_{12}^1 = 0 \quad (2\text{-й рабочий 1-го типа не может быть назначен в 1-е звено});$$

$$f(x) = \sum_k \frac{Q_{abs}^k}{Q_{max}^k} \rightarrow \max \quad (6)$$

Поставленная выше задача оптимального назначения составов рабочих звеньев в описанной постановке является задачей линейного программирования.

Некоторые виды задач линейного программирования применяются при планировании и организации строительного производства [5]. А именно транспортная задача, задача оптимального размещения строительной базы, распределительная задача и другие.

Рассмотрим пример задачи линейного программирования для назначения составов рабочих звеньев в вышеописанной постановке.

Пусть $N=3$ (три типа (5,3,2 разряды) рабочих), $n_1=4$ (в первом типе 4 рабочих), $n_2=6$, $n_3=8$ (во втором и третьем типе 6 и 8 рабочих соответственно). Необходимо назначить составы для трех звеньев ($k=3$) с учетом максимизации качества работ.

Векторы квалификации для рабочих следующие:

$q_{1,j} = [0.9 \ 0.9 \ 0.6 \ 0.9]$ – вектор квалификации для рабочих 5 разряда;

$q_{2,j} = [0.7 \ 0.7 \ 0.5 \ 0.3 \ 0.6 \ 0.7]$ – вектор квалификации для рабочих 3 разряда;

$q_{3,j} = [0.4 \ 0.3 \ 0.9 \ 0.8 \ 0.7 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.7]$ – вектор квалификации для рабочих 2 разряда.

Таким образом, матрица квалификаций выглядит следующим образом:

$$q_{i,j} = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.6 & 0.9 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.7 & 0.5 & 0.3 & 0.6 & 0.7 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.3 & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.5 & 0.6 & 0.7 \end{bmatrix}$$

Весовой вектор квалификаций: $a = [3 \ 2 \ 1]$

Вектор ограничений выглядит следующим образом: $b = [1 \ 2 \ 2]$

Целевая функция определяется по формуле (6). С учетом заранее вычисленных коэффициентов при неизвестных переменных (показаны первые и последние три членов) функция выглядит следующим образом:

$x_{12}^2 = 1$ (2-й рабочий 1-го типа обязан быть назначен в 2-е звено);

$x_{24}^1 = 0$ (4-й рабочий 2-го типа не может быть назначен в 1-е звено);

$x_{33}^3 = 0$ (3-й рабочий 3-го типа не может быть назначен в 3-е звено).

Система ограничений из пункта 8 постановки задачи (формула (2)):

$x_{22}^2 + x_{24}^2 = 2$ (2-й и 4-й рабочие 2-го типа обязаны быть назначены во 2-е звено);

$x_{21}^3 + x_{25}^3 = 2$ (1-й и 5-й рабочие 2-го типа обязаны быть назначены во 3-е звено).

Требование целочисленности:

$x_{ij}^k \in \{0,1\}$, $k = \overline{1,3}$, $i = \overline{1,3}$, $j_1 = \overline{1,4}$, $j_2 = \overline{1,6}$, $j_3 = \overline{1,8}$. $x_{ij}^k \in \mathbb{Z}$

Для решения данной задачи использовался симплекс-метод в совокупности с методом ветвей и границ для получения целочисленных решений [6, 7].

Симплекс-метод является общим методом решения оптимизационных задач линейного программирования. Процесс решения симплекс-методом имеет итерационный характер. Суть симплекс-метода состоит в переходе от одной угловой точки (одного базиса) многогранника допустимых решений к другой (другому базису) с целью оптимизации целевой функции. Целевая функция соответствует гиперплоскости (в заданном базисе), которая проходит через угловую точку. Оценки оптимальности соответствуют отклонениям относительно гиперплоскости. Когда все оценки оптимальности положительны, тогда целевая функция достигает максимума.

Метод ветвей и границ – один из наиболее эффективных методов решения различных задач комбинаторного типа, алгоритмы решений которых заключаются не в полном, а частичном переборе вариантов, в организованном поиске оптимума. Суть метода заключается в разбиении

множества допустимых решений на подмножества, для каждого из которых определенным образом может быть установлена оценка (граница) достижения экстремума. Поиск решения продолжается каждый раз в том подмножестве (по той ветке), в котором потенциально может лежать лучшее решение. Как только, полученное допустимое целочисленное решение одной из подзадач оказывается лучше имеющегося, оно фиксируется вместо зафиксированного ранее (происходит изменение границы задачи). Процесс ветвления продолжается до тех пор, пока каждая из подзадача не приведет к целочисленному решению или пока не будет установлена невозможность улучшения имеющегося решения.

На языке математического пакета Matlab была написана реализации симплекс-метода и метода ветвей и границ для решения задачи о назначении состава рабочих звеньев методом линейного программирования. В результате решения были получены составы звеньев с учетом ограничений указанных примере. Составы рабочих звеньев приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы рабочих звеньев

Тип рабочего	Номер (j) рабочего из квалификационного вектора		
	Номер звена		
	1	2	3
рабочий 5 разряда	1	2	1
рабочий 3 разряда	1	2	1
рабочий 3 разряда	2	4	5
рабочий 2 разряда	3	3	4
рабочий 2 разряда	4	4	5

Заключение. Поставлена математическая задача для назначения состава рабочих звеньев при выполнении строительно-монтажных или отделочных работ. Данная постановка задачи является задачей линейного программирования. Задача решалась симплекс-методом в совокупности с методом ветвей и границ для получения целочисленного решения. В результате решения

задачи были найдены оптимальные составы рабочих звеньев с точки зрения максимального показателя качества работ. Данная постановка задачи может найти практическое применение при планировании и организации строительного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Caprara A., Fischetti M., Toth P., Vigo D., Guida P. Algorithms for railway crew management // Mathematical Programming. October 1997. Volume 79. Issue 1. P. 125–141.
2. Suyabatmaz A., Sahin G. Railway crew capacity planning problem with connectivity of schedules // Transportation research. Part E. 2015. Volume 84. P.88-100.
3. Klabjan D., Johnson E., Nemhauser G., Gelman E., Ramaswamy S. Solving large airline crew scheduling problems: random pairing generation and strong branching // Computational Optimization and Applications. October 2001. Volume 20. Issue 1. P. 73–91.
4. Hoffman K., Padberg M. Solving airline crew scheduling problems by branch-and-cut // Management Science. June 1993. Volume 39. Issue 6. P. 657–682.
5. Сырцова Е.Д. Математические методы в планировании и управлении строительным производством. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1972. 336 с.
6. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций. Учебник для вузов. Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 436 с.
7. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. 2-е изд., стер. М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1998. 208 с.

Tararushkin E.V.**BUILDING CREW OPTIMIZATION IN CIVIL ENGINEERING
BY THE LINEAR PROGRAMMING**

This article describes of use of the operations research for modeling of building crew optimization in civil engineering. The optimization of the crew is determined from the condition of the highest possible quality of the construction works, which is determined by the qualifications and skills of the workers. The problem of finding the optimal composition of the crew is posed in the form of a linear programming problem. To solve the problem, a simplex algorithm is used in combination with the branch and boundary method to obtain an integer solution.

Key words: *quality of the construction works, crew, worker, linear programming, simplex algorithm, branch and boundary method.*

Тарарушкин Евгений Викторович, ассистент кафедры строительные материалы и технологии
Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II
Адрес: Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9
E-mail: tarmstu@yandex.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_5940f019415d45.20479554

Калюжнов И.В., магистрант,
Нураков Е.С., магистрант,
Класен В.К., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЗАВИСИМОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КЛИНКЕРА ОТ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ

ilya.kalyuzhnov@mail.ru

Активность клинкера зависит от режима обжига, состава и свойств сырья. Одна из характеристик сырья оказывающая влияние на активность клинкера является - степень измельчения сырья. Установлены причины снижения качества цементного клинкера, которые заключаются в грубом помоле сырьевых компонентов. Новизна результатов заключается в том, что на активность клинкера большее влияние оказывает грубый помол не кварц содержащего компонента, а известняка. При тонком помоле всех компонентов формируется мелкокристаллическая микроструктура клинкера, при гидратации которого создается плотный цементный камень, обладающий повышенной прочностью. Плотная структура гидратных фаз подтверждается электронными микрофотографиями.

Ключевые слова: известняк, глина, тонкость помола, активность клинкера, цементный камень.

Введение.

Исследованию влияния степени измельчения сырья на активность клинкера посвящено множество работ [1–15]. Как правило, большинство исследователей считают, что грубый помол глинистого компонента оказывает наибольшее негативное влияние на структуру клинкера и его активность. А влиянию степени измельчения известняка, исследователи отводят подчиненную роль.

Результаты ранее проведенного нами исследования, по повышению качества цемента на ТОО «Бухтарминская цементная компания» (БЦК) путем тонкого помола сырья согласуются с результатами промышленных экспериментов на предприятии. Так, на Бухтарминском цементном заводе (Казахстан) при проведении промышленного эксперимента по подаче глины напрямую в печной шламбассейн минуя сырьевые

мельницы, были получены неожиданные результаты. А именно, наибольшее отрицательное влияние на активность клинкера оказывает грубый помол известняка, тогда как грубое измельчение глинистого компонента не привело к ощутимому снижению гидравлической прочности клинкера.

Характеристика сырьевых компонентов и смесей.

Для исследования были отобраны сырьевые компоненты ТОО «БЦК». Химический состав компонентов, полученных смесей и клинкера представлен в табл. 1. Для выяснения причин влияния состава сырьевых смесей и тонкости помола отдельных компонентов были проведены, рентгенофазовый (РФА) и комплексный термический анализы соответствующих материалов.

Таблица 1

Химический состав сырьевых компонентов, смеси и клинкера

Материал	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	Прочие
Известняк	1,50	0,05	0,04	55,0	0,20	–	–	43,2	0,01
Глина	57,9	14,8	5,30	7,60	2,18	0,21	3,15	8,39	0,47
Железная руда	15,1	1,67	81,1	0,67	0,10	0,72	0,3	–	0,34
Бокситы	20,1	44,9	12,9	0,34	0,09	0,51	0,51	17,7	2,95
Смеси №1...3	13,7	3,74	3,11	43,3	0,60	0,07	0,67	34,7	0,11
Клинкер	20,98	5,73	4,76	66,3	0,92	0,11	1,03	–	0,15

Фазовый состав компонентов определенный методом рентгеновской дифракции представлен

на рис. 1. На рентгенограмме известняка все основные отражения принадлежат кальциту CaCO₃

и кварцу SiO_2 , глина состоит в основном из кварца, монтмориллонита, альбита, иллита, каолинита и карбонатов кальция и магния. Для повышения содержания Al_2O_3 в сырьевой смеси использовался боксит фазовый состав, которого представлен гидроксидом $\text{Al}(\text{OH})_3$, бемитом

AlOOH , каолинитом $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и небольшим количеством гематита Fe_2O_3 . В качестве железосодержащего компонента сырьевой смеси используется железная руда, фазовый состав которой в основном состоит из гематита и небольшого количества кварца.

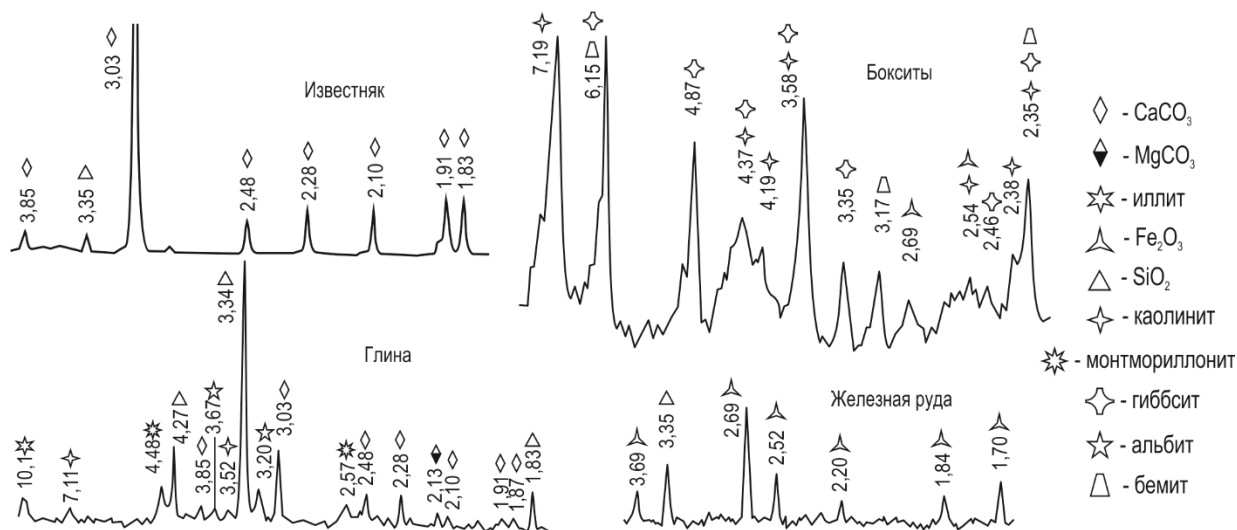


Рис. 1. Фазовый состав компонентов

Комплексный термический анализ (КТА) подтверждает данные РФА и дополнительно показывает превращение компонентов в процессе нагрева (рис. 2). Так, при температуре 822 °C происходит разложение CaCO_3 в известняке, а при 725 °C в глине. На кривой ДТА глины, пик при температуре 88 °C характеризует удаление адсорбированной воды, пик потери массы примерно при 150 °C в виде ступеньки на кривой соответствует удалению межпакетной воды из монтмориллонита и гидрослюда, а при 470 °C –

удалению конституционной воды из каолинита и иллита. Эндозффект при температуре 573 °C на термограмме известняка и при 545 °C на термограмме глины обусловлен полиморфным превращением $\beta\text{-SiO}_2 \rightarrow \alpha\text{-SiO}_2$. Эти процессы, естественно, приводят к перестройке кристаллических решеток вышеприведенных минералов и, следовательно, в связи с проявлением эффекта Хедвалла, значительно интенсифицируют взаимодействие между вновь возникающими фазами.

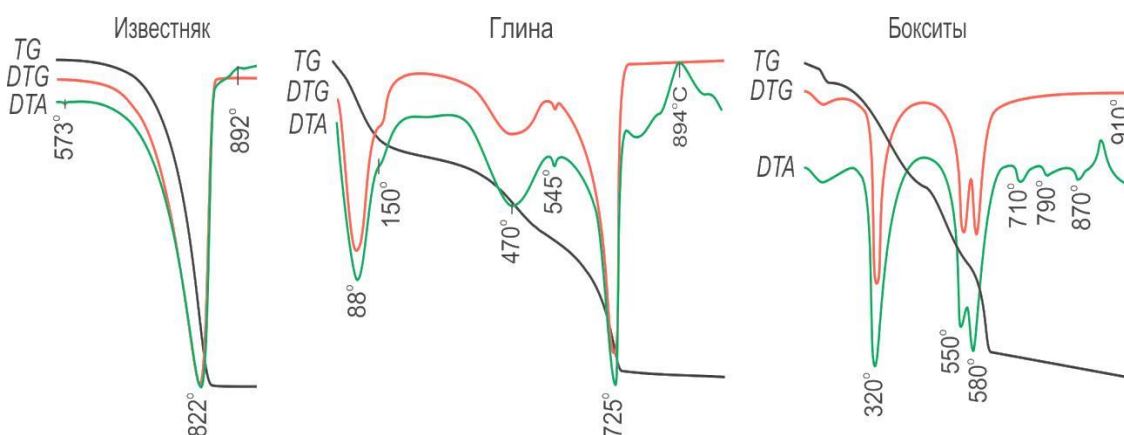


Рис. 2. Термограммы сырьевых компонентов

Для исследования влияния степени измельчения сырьевых компонентов на активность клинкера были приготовлены 3 смеси с различной степенью измельчения компонентов. Характеристика сырьевых смесей и клинкера представлена в табл. 2. Так в смеси № 1 грубые ча-

стицы представлены карбонатной составляющей смеси – известняком, а в смеси № 2 – глиной. Смесь № 3 была подвергнута тонкому помолу до полного прохождения через сито 008. При помощи лазерной гранулометрии был исследо-

ван гранулометрический состав полученных сырьевых смесей рис. 3.

Из рисунка видно, что при тонком помоле смеси известняка и глины все частицы имеют размер менее 80 мкм, а при грубом их измельчении размер достигает 200 мкм. Кроме того, при грубом помоле известняка и глины дифферен-

циальная кривая тонкости помола имеет два максимума и у смеси, где грубые частицы внесены глинистой составляющей, второй экстремум более выражен, чем у смеси № 1. Вероятно, это связано с наличием в глине трудно измельчаемого минерала – кварца.

Таблица 2

Характеристика сырьевых смесей и клинкера

Соотношение компонентов, %				
Смеси	Известняк	Глина	Руда-Fe	Боксит
№ 1...3	75,8	20,6	2,2	1,3
Смеси	Характеристика компонентов сырьевой смеси по тонкости помола			
	Компонент	R ₀₀₈ , %		R ₀₂ , %
№ 1	Известняк	20		10
№ 2	Глина	80		20
№3	Все компоненты	0		0
Клинкер	КН	Модули		
		n	p	
	0,94	2,0	1,2	
Фазовый состав				
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	
65,3	10,8	7,1	14,5	

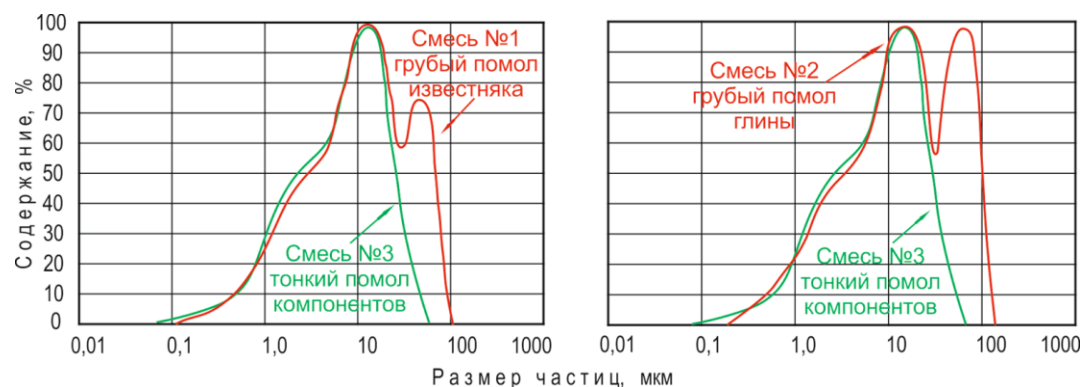


Рис. 3. Сравнительный гранулометрический состав сырьевых смесей

Влияние тонкости помола сырьевых компонентов на микроструктуру и гидравлическую активность клинкера.

Для определения активности клинкера сырьевые смеси обжигались при 1450 °С с 40 мин выдержкой. Синтезированный клинкер измель-

чался с 5 % гипса до удельной поверхности 320 ± 10 м²/кг. Из полученного цемента формировались образцы-кубы без песка с размером ребра 1,41 см при В / Ц = 0,26. Образцы испытывались на сжатие в 2-е, 7-м и 28-м сут твердения, результаты которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты физико-механических испытаний цемента

Характеристика компонента	Прочность при сжатии, МПа		
	2 сут	7 сут	28 сут
Грубый помол известняка	26,1	36,9	37,4
Грубый помол глины	65,5	93,4	90,4
Тонкий помол компонентов	76,8	109,4	117,3

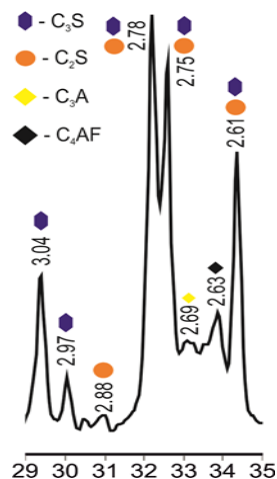


Рис. 4. Фазовый состав клинкера

Анализ представленных результатов физико-механических испытаний позволяет сделать вывод, что грубый помол известняка оказывает большее отрицательное влияние на активность клинкера, чем грубый помол глинистого компо-

нента. Так, активность клинкера в 28 сут возрасте, при грубом помоле известняка снижается на 35 %. Если же грубому помолу подвергнуть глинистый компонент, то активность клинкера практически снижается всего на ~ 10 %.

Фазовый состав клинкера исследовался методом рентгеновской дифракции. Результаты РФА, приведенные на рис. 4, свидетельствуют, что клинкер представлен основными фазами C_3S , C_2S , C_3A и C_4AF , которые соответствуют расчетным значениям, приведенным в табл. 2.

Микроскопические исследования аншлифов клинкера в отраженном свете (рис. 5) показали, что при тонком помоле известняка и глины наблюдается, равномерное распределение и четкая кристаллизация минералов клинкера. Такая микроструктура клинкера благоприятно сказывается на прочность гидратированного цементного камня.

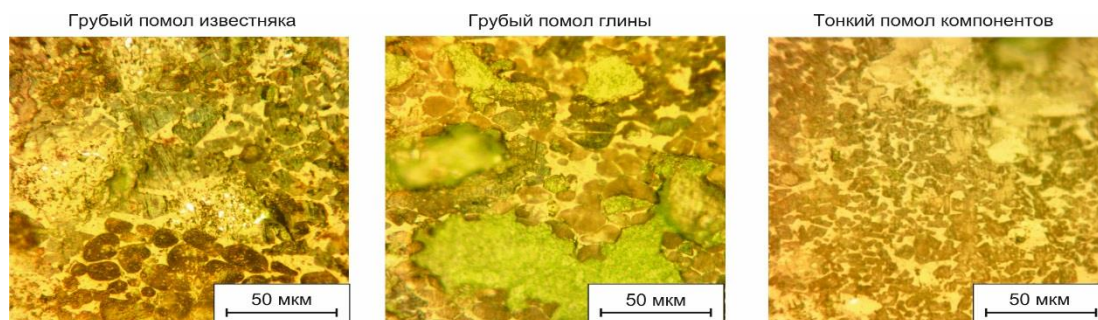


Рис. 5. Влияние тонкости помола сырьевых компонентов на микроструктуру клинкера

Влияние тонкости помола сырьевых компонентов на гидратацию цемента.

Для выяснения причин, влияния тонкости помола отдельных сырьевых компонентов на

активность клинкера были проведены комплексный термический (КТА) анализы гидратированных цементов в различные сроки твердения рис. 6.

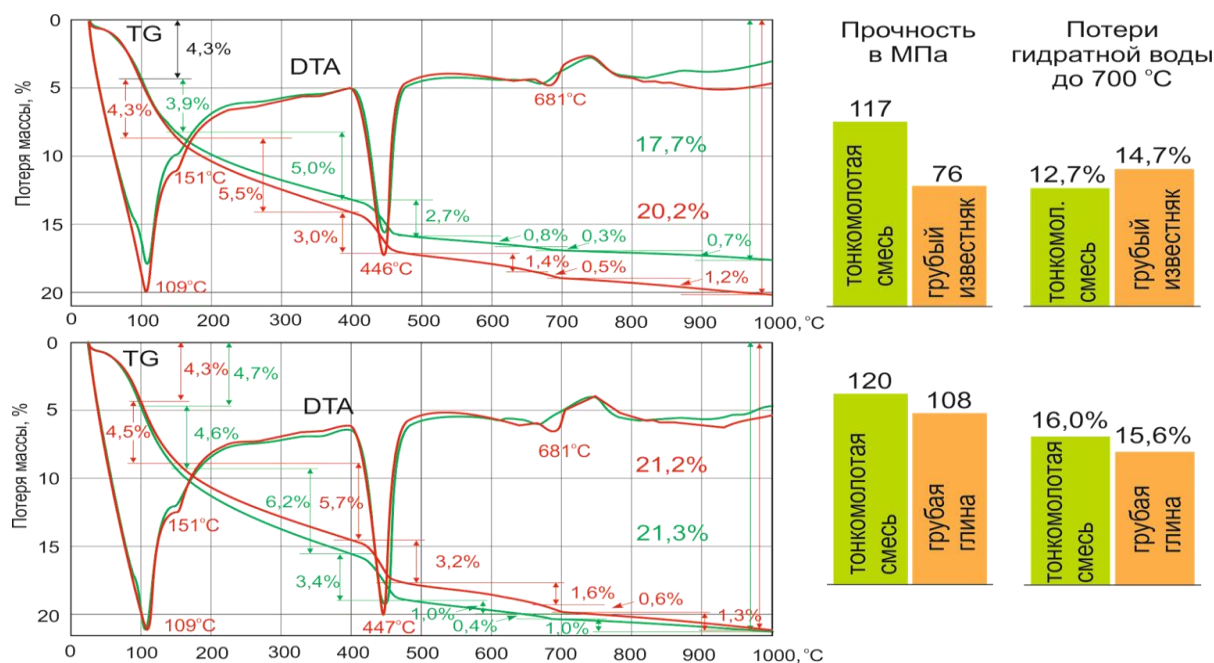


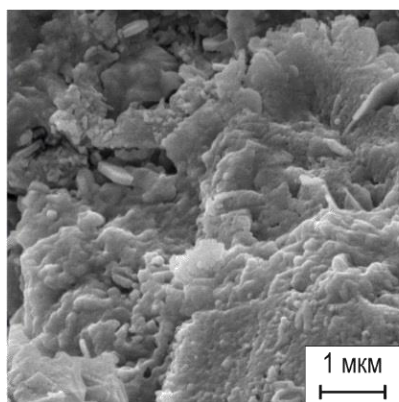
Рис. 6. Комплексный термический анализ гидратированных цементов через 28 сут твердения

По данным КТА видно, что степень гидратации в данном случае не определяет гидравлическую активность клинкера. Так, потери массы при нагреве гидратированных цементов (кривые TG), обусловленные выделением связанной воды, свидетельствуют, что на верхнем рисунке повышенной прочностью обладает цемент с меньшей степенью гидратацией. На нижнем же – наблюдается обратная зависимость, т.е. повышенную прочность имеет более гидратированный цемент. Следовательно, различная гидравлическая прочность клинкера обусловлена не степенью гидратацией цемента, а фазовым составом и структурой цементного камня.

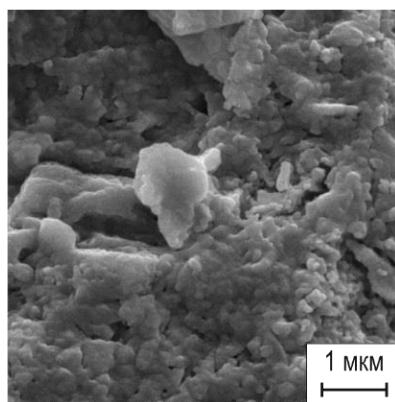
Зависимость микроструктуры цементного камня от тонкости помола сырьевых компонентов.

Исследования гидратных фаз на растровом электронном микроскопе свидетельствуют, что при тонком помоле известняка и глины образуется цементный камень с плотной равномерной структурой, которая обуславливает его высокую прочность (рис. 7). При грубом же помоле известняка и глины наблюдается более рыхлая микроструктура гидратных фаз, обладающая пониженной прочностью. Эти результаты хорошо согласуются с микроструктурой клинкера (см. рис. 5).

Низкая прочность $R_{28} = 76,8$ МПа
грубый помол известняка



Пониженная прочность $R_{28} = 109,4$ МПа
грубый помол глины



Высокая прочность $R_{28} = 117,3$ МПа
тонкий помол компонентов

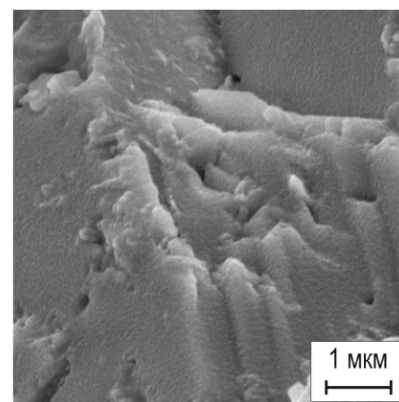


Рис. 7. Микроструктура цементного камня при пониженной и повышенной прочности в 28 сут

Выводы.

1. Пониженная активность клинкера на Бухтарминском цементном заводе обусловлено не столько минералогическим составом сырьевой смеси, сколько тонкостью помола отдельных компонентов. При увеличении тонкости помола сырьевых компонентов активность клинкера повышается. Особенно целесообразно тонко измельчать известняк, при уменьшении остатка на сите 008 от 20 до 0 % активность клинкера увеличивается на ~ 35 %.

2. Высокая гидравлическая прочность клинкера, полученного из тонкомолотого сырья, обусловлена не степенью гидратации цемента, а микроструктурой гидратных фаз. Электронные микрофотографии цементного камня свидетельствуют, что тонкий помол сырьевых компонентов обеспечивает плотную повышенную прочность структуру гидратных фаз, которая является следствием гидратации рациональной микроструктуры клинкера.

3. Для повышения качества цемента на Бухтарминском цементном заводе необходимо обеспечить более тонкий помол сырьевых компонентов, особенно известняка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сычев М.М. Технологические свойства сырьевых цементных шихт. М.: Госстройиздат, 1962. 136 с.
2. Рогачев С.П., Михин А.С., Коробков М.И., Классен В.К., Классен А.Н. Некоторые причины изменения активности клинкера на «Себряковцемент» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 10. С. 263–266.
3. Сычев М.М., Кичкина Е.С., Астахова М.А. К вопросу о кинетике твердофазовых процессов // Труды Гипроцемента. 1964. Вып. 28.
4. Букки Р. Влияние природы и подготовки исходных веществ на реакционную способность сырьевых смесей // 7-ой Международный конгресс по химии цемента. Париж. 1980. С. 3–48.
5. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцементный клинкер. М.: Стройиздат, 1967. 304 с.
6. Макашев С.Д. Влияние физико-химических свойств сырья на реакционную способность сырьевой смеси и процессы минералобразования клинкера // 6-ой Международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1976. Т.1.

7. Кравченко Н.В., Власова М.В., Юдович Б.Э. Высокопрочные и особо быстротвердеющие портландцементы. М.: Стройиздат, 1971.
8. Альбац Б.С., Коугия М.В., Судакас Л.Г. и др. Технические требования к цементному сырью. М.: Концерн Цемент, 1996. 94 с.
9. Канцельпольский И.С., Терехович С.В., Дрожжин А.Х. Оптимизация тонкости помола сырьевой смеси // Цемент. 1971. № 9.
10. Дрожжин А.Х. Технологические особенности получения клинкера и высокопрочного портландцемента на основе сырья укрупненного помола: Автореф. дис. канд. техн. наук.-Ташкент, 1974. 17 с.
11. Шейн А.Л. Оптимизация дисперсности и химического состава сырьевой смеси при получении малоэнергоёмкого клинкера: Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 1994. 18 с.
12. Moir G.K. Influence of Raw Mix on Heterogeneity on Ease of Combination and Clinker Strength Potential // Proceedings of the 10 Int.Cong. on the Chemistry of Cement, Sweden, 1997. Vol. 1. 8 pp.
13. Лёрке П., Чукмарев А.Н., Коробков П.Ф. Промышленный опыт энергосберегающего производства цемента из экстремально грубой сырьевой смеси // Цемент. 2014. № 3. 76–85 с.
14. Lorke P., Rock R., Herzinger E. Energyefficient cement production using an extremely coarse raw mix. Part 2 // ZKG International. 2013. № 6. P. 48–58.
15. Lorke P., Rock R., Herzinger E. Energyefficient cement production using an extremely coarse raw mix. Part 1// ZKG International. 2013. № 3. P. 48–58.

Kalyuzhnov I.V., Nurakov E.S., Klassen V.K.

DEPENDENCE HYDRAULIC ACTIVITY CLINKER FROM GRINDING DEGREE OF SEPARATE RAW MATERIAL COMPONENTS

The clinker activity depends from burning mode, composition and properties of the raw materials. One of the characteristics of the raw materials has an effect on the activity of the clinker is - the degree of grinding raw materials. The reasons of reduction in quality cement clinker, which consist in the coarse grinding of raw materials. The novelty of the results is that grater clinker activity influenced coarse grind component containing no quartz, and limestone. With fine grinding of all components, a fine-crystalline microstructure of the clinker is formed, with hydration of which a solid cement stone is created, which has increased strength. Solid structure of hydrate phase is confirmed by electron microphotographs.

Key words: limestone, clay, fineness, clinker activity, cement stone.

Калюжнов Илья Валерьевич, магистрант кафедры технологии цемента и композиционных материалов

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

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

E-mail: ilya.kalyuzhnov@mail.ru

Нураков Ерсайын Санотбекович, магистрант кафедры технологии цемента и композиционных материалов

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

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

Классен Виктор Корнеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии цемента и композиционных материалов

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

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

E-mail: klassen.vk@yandex.ru

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Косухин А.М., аспирант,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ ДИСПЕРСИЯХ И ИХ РОЛЬ В МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ*

mkosuhin@mail.ru

Изложены результаты исследований коллоидно-химических свойств полифункциональных модификаторов (ПФМ) с разным химическим строением, качественным и количественным сочетанием органических полярных веществ различной молекулярной массы. Показана возможность регулирования свойств ПФМ и модифицированных ими бетонных смесей не только путем изменения химического строения модификаторов, но и путем качественного и количественного сочетаний активных добавок органических полярных веществ различной молекулярной массы. Показано, что исследуемые модификаторы обладают поверхностной активностью на границе твердое тело-раствор, снижая поверхностное натяжение $\sigma_{т-ж}$. В то же время поверхностное натяжение на границе раствор-воздух может оставаться постоянным или несколько уменьшаться в зависимости от химического строения модификатора. ПФМ и СП СБ-3 в отличие от СП С-3, обладая некоторой поверхностной активностью на границе раствор-воздух, увеличивают воздухоовлечение в бетонную смесь на 0,5÷1,5 % дополнительно увеличивая морозостойкость бетона как для литых, так и для равноподвижных составов, не оказывая при этом отрицательного воздействия на прочность бетона. Адсорбция модификаторов на дисперсной фазе суспензии обусловлена дисперсионными силами и, независимо от вида модификатора, носит мономолекулярный характер. Для локализации молекул модификатора на поверхности частицы необходимо, чтобы его молекула содержала систему связанных ароматических колец или сопряженных двойных связей. Адсорбированные молекулы модификатора должны гидрофилизовать поверхность дисперсной фазы, для чего должны содержать по всей длине гидрофильные группы. Адсорбция модификаторов на частицах дисперсной фазы приводит к увеличению агрегативной устойчивости суспензии, которая становится предельно возможной после образования адсорбционного мономолекулярного слоя. Вследствие этого происходит пептизация агрегатов до первичных частиц и выделяется иммобилизованная вода. Все это обуславливает роль адсорбционно-сольватного фактора в механизме действия модификаторов.

Ключевые слова: модификаторы бетона, полифункциональные модификаторы, пластифицирующая активность, адсорбционно-активные группы, поверхностное натяжение, поверхностная активность, адсорбция, пептизация, мономолекулярный слой, граница раздела фаз, молекулярная масса, механизм действия.

Введение. В настоящее время технический прогресс в области технологии бетона сводится в основном к его химизации и принадлежит разработке и применению высокоэффективных добавок в бетоны и строительные растворы – полифункциональных модификаторов (ПФМ). В связи с этим большой научный и практический интерес представляет более детальное изучение и расширение возможностей как существующих ПФМ, так и, особенно, вновь разрабатываемых. При этом актуальной является задача разработки эффективных и дешевых модификаторов, изучения механизма их действия с целью направленного регулирования физико-химических и эксплуатационно-технических свойств строительных композитов. С развитием коллоидно-химических представлений о механизме действия добавок различных классов и изученности вопросов их влияния на различные

свойства цементных систем, возникает необходимость направленного синтеза добавок полифункционального действия, применение которых позволяло бы регулировать целый комплекс различных физико-технических свойств как бетонных смесей на стадии их приготовления, так и готовых затвердевших бетонов. Решить эту проблему стало реальным с появлением возможности управления физико-химическими процессами гидратационного взаимодействия цементно-водной системы на наноуровне путем регулирования коллоидно-химических свойств цементных дисперсий и управления элементарными стадиями процессов кристаллообразования при помощи ПФМ. Создание на основе этих принципов модификаторов нового поколения является техническим прогрессом в применении технологического мышления, основанного на понимании возникающих эффектов чисто хими-

ческого или коллоидно-химического происхождения.

Методика. При проведении исследований коллоидно-химических свойств модифицированных минеральных суспензий, для исключения фактора нестабильности дисперсной фазы и дисперсионной среды при взаимодействии цемента с водой, в качестве модельной использовали меловую суспензию. СаСО₃ обладает низкой растворимостью (ПР $1 \cdot 10^{-8}$) и содержит катионы, входящие в состав большинства клинкерных минералов цемента. Изучение механизма действия ПФМ проводили по результатам выполнения стандартных исследований коллоидно-химических свойств ПФМ и модифицированных минеральных суспензий.

В связи с тем, что пластифицирующая активность, а следовательно, и механизм действия ПФМ определяются их природой, составом и строением, при проведении испытаний использовали модификаторы с разными по природе адсорбционно-активными группами: разжижитель С-3, ЛСТ, содержащие в своем составе в качестве гидрофильных сульфогруппы – SO₃⁻, СП СБ-3, содержащий в своем составе гидроксильные группы и их смеси.

Адсорбцию суперпластификаторов на дисперсных материалах изучали с помощью УФ-спектрометра SPECOPD UV по убыли концентрации исследуемых олигомеров в дисперсионной среде после установления равновесия адсорбции. Предварительными исследованиями было показано, что адсорбционное равновесие устанавливается в течение нескольких минут. После центрифугирования определяли оптическую плотность раствора. По калибровочному графику определяли концентрацию вещества и строили изотермы адсорбции.

Для определения краевого угла смачивания на поверхности образец полировали, затем отмывали раствором Na₂CO₃ и тщательно промывали дистиллированной водой. Каплю жидкости объемом 1,5 мл наносили микрошприцом, краевой угол определяли по методике [1]. Поверхностное натяжение на границе жидкость-газ измеряли по методу Де-Нюи [1].

Для установления состава и строения олигомерных молекул применяли газожидкостную и жидкостную хроматографию, ультрафиолетовую и инфракрасную спектроскопию, спектроскопию ядерно-магнитного резонанса, кондукто- и потенциометрию. Молекулярный вес синтезированных олигомеров определяли методом криоскопии.

Основная часть. Разработкой различных модификаторов бетонов на протяжении длительного времени занимаются многие исследо-

ватели и научные школы [2–4]. Разработаны целые классы ПФМ различного назначения [5–7]. Тем не менее, проблема поиска новых дешевых, эффективных и доступных модификаторов остается актуальной.

Исходя из вышеизложенного, были проведены экспериментальные исследования по синтезу эффективного ПФМ, удовлетворяющего указанным требованиям. В ходе проведения испытаний был получен новый модификатор на основе отходов производства резорцина, изучены его коллоидно-химические свойства и проведены сравнительные испытания с известными аналогами на предмет изучения механизма его действия в цементных строительных дисперсиях. Отношение синтезированного модификатора к классу полифункциональных определяли исходя из того, что с физико-химической точки зрения понятие «функция» вещества относится кроме назначения еще и к свойствам и явлениям, изменяющимся по мере взаимодействия с другими компонентами в ходе химических реакций и процессов. Поэтому функциональность ПФМ для бетонов предопределяется природой, химическим составом и механизмом влияния на гидратацию в целом и отдельные элементарные стадии. В этой связи, в ходе проведения экспериментальных исследований использовали известный отечественный суперпластификатор (СП) С-3, синтезированный в ходе эксперимента СП СБ-3 и ПФМ на их основе. Соотношение компонентов в ПФМ было предварительно подобрано с учетом аддитивного действия и синергетической эффективности использования смесей [8].

Закономерности функциональных взаимозависимостей компонентов системы, проявляющихся при гидратации, носят кинетический характер. Это сложная, практически не решенная задача современного бетоноведения. Функциональность ПФМ обусловлена явлением кинетической селективности и ее влияния на элементарные стадии гидратационного взаимодействия в системе «цемент – раствор – добавка». При этом влияние ПФМ на элементарные стадии гидратации сопровождается изменением коллоидно-химических свойств.

Процессы гидратации, протекающие с момента затворения цемента водой, не позволяют провести полное коллоидно-химическое исследование системы, так как непрерывно изменяется состав дисперсной фазы и дисперсионной среды, увеличивается во много раз удельная поверхность. Поэтому, для исключения этих факторов и приведения системы в сопоставимые условия, свойства ПФМ определяли на модельной системе, в качестве которой использовали

меловую суспензию. Мел обладает низкой растворимостью ($IP = 1 \cdot 10^{-5}$) и содержит катионы, входящие в состав большинства минералов портландцементного клинкера.

Существующие на сегодняшний день теоретические положения механизма влияния химических добавок на цементные системы базируются на исследовании комплекса коллоидно-химических свойств, к которым, в первую очередь, относится адсорбция на границе твердое тело – раствор и поверхностное натяжение на границах: раствор – воздух и твердое тело – раствор. Эти явления являются первостепенными и основополагающими для всех остальных колло-

идно-химических явлений и свойств. Поэтому, для определения эффективности полученного ПФМ и механизма его действия их исследовали в работе в сравнении с известными аналогами.

Поверхностное натяжение на границе раствор-воздух позволяет косвенно оценить степень дополнительного воздухововлечения в бетонную смесь, которое в разумных и регулируемых пределах улучшает структуру порового пространства, что приводит к повышению морозостойкости бетона. Влияние полученного ПФМ на поверхностное натяжение на границе раствор-воздух, в сравнении с известными модификаторами представлено на рис. 1.

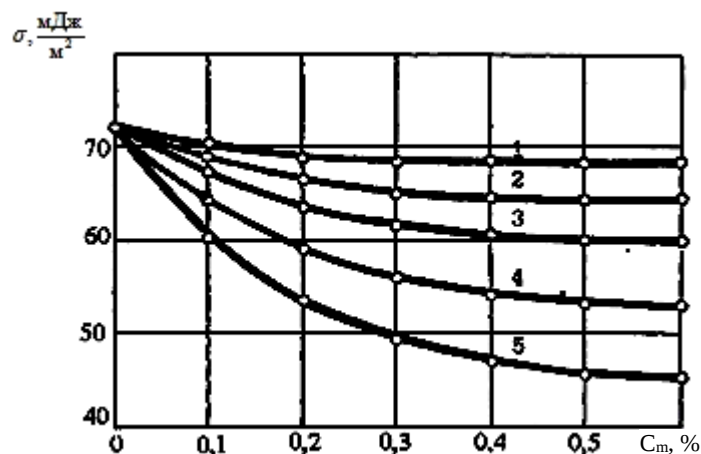


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения на границе раствор-воздух:
1 – С-3; 2 – С-3+СБ-3; 3 – СБ-3; 4 – ЛСТ; 5 – ЛСТ+СБ-3

Как видно из рисунка, СП С-3 не обладает поверхностной активностью, практически не влияя на поверхностное натяжение. СП СБ-3 является слабым воздухововлекателем, незначительно снижая поверхностное натяжение с 72 до 60 мДж/м². Для сравнения с сильным воздухововлекающим действием показан известный пластификатор ЛСТ, снижающий поверхностное натяжение до 45 мДж/м². ПФМ, включающий СП С-3 и СП СБ-3 при их оптимальном соотношении занимает промежуточное положение, обладает слабым воздухововлечением не влияющим на прочность бетона, но повышающим его морозостойкость.

На агрегативную устойчивость, реологию и другие свойства дисперсных систем существенное влияние оказывает величина поверхностного натяжения на границе твердое тело-раствор $\sigma_{т-ж}$, поскольку ее значение определяет эффективную константу Гаммакера, характеризующую силы межмолекулярного притяжения между частицами дисперсной фазы. В ходе проведения испытаний изменение $\sigma_{т-ж}$ при модифицировании поверхности мела ПФМ оценивали косвенно по известному уравнению Юнга

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}}{\sigma_{ж-г}}. \quad (1)$$

Измерялись $\sigma_{ж-г}$ и краевые углы смачивания θ на поверхности мела в области равновесных концентраций ПФМ, соответствующих заполнению мономолекулярного слоя (табл. 1). В связи с тем, что в ходе эксперимента $\sigma_{т-г}$ оставалось постоянным, об изменении $\sigma_{т-ж}$ судили по изменению величины адгезионного натяжения ($\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}$), которую вычисляли по уравнению Юнга.

Характер изменения адгезионного натяжения представлен в табл. 1 и на рис. 2.

Как видно из рисунка, при увеличении концентрации СП СБ-3 $\sigma_{т-ж}$ уменьшается, так как увеличение ($\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}$) при постоянном значении $\sigma_{т-г}$ может быть обусловлено только уменьшением $\sigma_{т-ж}$. Это свидетельствует об увеличении гидрофильности поверхности мела при образовании адсорбционного слоя ПФМ и снижения сил межмолекулярного притяжения между частицами дисперсной фазы. Аналогичная зависимость изменения $\sigma_{т-ж}$ наблюдается и для других ПФМ.

Таблица 1

Влияние концентрации СП СБ-3 на краевой угол смачивания мела и поверхностное натяжение

$C, \%$	$\theta, ^\circ$	$\cos \theta$	$\sigma_{т-ж}, \text{мДж/м}^2$	$\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}, \text{мДж/м}^2$
0	46,1	0,693	72,0	49,9
0,01	38,4	0,784	71,7	56,2
0,02	34,8	0,821	71,5	58,7
0,03	34,2	0,827	71,4	59,0
0,05	34,4	0,825	70,9	58,5

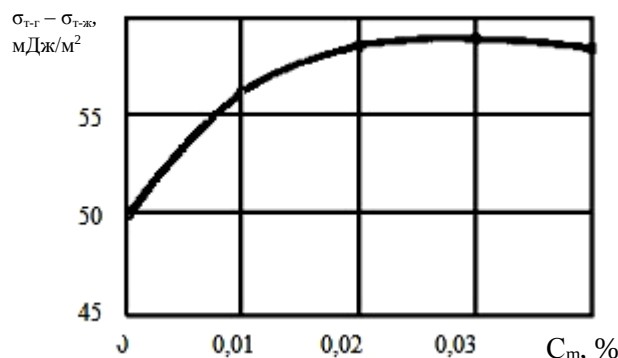


Рис. 2. Влияние концентрации СБ-3 на адгезионное натяжение

Результаты изучения адсорбции модификаторов показали (рис. 3), что изотермы адсорбции имеют типичный характер мономолекулярной адсорбции. При малых равновесных концентрациях наблюдается почти полное извлечение адсорбата из раствора, при дальнейшем увеличении концентрации кривые выходят на насыщение и адсорбция достигает своего максимального значения, причем при близких значениях равновесных концентраций для исследуемых модификаторов (табл. 2).

Максимальная адсорбция достигается при близких значениях равновесных концентраций для исследуемых СП: для СП СБ-3 0,05 %, 0,052 % для СП С-3 и 0,05 % для ПФМ. Это свидетельствует о том, что изменение природы гидрофильных групп в СП незначительно влияет на его адсорбционную активность, и, по-видимому, определяется дисперсионными силами взаимодействия между системой связанных ароматических колец молекул СП и поверхностью мела.

В то же время значения $\Gamma_{\max}$ значительно изменяются в зависимости от вида модификатора и составляют $2,8 \cdot 10^{-4}$; $5,5 \cdot 10^{-4}$; $3,0 \cdot 10^{-4}$ г/м² для СБ-3, С-3, СБ-3+ С-3, соответственно (табл. 2).

Уменьшение $\Gamma_{\max}$ СБ-3 по сравнению с С-3 обусловлено, меньшей молекулярной массой гидроксильных групп по сравнению с сульфогруппой. В то же время экспериментальное значение $\Gamma_{\max}$ для ПФМ меньше величины $3,61 \cdot 10^{-4}$ г/м², полученной расчетом по принципу аддитивности. Это свидетельствует о том, что при адсорбции молекул с разными по природе гидрофильными группами необходимо учиты-

вать так называемое аттракционное взаимодействие. На это указывается и при исследовании адсорбции ионогенных красителей на гидрофильных поверхностях [9]. Аттракционное взаимодействие оценивали по уравнению

$$B \cdot C = \frac{\theta}{1 - \theta} \cdot e^{-2A\theta}, \quad (2)$$

где $\theta = \frac{\Gamma}{\Gamma_{\max}}$; Γ , $\Gamma_{\max}$ – равновесная и максимальная адсорбция на меле, г/м²; B – константа адсорбционного равновесия; C – равновесная концентрация, кг/м³; A – аттракционная постоянная.

При адсорбции ПФМ константа A смещается в отрицательную область, что свидетельствует об увеличении взаимодействия адсорбат-адсорбат и приводит к уменьшению $\Gamma_{\max}$. Для индивидуальных добавок значение A в пределах ошибки экспериментальных данных незначительно отличается от нуля, в то время как для ПФМ СБ-3+С-3 величина A уменьшается до – 50. Возрастание аттракционного взаимодействия в этом случае может быть связано как с усилением электростатического взаимодействия, так и с пространственными затруднениями при совместной адсорбции СБ-3 и С-3. Как следует из данных главы 4, эффект синергизма проявляется при массовых соотношениях СБ-3 и С-3, равных 3:7 и 7:3. С учетом средних молекулярных масс СБ-3 и С-3 (800 и 2000, соответственно) мольные соотношения добавок равны 1,07:1 и 5,8:1. Первый случай отвечает эквивалентному соотношению добавок, что объясняет наличие максимума при данном соотношении. Во втором

случае максимум проявляется, когда одна молекула С-3 окружена шестью молекулами СБ-3. Аналогичный эффект влияния центральной мас-

сивной молекулы на посадочные площадки соседних низкомолекулярных молекул для границы жидкость-газ был описан Адамом [10].

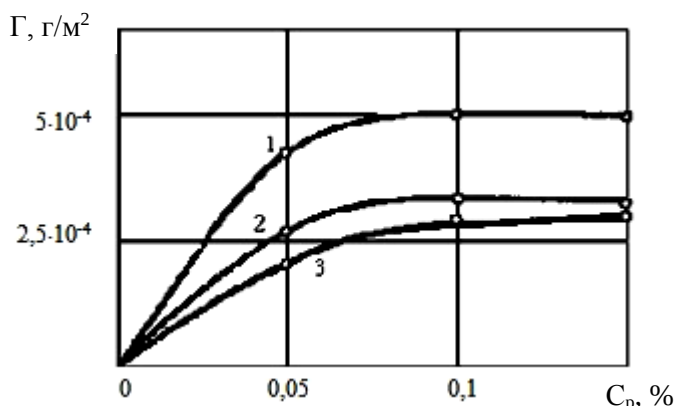


Рис. 3. Изотермы адсорбции на меле: 1 – С-3; 2 – СБ-3; 3 – С-3+СБ-3

Таблица 2

Адсорбционные параметры мономолекулярного слоя

$m_{\text{мела}} = 60\text{г}, m_{\text{H}_2\text{O}} = 33\text{г}$

Параметр	Тип добавки		
	СБ-3	С-3	СБ-3+С-3
$C_p, \%$	0,05	0,052	0,05,
$\Gamma_{\text{max}}, \text{г/м}^2$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
$C_m, \%$ от массы мела	0,082	0,14	0,085

При расчете дозировки добавки, необходимой для образования мономолекулярного слоя, нужно учитывать Γ_{max} и соответствующую ей равновесную концентрацию (табл. 2).

Расчет производили по формуле

$$C_m = \frac{(\Gamma_{\text{max}} \cdot m \cdot S_{\text{уд}} \cdot C_p \cdot V_p) \cdot 100\%}{m}, \quad (3)$$

где C_m – процент от массы мела - дозировка добавки, необходимая для образования монослоя; $C_p, \text{г/л}$ – равновесная концентрация добавки при образовании монослоя; $\Gamma_{\text{max}}, \text{г/м}^2$ – максимальная адсорбция добавки; $m, \text{г}$ – масса мела; $S_{\text{уд}}, \text{м}^2$ – удельная поверхность мела; $V_p, \text{л}$ – объем раствора.

Полученные значения C_m приведены в табл. 2. Из этих данных видно, что наименьшее значение, равное 0,082 %, имеет СП СБ-3, наибольшее значение, равное 0,14, имеет СП С-3. Для ПФМ C_m равно 0,085 %, что на 16 % меньше рассчитанного по принципу аддитивности значения, равного 0,099 %.

Равновесие в процессах коагуляции и пептизации определяется соотношением между энергией коагуляционного контакта U_k и энергией теплового движения частиц. Адсорбция СП на поверхности частиц изменяет U_k и смещает

равновесие коагуляция $\leftrightarrow$ пептизация в ту или другую сторону.

Выводы. Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показали, ПФМ, а следовательно, и свойства бетонных смесей и бетонов можно регулировать не только путем изменения химического строения, но и путем качественного и количественного сочетаний активных добавок органических полярных веществ различной молекулярной массы. Исследуемые модификаторы обладают поверхностной активностью на границе твердое тело-раствор, снижая поверхностное натяжение $\sigma_{\text{т-ж}}$. В то же время поверхностное натяжение на границе раствор-воздух может оставаться постоянным или несколько уменьшаться в зависимости от химического строения модификатора. ПФМ и СП СБ-3 в отличие от СП С-3, обладая некоторой поверхностной активностью на границе раствор-воздух, увеличивают воздухоовлечение в бетонную смесь на 0,5÷1,5 % дополнительно увеличивая морозостойкость бетона как для литых, так и для равноподвижных составов, не оказывая при этом отрицательного воздействия на прочность бетона. Адсорбция модификаторов на дисперсной фазе суспензии обусловлена дисперсионными силами и, независимо от природы модификатора, носит мономолекулярный характер. Емкость монослоя и соответствующая ей равновесная концентрация модификатора зави-

сят от природы гидрофильных групп и имеют наименьшие значения для гидроксильных групп. Для локализации молекул модификатора на поверхности частицы необходимо, чтобы его молекула содержала систему связанных ароматических колец или сопряженных двойных связей. Адсорбированные молекулы модификатора должны гидрофилизировать поверхность дисперсной фазы, для чего должны содержать по всей длине гидрофильные группы. При совместной адсорбции модификаторов с разными гидрофильными группами вследствие взаимодействия «адсорбат-адсорбат» на поверхности частиц при определенных соотношениях индивидуальных компонентов проявляется эффект синергизма. Адсорбция модификаторов на частицах дисперсной фазы приводит к увеличению агрегативной устойчивости суспензии, которая становится предельно возможной после образования адсорбционного мономолекулярного слоя. Вследствие этого происходит пептизация агрегатов до первичных частиц и выделяется иммобилизованная вода. Все это обуславливает роль адсорбционно-сольватного фактора в механизме действия модификаторов.

**Статья подготовлена в рамках мероприятий Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2017–2019 годы по проекту «Разработка теоретических и методологических принципов управления физико-химическими процессами структурообразования бетонов на наноуровне путем регулирования коллоидно-химических свойств цементных дисперсий и кристаллообразования полифункциональными модификаторами с разными адсорбционно-активными группами»*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фролов Ю.Г., Гродский А.С., Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. М.: Химия, 1986. 216 с.

2. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с различными типами пластифицирующих добавок // Известия вузов. Строительство. 2007. № 6. С. 26–29.

3. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Косухин М.М., Слюсарь А.А. Plasticizing Additives For Water Mineral Dispersions On The Basis Of Oxyphenol Oligomers. // Advances in Natural and Applied Sciences May 2014. 8(5) Pages: 373–379.

4. Полуэктова В.А., Косухин М.М., Малиновкер В.М., Шаповалов Н.А. Полифункциональный суперпластификатор для бетонов на основе отходов производства пирокатехина // Фундаментальные исследования. 2013. № 1. Ч. 3. С. 718–722.

5. Шаповалов Н.А., Латыпова М.М., Слюсарь О.А., Ломаченко В.А. Получение пластификаторов из отходов химического производства // Экология и промышленность России. 2000. № 1. С. 15–17.

6. Косухин М.М., Косухин А.М., Шаповалов Н.А. Композиционное вяжущее для высокоморозостойких дорожных бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 51–53.

7. Косухин М.М., Шаповалов Н.А. Теоретические аспекты механизма действия суперпластификаторов // Бетон и железобетон. №3. С. 25–27.

8. Косухин М.М. Регулирование свойств бетонных смесей и бетонов комплексными добавками с разными гидрофильными группами. Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. 194 с.

9. Заславский И.И. Основы теории крашения и ионогенными красителями. М.: «Легпромбытиздат», 1989. 144 с.

10. Адам Н.К. Физика и химия поверхностей. М.-Л.

Kosukhin M.M., Kosukhin A.M.

SURFACE PHENOMENA IN MODIFIED CEMENT DISPERSIONS AND THEIR ROLE IN THE MECHANISM OF ACTION OF POLYFUNCTIONAL MODIFIERS

The results of studies of colloid-chemical properties of polyfunctional modifiers (PFM) with different chemical structure, qualitative and quantitative combination of organic polar substances of different molecular weight are presented. The possibility of regulating the properties of PFM and modified concrete mixtures is shown not only by changing the chemical structure of the modifiers, but also by qualitative and quantitative combinations of active additives of organic polar substances of different molecular weights. It is demonstrated that the modifiers under investigation have surface activity at the solid-solution interface, reducing the σ_{ms} surface tension. At the same time, the surface tension at the solution-air interface can remain constant or decrease a little, depending on the chemical structure of the modifier. PFM and JV SB-3, unlike JV C-3, having some surface activity at the solution-air interface, increase air entrainment into the concrete mix by 0.5 ÷ 1.5 %, additionally increasing the frost resistance of concrete both for cast, and for the equally-motile compositions, without exerting a negative effect on the strength of concrete. The adsorption of the modifiers on

the dispersion phase of the suspension is due to the dispersion forces and, regardless of the type of modifier, is of a monomolecular nature. To localize the modifier molecules on the surface of a particle, it is necessary that its molecule contain a system of bound aromatic rings or conjugated double bonds. The adsorbed molecules of the modifier should hydrophilize the surface of the dispersed phase, for which they must contain hydrophilic groups along the entire length. The adsorption of modifiers on the particles of the disperse phase leads to an increase in the aggregative stability of the suspension, which becomes extremely possible after the formation of an adsorption monomolecular layer. As a result, peptization of aggregates to primary particles occurs and immobilized water is released. All this determines the role of the adsorption-solvate factor in the mechanism of action of the modifiers.

Key words: *modifiers of concrete, polyfunctional modifiers, plasticizing activity, adsorption-active groups, surface tension, surface activity, adsorption, peptization, monomolecular layer, phase boundary, molecular weight, mechanism of action.*

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

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

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

E-mail: mkosuhin@mail.ru

Косухин Андрей Михайлович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: andrey.shik@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ФЛОТОРЕАГЕНТА, В СОСТАВЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ, НА СВОЙСТВА ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

aus2016aus@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований по определению влияния флотореагента РА-14, содержащегося на поверхности отходов флотации, на свойства вяжущих композиций. Представлены реологические исследования вяжущих композиций, на основе отходов флотационного дообогащения железистых кварцитов, содержащих разное количество флотореагента в составе отходов. Выявлен пластифицирующий эффект, оказываемый отходами флотации на гидратные системы за счет содержания РА-14.

Ключевые слова: отходы флотационного дообогащения железистых кварцитов, флотореагент, вяжущие композиции, эффективная вязкость.

Введение. В процессе дообогащения железной руды методом флотации, флотореагенты адсорбируются на поверхности пенного продукта, а следовательно, содержатся в составе отходов флотации в воздушно-сухом состоянии. На МГОКе при флотационном дообогащении железистых кварцитов используют следующую комбинацию флотореагентов: собиратель РА-14, депрессор – гидролизированный крахмал, регулятор кислотности – гидроксид натрия. Основным флотореагентом среди указанных является импортный хорошо зарекомендовавший себя собиратель РА-14 фирмы «TomaH» США. Катионный собиратель РА-14, являющийся ПАВ, содержится на поверхности отходов флотационного дообогащения железистых кварцитов в воздушно-сухом состоянии, и за счет этого, при введении отходов флотации в гидратные системы, предполагается проявление пластифицирующего эффекта [1–5].

Основная часть. Гидрофобизирующие поверхностно-активные добавки в составе гидратных систем, снижают предельное напряжение сдвига, тем самым, увеличивают их пластическую вязкость, в результате чего предотвращают расслаиваемость смеси и обеспечивают требуемую подвижность за счёт образования тонких ориентированных плёнок поверхностно-активных веществ на поверхности компонентов смеси [6–8].

В связи с этим, предполагается, что РА-14, адсорбированный на поверхности отходов флотации способен оказывать пластифицирующий эффект на гидратные системы.

Для подтверждения или опровержения этой гипотезы были изучены реологические свойства суспензий вяжущих композиций, полученных совместным помолотом портландцемента марки ЦЕМ I 42,5 и различных минеральных наполни-

телей в вибрационной мельнице в течение 30 мин.

В качестве наполнителей были взяты модельная система отходов флотации (полученная смешением оксидов, составляющих отходы флотации в том же процентном содержании, что и в отходах флотации) и отходы флотации железистых кварцитов, образовавшиеся при разных концентрациях РА-14 в суспензии при флотации: ОФг150 (концентрация РА-14 составляет 150 г/т), ОФг250 (концентрация РА-14 составляет 250 г/т), ОФг350 (концентрация РА-14 составляет 250 г/т). На основании ранее проведенных исследований по оптимизации составов вяжущих композиций на основе отходов флотации железистых кварцитов оптимальным содержанием портландцемента принято - 70%, а отходов – 30% [9–13]. В качестве базового показателя при проведении исследований принимался распылыв конуса равный 15 см.

Каждое испытание включало два отдельных опыта: увеличение скорости вращения ротора от 0 до 120 мин⁻¹; сохранение скорости вращения ротора 120 мин⁻¹. Для каждой суспензии при помощи ротационного вискозиметра RheotestRN4.1 были получены значения эффективной вязкости. После обработки полученных результатов, были построены кривые зависимости, представленные на рис. 1 и 2.

Анализ результатов реологических характеристик показал, что при увеличении содержания флотореагента РА-14 в составе отходов, снижается эффективная вязкость вяжущих композиций на их основе. Наибольшее значение эффективной вязкости наблюдается у вяжущих композиций, содержащих в качестве наполнителя модельную систему, не имеющую в своём составе флотореагента.

При постоянной скорости вращения ротора (рис. 2) прибора уменьшение эффективной вяз-

кости вяжущих композиций на основе отходов флотации по сравнению с эффективной вязкостью вяжущих композиций на основе модельной системы отходов флотации составляет от 4,5 до 9,5 %. Уменьшение эффективной вязкости вяжущих композиций на основе отходов флотации, образовавшихся при содержании РА-14 в пульпе при флотации 250 г/т, по сравнению с

эффективной вязкостью вяжущих композиций на основе модельной системы отходов флотации составляет 7,5 %.

Это свидетельствует о наличии пластифицирующего действия от флотореганета РА-14, входящего в состав отходов флотации на гидратные системы.

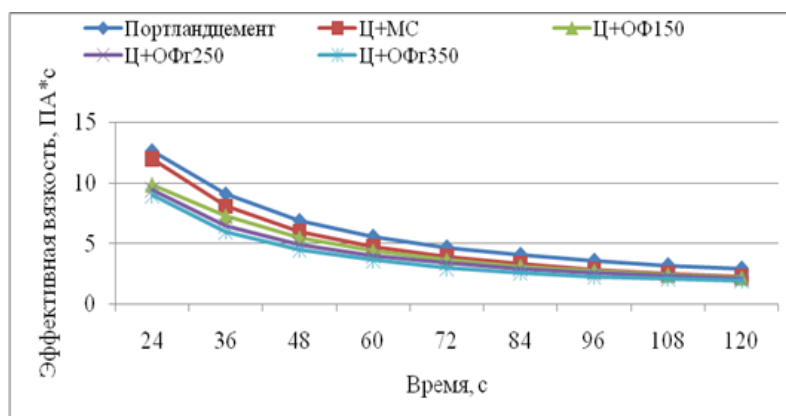


Рис. 1. Изменение эффективной вязкости вяжущих композиций различного состава с течением времени при увеличении скорости вращения ротора

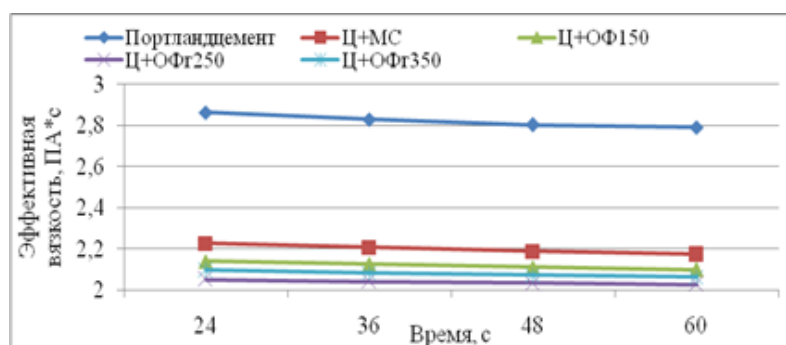


Рис. 2. Изменение эффективной вязкости вяжущих композиций различного состава с течением времени при постоянной скорости вращения ротора

При использовании традиционных гидрофобизирующих поверхностно-активных добавок, вводимых в составы гидратных систем в качестве отдельных их компонентов, их действие заключается в следующем:

- снижение поверхностного натяжения воды в составе суспензии, и как следствие замедление реакции гидратации на границах раздела фаз вода-цемент;
- гидрофобизация поверхности частиц составляющих смеси и, как следствие, уменьшение трения между частицами смеси;
- вовлечение воздуха при перемешивании смеси и создания эмульсии, и, как следствие, придание стабилизирующих свойств смеси, связности, однородности и целостности системы.

В результате чего наблюдается увеличение пластической вязкости и подвижности теста, без расслаиваемости бетонной смеси и гидрофоби-

зация поверхности гидратированного компонента.

Следует отметить, что цементы с гидрофобизирующими добавками отличаются пониженной гигроскопичностью и капиллярным подсосом и способны длительное время сохранять активность при хранении даже в среде с повышенной влажностью воздуха и не превращаться в комки при кратковременном воздействии воды.

Многочисленными исследованиями [14–18] установлено, что с поверхности отходов магнитной сепарации и пенной флотации железных руд десорбции РА-14 практически не наблюдается. Это свидетельствует о преимущественно химической адсорбции РА-14 на указанных поверхностях, и следовательно, о невозможности перехода РА-14 в водный раствор при затворении отходов флотации водой.

Вследствие этого РА-14, содержащийся на поверхности отходов флотации, не может оказывать все виды воздействий на гидратные системы как гидрофобные поверхностно-активные добавки.

Невозможность перехода значительного количества РА-14 с поверхности отходов флотации в водные растворы при контакте отходов с водой, исключает возможность снижения поверхностного натяжения воды и обволакивания частиц цемента тонкими пленками ПАВ. Этот факт имеет положительный эффект, так как исключается повышенное водоотделение при увеличении содержания количества флотореагента на поверхности отходов флотации. Кроме того исключается возможность «захвата» пузырьков воздуха при перемешивании смеси и, как следствие, создание эмульсии, что имеет отрицательное значение с точки зрения отсутствия стабилизирующего действия РА-14 на систему, но при этом отмечается положительное значение с точки зрения исключения возможности избыточного вовлечения воздуха в растворную смесь. Таким образом, механизм образования выявленного пластифицирующего эффекта заключается в уменьшении сил трения между частицами системы.

Гидрофобизация поверхности частиц отходов флотации катионным собирателем, заключается в полном или частичном покрытии частиц отходов тонкой пленкой собирателя. Так как в процессе получения вяжущих композиций на основе портландцемента и отходов флотации использовалась технологическая операция – совместный помол сырьевых компонентов, важно учитывать то, что при измельчении отходов флотации происходит разрушение гидрофобизирующих пленок собирателя и, как следствие, снижение пластифицирующего эффекта. Это следует учитывать при введении не измельченных отходов флотационного дообогащения в состав гидратных систем. Так как в этом случае пластифицирующий эффект будет значительно большим.

Выводы. Введение отходов флотации в состав гидратных систем придает пластифицирующий эффект растворам. Механизм образования выявленного пластифицирующего эффекта заключается в уменьшении сил трения между частицами системы. Данное свойство отходов флотации в составе гидратных систем позволит снизить расход дорогостоящих пластифицирующих добавок, необходимых для получения композиционных вяжущих и сухих строительных смесей на их основе с требуемыми показателями подвижности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миргород Ю.А., Борщ Н.А. Термодинамика и кинетика процесса флотоэкстракции с участием катионного и анионного поверхностно-активного вещества // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия физика и химия. 2011. №1. С. 73–80.
2. Губин С.Л., Авдохин В.М. Флотация магнетитовых концентратов катионными собирателями // Горный журнал. 2006. № 7. С. 80–84.
3. Кармазин В.И. Обогащение руд черных металлов. М.: Изд. Недра, 1982. 216 с.
4. Шаповалов Н.А., Шевцова Р.Г., Городов А.И., Крайний А.А., Винцовская И.Л., Рядинский М.М. Флотационное обогащение апатит-нефелиновых руд // Современные проблемы горно-металлургического комплекса: XI Всерос. науч.-практ. конф., с междунар. участием, (СтарыйОскол, 3-5 дек. 2014 г.), СтарыйОскол: Изд. МИСиС, 2014. Ч. 1. С. 23–28.
5. Lesovik V. S., Zagorodnyk L. H., Chulkova The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. P. 1100–1105.
6. Федулов А.А. Техничко-экономическое обоснование преимущества применения сухих строительных смесей // Строительные материалы. 1999. № 3. С. 26–27.
7. Пивень В.А., Дендюк Т.В., Калиниченко А.Ф., Бухлаева Н.П. Флотопроводка магнетитовых концентратов Ингулецкого ГОКа // Обогащение руд. 2004. -№ 1. С. 31–34.
8. Кретов С.И., Губин С.Л., Потапов С.А. Совершенствование технологии переработки руд Михайловского месторождения // Горный журнал. 2006. № 7. С. 71–74.
9. Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Попов Д.Ю., Ильченко В.С., Ширяев О.И. Отходы обогащения горнорудной промышленности в производстве строительных материалов// Актуальные проблемы современной науки в 21 веке: Материалы I междунар. науч.-практ.конф, (Москва, 31 март. 2013 г.), М.: Изд-воПеро, 2013. С. 41-43.
10. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. P. 816–819.
11. Шаповалов Н.А., Тикунова И.В., Загороднюк Л.Х., Шкарин А.В., Щекина А.Ю. Шлаки металлургического производства – эффективное сырье для получения сухих строительных смесей // Фундаментальные исследования. 2013. №1. Ч.1. С. 167–172.

12. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Щекина А.Ю. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков // Фундаментальные исследования. 2013. №5. С. 57–63.

13. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Щекина А.Ю., Ширяев О.И., Крайний А.А., Попов Д.Ю., Городов А.И. Исследование возможности использования отходов флотации железных руд для получения смешанных цементов // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-8. С. 1718–1723.

14. Богданов О.С., Максимов И.И., Поднек А.К., Янис Н.А. Теория и технология флотации руд. М.: Изд. Недра, 1990. 500 с.

15. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Изд. Высшая школа, 2007. 360 с.

16. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Изд. Стройиздат, 1979. 302 с.

17. Северов В.В. Разработка процесса обратной флотации железистых кварцитов с использованием катионных и неионогенных собирателей: автореферат дис. канд. техн. наук. Москва, 2011. 27 с.

18. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.B., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal 24. 2013. №11. P. 1496–1502.

Shchekina A.Yu.

INFLUENCE OF FLOTATION AGENT, IN THE COMPOSITION OF WASTE FLOTATION, ON THE PROPERTIES OF BENDING COMPOSITIONS

The article presents the results of studies to determine the effect of the flotation agent RA-14, contained on the surface of grains of flotation residues on the properties of astringent compositions. Rheological studies of astringent compositions based on flotation re-enrichment of ferrous quartzites containing various amounts of flotation agent in the waste composition are presented. The plasticizing effect of flotation waste on cement systems due to RA-14 content was revealed.

Key words: flotation re-enrichment waste of ferrous quartzites, flotation agent, astringent compositions, effective viscosity.

Щекина Анастасия Юрьевна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: aus2016aus@yandex.ru

Убаськина Ю.А., канд. хим. наук, н.с.
НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА, г. Москва
Коростелева Ю.А., канд. хим. наук, в.н.с.
ООО НТЦ «СМИТ», г. Ульяновск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДИАТОМИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

juliabasjo@gmail.com

Работа посвящена исследованию возможности практического применения диатомита для очистки сточных вод. Отмечено, что для повышения эффективности очистки сточных вод с помощью диатомита необходимо выбирать такие значения среднего диаметра частиц породы, при которых одновременно достигаются оптимальные значения проницаемости и адсорбции. Найдено, что при увеличении температуры прокаливании диатомита проницаемость его возрастает, так как возрастает средний диаметр частиц диатомита, а величина адсорбции растворенных веществ из водного раствора уменьшается за счет увеличения количества молекул воды, поглощенных из раствора. Установлено, что при поглощении прокаленными образцами диатомита воды происходит гидролиз реакционноспособных силоксановых связей на поверхности диатомита, что приводит к увеличению растворимости кремнезема и уменьшению количества активных центров адсорбции на поверхности диатомита. На основании полученных данных разработаны рекомендации по практическому применению диатомита для очистки сточных вод.

Ключевые слова: диатомит, проницаемость, адсорбция, водопоглощение, растворимость кремнезема, очистка, сточные воды

Введение. Проблема очистки сточных вод с помощью адсорбентов до сих пор является актуальной, несмотря на всестороннюю проработанность вопроса. Это связано, прежде всего, с неэффективностью применяемых адсорбентов и фильтрующих материалов, которая состоит в высокой длительности стадии адсорбционной очистки и необходимости использования дополнительного оборудования. Как правило, доочистка сточных вод производится с помощью химических реагентов и в блоках биологической очистки с помощью активного ила. В результате недостаточно высокой степени очистки сточных вод в открытые водоемы попадает большое количество тонкорастворенных примесей, в том числе, солей тяжелых металлов, органических соединений, в частности, ПАВ. По данным Федеральной службы государственной статистики, сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты Российской Федерации составляет 14–16 млрд. м³ в год [1]. В связи с этим, необходимо отметить высокую потребность производственных, сельскохозяйственных предприятий и коммунальных служб Российской Федерации в эффективных адсорбентах и фильтрующих материалах.

Ранее в работах [2–5] была показана возможность применения диатомита – опал-кристобалитовой породы, состоящей из диатомового ила, глинистой и песчано-алевритовой фракций, в качестве эффективного адсорбента для очистки сточных вод. Вместе с тем, несмот-

ря на достаточно хорошо изученные теоретические основы, вопросы практического применения диатомита для очистки сточных вод остаются открытыми.

Целью данной работы стало исследование возможности практического применения диатомита для очистки сточных вод.

Методология. В качестве объекта исследования использовали карьерный диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области. Для получения прокаленных образцов, образцы карьерного диатомита нагревали в течение часа в электропечи сопротивления ТК 540-1300.L.BП при температурах 100–1400 °С, с шагом 100 °С. Значения среднего диаметра частиц диатомита определяли с помощью лазерного анализатора размеров частиц Fritsch Analysette 22. Величину адсорбции метиленового синего из водного раствора на диатомите определяли по методике, приведенной в стандарте [6]. Величину водопоглощения прокаленных образцов диатомита определяли по методике, приведенной в стандарте [7]. Величину растворимости прокаленных образцов диатомита определяли следующим образом. Прокаленный образец диатомита выдерживали в течение 15 суток в растворе Рингера в термостате при 25 °С. Затем раствор декантировали, после чего определяли в нем содержание кремнезема кремнемолибдатным способом по методике, приведенной в стандарте [8]. Для характеристики исследуемых корреляционных зависимостей рассчитывали коэффициент Пирсо-

на и определяли уровень значимости, используя программу Microsoft Excel и таблицы критических значений коэффициента корреляции Пирсона (r) для различных уровней значимости и различного числа степеней свободы (размеров выборки) [9]. При регрессионном анализе полученных зависимостей для определения функции регрессии, ее коэффициента детерминации R^2 и стандартного отклонения s использовали программу Advanced Grapher 2.2.

Основная часть. Основными требованиями к адсорбентам, применяемым в очистке сточных вод, являются высокая проницаемость, определяющая скорость фильтрации флюида через слой адсорбента, и большая величина адсорбции, определяющая качество очистки флюида. Как следует из определения проницаемости, с уменьшением среднего диаметра частиц материала, величина проницаемости уменьшается. Тогда как из понятия адсорбции следует, что с ростом удельной поверхности и уменьшением среднего диаметра частиц адсорбента величина адсорбции возрастает. Таким образом, для того, чтобы увеличить проницаемость, необходимо увеличить средний диаметр частиц адсорбента, а для того, чтобы увеличить адсорбцию, необходимо уменьшить средний диаметр частиц адсорбента.

Эта закономерность подтверждается и на примере сильнопористого тонкодисперсного диатомита.

При анализе имеющихся литературных данных о соотношении проницаемости диатомита и среднего диаметра его частиц [10], было обнаружено, что с уменьшением среднего диаметра частиц диатомита от 77 до 12,80 мкм величина проницаемости его уменьшается от 10 до 0,1 Дарси ($r=0,986$, $p<0,001$, $n=10$) по линейному закону:

$$k = 0,16 * d - 2,6 \quad (1)$$

где k – проницаемость, Дарси, d – средний диаметр частиц, мкм ($R^2=0,97$, $s=0,50$).

Величину адсорбции органических соединений на диатомите исследовали на примере адсорбции органического основного тиазинового красителя – метиленового синего. Было найдено, что с уменьшением среднего диаметра частиц диатомита с 11,87 до 2,97 мкм величина адсорбции метиленового синего на диатомите увеличивается от $46,43 \pm 1,98$ до $75,98 \pm 3,24$ мг/г диатомита ($r = -0,990 \pm 0,010$; $p<0,001$, $n=12$) по линейному закону:

$$\Gamma = -3,37 * d + 86,71 \quad (2)$$

где Γ – адсорбция МС, мг/г диатомита, d – средний диаметр частиц, мкм ($R^2=0,90$, $s=4,24$).

Таким образом, для повышения эффективности стадии адсорбционной очистки сточных вод необходимо подбирать такие значения среднего диаметра частиц диатомита, при которых одновременно достигаются максимально возможные (оптимальные) значения проницаемости и адсорбции. Например, для данных значений проницаемости в диапазоне от 12,80 до 77 мкм и величины адсорбции метиленового синего, изменяющейся в диапазоне от $46,43 \pm 1,98$ до $75,98 \pm 3,24$ мг/г диатомита, оптимальное значение среднего диаметра частиц диатомита составляет 25,3 мкм (точка пересечения прямых, соответствующих уравнениям (1) и (2)). Однако достигаемые при этом значения адсорбции и проницаемости весьма небольшие.

Для исследования возможности увеличения проницаемости породы, диатомит прокачивали при температурах от 100 до 1400 °С. Было обнаружено, что при увеличении температуры прокачивания от 100 до 1400 °С средний диаметр частиц диатомита возрастает от $15,94 \pm 0,08$ до $109,52 \pm 0,49$ мкм ($r=0,925 \pm 0,001$, $p<0,001$, $n=28$) по степенному закону:

$$d = 1,13 * t^{0,63} \quad (3)$$

где t – температура прокачивания диатомита, °С ($R^2=0,93$, $s=8,55$).

Таким образом, при увеличении температуры прокачивания средний диаметр частиц диатомита, а, следовательно, и проницаемость, возрастают.

Было исследовано изменение величины адсорбции метиленового синего на диатомите от температуры прокачивания породы. Было найдено, что при увеличении температуры прокачивания диатомита от 100 до 1000 °С величина адсорбции метиленового синего из раствора на диатомите уменьшается от $34,24 \pm 1,04$ до $0,56 \pm 0,01$ мг/г диатомита ($r = -0,920 \pm 0,001$; $p<0,001$, $n=20$).

Можно сделать вывод, что вследствие увеличения значения среднего диаметра частиц диатомита при росте температуры прокачивания породы проницаемость диатомита увеличивается, а адсорбция веществ из раствора на диатомите уменьшается.

Было выдвинуто предположение, что адсорбция веществ из раствора на диатомите также уменьшается из-за того, что активные поверхностные реакционноспособные гидроксильные центры, образующиеся при прокаливании на поверхности диатомита, в первую очередь, адсорбируют из раствора не растворенное вещество (в данном случае – метиленовый синий), а молекулы растворителя (воды), как это было показано на образцах прокаленного силикагеля

в работе [11]. В работах [12, 13] было показано, что даже после прокаливания при 1000 °С кремнезем не становится гидрофобным и способен к регидратации за счет водопоглощения (адсорбции молекул воды).

Была исследована зависимость водопоглощения диатомита от температуры прокаливания породы от 100 до 1400 °С. Было обнаружено, что при увеличении температуры прокаливания от 100 до 1000 °С водопоглощение диатомита линейно возрастает от 149,77±0,34 до 203,23±0,13 % ($r=0,905\pm0,002$; $p<0,001$, $n=20$), согласно уравнению линейной регрессии:

$$W = 0,048 * t + 141 \quad (4)$$

где W – водопоглощение, % ($R^2=0,81$, $s=6,65$).

Было найдено, что при увеличении температуры прокаливания от 1000 до 1400 °С водопоглощение уменьшается от 203,23±0,13 до 87,83±0,30 % ($r=-0,989\pm0,001$; $p<0,001$, $n=10$), согласно уравнению линейной регрессии ($R^2=0,98$, $s=6,20$):

$$W = -0,28 * t + 486 \quad (5)$$

Уменьшение величины водопоглощения с увеличением температуры прокаливания от 1000 до 1400 °С, может быть обусловлено тем, что молекулы воды адсорбируются только на гидроксильной поверхности диатомита (до 1000 °С), но не на силоксановой (от 1000 до 1400 °С), что совпадает с выводами, сделанными относительно поверхности кремнезема авторами работ [14, 15].

Таким образом, предположение о том, что адсорбция веществ из раствора на диатомите также уменьшается из-за того, что активные поверхностные реакционноспособные гидроксильные центры, образующиеся при прокаливании диатомита, в первую очередь, адсорбируют из раствора не растворенное вещество (в данном случае – метиленовый синий), а молекулы растворителя (воды), подтверждается.

Было выдвинуто предположение, что прокаливание диатомита приводит к удалению свободной, а также физически и химически связанной воды, как указано в работе [12], что вызывает увеличение напряжения силоксановых связей на поверхности диатомита. Вследствие этого при поглощении прокаленными образцами диатомита молекул воды происходит гидролиз данных связей, приводящий к образованию растворимых форм кремнезема, количество которых в растворе повышается. При этом количество активных центров адсорбции на поверхности диатомита может уменьшиться. Было исследовано влияние температуры прокаливания на растворимость кремнезема диатомита. Было обнару-

жено, что при изменении температуры прокаливания от 100 до 500 °С растворимость кремнезема диатомита возрастает от 51,0±1,0 до 78,0±3,0 мг/л по показательному закону ($R^2=0,62$, $s=6,36$):

$$X = 45,1 * 1.0008^t \quad (6)$$

где X – растворимость кремнезема диатомита, мг/л.

При изменении температуры прокаливания от 500 до 900 °С растворимость кремнезема диатомита возрастает от 78,0±3,0 до 212,5±2,5 мг/л по экспоненциальному закону ($R^2=0,99$, $s=0,36$):

$$X = 11,4 * e^{0,0033*t} \quad (7)$$

Обобщая, можно отметить, что при изменении температуры прокаливания от 100 до 900 °С, растворимость кремнезема диатомита возрастает от 51,0±1,0 до 212,5±2,5 мг/л ($r=0,888\pm0,001$; $p<0,001$, $n=18$). При изменении температуры прокаливания от 900 до 1000 °С, растворимость кремнезема диатомита линейно уменьшается от 212,5±2,5 до 20,5±0,5 мг/л ($R^2=0,99$, $s=0,21$):

$$X = -1,92 * x + 1940,5 \quad (8)$$

Таким образом, как и было предположено, после прокаливания породы при температуре от 100 до 900 °С происходит увеличение растворимости кремнезема диатомита, которое вызвано увеличением количества реакционноспособных силоксановых связей на поверхности диатомита вследствие прокаливания породы и последующего гидролиза данных связей при водопоглощении. При этом количество активных центров адсорбции на поверхности диатомита уменьшается.

Можно сделать вывод, что при увеличении температуры прокаливания диатомита вышеуказанные процессы приводят к снижению величины адсорбции веществ из раствора на диатомите и повышению величины проницаемости породы.

На основании полученных данных с целью практического применения диатомита для очистки сточных вод можно рекомендовать следующее.

Карьерный диатомит, не обработанный термически, обладающий высокими показателями адсорбции и низкими значениями проницаемости, может быть использован в качестве адсорбента для тонкой очистки сточных вод в стационарном режиме, в процессах очистки воды, где не требуется высокая скорость фильтрации, например, в отстойниках. При этом использование диатомита в качестве адсорбента для тонкой очистки сточных вод, в отличие от обычно применяемого в этих целях активного

ила, не требует соблюдения оптимального температурного режима, присутствия в сточных водах органического углерода, биогенных элементов, микроэлементов; отсутствия токсичных для микроорганизмов веществ; обязательного присутствия в воде кислорода и интенсивности аэрации. Несомненным преимуществом применения диатомита для тонкой очистки сточных вод от органических соединений является возможность восстановления адсорбционных свойств диатомита после прокаливании при 200–500 °С. Диатомит, использованный для тонкой очистки сточных вод от катионов тяжёлых металлов, может быть регенерирован или утилизирован одним из способов, приведенных в работе [16] (химическим, экстракционным, фитореабилитационным методами, методом электростатической ионизации в вакууме).

Прокалённый диатомит, имеющий относительно высокую проницаемость при достаточно низкой величине адсорбции, может применяться в качестве фильтровального материала для грубой очистки воды, используемой в бассейнах, аквариумах, дельфинариях. Возможно применение диатомита в качестве фильтровального материала для очистки воды в виде гранул фракций 0,5-0,9, 0,8-2,0, 1,0-4,0, 3,0-6,0 мм, получаемых в промышленных условиях путем классификации гранул после сушки и прокаливании карьерного диатомита в сушильном барабане и вращающейся печи при 1100 °С.

Выводы. Для повышения эффективности очистки сточных вод с использованием диатомита в качестве адсорбента необходимо подбирать такие значения среднего диаметра его частиц, при которых одновременно достигаются максимально возможные (оптимальные) значения проницаемости и адсорбции. Повышения проницаемости можно достигнуть путем увеличения температуры прокаливании диатомита, так как при этом возрастает средний диаметр его частиц. При увеличении температуры прокаливании величина адсорбции веществ из раствора на диатомите уменьшается за счет поглощения его поверхностью молекул воды из раствора. Установлено, что после прокаливании диатомита при температуре от 100 до 900 °С происходит увеличение количества реакционноспособных центров на его поверхности. При адсорбции прокалёнными образцами диатомита молекул воды из раствора происходит гидролиз реакционноспособных силоксановых связей, что приводит к увеличению количества растворимых форм кремнезема в растворе и уменьшению количества активных центров адсорбции. В связи с этим, рекомендуется использовать обладающий высокими показателями адсорбции и низкими

значениями проницаемости, не обработанный термически карьерный диатомит в качестве адсорбента для тонкой очистки сточных вод в отстойниках, на замену активному илу. Рекомендуется применять прокалённый диатомит, имеющий относительно высокую проницаемость при достаточно низкой величине адсорбции в качестве фильтровального материала для грубой очистки воды, используемой в бассейнах, аквариумах, дельфинариях. Для увеличения проницаемости прокалённый диатомит можно использовать в виде гранул.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Охрана окружающей среды в России. 2016: Стат. сб./Росстат. М., 2016. С.58.
2. Shawabkeh R.A., Tutunji M.F. Experimental study and modeling of basic dye sorption by diatomaceous clay // *Applied Clay Science*. 2003. V. 24. №. 1. P. 111–120.
3. Al-Ghouti M.A., Khraisheh M.A., Ahmad M.N., Allen S. Adsorption behaviour of methylene blue onto Jordanian diatomite: a kinetic study // *Journal of hazardous materials*. 2009. V. 165. №. 1. P. 589–598.
4. Al-Ghouti M.A., Khraisheh M.A. M., Allen S.J., Ahmad M.N. The removal of dyes from textile wastewater: a study of the physical characteristics and adsorption mechanisms of diatomaceous earth // *Journal of Environmental Management*. 2003. V. 69. №. 3. P. 229–238.
5. Убаськина Ю.А., Коростелева Ю.А. Адсорбция катионов и анионов органических соединений на поверхности диатомита // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2016. №10. С. 172–178.
6. ГОСТ 30036.2–93. Каолин обогащенный. Метод определения показателя адсорбции. М.: Изд. стандартов, 1994. 7 с.
7. UNI CEN/TS 15366. Winter and road service area maintenance equipment - solid absorbents intended for road usage. Brussels: European Committee For Standardization, 2009. 22 p.
8. ГОСТ 2642.3–2014. Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения оксида кремния (IV). М.: Стандартинформ, 2015. 20 с.
9. Fisher R.A., Frank Y. Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research, 6th ed. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1963. 146 p.
10. Hendricks D. W. Water treatment unit processes: physical and chemical. Boca Raton: CRC press, 2006. С. 720
11. Жданов С.П. Об явлении необратимого гистерезиса изотерм сорбции воды на пористом стекле // *ДАН СССР*. 1949. Т. 68. № 1. С. 99–102.
12. Убаськина Ю.А. Изучение компонентов

воды в диатомите и их влияние на адсорбционные свойства породы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 143–147.

13. Агзамходжаев А.А., Журавлев Л.Т., Киселев А.В., Шенгелия К.Я. Регидроксилирование поверхности аморфных кремнеземов // Коллоидный журнал. 1974. Т. 36. №6. С. 1145–1148.

14. Young G.J. Interaction of water vapor with silica surfaces // Journal of colloid science. 1958. Т.

13. №. 1. С. 67–85.

15. Young G.J., Bursh T.P. Immersion calorimetry studies of the interaction of water with silica surfaces // Journal of Colloid Science. 1960. Т. 15. №. 4. С. 361–369.

16. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения : учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. С. 88–92.

Ubaskina J.A, Korostelyova J.A.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF PRACTICAL USE OF DIATOMITE FOR WASTEWATER TREATMENT

The article is dedicated to the study of the practical application of diatomite for wastewater treatment. We have noted that in order to increase the efficiency of wastewater treatment by diatomite, it is necessary to choose such values of the average diameter of the rock particles at which the optimal values of permeability and adsorption are concurrently achieved. We have found that as the temperature of calcination of diatomite increases, its permeability increases, since the average diameter of the diatomite particles increases. The value of adsorption of dissolved substances from the aqueous solution decreases due to an increase in the number of water molecules which are adsorbed from the solution on the surface of diatomite. It was found that when water is absorbed by calcined diatomite samples on the diatomite surface occurs the hydrolysis of reactive siloxane bonds that causes increase in the solubility of silica and decrease in the number of active adsorption sites on the diatomite surface. Basing on the data obtained, we have developed recommendations for the practical application of diatomite for wastewater treatment.

Key words: diatomite, permeability, adsorption, water absorption, silica solubility, treatment, waste water.

Убаськина Юлия Александровна, кандидат химических наук, научный сотрудник.
ФГУП «ИРЕА».

Адрес: Россия, 107076, г. Москва, Богородский вал, д.3
E-mail: juliabasjo@gmail.com

Коростелева Юлия Александровна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник.
ООО Научно-технологический центр «Силикатные материалы и технологии» (ООО НТЦ «СМИТ»).

Адрес: Россия, 432017, Ульяновск, ул. Кузнецова, д. 4 Б
E-mail: jkorostelyova@yandex.ru

Вендин С.В., д-р техн. наук, проф.,
Мамонтов А.Ю., аспирант

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ПОДОГРЕВА БИОМАССЫ В БИОГАЗОВОМ РЕАКТОРЕ

elapk@mail.ru

Рассмотрены вопросы расчета мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе. На основе уравнения теплопроводности Фурье получено решение для осесимметричной цилиндрической задачи при граничных условиях первого рода и проведен расчет мощности дополнительных источников теплоты в цилиндрическом биогазовом реакторе.

Ключевые слова: биомасса, биогаз, реактор, уравнение теплопроводности Фурье, источники теплоты, температурное поле, граничные условия первого рода.

Эффективная переработка органических отходов в биогаз является актуальной научно-технической задачей [1–4]. Традиционная конструкция биогазового реактора представляет собой цельную емкость, в которой процесс сбраживания происходит в едином перемешивающем режиме при соблюдении определенных температурно-влажностных режимов в зависимости от типа брожения. Оптимизации процесса переработки органических отходов для получения биогаза выделяют три температурных режима: 1) психрофильный – до 20–25 °С; 2) мезофильный – 25–40 °С; 3) термофильный – выше 40 °С.

Психрофильный режим не требует дополнительного подогрева и проходит без дополнительного контроля за температурой, используется в соответствующих климатических зонах, с показателями среднегодовой температуры, составляющими не менее 18–20 °С. Мезофильный и термофильный процессы требуют наличия внешнего источника тепла и строгого контроля за температурой. При этом чем выше температура, тем быстрее и с большей производительностью идет образование биогаза. Поэтому на практике в основном востребован мезофильный режим бактериологического производства биогаза, так как при обеспечении максимально возможной доли метана, в результате на выходе имеется еще и удобрение с высоким содержанием общего азота. Требования к допустимым пределам колебания температуры для оптимального газообразования тем жестче, чем выше температура процесса сбраживания: при психрофильном температурном режиме – ± 2 °С в час; мезофильном – ± 1 °С в час; термофильном – $\pm 0,5$ °С в час [2].

Поэтому для обеспечения температурного режима и управляемости процессом сбраживания биомассы весьма важно выбрать мощность дополнительных источников теплоты.

Расчет мощности дополнительных источников теплоты может быть проведен на основе решения уравнения теплопроводности Фурье [5–10].

В первом приближении физическая расчетная модель биогазового реактора может быть представлена цилиндром радиуса R и высотой H , а для расчета температуры можно предположить осесимметричное распределение температурного поля, когда температура внутри реактора зависит только от координаты R , т.е. рассматривать одномерную задачу.

Распределение температурного поля определяется общим уравнением теплопроводности Фурье

$$\frac{\partial T(\tau, r)}{\partial \tau} = a \nabla^2 T(\tau, r) + \frac{q(r)}{\rho c}, \quad (1)$$

где a, ρ, c – соответственно температуропроводность, плотность, теплоемкость материала; $q(r)$ – мощность внутренних источников теплоты; $\nabla^2 T(\tau, r)$ – оператор Лапласа, в случае осесимметричного распределения температурного поля

$$\nabla^2 T(r) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T(r)}{\partial r} \right). \quad (2)$$

Для установившегося режима (стационарного случая) уравнение (1) приобретает вид

$$\nabla^2 T(r) = -\frac{q(r)}{\lambda}, \quad (3)$$

где λ – теплопроводность материала.

Будем полагать также, что объект является изотропным, т.е. теплофизические параметры постоянны и однородны по всему занимаемому ими объему.

Граничные условия на внутренней поверхности $r = R$ определим как граничные условия первого рода

$$|T(r)|_{r=R} = T_0. \quad (4)$$

Решением уравнения (3) является функция [8]

$$T(r) = g(r) + AP(r) + B, \quad (5)$$

где A, B – постоянные коэффициенты определяемые граничными условиями,

$$P(r) = \ln r, \quad (6)$$

$$g(r) = -\int \frac{\partial r}{r} \int r \frac{q(r)}{\lambda} dr. \quad (7)$$

Для независимых от пространственной координаты r источников теплоты (равномерно распределенных по объему) $q(r) = q$, а функция определяемая интегралом (7) имеет вид

$$g(r) = -\frac{q}{4\lambda} r^2. \quad (8)$$

С учетом ограниченности решения при $r = 0$ следует полагать $A = 0$. Тогда для температурного поля (5) с учетом (8) получим

$$T(r) = -\frac{q}{4\lambda} r^2 + B. \quad (9)$$

Значение коэффициента B определяется из условия (4)

$$B = \frac{q}{4\lambda} R^2 + T_0. \quad (10)$$

Из выражений (9) и (10) получаем распределение температурного поля в объекте

$$T(r) = \frac{q}{4\lambda} (R^2 - r^2) + T_0. \quad (11)$$

В рекомендациях по температурным режимам сбраживания биомассы обычно указывают рекомендуемую температуру или диапазон температур, например для мезофильного температурного режима - 34 - 37°C. В этом случае диапазон температур в первом приближении можно принимать в качестве значений температурного поля у стенок реактора $T(R)$ и в центре реактора $T(0)$.

Тогда для поддержания диапазона температур $\Delta T = T(0) - T(R)$ из выражения (11) получим

$$\Delta T = T(0) - T(R) = T(0) - T_0 = \frac{q}{4\lambda} R^2. \quad (12)$$

Мощность дополнительных (внутренних) источников теплоты определяется выражением

$$q = 4\lambda \Delta T / R^2. \quad (13)$$

С учетом предположений, что мощность источников P распределена по всему объему реактора V , то для q получим

$$q = P/V = 4\lambda \Delta T / R^2 \quad (14)$$

Объема цилиндрического реактора равен

$$V = \pi R^2 H, \quad (15)$$

где H – высота реактора.

Окончательно с учетом (14) и (15) получаем выражение для расчета тепловой мощности источников P

$$P = 4\pi \lambda H \Delta T. \quad (16)$$

Из выражения (16) следует, что мощность равномерно распределенных дополнительных источников теплоты, необходимая для поддержания разницы температур ΔT между стенкой и центром реактора зависит от высоты реактора H и теплопроводности биомассы λ и не зависит от его радиуса R .

На рис. 1 представлены расчетные значения мощности источника теплоты в зависимости от высоты реактора H при различных значениях ΔT для биомассы с теплопроводностью $\lambda = 0,6$ Вт/(м·К).

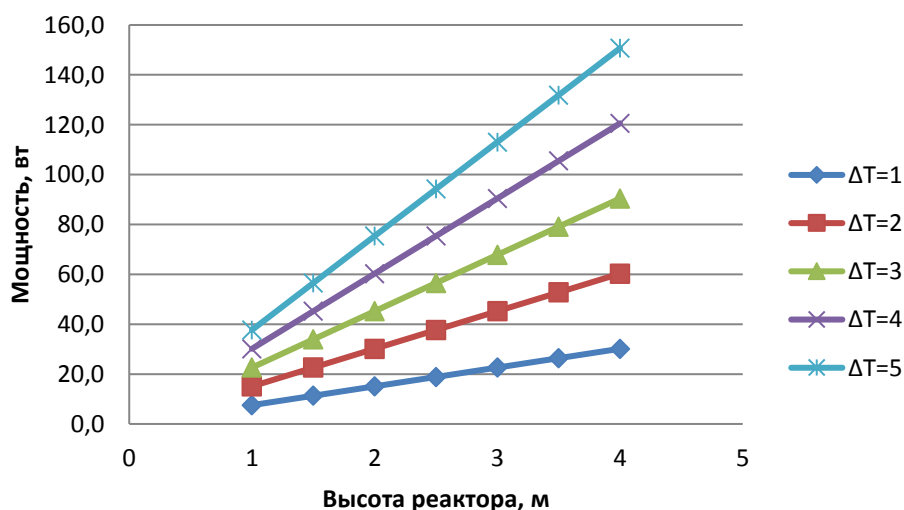


Рис. 1. Расчетные значения мощности источника теплоты в зависимости от высоты реактора

В заключение отметим, что полученное выражение (16) позволяет оценить тепловую мощность равномерно распределенных по объему дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе цилиндрической формы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трахунова И.А., Халитова Г.Р., Караева Ю.В. Эффективность процесса анаэробного сбраживания при различных режимах гидравлического перемешивания // Альтернативная энергетика и экология. 2011. № 10. С. 90–94.
2. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 90–93.
3. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании // Сельский механизатор. 2016. №7. С. 20–22.
4. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. №4 (74). С. 55–60.
5. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел: Учеб. Пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001. 550 с
6. Вендин С.В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода // ИФЖ. 1993. Т.65. №1. С. 98–100.
7. Вендин С.В., Щербинин И.А. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №3. С. 96–99.
8. Вендин С.В. Теория и математические методы анализа тепловых процессов при СВЧ обработке семян. Москва; Белгород: ОАО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2016. 143 с.
9. Vendin S.V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind/ Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1993. T. 65. № 2. С. 823.
10. Vendin S.V. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media // INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL & SCIENCE EDUCATION. 2016. Vol. 11, № 18. 12253–12258.

Vendin S.V., Mamontov A.Y.

CALCULATION OF CAPACITY OF ADDITIONAL SOURCES OF HEAT FOR HEAT BIOMASS IN BIOGAS REACTOR

The issues of calculating the capacity of additional heat sources for heating biomass in a biogas reactor are considered. Based on the Fourier heat equation, a solution is obtained for an axisymmetric cylindrical problem with boundary conditions of the first kind and a calculation is made of the power of additional heat sources in a cylindrical biogas reactor.

Key words: biomass, biogas, reactor, Fourier heat equation, heat sources, temperature field, boundary conditions of the first kind.

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор.

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, кафедра электрооборудования и электротехнологий в АПК.

Адрес: Россия, 308503, пос. Майский Белгородского района Белгородской области, ул. Вавилова, д.1.

E-mail: elapk@mail.ru

Мамонтов Артем Юрьевич, аспирант.

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, кафедра электрооборудования и электротехнологий в АПК.

Адрес: Россия, 308503, пос. Майский Белгородского района Белгородской области, ул. Вавилова, д.1.

E-mail: ligaman999@mail.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5940f019bbfa69.72481056

Матусов М.Г., ассистент,
Несмеянов Н.П., канд. техн. наук, доц.,
Флоринский В.В., канд. физ.-мат. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ БЕТНОСМЕСИТЕЛЯ С НОВОЙ ФОРМОЙ ЛОПАСТЕЙ

beren1989@yandex.ru

В данной статье рассматривается вопрос расчета мощности смесительного оборудования принудительного действия, что является важной задачей при проектировании современных и высокоэффективных машин для производства бетонных и строительных смесей. В настоящее время отсутствует единая и четкая методика для определения методики для определения энергетических бетоносмесительного оборудования принудительного действия. В статье приводится методика, которая позволяет с высокой эффективностью произвести расчет мощности, потребляемой оборудованием при производстве бетона, учитывающая движение исходных компонентов по поверхности лопастей, с учетом их формы, частоту вращения ротора смесителя, конструктивно-технологические параметры оборудования, силы сопротивления и трения, что позволяет произвести расчет с высокой точностью. Высококачественное смешение в рассматриваемом смесителе происходит за счет придания лопастями геликоидной формы исходным компонентам противоточного конвективного движения, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Ключевые слова: смеситель, лопасть, ротор, мощность, энергия, бетон.

В настоящее время бетоны и строительные смеси получили широчайшее распространение в производстве железобетонных изделий и конструкций, при выполнении фундаментных и монолитных работ [6, 7, 9, 14, 15]. В современных условиях вопрос повышения эффективности и снижения энергоемкости смесительного оборудования для получения бетонов получил большую актуальность [8, 3, 17].

Для приготовления бетонных и строительных растворов наиболее широкое применение получили бетоносмесители принудительного действия [1, 13]. Они отличаются универсальностью в приготовлении смесей, весьма высокой производительностью и надежностью в работе. Но, в то же время, имеют серьезный недостаток – это высокая удельная энергоем-

кость, вызванная большим сопротивлением при движении смесительных органов в слое бетонно-растворной смеси.

На сегодняшний день весьма активно ведутся работы по разработке методик расчета основных рабочих параметров смесителей роторного типа периодического действия [4, 5, 12, 16].

С целью снижения энергоемкости при производстве бетонов различных марок на кафедре «Механического оборудования» БГТУ им. В.Г. Шухова была спроектирована и изготовлена лабораторная установка бетоносмесителя принудительного действия (рис. 1) с новой формой смесительных лопастей геликоидной формы (рис. 2), на которую был получен патент на полезную модель [10, 11].

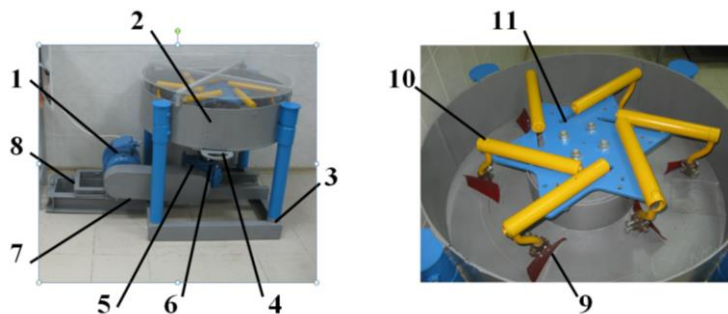


Рис. 1. Бетоносмеситель принудительного действия

1 – эл. двигатель; 2 – смесительная чаша; 3 – корпус бетоносмесителя; 4 – разгрузочное устройство;
5 – червячный редуктор; 6 – муфта; 7 – ременная передача; 8 – натяжное устройство; 9 – смесительная лопасть;
10 – кронштейн; 11 – ротор

Бетономеситель (рис. 1) состоит из установленного на натяжном устройстве 8 эл. двигателя 1, передающего крутящий момент через клиноременную передачу 7, червячный редуктор 5 и муфту 6 на ротор 11, на котором установлены кронштейны 10 с лопастями 9. Загрузка исходных компонентов происходит в смесительную чашу 2 корпуса 3, а выгрузка готового

бетона происходит через разгрузочное устройство 4.

Для расчета мощности, расходуемой на приготовление бетонной смеси, с учетом предложенной новой конструкции рабочих органов, рассмотрим движение исходных компонентов по винтовой поверхности лопасти смесителя (рис. 2).

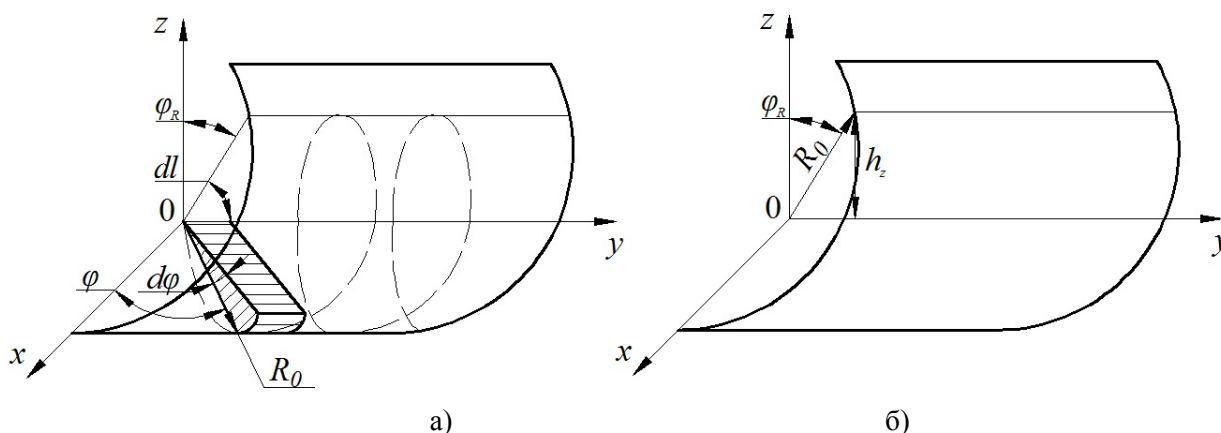


Рис. 2. Схема движения бетонной смеси по лопасти смесителя

Точки винтовой поверхности в декартовой системе координат «xOyz» будут задаваться следующими соотношениями:

$$x = R_0 \cdot \cos \varphi, \quad (1)$$

$$y = y_0 \cdot \varphi, \quad (2)$$

$$z = R_0 \cdot \sin \varphi, \quad (3)$$

где R_0 – радиус окружности в плоскости «xOyz» винтовой поверхности; φ – угол, отсчитываемый от положительного направления оси «Ox»; y_0 – параметр винта, который связан с шагом винта «S» следующим соотношением:

$$y_0 = \frac{S}{2\pi}. \quad (4)$$

Рассмотрим движение элементарного объема бетонной массы ∂V по винтовой поверхности лопасти в цилиндрических координатах: (r, φ, y) :

$$\partial V = r dr d\varphi dy \quad (5)$$

Если обозначить через φ_k значение угла, отсчитываемое от положительного направления оси «Oz» при котором происходит разворот движения бетонной смеси по ниспадающей траектории. Согласно расчетной схеме на рисунке 2б находим, что:

$$\frac{h_z}{R_0} = \sin(\pi/2 - \varphi_k) \quad (6)$$

На основании (6) находим, что:

$$\varphi_k = \arccos \frac{h_z}{R_0}, \quad (7)$$

В силу того, что:

$$R_0 + h_z = H_0 \psi, \quad (8)$$

здесь H_0 – высота корпуса смесителя; ψ – коэффициент заполнения бетонной смесью корпуса смесителя;

формула (7) принимает следующий вид:

$$\varphi_k = \arccos \frac{H_0 \psi - R_0}{R_0}, \quad (9)$$

Вычислим массу «M» бетонной смеси участвующей в спиральном движении по винтовой поверхности лопасти смесителя:

$$M = \iiint \gamma dV, \quad (10)$$

В формуле (10) интегрирование осуществляется по объему бетонной смеси вовлекаемой в спиральное движение.

На основании (10) находим:

$$M = \gamma \int_0^{R_0} r dr \int_0^l dy \int_0^{\pi - \varphi_k} d\varphi, \quad (11)$$

где l – линейный размер лопасти смесителя вдоль оси «Oy»; γ – плотность жидкой фракции бетона.

Вычисление интеграла в (11) приводит к следующему результату:

$$M = \gamma \frac{R_0^2}{2} l (\pi - \varphi_k), \quad (12)$$

Естественно предположить, в рамках несжимаемости бетонной смеси, что линейная скорость движения лопатки равна скорости движения последней по винтовой поверхности в

направлении «0у». На основании сказанного можно записать следующее соотношение:

$$R_i \Omega = y_0 \cdot \omega_i = \frac{S}{2\pi} \omega_i, \quad (13)$$

где Ω – частота вращения ротора смесителя; ω_i – частота вращения i -лопасти; R_i – радиальное расстояние от оси вращения до точки крепления кронштейна с -лопастью.

Согласно (13) находим, что:

$$\omega_i = \frac{2\pi R_i}{S} \cdot \Omega, \quad (14)$$

Полная мощность бетоносмесителя, расходуемая на перемешивание компонентов смеси будет иметь следующий вид:

$$N_0 = N_{\text{тр}} + N_{\text{вр}} + N_{\text{д}}, \quad (15)$$

где $N_{\text{тр}}$ – величина мощности, складывающаяся из мощностей, которые необходимо затратить на преодоление силы трения при движении бетонной смеси по винтовой поверхности « i » лопасти:

$$N_{i,\text{тр}} = A_{i,\text{тр}} \cdot \omega_i, \quad (16)$$

Здесь $A_{i,\text{тр}}$ величина работы, затрачиваемая на преодоление силы трения при движении по винтовой поверхности « i » лопасти. Величина этой работы определяется следующим соотношением:

$$A_{i,\text{тр}} = \int_0^{\pi-\varphi_k} F_{i,\text{тр}} \cdot dl, \quad (17)$$

где dl – элемент длины, равный:

$$dl = R_0 d\varphi, \quad (18)$$

$F_{i,\text{тр}}$ – величина силы трения, определяемая соотношением:

$$F_{i,\text{тр}} = P_i \cdot f, \quad (19)$$

где f – коэффициент трения бетонной смеси по поверхности лопасти; P_i – величина силы нормального давления на поверхность лопасти, равная:

$$P_i = f_{\text{ц},i} + P_{\text{д}}(\varphi), \quad (20)$$

здесь $f_{\text{ц},i}$ – величина центробежной силы, возникающей в результате вращения бетонной смеси по поверхности винтовой лопасти. Величина этой силы определяется согласно следующему соотношению:

$$f_{\text{ц},i} = m\omega_i^2 R_0, \quad (21)$$

$$N_{\text{тр}} = f\gamma R_0^3 l \left(\pi - \arccos \frac{H_0 \psi - R_0}{R_0} \right) \frac{\pi \Omega}{S} \sum_{i=1}^n \left[R_0 \frac{\varphi \Omega^2 \pi^2}{S^2} R_i^2 \left(\pi - \arccos \frac{H_0 \psi - R_0}{R_0} \right) + g \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{H_0 \psi - R_0}{R_0} \right)^2} \right]. \quad (31)$$

Таким образом, полученное соотношение (31) определяет величину мощности, которую необходимо затратить на преодоление сил тре-

где m – величина массы материала, участвующая во вращательном движении. Величину данной массы можно найти исходя из следующего выражения:

$$m = \gamma \int_0^l dy \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{R_0} r dr. \quad (22)$$

Вычисление интеграла в (22) позволяет получить соотношение вида:

$$m = \pi R_0^2 l \gamma, \quad (23)$$

$P_{\text{д}}(\varphi)$ – представляет собой проекцию веса на нормаль к поверхности лопасти. Величина данной проекции равна:

$$P_{\text{д}}(\varphi) = mg \cos \varphi, \quad (24)$$

где g – ускорение свободного падения.

С учетом (21) и (24) формула (20) принимает вид:

$$P_i = m\omega_i^2 R_0 + mg \cos \varphi, \quad (25)$$

Подстановка (25) в (19) позволяет получить следующее выражение для силы трения:

$$F_{i,\text{тр}} = fm(\omega_i^2 R_0 + g \cos \varphi), \quad (26)$$

На основании (24) с учетом (18) выражение (17) принимает следующий вид:

$$A_{i,\text{тр}} = \int_0^{\pi-\varphi_k} fmR_0(\omega_i^2 R_0 + g \cos \varphi) d\varphi. \quad (27)$$

Вычисление интеграла в (27) приводит к следующему результату:

$$A_{i,\text{тр}} = fmR_0(\omega_i^2 R_0(\pi - \varphi_k) + g \sin \varphi_k). \quad (28)$$

Подстановка (2.45) в (2.35) позволяет получить следующий результат:

$$N_{i,\text{тр}} = fmR_0\omega_i[\omega_i^2 R_0(\pi - \varphi_k) + g \sin \varphi_k]. \quad (29)$$

На основании соотношения (29) находим, что величина мощности, затрачиваемая на преодоление силы трения о винтовую поверхность всеми лопастями смесителя, будет определяться соотношением вида:

$$N_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n N_{i,\text{тр}}, \quad (30)$$

где n – число лопастей смесителя.

Подстановка (29) в формулу (30) с учетом (14), (12), (9) позволяет получить следующие результаты:

ния бетонной смеси о поверхности лопастей смесителя.

$N_{вр}$ - величина мощности, складывающаяся из мощностей, затрачиваемых на приведение во вращательное движение бетонной смеси по винтовой поверхности i -лопасти:

$$N_{i,вр} = T_i \cdot \omega_i, \quad (32)$$

где T_i - кинетическая энергия вращательного движения, величина которой равна:

$$T_i = \frac{mU_i^2}{2}, \quad (33)$$

где U_i - модуль скорости;

Подстановка (23) и (22) в (33) приводит к следующему результату:

$$T_i = \frac{1}{2} \pi R_0^2 l \gamma \omega_i^2 (R_0^2 + y_0^2). \quad (34)$$

На основании соотношения (34) с учетом (4) и (14) формула (32) принимает вид:

$$N_{i,тр} = \frac{4\pi^4 R_0^4 l \gamma \Omega^3}{s^3} \left[1 + \left(\frac{s}{2\pi R_0} \right)^2 \right] R_i^3. \quad (35)$$

Суммарная мощность, затрачиваемая на приведение во вращательное движение бетонной смеси по винтовым поверхностям всех лопастей будет определяться соотношением:

$$N_{вр} = \sum_{i=1}^n N_{i,тр}, \quad (36)$$

Подстановка (35) в (36) приводит к следующему результату:

$$N_{вр} = \frac{4\pi^4 R_0^4 l \gamma \Omega^3}{s^3} \left[1 + \left(\frac{s}{2\pi R_0} \right)^2 \right] \sum_{i=1}^n R_i^3, \quad (37)$$

N_d - мощность, затрачиваемая на преодоление силы трения от давления бетонной смеси всеми лопастями смесителя.

Величина давления, оказываемая массой смеси на днище смесителя определяется величиной:

$$P_d = \gamma g H_0 \psi. \quad (38)$$

На основании (38) величина силы давления $F_{d,i}$, действующая на площадь $S_{d,i}$ определяется соотношением:

$$F_{d,i} = P_d \cdot S_{d,i}, \quad (39)$$

где величина площади $S_{d,i}$ задается следующим соотношением:

$$S_{d,i} = \pi (R_{2,i}^2 - R_{1,i}^2), \quad (40)$$

где согласно расчетной схеме на рисунке 3

$$R_{2,i} = R_{1,i} + l. \quad (41)$$

С учетом (2.60) формула (2.59) преобразуется к виду:

$$S_{d,i} = \pi \cdot l (2R_{1,i} + l). \quad (42)$$

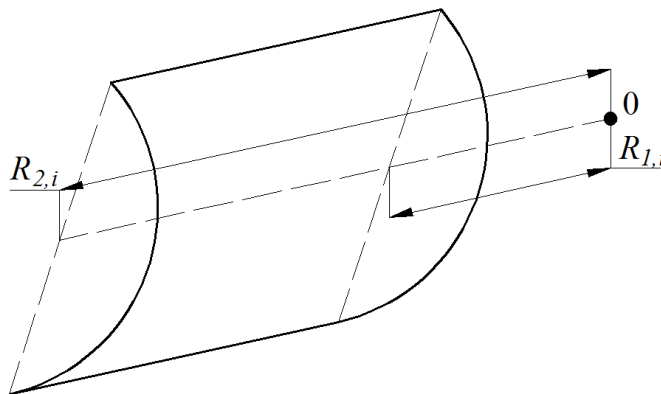


Рис. 3. Расчетная схема для определения величины $R_{2,i}$ и $R_{1,i}$

Подстановка (40) с учетом (42) и (38) в (39) приводит к следующему результату:

$$F_{d,i} = \pi \gamma g H_0 \psi l (2R_{1,i} + l). \quad (43)$$

На основании соотношения (43) находим величину силы трения бетонной смеси о днище при движении « i » лопасти:

$$F_{д,тр,i} = F_{d,i} \cdot f. \quad (44)$$

Среднее значение работы необходимой на преодоление трения бетонной смеси о днище корпуса смесителя при движении « i » лопасти будет определяться соотношением:

$$A_{d,i} = F_{d,i} \cdot \left(R_{1,i} + l/2 \right). \quad (45)$$

В свою очередь среднее значение мощности, которое необходимо затратить на выполнение работы (45) определяется следующим выражением:

$$N_{d,i} = A_{d,i} \cdot \omega_i. \quad (46)$$

Согласно (46) с учетом (43)-(45) мощность, затрачиваемая на преодоление силы трения от давления бетонной смеси всеми лопастями смесителя будет определяться равенством:

$$N_d = \sum_{i=1}^n N_{d,i} = \pi \cdot f \gamma g H_0 \psi l \sum_{i=1}^n (2R_{1,i} + l) \left(R_{1,i} + l/2 \right) \cdot \omega_i, \quad (47)$$

С учетом (14) формула (47) принимает вид:

$$N_d = \frac{2\pi^2 f \gamma g H_0 \psi l}{s} \Omega \cdot \sum_{i=1}^n R_i (2R_{1,i} + l) \left(R_{1,i} + l/2 \right). \quad (48)$$

Анализ формулы (15) позволяет сделать вывод о том, что первые два слагаемые ($N_{тр}$ и $N_{вр}$) пропорциональны частоте вращения ротора смесителя Ω в третьей степени, а последнее прямо пропорционально Ω . Данный факт позволяет сделать вывод о том, что первые два слагаемые в расходуемую мощность вносят основной вклад.

Полученные математические выражения (1)-(48), позволяют рассчитывать мощность привода бетоносмесителя принудительного действия, учитывая такие его параметры, как геометрические характеристики машины и её рабочих органов, частоту вращения ротора, величину работы для преодоления силы трения, кинетическую энергию вращательного движения и т.д., при получении бетонов и строительных смесей высокого качества при минимальных затратах энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.Д., Мартынов В.Д.. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1975. 351 с.
2. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В., Магдеев У.Х. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебник. М.: Изд-во АСВ, 2004. 256 с.
3. Белов В.В., Курятников Ю.Ю., Новиченкова Т.Б. Технология и свойства современных цементов и бетонов: учебное пособие. Тверь: ТвГТУ, 2013. 252 с.
4. Бражник Ю.В., Несмеянов Н.П., Воронов В.П. Разработка спирально-лопастного смесителя с высокоскоростным режимом смешивания для сыпучих материалов // Вестник ИрГТУ, 2015. № 8.
5. Воронов В.П., Бражник Ю.В., Несмеянов Н.П. Математическое описание формы огибающей свободной поверхности сыпучего материала в лопастном смесителе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 78–80.
6. Дейн Ф., Оргасс М. Влияние технологии приготовления бетонной смеси на характеристики высококачественных бетонов // Бетонный завод. 2006. № 1. С. 42–46.
7. Емельянов И.А., Доброхотова О.В., Анищенко А.И. Современные строительные смеси и оборудование для их приготовления. Харьков: Издательство Тимченко А.И., 2010. 152 с.
8. Королев К.М. Интенсификация приготовления бетонной смеси. М.: Стройиздат, 1976. 14 с.
9. Королев, К.М. Перспективы развития бетоносмесителей // Строительные и дорожные машины. 1984. № 3. С. 10–12.
10. Кривошапко С.Н. Иванов В.Н., Халаби С.М. Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек. М.: Наука, 2006. 544 с.
11. Пат. 149622 Российская федерация, МПК В28С 5/16. Смеситель / Богданов В.С., Несмеянов Н.П., Дмитриенко В.Г., Матусов М.Г.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2014135744/03, заявл. 02.09.2014; опубл. 10.01.2015, Бюл № 1. 3 с.
12. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скуль В.И. К вопросу производительности роторных бетоносмесителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 178–182.
13. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лапидус А.А. Технология строительных процессов. В 2 ч. Ч. 2: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2005. 392 с.
14. Трамбовецкий, В.П. Новые подходы к технологии бетона и перспективы её развития // Технологии бетонов. 2013. № 4. С. 37–39.
15. Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н. Перспективы применения высокопрочных бетонов в конструкциях зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2011. № 2. С. 39–43.
16. Bogdanov V.S., Nesmeynov N.P., Gorhkov P.S., Braznik Y.V., Domogirova O.V., Matusov M.G. Evaluation of the energy parameters of the high-speed spiral blade mixer for dry materials // International journal of applied engineering research. 2015. Vol. 10. № 5. pp. 12407–12418.
17. Шилкина С.В., Филатова А.Ю. Автоматизация процесса приготовления бетонной смеси как средство повышения эффективности производства бетона // Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 248–251.

Matusov M.G., Nesmeynov N.P., Florinskii V.V.**CALCULATION OF POWER WITH NEW CONCRETE MIXER BLADE SHAPE**

This article discusses the calculation of the power of mixing equipment forcing, which is an important task in the design of modern and highly efficient machines for the production of concrete and building mixtures. At the present time, there is no unified and clear methodology for determining the methodology for determining power concrete mixing equipment forcible action. The article gives a technique that allows to calculate with high efficiency the power consumed by the equipment in the production of concrete, taking into account the movement of the original components along the blade surface, taking into account their shape, the rotor speed of the mixer rotor, the design and technological parameters of the equipment, the resistance and friction forces, that Allows you to calculate with high accuracy. High-quality mixing in the mixer under consideration occurs due to the imparting of helicoidal forms to the initial components of the countercurrent convective motion, both in horizontal and vertical directions.

Key words: mixer, blade, rotor, power, energy, concrete.

Матусов Михаил Геннадьевич, ассистент.

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

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

E-mail: beren1989@yandex.ru

Несмеянов Николай Петрович, кандидат технических наук, доцент.

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

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

Флоринский Владимир Вячеславович, кандидат физико-математических наук, доцент.

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

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

Качаев А.Е., канд. техн. наук
ООО «Воскресенский завод «Машиностроитель»
Чемерицко Г.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ДИНАМИКА ПРЕРЫВИСТЫХ ТЕЧЕНИЙ В ДЕЗИНТЕГРАТОРАХ МОКРОГО ПОМОЛА

doctor_cement@mail.ru

Используемое при производстве строительных материалов современное промышленное оборудование обладает потенциально широкими технологическими возможностями. Так, например, в дезинтеграторных мельницах, предназначенных для тонкого помола материалов низкой и средней твердости (не более 6 единиц по шкале Мооса), в дополнение к «сухому» помолу возможно измельчать материалы в жидкой среде.

В ходе исследований установлено, что нестационарный гидромеханический процесс, возникающий при мокром помолу в дезинтеграторах, реализуется прерывистыми течениями и моделируется течением рабочей жидкости через канал с переменным сопротивлением. При этом режим разгона реализуется при уменьшении этого сопротивления, а режим торможения – при его увеличении. В результате получено математическое описание процесса в дезинтеграторе мокрого помола.

Ключевые слова: мокрый помол, гомохронность, скорость течения, ускорение потока, разгон и торможение жидкости.

Введение. В технологическом оборудовании для мокрого помола дезинтеграторного типа [6], принцип действия которого основан на нестационарном гидромеханическом процессе, реализуются прерывистые течения: например, обрабатываемой жидкости с частицами (волокна, твердые частицы сырьевых материалов). Скоростные характеристики двухфазного потока в дезинтеграторах мокрого помола определяются скоростью движения жидкой фазы, потому что среда с большей плотностью, обладающая спецификой неразрывности, испытывает в агрегатах данного типа большие сопротивления движению, нежели твердые частицы, распределенные в ее объеме.

Сущность прерывистых течений основана на процессах разгона обрабатываемой двух- или многофазной жидкой среды с частицами и ее торможения. Режим прерывистых течений характерен для гидродинамического дезинтегратора [6] и может быть смоделирован посредством течения рабочей жидкости через канал с переменным сопротивлением. Причем, установлено [7], что режим разгона реализуется при уменьшении этого сопротивления, а режим торможения при его увеличении. Математическим описанием такого движения жидкости служит следующее уравнение [8]:

$$\frac{dU}{dt_{6.p.}} + Ho \xi(t_{6.p.}) U^2 = 1, \quad (1)$$

где U – среднерасходная скорость рабочей жидкости (суспензии или эмульсии) через канал с сопротивлением (преградой) является функцией

безразмерного времени $t_{6.p.}$; Ho – критерий гомохронности [9]; $\xi(t)$ – коэффициент сопротивления как функция времени. Все составляющие уравнения (1) – величины безразмерные.

Критерий гомохронности Ho – мера нестационарности течения, изменяющаяся от 0 до $+\infty$, причем нулевое значение критерия гомохронности соответствует бесконечно быстрым процессам, бесконечно большое – стационарным, бесконечно медленным процессам.

Уравнение (1) нелинейно и аналитического решения в общем случае не имеет. Для решения уравнения (1) численными методами целесообразно перейти от критерия гомохронности к предложенному С.К. Карепановым в работе [10] коэффициенту нестационарности K_n , связанному с критерием гомохронности следующим соотношением:

$$K_n = \frac{1}{Ho + 1}, \quad 0 \leq K_n \leq 1. \quad (2)$$

Тогда уравнение (1) примет вид:

$$\frac{dU}{dt_{6.p.}} + \frac{1 - K_n}{K_n} \xi(t_{6.p.}) U^2 = 1. \quad (3)$$

Основная часть. Решение уравнения (3) численными методами для случая переменного во времени сопротивления (показано на рис.1) позволяет установить, что для величин K_n , близких к 1, функция $U(t_{6.p.})$ для этапа разгона жидкости линейна (рис. 1). Данный факт можно установить и аналитически, если сделать предположение, что: при течении жидкости под воздействием постоянного напора через канал с

уменьшающимся во времени сопротивлением потоку (на стадии разгона) скорость нарастания среднерасходной скорости течения с увеличением степени нестационарности потока стремится к постоянной величине и зависит от закона изменения сопротивления.

Данное предположение можно объяснить аналитически следующим образом.

Выразим производную скорости по времени из уравнения (1):

$$\dot{U}(t_{6.p.}) = \frac{dU}{dt_{6.p.}} = \frac{K_H - 1}{K_H} \xi(t_{6.p.}) U^2 + 1. \quad (4)$$

Найдем предел функции "ускорение-время" при стремлении коэффициента нестационарно-

сти K_H к единице, учитывая то, что никаких неопределенностей в правой части уравнения (4) при этом не возникает:

$$\lim_{K_H \rightarrow 1} \dot{U}(t_{6.p.}) = \lim_{K_H \rightarrow 1} \left(\frac{K_H - 1}{K_H} \xi(t_{6.p.}) U^2 + 1 \right) = 1. \quad (5)$$

Независимо от функции $\xi(t_{6.p.})$ скорость нарастания среднерасходной скорости течения при высокой степени нестационарности потока является постоянной величиной, а сама среднерасходная скорость в этом случае является линейной функцией времени:

$$\dot{U}(t_{6.p.}) = \dot{U}(0) + t_{6.p.}. \quad (6)$$

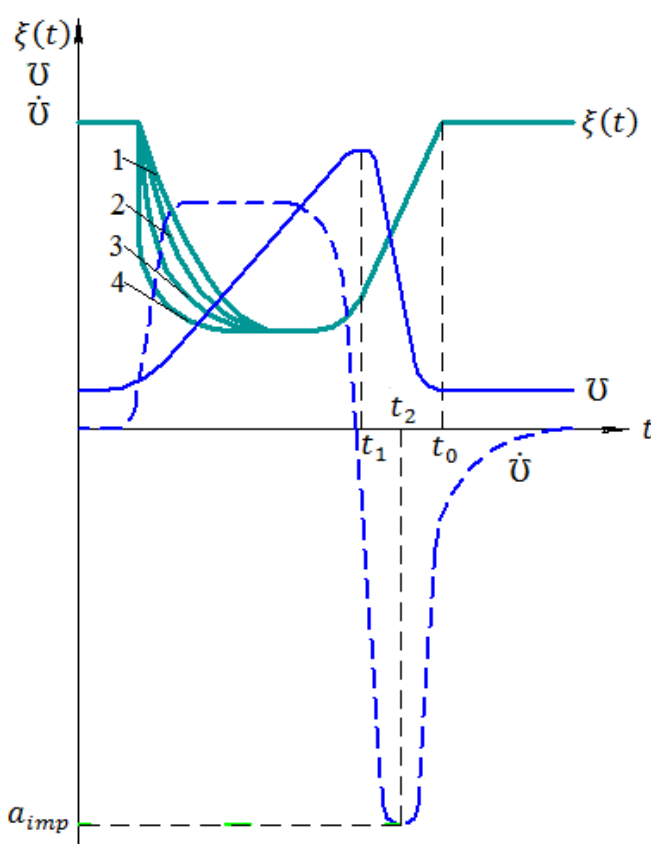


Рис. 1 Безразмерные характерные графические зависимости $\xi(t)$, U , $\dot{U}$ от t для этапов разгона и торможения жидкости в камере гидродинамического дезинтегратора при совпадении и перекрытии каналов:
1, 2, 3, 4 – варианты функции $\xi(t)$.

Данный факт отражен на рис. 1: показаны характеры четырех вариантов функции $\xi(t_{6.p.})$ на первом этапе (на этапе разгона) - при этом функции $U(t_{6.p.})$ и $\dot{U}(t_{6.p.})$ численно и по характеру существенно друг от друга не отличаются.

Формулировка сделанного выше предположения справедлива в размерном виде (для раз-

мерных величин времени, скорости и ускорения) - изменится лишь внешний вид уравнений (5) и (6). Такие размерные показатели уравнений как скорость U , ускорение $\dot{U}$ и время t связаны с соответствующими безразмерными величинами $\bar{U}$, $\bar{\dot{U}}$ и $t_{6.p.}$ следующими соотношениями из теории гидродинамики [9]:

$$U = \frac{\Delta P b_K}{\rho_{ж} l v_p} \bar{U}; \quad \dot{U} = \frac{\Delta P}{\rho_{ж} l} \bar{\dot{U}}; \quad t = \frac{b_K}{v_p} t_{6.p.} \quad (7)$$

Здесь ΔP – перепад давления на длине канала l , МПа; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м³; $b_{\text{к}}$ – ширина канала, м; v_p – окружная скорость ротора, выполняющего функцию задвижки, которая перекрывает поток при его прохождении через канал, которая тем самым реализует закон изменения сопротивления $\xi(t_{\text{б.п.}})$, м/с.

Значит, с учетом подстановок (7), уравнения (5) и (6) примут вид:

$$U(t) = \frac{\Delta P}{\rho_{\text{ж}} l} \cdot t; \quad (8)$$

$$\dot{U} = \frac{\Delta P}{\rho_{\text{ж}} l}, \quad (9)$$

Получается, что в данном случае скорость линейно зависит от времени, а ускорение (скорость изменения скорости) жидкости постоянно.

Рассмотрим по аналогии второй этап – этап торможения жидкости (двухфазного потока).

Если сделать допущение, что: при течении жидкости под воздействием постоянного напора через канал с увеличивающимся во времени сопротивлением потоку (на стадии торможения) глубина импульса среднерасходного ускорения жидкости прямо пропорциональна производной по времени коэффициента сопротивления, то подобным методом аналитически решается и эта задача.

При рассмотрении сущности предположения о разгоне жидкости в дезинтеграторе используем рис 1. В период увеличения сопротив-

ления $\xi(t = t_{\text{б.п.}})$ среднерасходная скорость жидкости некоторое время в виду инерционности процесса увеличивается. Это возможно при убывающей с определенной быстротой производной скорости по времени, при достижении $t = t_1$ (рис. 1) нулевого значения (при этом скорость достигает максимума). Далее ускорение, оставаясь отрицательным, увеличивается по абсолютной величине, достигает максимальной глубины при $t = t_2$ (рис. 1) и начинает увеличиваться (уменьшаться по абсолютной величине), стремясь к нулю.

Именно такова динамика разгонно-тормозного режима течения жидкости через канал с переменным сопротивлением в дезинтеграторе мокрого помола [6]. Данный режим приводит к генерации импульса ускорения. Увяжем глубину этого импульса с коэффициентом сопротивления, используя уравнение (1). Кажется, что в этом уравнении ускорение и коэффициент сопротивления являются пропорциональными величинами:

$$\frac{d\dot{U}}{dt_{\text{б.п.}}} = -Ho \xi(t) \dot{U}^2 + 1. \quad (10)$$

Однако это не так. В слагаемом $\dot{U}^2$ потенциально заложено влияние $\dot{U}$ и $\xi(t)$. Именно поэтому, для определения характера влияния потенциальных величин $\dot{U}$ и $\xi(t)$ в уравнении (10) используем следующий подход.

Находим вторую производную скорости:

$$\frac{d^2\dot{U}}{dt^2} = -2Ho \cdot \dot{U} \cdot \xi(t) \cdot \frac{d\dot{U}}{dt} - Ho \cdot \dot{U}^2 \cdot \frac{d\xi}{dt}. \quad (11)$$

В момент времени t_2 (рис. 1) функция $a(t) = \frac{d\dot{U}}{dt}$ достигает экстремума, поэтому её произ-

водная $\frac{da}{dt} = \frac{d^2\dot{U}}{dt^2}$ в этот момент равна нулю, следовательно:

$$\left. \frac{d^2\dot{U}}{dt^2} \right|_{t=t_2} = -2Ho \cdot \dot{U}(t_2) \cdot \xi(t_2) \left. \frac{d\dot{U}}{dt} \right|_{t=t_2} - Ho \cdot \dot{U}^2(t_2) \cdot \left. \frac{d\xi}{dt} \right|_{t=t_2} = 0. \quad (12)$$

Так получаем из уравнения (12) после сокращения на множитель $(Ho \cdot \dot{U})$ выражение для глубины импульса ускорения:

$$a_{\text{imp}}(t) = \left. \frac{d\dot{U}}{dt} \right|_{t=t_2} = - \frac{\dot{U}(t_2) \cdot d\xi}{2\xi(t_2) dt} \Big|_{t=t_2}. \quad (13)$$

Таким образом, глубина импульса ускорения a_{imp} пропорциональна скорости изменения сопротивления в момент достижения ускорением наибольшей глубины. Анализ выражения (13) позволяет сделать выводы о том, что увеличение глубины импульса ускорения (агрегаты с такими режимами работы наиболее эффектив-

ны) достигается при уменьшении величины сопротивления в момент времени t_2 и при увеличении скорости, которая вызвана возрастанием степени нестационарности потока и уменьшении величины сопротивления в момент времени t_2 .

На рис. 2 показано соответствие трех кривых для функции $\xi(t)$ и трех кривых для ускорения a_{imp} . Наиболее эффективным является прерывание потока, реализуемое ступенчатым изменением сопротивления – как это видно из приведенного графика.

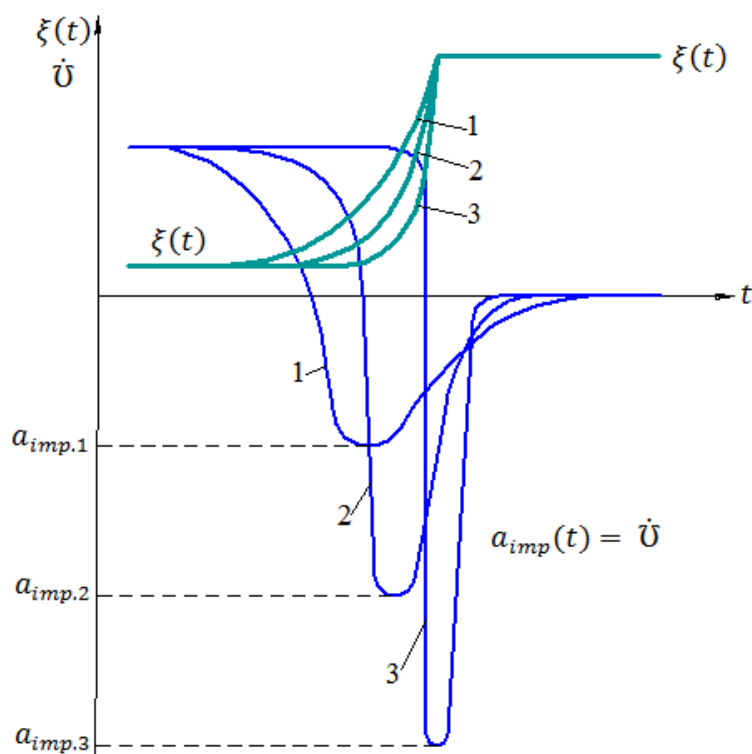


Рис. 2 Безразмерные характерные графические зависимости $\xi(t)$ и a_{imp} от времени t при ступенчатом перекрытии канала во время вращения роторов гидродинамического дезинтегратора: 1, 2, 3 – варианты функции для $\xi(t)$ и a_{imp} .

Помимо этого, из предположения об этапе торможения вытекает то, что становится очевидным целесообразность усилий, направленных на поиск формы поперечного сечения канала как функции времени $S(t)$, обеспечивающей наибольшую скорость изменения площади.

Известна связь коэффициента сопротивления канала, как функции времени $\xi(t)$, и площади поперечного сечения канала, как функции времени $S(t)$ [9]:

$$\xi(t) = \left(\frac{S_{max}}{S(t)} - 1 \right)^2, \quad (14)$$

где S_{max} – максимально возможная площадь поперечного канала, m^2 .

В безразмерных переменных последнее соотношение принимает вид:

$$\xi(t) = \left(\frac{1}{S(t)} - 1 \right)^2. \quad (15)$$

Производная по времени функция $\xi(t)$ имеет вид:

$$\frac{d\xi}{dt} = 2 \left(\frac{1}{S(t)} - 1 \right) \cdot \left(-\frac{1}{S^2(t)} \right) \cdot \frac{dS}{dt}. \quad (16)$$

Выводы. Таким образом, и действительно это так, скорость изменения функции "сопротивление-время" абсолютно определяет скорость изменения функции "площадь поперечно-

го сечения канала - время". Надо обратить внимание на то, что на стадии торможения потока в помольной камере дезинтегратора производная $\frac{d\xi}{dt}$ положительна, а производная $\frac{dS}{dt}$ – отрицательна. Данное положение следует из анализа уравнения (16) и приведенных выше предположений. Для более полной математической модели гидродинамических процессов в дезинтеграторе мокрого помола уравнение (1) должно быть дополнено (модифицировано) энергетической величиной доли от потерянных скоростей противоположно вращающихся роторов агрегата (по теореме Карно), которая также связана физическим смыслом со скоростью, ускорением и временем движения жидкости при ее прерывистом течении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Массалимов И.А. Дезинтеграторная технология – метод повышения эффективности технологических процессов // Труды XVI Международной научно-технической конференции «РЕАКТИВ – 2004». Уфа, 2004. С. 107–109.
2. Севостьянов В.С., Качаев А.Е., Михайличенко С.А., Сиваченко Т.Л., Фарафонов А.А. Исследование процесса движения волокнистой суспензии в разгонном узле дезинтегратора мокрого помола // Вестник Белорусско-

российского университета. 2016. №1 (50). С. 60–68.

3. Блиничев В.Н., Журавлев В.С. Разработка и исследование высокоэффективной кавитационно-коллоидной мельницы // VI регион. студ. конф. "Фундаментальные науки - студенту нового века". Иваново, 2006. С. 169.

4. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. М.: Машиностроение 1, 2001. 260 с.

5. Качаев, А.Е. Динамика волокнистой суспензии в разгонном узле дезинтегратора мокрого помола // Успехи современной науки. 2015. №2. С. 37–43.

6. Пат. 2377070 Российская Федерация, В02С 13/22 Дезинтегратор. Авторы: Гридчин А. М., Севостьянов В. С., Лесовик Р. В., Глаголев Е. С., Севостьянов М. В., Качаев А. Е., Солопов Н. В., Алфимова Н. И., заявитель и патентообладатель: БГТУ им. В.Г. Шухова, завял.

06.05.2008 - заявка №2008118079/03, опубл. 27.12.2009 в бюл. №36.

7. Зимин А.И. О бифуркационных явлениях в нестационарных гидродинамических процессах // Теоретические основы химической технологии. 1997. Т.31. № 5. С. 238–242.

8. Зимин, А.И. Бифуркации и аномалии в теории и практике гидродинамического диспергатора // Уголь. 1997. № 2. С. 29–30.

9. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М.: Недра, 1970. 215 с.

10. Карепанов, С.К. Математическая модель течения рабочей жидкости в каналах ротора и статора гидромеханического диспергатора // Сб. докл. Междунар. науч.-практ. семинара "применение роторных гидромеханических диспергаторов в горнодобывающей промышленности: теория и практика"/ Изд. Беларускі дом друку.- Минск, 1998, 80 с.

Kachaev A.E., Chemerichko G.I.

THE DYNAMICS OF THE INTERRUPTIAL FLOWS IN THE WET GRINDING DISINTEGRATORS

Used in the production of building materials, modern industrial equipment has potentially broad technological capabilities. For example, in disintegrator mills designed for fine grinding of low and medium hardness materials (no more than 6 units on the Mohs scale), in addition to "dry" grinding, it is possible to grind materials in liquid media.

During conducted research it has been found that non-standard hydro-mechanical process that occurs with wet grinding in disintegrators is occurring in interruptial flows and can be modelled by liquid flow through a channel with variable resistance. During this process flow acceleration is achieved by reducing the resistance and deceleration – by increasing resistance. As a result, mathematical description of hydro-mechanical process in wet grinding disintegrators was derived.

Key words: wet grinding, homochronism, flow velocity, flow acceleration, acceleration and deceleration of liquid

Качаев Александр Евгеньевич, кандидат технических наук.

ООО «Воскресенский завод «Машиностроитель» ПАО «Горнопромышленная финансовая компания».

Адрес: Россия, 140200, Московская область, г. Воскресенск, ул. Гаражная, 1.

E-mail: doctor_cement@mail.ru

Чемеричко Галина Ивановна, кандидат технических наук, доцент.

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

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

*Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,
Чеховской Е.И., студент,
Романович М.А., канд. эконом. наук, доц.
Апухтина И.В., ассистент*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ПРИВОДА АГРЕГАТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ

AlexejRom@yandex.ru

В статье приведено описание конструкции агрегата для получения кубовидного щебня и представлены аналитические исследования по расчету мощности затрачиваемой на создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении.

Ключевые слова: агрегат, кубовидный щебень, мощность, направленное силовое воздействие.

Введение. Срок службы дорог, построенных на кубовидном щебне в 2–2,5 раза больше, чем на щебне игольчатой и пластинчатой формы. Кубовидный щебень образует устойчивую трехмерную структуру дорожного полотна, требует меньшего расхода вяжущих – цемента или битума [1–3]. Лещадные частицы в процессе уплотнения ломаются, образуя «островки» лещадных зерен, что является причиной локальных разрушений дорожных покрытий. Прочность бетона при использовании кубовидного щебня возрастает на 5–10 % при одновременном уменьшении расхода цемента на 7–12 % и снижении на 3–5 % водопотребности бетонной смеси.

Методология. При производстве щебня кубовидной формы необходимо учитывать, что форма зерен дробленого материала определяется текстурно-структурными особенностями исходной горной породы, используемым оборудованием и технологией переработки.

Согласно отечественных и зарубежных данных для получения щебня кубовидной формы обычно применяют конусные дробилки или дробилки ударного действия, которые позволяют получать щебень, форма зерен которого близка к кубовидной. Однако в этих дробилках достаточно проблематично получать кубовидный щебень при дроблении сланцевых материалов с лещадной текстурой [4–6].

В соответствии с президентской программой «Дороги России XXI века» потребности в щебеночных материалах для нового строительства, реконструкции и ремонту автомобильных дорог составляет примерно 140 млн. м³ в год. Мировая потребность в щебне превышает 3 млрд. м³ в год, причем за последние десятилетия стоимость щебня, производимого из при-

родного минерального сырья во всем мире, выросла в 2,5–3 раза [7–8].

В то же время при добыче рудных и нерудных полезных ископаемых ежегодно направляется в отвал десятки миллиардов тонн горных пород, которые по своему минералогическому составу вполне могут быть использованы при производстве широкой гаммы строительных материалов. Значительное количество среди вскрышных пород занимают сланцевые материалы, имеющие лещадную текстуру и характеризующиеся различными физико-механическими параметрами среды. Это, в свою очередь, предъявляет дополнительные требования к условиям измельчения этих материалов, с учетом их физико-механических характеристик, а, следовательно, к конструкторско-технологическим параметрам дробильного оборудования.

Результаты проведенных исследований показали, что разработанные и используемые как в РФ, так и за рубежом конструкции агрегатов и комплексов не учитывают специфику и текстуру измельчаемых материалов, что затрудняет получение щебня кубовидной формы [9–11].

Большинство железорудных месторождений, добыча полезных ископаемых на которых осуществляется открытым способом, содержат отвалы из твердых вскрышных пород. Так, Центрально-черноземный экономический район, на территории которого находятся огромные месторождения КМА, содержит сотни миллионов тонн сланцевых материалов.

В этой связи проблема разработки агрегатов для измельчения сланцевых материалов с целью получения кубовидного щебня, является весьма актуальной.

Основная часть. Нами разработана конструкция агрегата с устройством для направленной подачи сланцевых материалов, предназна-

ченная для получения кубовидного щебня путем раздавливания между двумя зубчатыми валками [12].

Агрегат состоит из устройства, предназначенного для направленной подачи сланцевых материалов 1 и пресс-валкового агрегата 2 (рис. 1), включающего в себя установленные на раме 1 валки 2 со сменными зубьями, установленными с определенным шагом (рис. 2).

Устройство для направленной подачи сланцевых материалов состоит из приемного бункера, внутри которого, расположены две подвижные пластины 5 и валики 3, 4, которые служат для создания направленной подачи кусков сланцевой породы (рис. 3).



Рис. 1. Экспериментальная установка агрегата для получения кубовидного щебня



Рис. 2. Зубчатые валки ПВИ

Агрегат для получения кубовидного щебня работает следующим образом. Материал засыпается в приёмный бункер, где по подвижным пластинам подаётся к валикам, захватывается ими, поворачивается в вертикальное положение и направляется к зубчатым валкам, где раздавливается и выходит из межвалкового пространства в виде кусков, имеющих кубовидную форму с размерами, не превышающими шаг зубьев (рис. 4) [13].

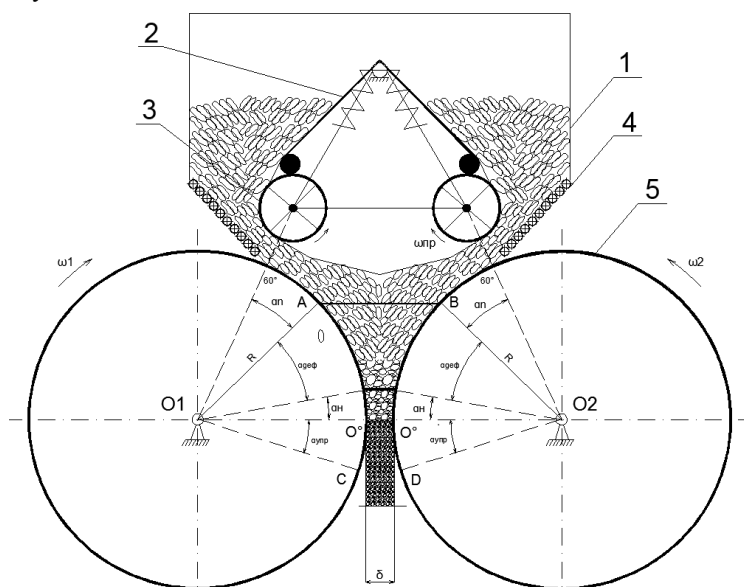


Рис. 3. Схема ПВА с зубчатыми валками для измельчения сланцевых материалов: 1 – устройство для направленной подачи материала; 2 – подвижные щеки; 3, 4 – направляющие валики; 5 – зубчатые валки

Преимущества данной установки заключается в том, что из сланцевого материала, у которого длина значительно больше ширины, в процессе дробления получается кубовидный щебень. Однако при измельчении сланцевых материалов в агрегате с устройством для направ-

ленной подачи выполняется следующие технологические операции, на которые затрачивается мощность. Это создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении. Отсут-

ствие научно обоснованной методики расчета энергетических параметров агрегата во многом тормозит его внедрение в промышленность.



Рис. 4. Щебень до дробления на экспериментальной установке



Рис. 5. Щебень после дробления на экспериментальной установке

Мощность привода агрегата для получения кубовидного щебня, затрачиваемая на выполнение вышеуказанных технологических операций, согласно [14], определяется по формуле:

$$N = \frac{N_{P.B.} + N_{изм} + N_{mp}}{\eta_1}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

$$F = \mu r b (h + r) \left(\frac{\pi / 2 - \psi}{\sin(\psi)} + \ln \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \right), \text{ Н}, \quad \psi = \alpha - \gamma + \beta. \quad (2)$$

где μ – коэффициент пропорциональности, зависящий от характеристик уплотняемого ма-

териала (гранулометрического состава, формы, деформируемости частиц и др.), r – радиус ва-

где $N_{P.B.}$ – мощность, затрачиваемая валковым устройством на создание направленного движения исходного материала, Вт; $N_{изм}$ – мощность, затрачиваемая на создание раздавливающего деформирования сланцевых материалов валками, Вт; N_{mp} – мощность, необходимая на преодоление сил трения в подшипниковых узлах валков, Вт.

Мощность привода, затрачиваемая устройством на создание направленного движения, зависит от максимального усилия F , радиуса валков R и угловой скорости вращения валков $\omega = 2\pi n$. Будем считать, что процесс создания направленного движения кусков материала начинается с момента попадания частиц материала на линию OE , которая ограничена углом захвата валка. Начало процесса направленного движения большого влияния на величину суммарной силы взаимодействия материала и валка не имеет, поскольку на начальных стадиях очень мало. Расчетную схему механизма уплотнения материала с целью создания направленного движения представим, как показано на рис. 6. Положение валика 1 радиуса r по отношению к бункеру 2 зададим через смещение его центра по горизонтали – L и вертикали – l . Угол наклона стенки бункера обозначим через α , а угол, с которого начинается уплотнение материала, – через β .

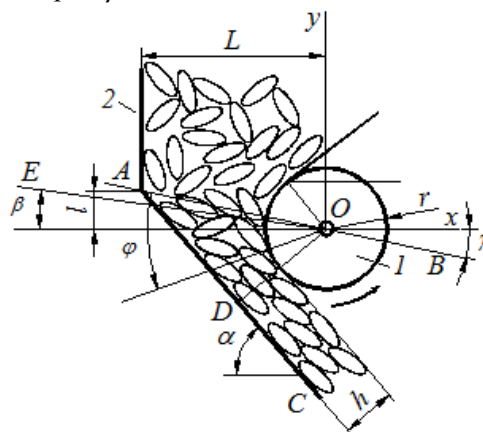


Рис. 6. Расчетная схема механизма уплотнения: 1 – валик; 2 – стенка бункера

Полагая, что сила воздействия валика, необходимая на создание направленного движения кусков материала, прямо пропорциональна величине его уплотнения, согласно рис. 6, имеем:

лика, м; b – ширина валика, м; h – толщина слоя сланцевых материалов, м.

Мощность, затрачиваемая на создание раздавливающего деформирования сланцевых материалов валками, $N_{изм}$ зависит от крутящего момента $M_{кр}$, необходимого на разрушение куска материала и момента трения $M_{тр}$, возникающего в опорах валков.

Крутящий момент, при создании направленного движения кусков материала, равен:

$$M = F \cdot r, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3)$$

$$M_{кр} = F \cdot \cos \alpha \cdot R_g = G_{сж} \cdot B \cdot h \cdot (\cos \alpha \cdot R_g / l), \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (5)$$

где α – угол захвата зубчатыми валками материала, град; l – шаг между зубьями, м.

Мощность, затрачиваемая на создание раздавливающего деформирования сланцевых материалов валками, равна:

$$N_{изм} = 2M_{кр} \cdot \omega, \text{ Вт}. \quad (6)$$

Момент от сил трения $M_{тр}$ в опорах валков, равен:

$$M_{тр} = \frac{F_{рез} \cdot f_{np} \cdot d_u}{2}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (7)$$

где $F_{рез}$ – результирующая сила от максимального усилия измельчения F и силы тяжести

Максимальное усилие, определяется по формуле:

$$F = G_{сж} \cdot S = G_{сж} \cdot B \cdot h \cdot z, \text{ Н}, \quad (4)$$

где $G_{сж}$ – предел прочности на сжатие куска материала, Н/мм²; S – площадь силового воздействия, м²; B – ширина валков, м; h – толщина зуба в месте контакта с материалом, м; z – количество зубьев, воздействующих с материалом.

Крутящий момент, создаваемый при измельчении материалов, равен:

валка G_g , Н; f_{np} – коэффициент трения качения, $f_{np} = 0,001$; d_u – диаметр цапфы вала, м.

Результирующая сила определяется по формуле

$$F_{рез} = \sqrt{F^2 + G_g^2}, \text{ Н}. \quad (8)$$

Мощность, затрачиваемая на измельчение сланцевых материалов между валками, равна:

$$N_{изм} + N_{тр} = 2(M_{кр \max} + M_{тр}) \cdot \omega, \text{ Вт}. \quad (9)$$

Общая мощность, затрачиваемая валками $N_{р.в.}$ на направленное движение, измельчение сланцевых материала между зубчатыми валками $N_{изм}$ и на преодоление сил трения в опорах валков $N_{тр}$, с учетом КПД привода η_1 равна:

$$N = \frac{N_{р.в.} + N_{изм} + N_{тр}}{\eta_1} = \frac{2(M + M_{кр} + M_{тр}) \cdot \omega}{\eta} = \frac{2((F \cdot r) + (F \cdot \cos \alpha \cdot R_g) + (\frac{F_{рез} \cdot f_{np} \cdot d_u}{2}) \cdot \omega)}{\eta} \quad (10)$$

По полученному уравнению (10) можно определить мощность, расходуемую на создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении [15].

Вывод. Проведенные экспериментальные исследования на опытной установке агрегата для получения кубовидного щебня позволили подтвердить адекватность данного уравнения, расхождение значений мощности привода полученные расчетным и экспериментальным путем составила менее 10 %.

Вывод. Таким образом, разработанная конструкция агрегата с устройством для направленной подачи сланцевых материалов, позволяет осуществлять направленное движение сланцевых материалов вдоль своей большей оси к зубчатым валкам и тем самым получать щебень кубовидной формы путем раздавливания между двумя зубчатыми валками. Полученное уравнение (10) позволяет с достаточной точностью

определить мощность привода агрегата, расходуемую на создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Romanovich L.G., Romanovich M.A., Vybornova V.V., Riapukhina V.N. Small businesses is a sphere of innovation in the age of globalization // Journal of Applied Engineering Science. 2014. T. 12. № 4. С. 297–301.
2. Sevost'yanov V.V., Targonskii I.I., Romanovich A.A., Goncharov A.A. Energy saving milling aggregates with internal recycling of the milled materials // Glass and Ceramics. 1993. T. 50. № 4. С. 180–184.
3. Шонерт К., Кноблах О. Измельчение цемента на валковом измельчителе в постели материала // Zement-kalk gips 1986. T.37. №11. p.1–9.

4. Победа В.К. Пресс-валковые измельчители ОАО «Тяжмаш» // Цемент и его применение. 2007. №4. С. 26.
5. Мерсман М. Й., Крупп. Технология по модернизации цементных заводов фирмы KHD Humboldt Wedag GmbH // Цемент и его применение. 2005. №3. С.40–43.
6. Romanovich A.A. Performance review and principal directions for development of a grinding equipment in cement factory // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 2367–2370.
7. Орехова Т.Н., Уваров В.А. Определение скорости частиц материала пневмосмесителя сухих строительных смесей // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-3. С. 592–596.
8. Romanovich A.A., Bogdanov V.S., Romanovich L.G., Romanischin D.V. Determination of power mill spent on the creation of the longitudinal motion of the grinding load // Journal of Applied Engineering Science. 2015. Т. 13. № 3. С. 155–160.
9. Агарков А.М., Шарапов Р.Р. Влияние ширины камеры рабочей зоны инерционного концентратора на гидравлическое сопротивление // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 9. С. 19–21.
10. Шарапов Р.Р., Агарков А.М., Прокопенко В.С. Исследование удара частицы о лопатку в инерционном концентраторе // ИНТЕРСТРОЙ-МЕХ-2016 (International building technics-2016) Материалы Международной научно-технической конференции. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2016. С. 57–61.
11. Uvarov V.A., Klyuev S.V., Orekhova T.N., Klyuev A.V., Sheremet E.O., Durachenko A.V. The counterflow mixer for receiving the disperse reinforced composites // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. №12. С. 1211–1215.
12. Носов О.А., Носова Е.В., Хабарова Н.В. Адаптивный привод прецизионной машины // Автоматизация и современные технологии. №3. С. 11–14.
13. Romanovich L.G., Sevostyanov V.V., Romanovich M.A., Arkatov A.Y. Innovation activity and technology transfer of higher education // Journal of Applied Engineering Science. 2014. Т. 12. № 4. С. 273–276.
14. Носов О.А., Васечкин М.А., Стоянова Н.В. Выбор режимов функционирования технических систем // Автоматизация и современные технологии. 2012. №4. С.6–11
15. Теличенко В.И., Шарапов Р.Р., Степанов М.А., Харламов Е.В. Матричный подход к расчету помольных систем // Научное обозрение. 2016. № 22. С. 8–12.

Romanovich A.A., Chehovskoy E.I., Romanovich M.A., Apuhtina I.V.

CALCULATION OF POWER OF THE DRIVE OF THE UNIT FOR THE PRODUCTION OF THE CUBE-TWO PITCH

The article describes the design of the unit for the production of cubical crushed stone and presents analytical studies on the calculation of the power expended to create directional motion and the implementation of crushing deformation of pieces with the application of force in a given direction.

Key words: aggregate, cuboid crushed stone, power, directed force action.

Романович Алексей Алексеевич, доктор технических наук, профессор, доцент, заведующий кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

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

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

E-mail: AlexejRom@yandex.ru

Чеховской Евгений Игоревич, студент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

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

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

E-mail: eichehovskoy@mail.ru

Романович Марина Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент.

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

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

E-mail: eichehovskoy@mail.ru

Апухтина Инна Васильевна, ассистент.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

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

E-mail: eichehovskoy@mail.ru

Остановский А.А., канд. техн. наук, доц.,
Осипенко Л.А., канд. техн. наук, доц.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
Донского государственного технического университета

Чирской А.С., канд. техн. наук, доц.,

Мартыненко И.А., канд. техн. наук, доц.

Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского
государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО НЕСООТВЕТСТВИЯ ВЕТВЕЙ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОТОВОГО ПРОДУКТА В МЕЛЬНИЦАХ ДИНАМИЧЕСКОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СИСТЕМЫ «МКАД»

ostanovskiy51@mail.ru

Приводятся результаты экспериментальных исследований зависимости гранулометрического состава мергеля от кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура в вертикальной мельнице динамического самоизмельчения системы «МКАД». Представлены графические зависимости этого процесса, даётся описание особенностей физической картины протекающего процесса

Ключевые слова: мельница, энергоэффективность, гранулометрический состав, фракция, кинематическое несоответствие, ротор, барабан, столб материала, циркулирующая мощность

Гранулометрический состав – важный показатель физических свойств и структуры материала. Кроме того состав готового продукта при измельчении отражает вероятностный процесс образования кусков (зёрен) различной крупности в результате их разрушения [1, 2].

Для получения готового продукта необходимого гранулометрического состава, который в дальнейшем используют для получения готового продукта, на обогатительных фабриках применяют широкий спектр различных измельчительных операций и операций по грохочению. Для этого используется разнообразное оборудование, удовлетворяющего технологическому процессу, для которого установлены основные закономерности формирования гранулометрического состава конечного продукта в зависимости от технологии, конструктивных и режимных параметров используемого для этого оборудования [3, 4].

В то же время для нового класса машин, к которому относятся вертикальные мельницы динамического самоизмельчения с замкнутым контуром системы «МКАД», такие закономерности не разработаны по причине короткого срока их создания, сдерживает их внедрение в различных отраслях народного хозяйства РФ и странах СНГ.

Так как процесс взаимодействия разрушаемых кусков и частиц в мельницах этой системы носит случайный характер, то на первоначальном этапе исследования получение экспериментальных данных о характере формирования гранулометрического состава продуктов помола

минерального сырья в зависимости от режимных и конструктивных параметров мельниц системы «МКАД» является актуальной задачей.

На рис. 1 представлена конструктивная схема вертикальной мельницы динамического самоизмельчения системы «МКАД», показывающая принцип её работы.

Характерной особенностью мельниц этой системы является то, что в них для разрушения кусков и частиц используется не только кинетическая энергия вращающегося ротора, но и так называемая «циркулирующая» энергия замкнутого контура [5-10].

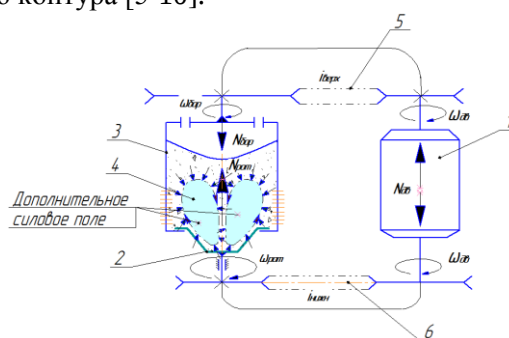


Рис. 1. Конструктивная схема вертикальной мельницы динамического самоизмельчения системы «МКАД»:

- 1 – приводной двигатель; 2 – ротор;
- 3 – барабан; 4 – активная зона измельчения;
- 5, 6 – верхняя и нижняя ветвь замкнутого контура

Это достигается тем, что за счёт одновременного вращения в одном направлении, но с разными угловыми скоростями ротора 2 и барабана 4 (кинематическом несоответствии верхней 5 и нижней 6 ветви замкнутого контура замкну-

того контура), осуществляется передача крутящего момента и мощности от приводного двигателя 1 к столбу измельчаемого материала производится по двум параллельным направлениям.

За счёт этого происходит вовлечение в движение частиц и кусков верхней части столба, которое отсутствует в мельницах системы «МАЯ» [11–13]. Это способствует тому, за счёт сил трения, возникающих при соприкосновении кусков материала с внутренней поверхностью вращающегося барабана 4, приводится во вращение верхняя часть столба измельчаемого материала, находящегося в барабане. Куски и частицы, находящиеся в верхней части столба материала, двигаясь к центру от внутренней поверхности барабана за счёт центробежных сил, приобретут дополнительную линейную скорость, что приведёт к росту их кинетической энергии. Рост скорости и кинетической энергии приведут к более интенсивному их перемешиванию и дополнительному силовому взаимодействию при их соприкосновении друг с другом. В результате этого происходит вовлечение в движение и взаимодействие большего объема частиц материала, исчезновению называемых «застойных» зон и их активное взаимодействие между собой. Так как скорость этих слоев в мельнице данной конструкции обеспечивается кинематическим несоответствием ветвей замкнутого контура, то интенсивность взаимодействия кусков и частиц, испытывающих дополнительное силовое воздействие, будет определять выходные параметры вертикальной мельницы динамического самоизмельчения – производительность, гранулометрический состав и энергозатраты. Вместе с этим вовлечение в движение дополнительного объема частиц верхней части столба будет сопровождаться нарастающим доминированием процесса истирания, что ведёт к изменению гранулометрического состава готового продукта. Таким образом, величина кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура позволит регулировать не только производительность, но и гранулометрический состав готового продукта

В таблице 1 представлены результаты, полученные при проведении экспериментальных исследований гранулометрического состава измельченного мергеля в мельнице системы «МКАД» со средним размером исходных кусков $d_{ср}=40$ мм [14] и графики зависимости влияния кинематического несоответствия $I_{кн}$ и высоты столба материала $H_{сл}$ на гранулометрический состав измельчения мергеля при диаметре выпускных отверстий в барабане $d_{вып}=5,0$ мм (рис. 2–7).

Графики зависимостей построены с помощью программы Advanced Grapher, которая позволяет по шести точкам эксперимента провести кривые, которые с минимальной погрешностью описывают образовавшийся гранулометрический состав в зависимости от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура мельницы системы «МКАД».

Для мельницы системы «МКАД» гранулометрический состав измельченного мергеля при заданном диаметре выпускных отверстий в барабане будет зависеть от двух факторов: высоты слоя материала над ротором $H_{сл}$ и величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура $I_{кн}$. Высота слоя материала, определяющая давление на ротор, и кинематическое несоответствия ветвей замкнутого контура, влияющее на силовые и энергетические показатели процесса измельчения, будут обеспечивать протекание процесса самоизмельчения для мельницы рассматриваемой системы.

Анализ влияния кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты слоя материала в барабане на изменение гранулометрического состава фракции $5,0\div3,0$ мм (рис. 2) показывает, что при высотах слоя 260, 380 и 500 мм с увеличением значения кинематического несоответствия наблюдается незначительный её прирост на $10\div15$ %. При этом частицы, разрушенные и уменьшенные до размера этой фракции, мгновенно вытесняются через выпускные отверстия в барабане за его внешние границы. Другая часть объема находящихся в барабане частиц опускается вниз под действием их сил тяжести на ротор и под воздействием ребер вращающегося ротора совершают повторные движения по тороидальной траектории, взаимодействуя со встречающимися на пути их движения и постоянно уменьшаясь в размере в основном за счёт удара и раскалывания на более мелкие размеры.

Для фракции $3,0\div1,2$ мм характерно более резкое увеличение её содержания в общем объеме (рис. 3) при увеличении кинематического несоответствия $I_{кн}$. Это можно объяснить тем, что, несмотря на выпуск незначительного числа частиц уменьшенных в размере частицы размерами менее диаметра выпускных отверстий $5,0\div3,0$ мм в то же время их количество возросло при их раскалывании в первоначальный момент времени. Это приводит к тому, что их общая площадь возрастает. Следовательно, количество ударов и число соприкосновений их между собой также вырастет. В результате этого процесс будет протекать с нарастающей интенсивностью, приводящий к нарастанию по определённой зависимости содержания в готовом продукте

те помола фракции более мелкой фракции с размерами частиц $3,0 \div 1,2$ мм.

Таблица 1

№п/п	прот - прот	I к.н.	Нсл, мм	G _{вых} , кг/мин	Гранулометрический состав готового продукта				
					По фракциям Δψ, %				
					5,0-3,0мм	3,0-1,2мм	1,2-0,63мм	0,63-0,27мм	0-0,27мм
1.1	768-196,4	0,22	260	4,27	<u>0,91</u> 11,7	<u>0,88</u> 12,8	<u>0,28</u> 6,8	<u>0,79</u> 25,4	<u>1,21</u> 43,3
1.2		0,22	380	5,44	<u>0,88</u> 12,2	<u>1,09</u> 12,4	<u>0,384</u> 6,2	<u>1,17</u> 22,1	<u>1,90</u> 47,1
1.3		0,22	500	4,62	<u>1,18</u> 6,4	<u>0,786</u> 11,7	<u>0,265</u> 6,3	<u>0,862</u> 30,4	<u>1,40</u> 45,2
1.1	691,2-196,4	0,29	260	3,35	<u>0,587</u> 17,1	<u>0,845</u> 14,3	<u>0,217</u> 5,8	<u>0,853</u> 22,8	<u>1,24</u> 40,1
1.2		0,29	380	4,25	<u>0,77</u> 12,9	<u>0,833</u> 11,3	<u>0,255</u> 5,0	<u>0,93</u> 25,9	<u>1,47</u> 44,5
1.3		0,29	500	3,687	<u>0,70</u> 19,0	<u>0,71</u> 19,3	<u>0,217</u> 5,9	<u>0,87</u> 23,3	<u>1,19</u> 44,3
1.1	614,4-196,4	0,32	260	3,65	<u>0,663</u> 17,2	<u>0,702</u> 21,5	<u>0,205</u> 6,8	<u>0,722</u> 23,9	<u>0,96</u> 30,5
1.2		0,32	380	3,91	<u>0,82</u> 11,7	<u>0,69</u> 17,4	<u>0,20</u> 4,4	<u>0,83</u> 22,7	<u>1,11</u> 43,8
1.3		0,32	500	3,59	<u>0,84</u> 11,4	<u>0,69</u> 16,5	<u>0,187</u> 5,1	<u>0,768</u> 19,1	<u>1,12</u> 47,9
1.1	768-292,4	0,38	260	3,12	<u>0,71</u> 17,3	<u>0,67</u> 18,0	<u>0,24</u> 6,3	<u>0,78</u> 21,6	<u>1,23</u> 33,9
1.2		0,38	380	4,53	<u>0,715</u> 15,8	<u>0,77</u> 18,4	<u>0,312</u> 6,9	<u>1,01</u> 22,1	<u>1,73</u> 38,3
1.3		0,38	500	3,81	<u>0,87</u> 14,8	<u>0,808</u> 15,2	<u>0,21</u> 6,2	<u>0,86</u> 23,4	<u>1,06</u> 40,4
1.1	691,2-292,4	0,42	260	3,98	<u>0,607</u> 13,7	<u>0,622</u> 19,4	<u>0,184</u> 6,6	<u>0,57</u> 22,8	<u>0,737</u> 37,5
1.2		0,42	380	4,26	<u>0,58</u> 14,8	<u>0,835</u> 19,1	<u>0,251</u> 5,9	<u>0,822</u> 23,6	<u>1,77</u> 41,6
1.3		0,42	500	4,84	<u>0,813</u> 11,5	<u>0,914</u> 19,7	<u>0,266</u> 6,8	<u>0,95</u> 22,8	<u>1,90</u> 31,1
1.1	614,4-292,4	0,48	260	2,11	<u>0,64</u> 21,8	<u>0,586</u> 21,8	<u>0,164</u> 5,8	<u>0,635</u> 20,7	<u>0,67</u> 29,8
1.2		0,48	380	3,07	<u>0,703</u> 18,2	<u>0,721</u> 19,6	<u>0,175</u> 5,1	<u>0,682</u> 20,4	<u>0,79</u> 35,7
1.3		0,48	500	2,66	<u>0,734</u> 21,2	<u>0,55</u> 22,1	<u>0,128</u> 5,2	<u>0,572</u> 21,6	<u>0,68</u> 29,9

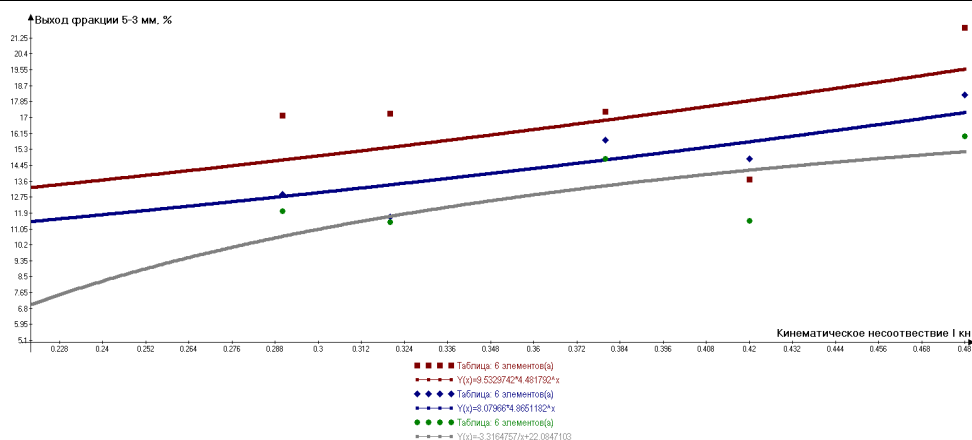


Рис. 2. Зависимость выхода фракции 5,0÷3,0 мм мергеля с исходными кусками $d_{cp}=40$ мм от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты слоя материала в барабане; диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{вып}=5,0$ мм: красная линия – $H_{сл}=260$ мм; синяя линия $H_{сл}=380$ мм; серая линия $H_{сл}=500$ мм

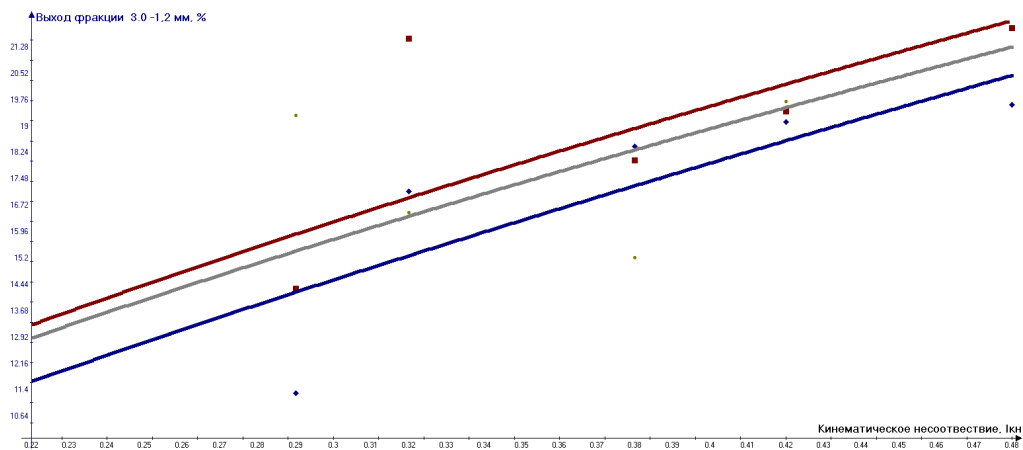


Рис. 3. Зависимость выхода фракции 3,0÷1,2 мм мергеля со средним размером исходных кусков $d_{cp}=40$ мм от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты слоя материала в барабане; диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{вып}=5,0$ мм красная линия – $H_{сл}=260$ мм; синяя линия – $H_{сл}=380$ мм; серая линия – $H_{сл}=500$ мм

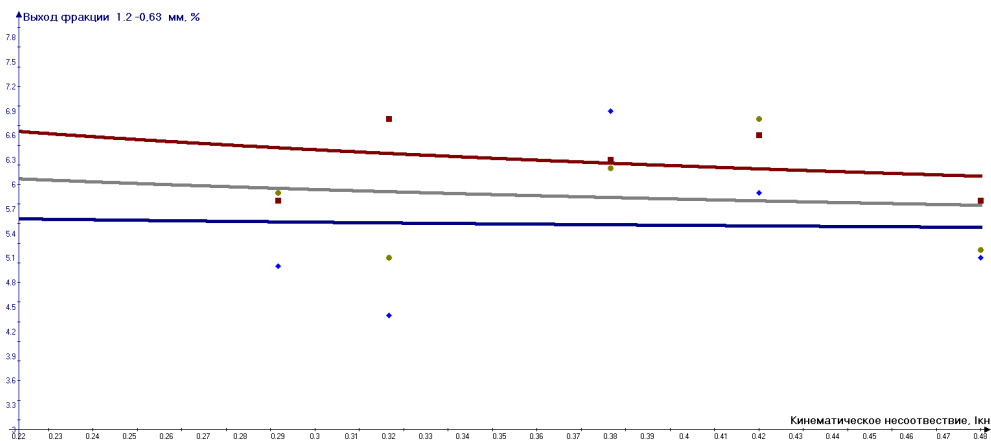


Рис. 4. Зависимость выхода фракции 1,2÷0,63 мм мергеля со средним размером исходных кусков $d_{cp}=40$ мм от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты слоя материала в барабане; диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{вып}=5,0$ мм красная линия – $H_{сл}=260$ мм; синяя линия – $H_{сл}=380$ мм; серая линия $H_{сл}=500$ мм

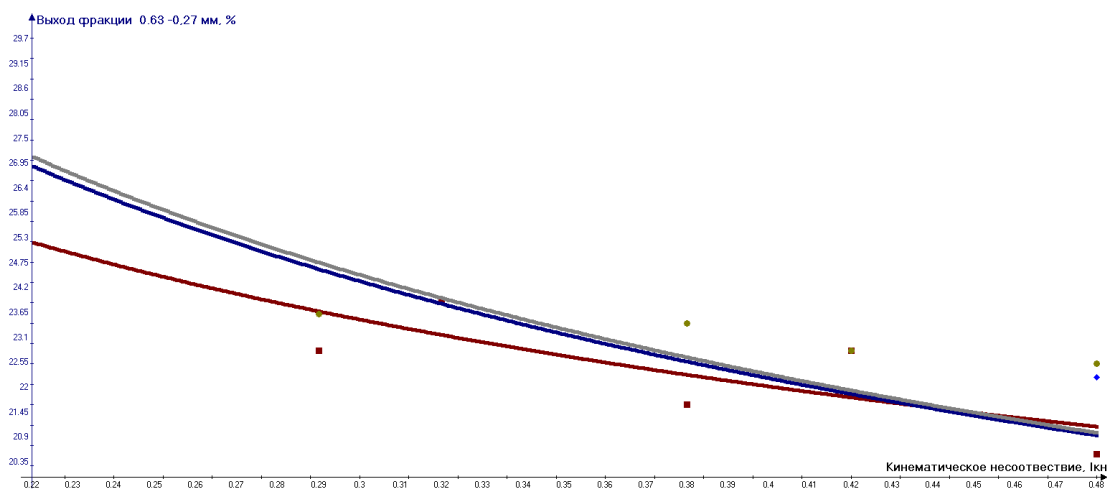


Рис. 5. Зависимость выхода фракции 1,2÷0,63 мм мергеля со средним размером исходных кусков $d_{cp}=40$ мм от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты слоя материала в барабане; диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{вып}=5,0$ мм красная линия – $H_{сл}=260$ мм; синяя линия – $H_{сл}=380$ мм; серая линия – $H_{сл}=500$ мм

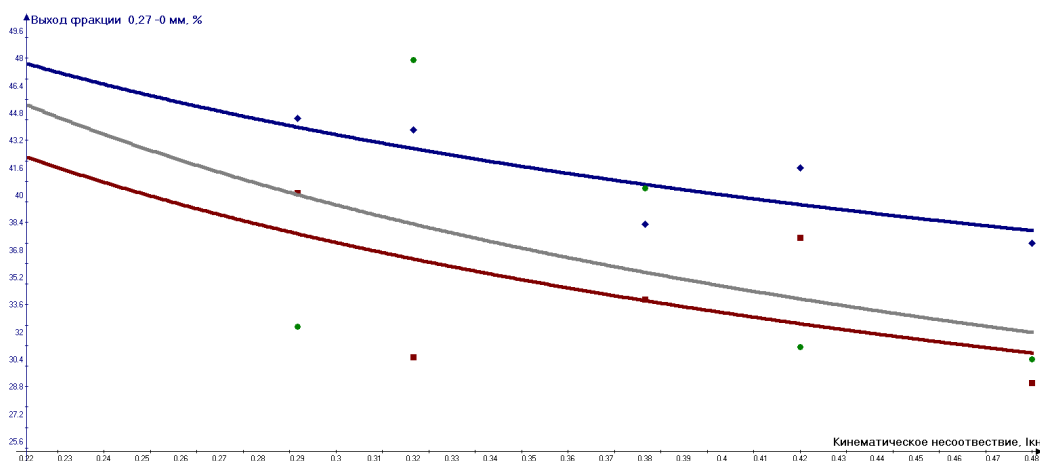


Рис. 6. Зависимость выхода фракции 0,27÷0 мм от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты слоя материала в барабане; диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{\text{вып}}=5,0$ мм
красная линия – $H_{\text{сл}}=260$ мм; синяя линия – $H_{\text{сл}}=380$ мм; серая линия – $H_{\text{сл}}=500$ мм

Поэтому, когда угловая скорость ротора (частота) начинает превышать угловую скорость барабана на величину $\Delta n = (n_{\text{рот}} - n_{\text{бар}}) > 400$ об/мин при заданной угловой скорости барабана, то происходит проскальзывание частиц слоев верхнего и нижнего столба относительно друг друга. В результате такого взаимодействия интенсивность их контактов снижается. Следовательно, объем выхода частиц самых мелких фракций 0,27÷0 мм будет снижаться, а более крупных возрастать.

Для фракции 1,2÷0,63 мм характерной особенностью является практическое постоянное не зависящее от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура содержание этой фракции в готовом продукте (рис. 4). Это обусловлено тем, что в какой-то момент при определенных условиях процесс измельчения приобретает равновесный характер, когда процессы раскалывания и истирания равновесны, но уже обозначился плавный переход в процессы совращения размеров частиц в основном за счёт их истирания между собой.

Для фракции 0,63÷0,27 и 0,27÷0 мм (рис. 5, 6) характерно то, что образовавшиеся частицы после предыдущих процессов будут преобладать в общем объеме циркулирующей по тороидальной траектории массы кусковой формы, находящейся в барабане, после первичного измельчения примут шаровую или овальную форму. Поэтому каждая вновь образованная частица при движении вдоль стенок внутренней полости барабана будет соприкасаться не по всей поверхностью, с ней только в одной отдельной точке.

Можно утверждать, что при таких значениях кинематического несоответствия изменение размеров частиц будет происходить главным образом преобладания процессов не раскалыва-

ния, а истирания, который приводит к большему объему выхода самых мелких фракций. При возрастании величины кинематического несоответствия, которая происходит за счет увеличения угловой скорости ротора, частицы материала, находящиеся в полости барабана и примыкающие к его стенкам начинают проскальзывать относительно неё. Проскальзывание частиц приводит к тому, что эти частицы не принимают участие в перемещении по наиболее выгодной для осуществления процесса самоизмельчения тороидальной траектории. Поэтому циркуляция частиц происходит менее интенсивно в вертикальной плоскости, и процесс самоизмельчения начинает затухать по мере возрастания величины кинематического несоответствия. Поэтому по возрастанию величины кинематического несоответствия более $I_{\text{кн}} > 0,38$ будет снижаться интенсивность взаимодействия частиц, а выход фракций 0,27÷0 и 0,63÷0,27 мм в процентном соотношении будет уменьшаться.

Таким образом, по полученным данным образования гранулометрического состава готового продукта можно с большой долей вероятности можно утверждать, что процесс измельчения в мельнице системы «МКАД» характеризуется тремя сопряженными процессами. При этом для самых крупных фракций 5÷3 и 3÷1,2 мм процесс измельчения исходного материала протекает в основном за счёт раскалывания и удара, для фракций 1,2÷0,63 является переходным (равновесным) процессом, при котором увеличение $I_{\text{кн}}$ не влияет на изменение этой фракции и интенсивным истиранием, при котором увеличение $I_{\text{кн}}$ приводит к существенному снижению содержания в продукте помола содержание наиболее мелких фракций 0,63÷0,27 и 0,27÷0 мм.

Исследование влияния высоты слоя на формирование гранулометрического состава продукта измельчения показывает следующее.

Высота столба материала над ротором $H_{\text{сл}}$ будет влиять на выход фракций самых мелких фракций $0,27 \div 0$ и $0,63 \div 0,27$ мм. Наибольший её выход происходит при высоте $H_{\text{сл}} = 380$ мм, а минимальная при слоях высотах соответственно 500 и 260 мм – красная и синяя линия. При этом зависимость выхода этих фракций при высотах 380 мм и 500 мм отличаются не более $4 \div 7$ %. Выход этих фракций при высоте 260 мм во всех случаях меньше в среднем на $10 \div 15$ %, чем при высоте 380–500 мм. При высоте более 500 мм выход фракций $0,27 \div 0$ и $0,63 \div 0,27$ мм начинает снижаться более резко. Это можно объяснить следующим образом. При высотах $H_{\text{сл}} = 260$ мм и менее процесс самоизмельчения происходит менее интенсивно, чем при больших высотах. Это происходит потому, что с уменьшением высоты столба материала над ротором, снижается давление, которое оказывают верхние слои материал на нижний слой, расположенные над ротором, которое должно находиться в пределах 0,005–0,05 МПа [13].

Кроме того, в исследованиях было установлено, что при высотах более 500 мм при одновременном вращении ротора и барабана при средней крупности исходного материала, равной $d_{\text{ср}} = 40$ мм, в средней части столба образуются пустоты, и целостность столба нарушается. Поэтому образование этих пустот нарушает циркуляцию материала, интенсивность взаимодействия кусков и частиц снижается, а объем выхода мелких фракций снижается.

Следовательно, высота столба материал над ротором в пределах $H_{\text{сл}} = 380 \div 500$ мм является наиболее оптимальной, при которой способ самоизмельчения будет осуществляться с большим выходом самых мелких фракций ($45 \div 70$ %).

Анализ зависимостей отсева готового продукта от высоты столба материала, находящегося над ротором, и величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура для фракции $1,2 \div 0,63$ мм показывает, что его состав остается практически неизменным для всех диаметров выпускных отверстий и составляет в среднем 5–7 % от общего выхода фракций. Это явление объясняется следующим образом.

В начальный период самоизмельчения, когда протекает преимущественно процесс раскалывания исходных кусков за счет центробежных сил вращающегося ротора, наступает процесс перераспределения одного процесса с преимущественным способом раскалывания частиц и переход к преобладанию процесса их истирания. Этот переходной процесс представлен на рис.

5.15–5.19, где процесс образования фракции $1,2 \div 0,63$ мм имеет практическую линейную зависимость, близкую к функции $y_3 = f(C)$ для высоты столба 380 и 500 мм и $y_2 = f(-ax + C)$ для высоты 260 мм. Характер последней зависимости объясняется менее интенсивным взаимодействием частиц из-за ослабевающего влияния давления верхних слоев на нижние.

Анализ зависимости выхода самых крупных фракций $3,0 \div 1,2$ мм и фракции $10,0 \div 3,0$ мм от высоты столба материала над ротором и величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура для всех размеров выпускных отверстий имеют полиномиальную возрастающую зависимость типа

$$y_1 = f(a_1x^2 + b_1x + C_1), \quad (1)$$

Т.е. с возрастанием величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура увеличивается в готовом продукте выход фракций $10,0 \div 3,0$ и $3,0 \div 1,2$ мм.

Причина такого протекания процесса объясняется тем, что в первоначальный период процесса самоизмельчения для кусков преобладающим способом сокращения их размеров является раскалывание, которое осуществляется за счет кинетической энергии вращающегося ротора. Поэтому с увеличением угловой скорости ротора, а с ним и величины кинематического несоответствия объем выхода этих фракций будет возрастать.

Анализ зависимость выхода самых крупных фракций $3,0 \div 1,2$ мм и фракции $10,0 \div 3,0$ мм от высоты столба материала над ротором и величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура для всех размеров выпускных отверстий имеют полиномиальную возрастающую зависимость типа

$$y_2 = f(a_2x^2 + b_2x + C_2), \quad (2)$$

Т.е. с возрастанием величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура увеличивается в готовом продукте выход фракций $10,0 \div 3,0$ и $3,0 \div 1,2$ мм.

Это объясняется тем, что в первоначальный момент времени и в начале процесса самоизмельчения преобладающим способом сокращения их размеров является раскалывание за счет кинетической энергии вращающегося ротора. Поэтому с увеличением угловой скорости ротора, а с ним и величины кинематического несоответствия удельный вес выхода этих фракций будет возрастать.

Выводы.

Результаты экспериментальных исследований влияния конструктивных и режимных параметров на формирование гранулометрического

измельченного материала (мергеля) для вертикальной мельницы динамического самоизмельчения системы «МКАД» позволили сделать следующие выводы.

1. Конструктивные и режимные параметры влияют на формирование гранулометрического состава измельченного материала, что позволяет путём их регулирования в процессе работы мельницы получать в соответствии с требованиями производства необходимый состав этого продукта, что невозможно достичь в мельницах системы «МАЯ».

2. Установлены зависимости гранулометрического состава готового продукта при измельчении мергеля от основных влияющих факторов – высоты столба материала, находящегося над ротором, кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и диаметра выпускных отверстий в барабане измельчительного устройства.

3. При увеличении кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура с $I_{\text{кн}} = 0,38 - 0,48$ и частоте оборотов ротора более 292 об/мин интенсивность взаимодействия частиц внутри барабана снижается. Это объясняется тем, что за счет центробежных сил вращающегося ротора частицы, ударяясь о внутреннюю поверхность барабана, раскалываются на ней и образуют липкий мелкий слой измельченных частиц, который препятствует эвакуации их из мельницы, что снижает производительность и удельный вес наиболее мелких фракций размером $0,63 \pm 0$ мм.

4. Образование большего содержания не эвакуируемых фракций в барабане (переизмельчение) приводит к нарушению целостности столба материала над ротором как единого объекта, что нарушает процесс возврата части подведенной к нему мощности и рекуперации её, которая реализуется при её передаче по двум параллельным направлениям от приводного двигателя. Это ведёт к снижению производительности, росту энергозатрат и изменению гранулометрического состава готового продукта.

5. Установлены соотношения высоты слоя над ротором и среднего размера исходных кусков материала, при которых достигаются максимальные значения производительности и гранулометрического состава готового продукта.

6. Полученные экспериментальные поданные, показывающие формирование гранулометрического состава измельченного материала (мергеля) в зависимости от кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты слоя материала в барабане позволят их использовать при проектировании мельниц си-

стемы «МКАД», в конструкции которых имеется замкнутый контур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клыков Ю.Г. Селективное измельчение минерального сырья. Владикавказ: Терек, 1997, 155 с.
2. Сабиев У.К., Фомин В.В., Сабиев И.У. Повышение однородности гранулометрического состава измельченного материала в измельчителе центробежно-роторного действия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. №4(78). С. 82–84.
3. Смирнов С.Ф., Мизонов В.Е., Красильников А.Г., Жуков В.П. Ячеечная модель измельчения материала в трубной мельнице замкнутого цикла // Известия вузов. Химия и хим. технология. 2007. Т. 50, вып. 3. С. 98–100.
4. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1980. 415 с.
5. Пат. на изобретение №2465960 Российская Федерация. МПК В02С13/14. Измельчитель динамического самоизмельчения / Дровников А. Н., Остановский А. А., Никитин Е. В., Павлов И. А., Осипенко Л. А., Агафонов Н. А.; Заявка: 2011106231/13, заявл. 17.02.2011; Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)", опубл. 10.11 2012 г. Бюл. №31. 5 с.
6. Пат. на изобретение № 2496581 Российская Федерация. МПК В02С13/14. Мельница / Дровников А. Н., Остановский А. А., Маслов Е. В., Бурков Н. В., Романенко Г. Н.; Заявка: 2012124864/13, заявл. 14.06.2012; Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)" (RU), Опубл. 10.11 2012 г. Бюл. №31. 5 с.
7. Пат. на изобретение № 2520008 Российская Федерация. МПК В02С13/14. Измельчитель динамического самоизмельчения материала / Дровников А. Н., Остановский А. А., Маслов Е. В., Рыбальченко А. Н.; 2013105689/13; заявл. 11.02. 2013; Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса" (ФГБОУ ВПО "ЮРГУЭС"), опубл. 20.06 2014 г., Бюл. №17. 4 с.

8. Пат. на изобретение №2526668 Российская Федерация МПК В02С13/14. Устройство для измельчения материала/ Дровников А. Н., Остановский А. А. Заявка: 2012149328/13, заявл. 19.11.2012; Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса" (ФГБОУ ВПО "ЮРГУЭС") (RU) Опубликовано: 27.08.2014. Бюл. №19. 5 с.

9. Пат. на изобретение №2558205 Российская Федерация МПК В02С13/14. Мельница. Дровников А. Н., Остановский А. А., Никитин Е. В., Маслов Е. В., Городнянский В. М., Черкесов В. Ю., Заявка: 2014110456/13, заявл. 18.03.2014; Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный технический университет" (ДГТУ), опублик. 27.07.2015, Бюл. №21. 6 с.

10. Пат. на изобретение №2539200 Российская Федерация МПК В02С13/14 Способ измельчения материалов и мельница для его осуществления. Дровников А.Н., Исаков В.С., Остановский А.А., Маслов Е. В. Заявка: 2013136461/13, 02.08.2013, дата подачи заявки: 02.08.2013; Патентообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)" (RU), опублик. : 20.01.2015. Бюл. №21. 6 с.

11. А. с. № 651845 (СССР), МПК В 02 С13/14. Способ измельчения материала / Ягунов А.В.; заявитель Северо-Кавказский горно - металлургический институт. № 2331562; заявл. 09.06 1976, опублик. 15.03. 1979, Бюл. №11. 3 с.

12. Ягунов А.В. Новый способ измельчения руд // Горный журнал. 1976. №11. С.71-73.

13. А.с. № 710632 (СССР), МКИ В 02 С 13/00. Мельница динамического самоизмельчения «МАЯ»/ Ягунов А. В.; заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт, заявка № 2325134; заявл. 17.02. 1976, опублик. 25.01.1980, Бюл. №3. 4 с.

14. А. с.937002 Мельница динамического самоизмельчения "МАЯ"; Ягунов А.В. Заявка: 3003970, 13.11.1980. заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт. Опубликовано: 23.06.1982. Заявитель: Северо-Кавказский горно-металлургический институт.

15. Остановский А.А., Маслов Е.В. К определению производительности и удельных энергозатрат в вертикальной мельнице динамического самоизмельчения с силовым замкнутым контуром // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2015. № 3. С. 59–67.

Ostanovskiy A.A., Osipenko L.A., Chirskoy A.S., Martinenko I.A.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE KINEMATIC INCONSISTENCY OF BRANCHES OF A CLOSED LOOP ON THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF THE FINISHED PRODUCT IN MILLSDYNAMIC SELF-CRUSHING OF THE «MCAD» SYSTEM

The results of experimental studies of the dependence of the granulomeres composition of marl on the kinematic inconsistency of branches of a closed contour in a vertical mill of dynamic self-crushing of the "MCAD" system are presented. Graphic dependencies of this process are presented, a description is given of the features of the physical picture of the ongoing process

Key words: mill, energy efficiency, particle size distribution, fraction, kinematic mismatch, rotor, drum, material column, circulating power

Остановский Александр Аркадьевич, докторант, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг».

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета.

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты Ростовской области, ул. Шевченко, 147

E-mail: Ostanovskiy51@mail.ru

Осипенко Людмила Аркадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг».

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета.

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты Ростовской области, ул. Шевченко, 147

E-mail: aaanet@mail.ru

Чирской Александр Семёнович, кандидат технических наук, доцент.

Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ)
им. М. И. Платова

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты, Ростовская обл., пл. Ленина №1.

E-mail: alex.chir65@mail.ru

Мартыненко Игорь Андреевич, кандидат технических наук, доцент.

Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ)
им. М. И. Платова

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты, Ростовская обл., пл. Ленина №1.

E-mail: geomech1@yandex.ru

Минасова В.Е., аспирант, вед. инж.,
Любимый Н.С., аспирант,
Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ШЛИФОВАНИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СМЫКАНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ПРЕСС-ФОРМ

vika314tm@yandex.ru

В настоящее время для изготовления деталей, оснастки и ремонта машиностроительные предприятия все чаще применяют композиционные материалы, например, металлополимеры. Исследования показали, что использование металлополимера в качестве материала формообразующей детали пресс-формы значительно снижает стоимость оснастки для литья пластика. В статье рассмотрены вопросы, связанные с оптимизацией параметров шлифования металлополимерной поверхности изделия. Авторами дан анализ методов параметрической оптимизации. Целью работы является решение задачи назначения режимов резания при шлифовании металлополимерной поверхности смыкания формообразующих деталей пресс-форм.

Ключевые слова: оптимизация, шлифование, металлополимер, метод, параметр, себестоимость.

Одной из основных задач при механической обработке является оптимизация режимов резания. При обработке металлов оптимизация параметров достаточно изучена, однако при обработке металлополимерных комбинированных металл-металлополимерных поверхностей таких исследований не проводилось [1]. Обеспечение шероховатости при условии минимальных временных затрат в условиях реального производства возможно при назначении соответствующих режимов обработки.

Критерий минимальной технологической себестоимости выполнения операции шлифования, критерий максимальной производительности, обеспечивающий наименьшие затраты времени на обработку и критерий точности обработки и параметров качества поверхностного слоя принимают в качестве целевой функции оптимизации [2]. Критерии максимальной производительности и минимальной себестоимости получили широкое использование в практике при расчетах оптимальных режимов резания [3, 4].

Уменьшение себестоимости и сокращение времени изготовления является основным фактором при производстве формообразующей пресс-формы [5], также опираясь на рекомендации В.Ф. Безъязычного [6] – критерием оптимизации становится минимальная технологическая себестоимость выполнения операций. Согласно рекомендациям [7] определение оптимальных режимов резания проводят путем многоуровневой оптимизации.

Авторами проводился эксперимент по шлифованию поверхностей смыкания металлополимерных формообразующих. При проведении планового эксперимента были получены значения, на основании которых была математическая модель шероховатости металлополимерной поверхности полученной шлифованием. Согласно этому для решения системы найдены все необходимые ограничения, что позволяет приступить к оптимизации [8]. Система уравнений, полученная по результатам эксперимента, выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} B_c \cdot \left(\frac{L}{S_{пр}} + \frac{S_{р.х.}}{V_{поп}} \right) \cdot \frac{\Delta}{t} \cdot \left(\text{int} \left(\frac{B_{ш}}{B_k - \delta} \right) + 1 \right) \Rightarrow \min \\ 0,01 \leq t \leq 0,1 \\ 9 \leq S_{пр} \leq 40 \\ Ra^{\text{доп}} \leq e^{3.3766 - 0.0773 \cdot \ln(S_{пр}) + 1.0992 \cdot \ln(t) + 0.2168 \cdot \ln(S_{пр}) \cdot \ln(t)} \\ V_{кр} = \text{const} \end{array} \right.$$

где B_c – полная себестоимость одной минуты станка и станочника, руб.; $S_{пр}$ – подача стола в продольном направлении, мм/мин.; $S_{р.х.}$ – длина

рабочего хода $S_{р.х.} = B_k - \delta$, мм.; δ – величина перекрытия круга, мм; B_k – ширина круга, мм; $V_{поп}$ – скорость перемещения заготовки в поперечном направлении, мм/мин.; Δ – припуск, мм.;

t – глубина резания, мм; $B_{ш}$ – ширина шлифования, мм; $V_{кр}$ – скорость круга, м/мин.

Следует отметить, что модель шероховатости была получена при использовании шлифовального круга шириной 40мм, абразивный материал – электрокорунд белый марки 25А, скорость круга 35м/с [9].

От выбранного метода оптимизации параметров процесса механического съема припуска зависит точность получаемых результатов и скорость выполнения вычислений, поэтому предварительно, стоит выполнить краткий анализ основных характеристик, используемых металлообработке, методов оптимизации.

Не требующие больших ресурсов ЭВМ симплекс методы линейного программирования имеет существенный недостаток: пересчет всех коэффициентов и свободных членов полной системы уравнений, обусловленный тем, что формулы симплекс-метода предусматривают вычисление всех искомых коэффициентов на i -м шаге по данным k -го шага; оптимальный план, найденный обычным симплекс-методом, как правило, не является целочисленным. Разработаны более эффективные алгоритмы, в отличие от обычного симплекс-метода. Система неравенств, решаемая симплекс-методом дает лишь приближенное решение. Качество получаемого решения зависит правильности подбора коэффициентов и разумно составленных ограничений.

Для решения системы уравнений, описывающих рассматриваемый процесс симплекс-методом [7], совместно решаются все возможные пары неравенств. Любое из ограничений описывает линию на плоскости. Параллельное решение системы из двух таких уравнений дает точку пересечения этих двух линий, следовательно, получают точки всех вершин области оптимальных решений. Из полученного множества точек, удовлетворяющих всем ограничениям выбирается точка, которая соответствует минимуму целевой функции.

Численные методы решения с помощью градиента, сводящиеся к нахождению экстремума функции, называемые градиентными методами, широко применяют при решении задач оптимизации.

Градиентные методы оптимизации отличаются глобальной сходимостью и относительной простотой вычислений, т.е. слабыми требованиями к исходным данным, точка X_0 может быть далека от X_{opt} , а так же слабые требования к $f(x)$ нужна только $f'(x)$, но имеют медленную скорость сходимости [10].

Метод штрафных функций относят к группе непрямых методов решения задач нелинейного

программирования. Он преобразует задачу с ограничениями в последовательность задач безусловной оптимизации некоторых вспомогательных функций. Путем преобразования целевой функции с помощью функций-ограничений получают вспомогательные функции, чтобы в явном виде ограничения не фигурировали, в свою очередь, обеспечивая возможность применения методов безусловной оптимизации [4].

Метод штрафных функций отличается тем, что задача безусловной оптимизации решается в том же пространстве что и исходная. Штрафная функция не является существенно сложнее функции, а также задача сводится к задаче безусловной оптимизации и метод может использоваться для задач смешанного типа. К недостаткам этого метода можно отнести то, что задачу необходимо решать многократно при разных штрафных коэффициентах и решением задачи всегда будет точка, не принадлежащая области допустимых решений задачи, если решение исходной задачи находится на границе допустимой области [6].

Метод деформируемого многогранника или метод Нелдера–Мида [11] является методом безусловной оптимизации функции от нескольких переменных, не использующий производной (градиентов) функции и поэтому легко применим к негладким функциям.

К достоинствам метода можно отнести простоту, которая обуславливается малым набором заранее установленных параметров, простоту плана поиска, вычисление только значений функции и небольшой объем требуемой памяти. Но метод работает эффективно при $N \leq 6$, а алгоритм основан на циклическом движении по координатам, что может привести к вырождению алгоритма в бесконечную последовательность исследующих поисков без поиска по образцу.

Существует метод с использованием формы Бернштейна [12, 13] или полиномиальный подход Бернштейна, при записи многочлена в базе Бернштейна область полинома становится ограниченной значениями минимального и максимального коэффициентов Бернштейна, а используя свойства многочленов Бернштейна, можно получить тесные включения для области значений полинома на данной области [14].

Основная особенность этого подхода к вычислениям диапазона – границы на глобальных оптимумах гарантированы. Подход Бернштейна не требует первоначальных предположений для начала оптимизации, а только поле начального поиска, ограничивающего интересующую область. Если присутствуют множественные решения, то гарантируется получение всех реше-

ний. Без предварительного знания неподвижных точек глобальный оптимум может быть найден с заданной точностью, с учетом точности машины. Подход Бернштейна имеет дополнительное преимущество, заключающееся в отсутствии необходимости сброса каких-либо значений параметра настройки или каких-либо «релаксаций».

Графическим методом или методом дискретного программирования так же может решаться система уравнений, описывающая рассматриваемый процесс [5]. Этот метод применим только при сведении нелинейной задачи к линейной за счет линеаризации целевой функции и ограничений. Для этого логарифмируют правые и левые части целевой функции и ограничений, затем определяют область допустимых решений (область поиска оптимального решения) образованную линиями ограничений, эти линии образуют многоугольник, одна из вершин которого и является оптимальным решением. При наличии большого числа ограничений область допустимых решений может иметь множество вершин, поэтому поиск оптимального решения производят с помощью градиентного метода или «нежесткого спуска» [4]. Определив координаты оптимального решения, необходимо

произвести раскодирование целевой функции и вычислить оптимальные параметры режимов резания.

Перед выполнением оптимизации следует проанализировать функции, входящие в систему уравнений оптимизации в виде графиков поверхностей функций себестоимости и шероховатости поверхности от f_s и t , которые представлены на показаны на (рис. 1) и (рис. 2).

На графиках (рис.1 и рис.2) видно, что целевая функция рассматриваемой системы оптимизации не имеет экстремумов, а диапазон регулирования режимов резания имеет ограничения, следовательно, поставленную задачу можно решить с использованием метода дискретного программирования.

Этот метод заключается в переборе всех возможных комбинаций пар f_s и t из массивов $[f_s]$ и $[t]$. Оптимальной признается такая пара f_s и t , которая удовлетворяет всем ограничениям и дает минимальное значение целевой функции $C_{tex}(f_s, t) = \min$. Для перебора возможных комбинаций пар авторами используется программный комплекс scilab 5.5.2 [15]. Текст программы поиска оптимальных режимов шлифования приведен на рис. 3.

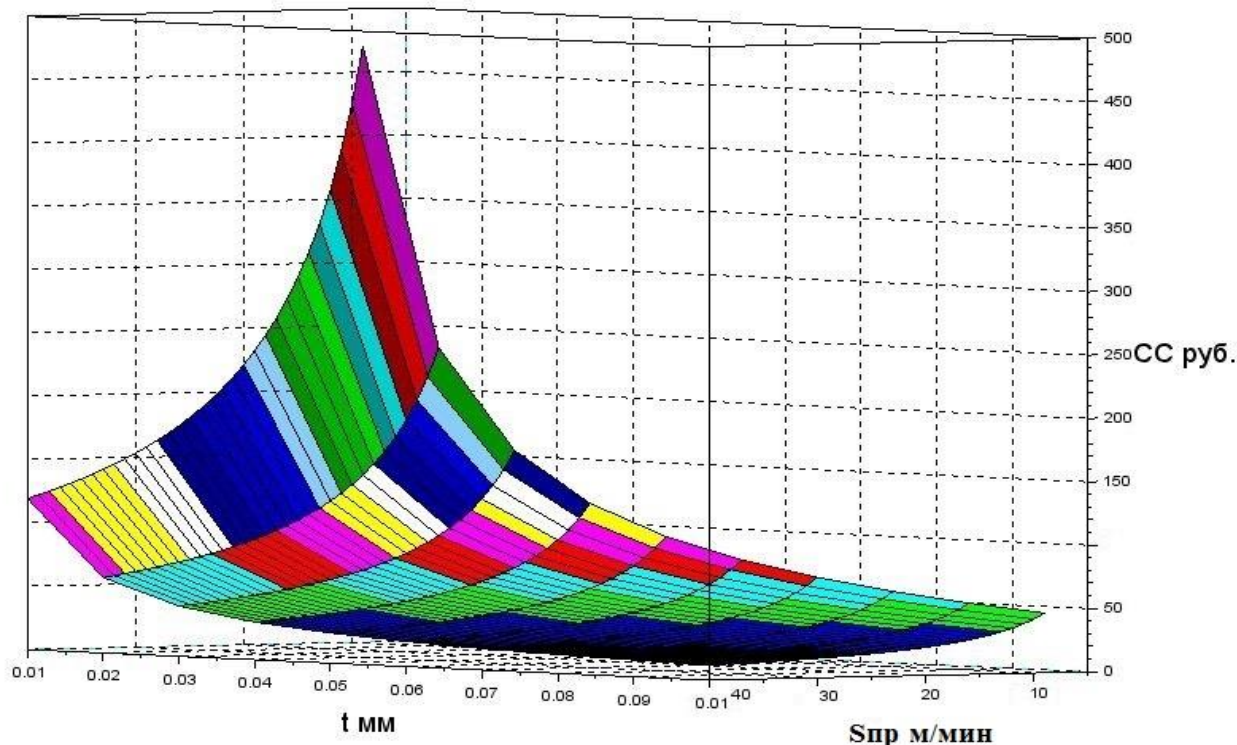


Рис. 1. Зависимость себестоимости операции шлифования от режимов резания

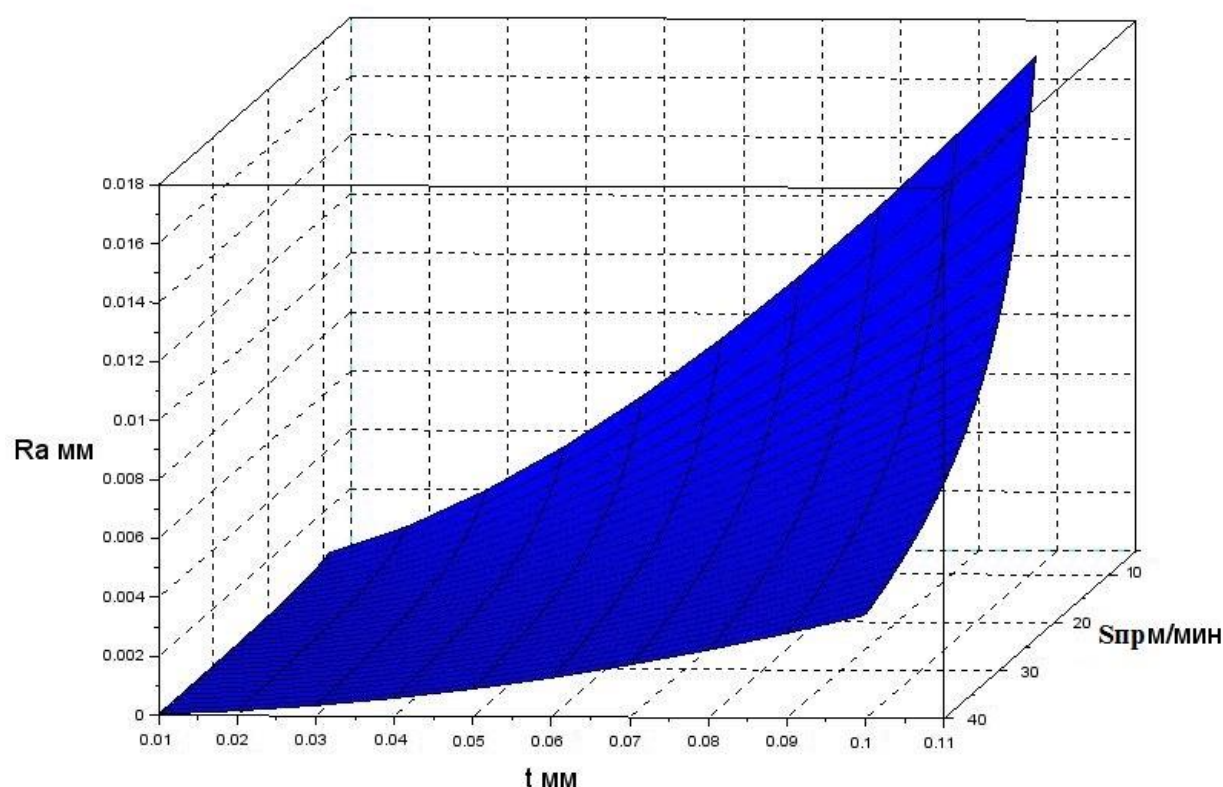


Рис. 2. Зависимость функции шероховатости при шлифовании от режимов резания

```

1 Bs=6.8; L=0.2;Bk=0.04;d=0.002;Bsh=0.08;D=1;Vpop=45;
2 X=9:1:40;
3 Y=0.01:0.01:0.1
4 for i=1:size(X,2);
5     for j=1:size(Y,2);
6         CC(i,j)=Bs*(L/X(i)+(Bk-d)/Vpop)*D/Y(j)*int(Bsh/(Bk-d)+1);
7     end
8     if i==1 & j==1 then
9         CC_o=CC(i,j)
10        elseif exp(3.3766-0.0773*log(X(i))+1.0992*log(Y(j))+0.2168*log(X(i))*log(Y(j)))<=0.0008 then
11            if CC(i,j)<CC_o then
12                CC_o=CC(i,j)
13                Ra=exp(3.3766-0.0773*log(X(i))+1.0992*log(Y(j))+0.2168*log(X(i))*log(Y(j)))
14            end
15            S_o=X(i)
16            t_o=Y(j)
17        end
18    end
19 end
20 end;
21 end
22 print(%io(2),CC_o,S_o,t_o,Ra)
23

```

Рис. 3. Текст программы оптимизации режимов шлифования металлополимера по критерию минимальной технологической себестоимости методом перебора

Значения расчетных режимов резания и минимальной технологической себестоимости приведены на (рис. 4).

```

Ra =
0.0006152
t_o =
0.04
S_o =
40.
CC_o =
47.056
-->

```

Рис. 4. Расчетные режимы резания и минимальная технологическая себестоимость

На основании результатов соотношений оптимальных значений [16] авторами построены номограммы шероховатости металлополимерной поверхности от параметров продольной подачи стола и глубины шлифования, для того чтобы расширить область решаемой задачи по назначению режимов шлифования обеспечивающих заданную шероховатость поверхности металлополимерных изделий (рис. 5).

Увеличение продольной подачи стола, как и уменьшение глубины резания при плоском шлифовании периферией круга ведет к уменьшению шероховатости поверхности, согласно (рис. 5).

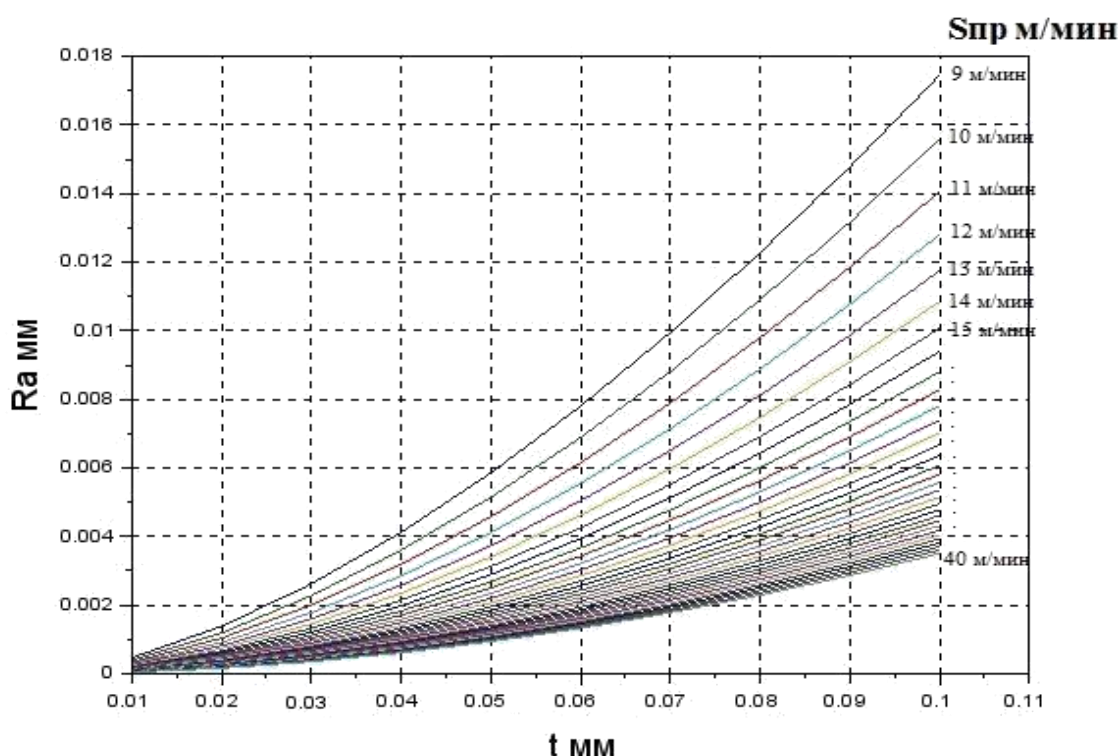


Рис. 5. Номограммы шероховатости металлополимерной поверхности

Традиционным средством решения задач является применение компьютера для итеративного поиска оптимальных значений f_s и t . Данный метод не требует дополнительных процедур для линеаризации, а в отличие от предыдущих методов, может находить оптимальные режимы резания и при переменных коэффициентах в формулах ограничений.

Таким образом, результаты исследования позволили выявить оптимальные режимы резания при шлифовании металлополимерной поверхности смыкания формообразующих деталей пресс-форм по критерию минимальной себестоимости. Полученные номограммы для назначенных режимов резания при шлифовании металлополимерных поверхностей имеют практиче-

скую ценность для проектирования процесса механической обработки металлополимеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 4. С. 86–90.
2. Махов А.А. Оптимизация в машиностроении. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов по дисциплине «АСТП». МГТУ «СТАНКИН», ЕТИ. Егорьевск, 2008. 48 с.

3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2013. 568 с.
4. Кроль О.С., Хмеловский Г.Л. Оптимизация и управление процессом резания: Учебное пособие. К: УМК ВО, 1991. 140 с.
5. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Изготовление формообразующих деталей персс-форм из композиционных материалов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. №6. С. 76–81
6. Безъязычный В.Ф., Аверьянов И.Н., Кордюков А.В. Расчет режимов резания. Учебное пособие. Рыбинск: РГАТА, 2009. 185 с.
7. Скуратов Д.Л., Трусков В.Н., Ласточкин Д.А. Оптимизация технологических процессов в машиностроении: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. 87 с.
8. Грубый С.В. Методы оптимизации режимных параметров лезвийной обработки: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 96 с.
9. Любимый Н.С., Чепчуров М.С., Аверченкова Е.Э. Обеспечение требуемой шероховатости поверхности изделий из металлополимера наполненного алюминием при обработке шлифованием // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 162–169.
10. Безъязычный В.Ф., Кожина Т. Д., Константинов А. В., Непомилуев В. В. Оптимизация технологических условий механической обработки деталей авиационных двигателей. Москва: Изд-во МАИ, 1993. 182 с.
11. Nelder J.A., Mead R. A simplex method for function minimization // Comp. J. 1964. V. 7. № 4. P. 308.
12. Nataraj P.S.V., Arounassalame M. A new subdivision algorithm for the Bernstein polynomial approach to global optimization // International Journal of Automation and Computing 4 (4). 342–352.
13. Nataraj P.S.V., Arounassalame M. A new subdivision algorithm for the Bernstein polynomial approach to global optimization // International Journal of Automation and Computing. 4 (4). 342–352.
14. Gupta A., Bhartiya S., Nataraj P.S.V. A novel approach to multiparametric quadratic programming // Automatica. 47 (9). 2112–2117
15. Андриевский А.Б., Андриевский Б.Р., Капитонов А.А., Фрадков А.Л. Решение инженерных задач в SCILAB. Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2013. 97 с.
16. https://atoms.scilab.org/toolboxes/Global_Optim_toolbox [Электронный ресурс].

Minasova V.E., Lubimyi N.S., Chepchurov M.S.

OPTIMIZATION OF GRINDING PARAMETERS OF METAL-POLYMER SURFACE OF CLAMPING OF MOULDS' SHAPE-FORMING PARTS

Nowadays machine building companies frequently use composite materials such as metal-polymers for production of parts, for equipment and repair. The research has shown that the use of a metal-polymer as a material of a shape-forming part of a mould can significantly reduce production cost of the equipment for plastic injection. The paper reviews issues connected with optimization of grinding parameters of metal-polymer surface of a product. The authors have presented an analysis of parametric optimization methods. The purpose of the work is to solve a problem of cutting modes setting at the grinding process of metal-polymer surface of clamping of moulds' shape-forming parts.

Key words: optimization, grinding, metal-polymer, method, parameter, production cost.

Минасова Виктория Евгеньевна, аспирант, ведущий инженер кафедры технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: vika314TM@yandex.ru

Любимый Николай Сергеевич, аспирант кафедры технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: pershin26@yandex.ru

Чепчуров Михаил Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: avtpost@mail.ru

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ НА ВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ПОДАЧАХ

ivanbond85@rambler.ru

Повышение производительности фрезерной обработки, является актуальной задачей и важным направлением исследований в машиностроении. Одним из подходов, направленных на решение данного вопроса, является применение высокопроизводительного инструмента, работающего в диапазоне высоких и сверхвысоких подач. Такие условия работы станков и инструмента устанавливают серьезные требования к параметрам режима обработки, определяющим из которых является сила резания. В данной работе представлен обзор некоторых основных подходов, применяемых для определения силы резания при фрезеровании, отмечены их преимущества и недостатки. Отмечена разоблаченность данных, использующихся при расчете силы резания, представленных в справочных источниках технической информации. На основании рассмотренных методик произведен ориентировочный расчет силы резания, с последующим кратким сопоставительным анализом полученных результатов. Дана оценка возможности применения рассмотренных методик при расчете режимов высокопроизводительного фрезерования.

Ключевые слова: фрезерование, высокие и сверхвысокие подачи, сила резания, сравнительная оценка, анализ результатов.

Фрезерование на высоких и сверхвысоких подачах в настоящее время является одним из наиболее производительных и перспективных видов обработки, который нашел широкое применение при черновой или получистовой обработке различных изделий.

Известен широкий ряд производителей инструмента для данного вида обработки (рис. 1), такие, как: Seco Tools, Sandvik Coromant, Hoffmann Group и др.

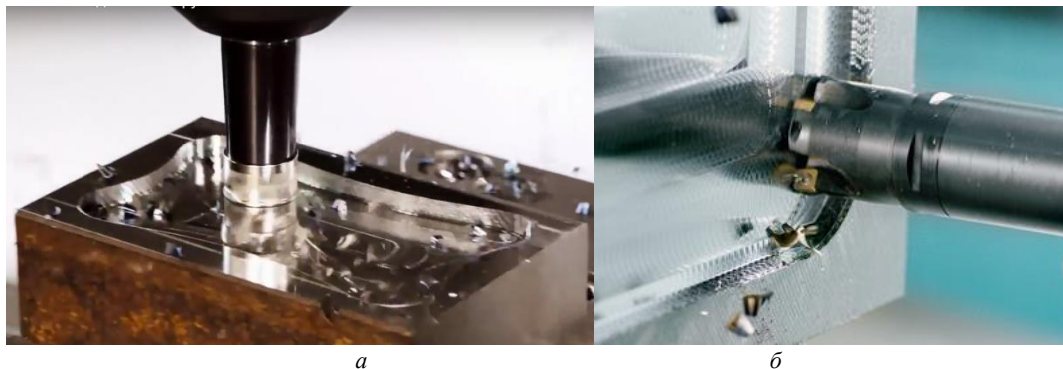


Рис. 1. Фрезы для работы на высоких подачах производителей:
а – Seco Tools; б – Sandvik Coromant

Анализ технических источников [7,8] показал, что данный инструмент получил широкое применение при обработке с высокими подачами на зуб от 0,3 до 1,4 мм/зуб, во многих случаях отношение $f_z/t \approx 0,75...1,5$. В случаях сверхвысоких подач величина f_z может достигать до 4 мм/зуб, при глубине резания до 2 мм.

Справедливо отметить, что такие тяжелые условия работы инструмента и всего оборудования требуют серьезного подхода к назначению режимов обработки, важнейшим параметром которых является сила резания. Данный параметр, прежде всего, определяет крутящий момент и мощность привода главного движения, а

также является одним из главных при прочностных расчетах инструмента и оборудования.

На данный момент существует несколько основных подходов определения силы резания при различных видах обработки и фрезерования, в частности.

Так в работе [1] предложено силу резания оценивать с помощью следующей простой зависимости:

$$P_z = p_0 \cdot A, \quad (1)$$

в которой p_0 – удельное давление на лезвие фрезы, определяемое как:

$$p_0 = K_p \cdot \sigma_p,$$

где K_p – коэффициент резания, находящийся в пределах 2,3...2,8; σ_p – прочность обрабатываемого материала на растяжение; A – площадь поперечного сечения срезаемого слоя.

Достаточно известной является эмпирическая зависимость для расчета тангенциальной составляющей силы фрезерования [4], представленная в виде:

$$P_z = \frac{C_p t^x s_z^y B^u z_p^w K_p}{d^q n^w}, \quad (2)$$

где C_p – коэффициент, характеризующий условия обработки; t – глубина резания, мм; s_z – подача на зуб, мм/зуб; B – ширина фрезерования; z_p – число зубьев фрезы, находящихся в работе; K_p – общий поправочный коэффициент, представляющий собой произведение коэффициентов, отражающих состояние отдельных параметров, влияющих на значения силы резания; d – диаметр фрезы по наиболее удаленной от оси вращения точке режущей кромки, мм; n – частота вращения фрезы, мин⁻¹; x, y, u, q, w – справочные коэффициенты.

Известна методика, предложенная Кинцле [5], согласно которой, сила резания может быть определена из выражения:

$$P_z = k_{c1.1} \cdot a \cdot h^{(1-m_c)}, \quad (3)$$

где $k_{c1.1}$ – доля главной составляющей силы резания приходящейся на участок поперечного сечения стружки размером 1×1 мм; a и h – ширина и толщина снимаемой стружки соответственно; m_c – коэффициент, учитывающий изменение удельной силы резания от толщины стружки, для сталей равный 0,26 [8].

Следует отметить работы, посвященные определению силы резания, как например [2,3],

результаты которых могут найти использование в процессе высокопроизводительного фрезерования. Однако изучение данных работ показало, что методики, изложенные в них, имеют, по нашему мнению, большую научную и теоретическую ценность, нежели практическую, так как включают в себя большой набор физических параметров и характеристик, которые трудно учесть в производственных условиях.

Из рассмотренных нами расчетных методик выражение (1) можно отнести к методу приближенной оценки величины силы резания [1], а область применения выражения (2) сужена за счет использования эмпирических данных, полученных при определенных условиях проведения опытов. Кроме того, подход (2) имеет значимый недостаток, который заключается в том, что при вычислении силы резания возникает неудобство, связанное с большой громоздкостью расчета, обусловленное использованием достаточно большого числа справочных данных, необходимостью предварительного расчета скорости резания, частоты вращения и определения различных поправочных коэффициентов.

При рассмотрении выражения (3) возникают вопросы к корректности величин, входящих в него, как, например, удельной силы резания, определяемой по [10]. В данном источнике представлены величины удельных сил резания для различных групп сталей. При этом для каждой отдельной группы принимается одна величина удельной силы резания, несмотря на то, что в ней могут находиться стали с различным содержанием углерода, а, следовательно, и со значимыми расхождениями физико-механических характеристик. Пример представления данных для определения удельной силы резания по [10] представлен в табл. 1.

Таблица 1

Материалы групп SECO

Материал заготовок	$R_m(N/mm^2)$	$k_{c1.1}(N/mm^2)$	m_c
Конструкционные стали. Обычные углеродистые стали с содержанием углерода от малого до среднего (<0,5 %С)	450 <550	1500	0,25

Для представленной группы материалов расхождение между величиной верхнего граничного значения R_m (прочность при растяжении) и нижнего составляет 22 %, что также косвенно говорит о расхождении и остальных прочностных характеристик сталей, входящих в эту группу, а, следовательно, и о некорректности присвоения величины удельной силы резания всей группе материалов.

Для проведения ориентировочного расчета, с помощью представленных выше методик, были выбраны следующие данные: материал – сталь 45 (соответствует С45 по [8]), глубина резания $t = 0,6$ мм, при вариации подачи на зуб f_z в пределах 0,3...0,5 мм. При этом схема резания для простоты вычислений предусматривалась для прямоугольной режущей пластины (рис. 2), с передним углом $\gamma = 0^\circ$ и углом в плане $\phi = 90^\circ$.

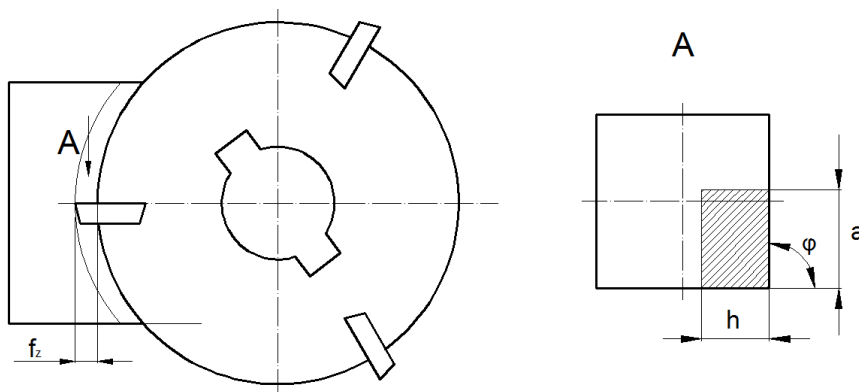


Рис.2. К определению геометрических параметров сечения стружки

Величина силы резания определялась для момента, когда толщина стружки достигала максимального значения, т.е. когда $h = f_z$, а также

с учетом того, что для принятой геометрии режущей пластины глубина резания $t = a$. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты ориентировочного расчета силы резания

Механические свойства обрабатываемого материала и другие расчетные данные	Глубина резания t , мм; подача на зуб f_z , мм/зуб.	Значение силы резания, Н; полученное по		
		(1)	(2)	(3)
$\sigma_p = 750 \text{ МПа}$, $K_p \approx 2,55$, $C_p = 825$, $B = 20 \text{ мм}$, $z_p = 1$, $K_p = 1,2$, $d = 30 \text{ мм}$, $n = 1000 \text{ об/мин}$, $m_c = 0,26$, $k_{c1.1} = 1680 \text{ Н/мм}^2$	$t = 0,6$, $f_z = 0,3$	344,3	305,7	413,5
	$t = 0,6$, $f_z = 0,4$	459	379,3	511,7
	$t = 0,6$, $f_z = 0,5$	573,8	448,2	603,5

При выполнении сравнительной оценки за критерий соответствия было условно принято выражение, определяющее силу резания по методу Кинцле. Соответствие полученных результатов оценивалось через величину относительного расхождения

$$k_p = \frac{|P_{zk} - P_z|}{P_{zk}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где P_{zk} – расчетное значение силы резания по Кинцле; P_z – значение силы резания, рассчитанное по остальным методикам. Выбор данного метода в качестве оценочного был продиктован его широкой применимостью ведущими производителями инструмента [7, 8, 10] для расчета силы резания в процессе фрезерования.

Анализ расчетных данных показывает, что величина силы резания, рассчитанная по (2), занижена, по отношению к величинам, определенным по (1) и (3). Силы резания, рассчитанные же по (1) и (3), достаточно хорошо согласуются между собой, и величина расхождения между полученными результатами составляет 5–17 %. Сравнение с результатами, полученными по (2), дает расхождение в 26 %. О более значи-

тельном несоответствии результатов, полученных по (2), к реальной картине можно прийти, опираясь на экспериментальные исследования, представленные в работе Боброва [6]. Так величина силы резания при механической обработке стали 40 (близкой по свойствам к стали 45), при $f_z = 0,285 \text{ мм/зуб}$ и $t = 4 \text{ мм}$, составляет порядка 2500 Н при скорости резания, для наших расчетных данных, 94 м/мин (рис. 3).

Уменьшив площадь сечения снимаемого слоя, за счет уменьшения глубины резания в 6,67, до $t = 0,6 \text{ мм}$, с последующим пропорциональным уменьшением силы резания, получаем значение 375 Н. Этот ориентировочный результат также более согласован с результатами, полученными по (1) и (3) (при $t = 0,6$ и $f_z = 0,3$), и более значимо отличается от результата по (2).

Отсюда можно сделать выводы, что методика, предложенная Кинцле, более отвечает реальным результатам, а также обладает рядом преимуществ, а именно: малым количеством справочных величин, позволяет в достаточно простой форме учитывать параметры режима резания: a (ширина стружки/глубина резания) и h (толщина стружки/подача). Если рассматривать выражение (1), то, как ска-

зано выше, оно используется, лишь для приближенных вычислений [1], и это скорее всего

объясняется достаточно широким ориентировочным диапазоном значений величины K_p .

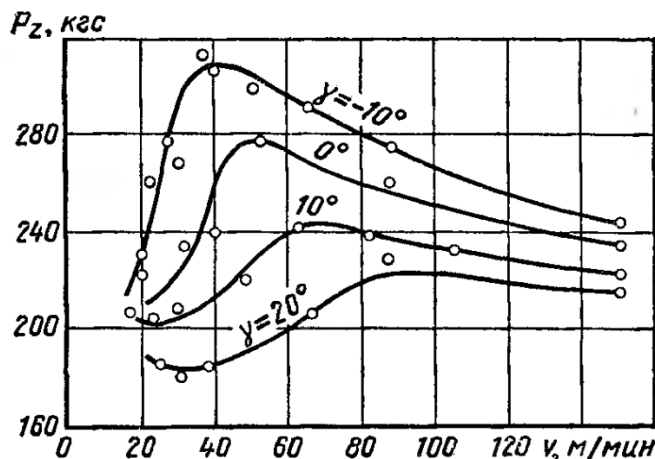


Рис. 3. Результаты обработки экспериментальных данных, представленные в работе В.Ф. Боброва

Вместе с тем, несмотря на представленные преимущества, методика Кинцле не лишена недостатков в плане определения параметра, характеризующего физико-механические свойства обрабатываемого материала $k_{c1.1}$, что также отмечалось в обзоре. Так, в существующих источниках, для различных материалов, могут быть выбраны достаточно значимо отличающиеся величины этого параметра. Так для стали 45, в [10] можно зафиксировать $k_{c1.1} = 1500 \text{ Н/мм}^2$, а в [9] $k_{c1.1} = 1700 \dots 1820 \text{ Н/мм}^2$, и этот факт также затрудняет практическое применение данной методики.

Учитывая все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что проведение научных поисковых, теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку методики расчета силы резания, обладающей высокой аналитичностью, информативностью, а также учитывающей лишь самые основные параметры режима фрезерования и легко определяемые физико-механические характеристики обрабатываемого материала, остается открытым и актуальным вопросом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: учеб. Для студентов. М.: Высш. шк., 1985. 304 с.
2. Максимов Ю.В. Оленин Л.Д., Шапаровская М.А. Сопоставительный анализ методов расчета процесса резания // Известия МГТУ «МАМИ». 2011. № 1(11). С. 159–169.
3. Ярославцев В. М. Новое о процессе резания [Электронный ресурс] // Наука и образование: электр. науч. изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2011. №7. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/novoe-o-protsesse-rezaniya>. – (дата обращения: 25.05.17).

4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., исправл. М.: Машиностроение 1, 2003. 944 с.

5. Справочник по технологии резания материалов: в 2 кн. Кн. 1 / ред. нем. изд.: Г. Шпур, Т. Штеферле; пер. с нем. В.Ф. Котельникова и др.; под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1985. 616 с.

6. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение, 1975. 344 с

7. Торцевое фрезерование. Высокопроизводительное фрезерование [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/application_overview/face_milling/high_feed_milling. – (дата обращения: 18.04.17).

8. GARANT. Справочник по обработке резанием [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib-bkm.ru/load/21-1-0-1452>. – (дата обращения: 18.04.17).

9. Обрабатываемые материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sandvik.coromant.com/ruru/knowledge/materials/workpiece_materials/iso_p_steel/pages/default.aspx. – (дата обращения: 18.04.17).

10. Таблицы соответствия материалов по ГОСТ материалам стандартов DIN и AISI их принадлежность к группам материалов по классификации SECO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://instrumentinvest.com/2012/%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BF%D1%8B%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%20seco.pdf>. – (дата обращения: 18.04.17).

Bobdarenko I.R.**APPRAISAL OF SOME METHODS TO DEFINE THE CUTTING FORCE IN HIGH AND EXTRA HIGH FEEDING MILLING**

Increase of milling productivity is actual and important problem in mechanical engineering. One of the methods to solve this problem is the application of efficient tools working in the range of high and extra high feedings. Such conditions of machines and tools requires processing parameters. The most important parameter of them is the cutting force. Review of some main methods to define the cutting force is given in the article. The dispersion of calculation data, given in the technical data books, was found out. On the basis of the reviewed methods calculation of the cutting force and further analysis of the results were carried out. Appraisal of application possibility of these methods is given in the article.

Key words: *milling, high and extra high feeding, cutting force, appraisal, analysis of the results.*

Бондаренко Иван Русланович, кандидат технических наук, старший преподаватель.

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

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

E-mail:ivanbond85@rambler.ru

Горлов А.С., канд. техн. наук, доц.,
Петрашев В.И., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОФАЗНОЙ ЗАДАЧИ О ВЫСЫХАНИИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ БОЛЬШИХ ЗНАЧЕНИЯХ ВРЕМЕНИ

petrashev_v@mail.ru

В статье на основе классической задачи Стефана предложена математическая модель высыхания материалов с неискривлённой поверхностью и получено асимптотическое решение однофазной задачи при больших значениях времени высыхания.

Ключевые слова: температура, задача Стефана, теплота парообразования, удельная теплоёмкость, слой высохшего материала.

Введение. В таких отраслях промышленности как производство цемента, деревообработка, химическая промышленность и другие применяются процессы сушки материала. Управление такими процессами включает в себя расчёты их продолжительности, затрат тепловой и электрической энергии и, как следствие, себестоимости и рентабельности. Эти расчёты часто требуют оценки количества высохшего материала в зави-

симости от времени сушки, температурного режима, влажности материала или, наоборот, временных затрат для достижения нужного количества высохшего материала. Предлагаются формулы для таких оценок и способы их применения.

Физическая модель процесса. Рассмотрим сначала физическую модель процесса сушки – основу математической модели.

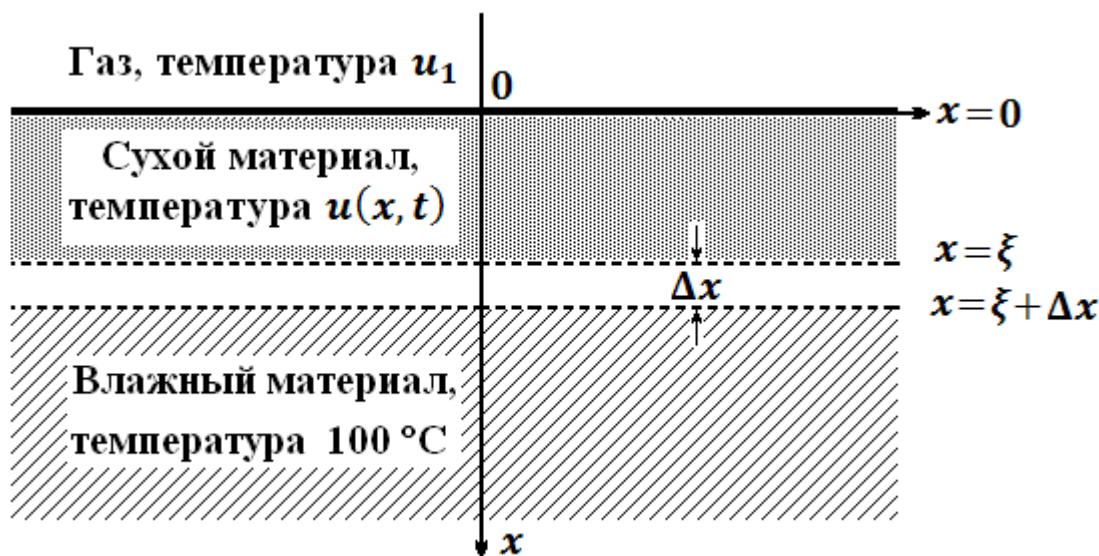


Рис. 1. К постановке задачи для неискривлённой поверхности

Процесс сушки будем рассматривать с того момента, когда интенсивное испарение воды с поверхности материала прекратилось, а в пар превращается только жидкость, находящаяся внутри материала в «защемлённом» состоянии. На поверхности $x = \xi$ температура сухого материала $U(\xi; t)$ равна температуре фазового перехода 100°C . Эта поверхность движется внутрь материала по мере поглощения им тепла (теплота парообразования). В начальный момент времени будем считать весь материал с неискривлённой поверхностью $x = 0$ нагретым до 100°C (то есть $\xi(0) = 0$).

За время Δt фазовая поверхность (плоскость $\xi(t)$) переместится на расстояние $\Delta \xi$. При этом в пар превратится масса $\alpha \rho_v \Delta \xi$, где ρ_v – плотность воды, $0 < \alpha < 1$ – влажность материала, и поглотится количество тепла $\alpha r \rho_v \Delta \xi$, где r – удельная теплота парообразования воды. Для выполнения теплового баланса при $x = \xi$ должно выполняться условие Стефана:

$$-K \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=\xi} \cdot \Delta t = \alpha r \rho_v \Delta \xi,$$

где K – коэффициент теплопроводности сухого материала. На границе газ-материал ($x = 0$) выполняется условие теплообмена:

$$-K \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = h(U_1 - U|_{x=0}),$$

где h – коэффициент теплообмена.

Математическая модель. Обозначив для краткости $\frac{h}{K} = \delta$, $\frac{K}{\alpha r \rho_m} = \gamma$, $\Delta U = U_1 - 100$, и записав условие Стефана в виде $\xi' = -\gamma \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=\xi}$ [1], получим математическую модель высыхания материала с неискривлённой поверхностью:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad 0 \leq x \leq \xi, \quad t \geq 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = \delta(U|_{x=0} - U_1), \quad t \geq 0; \quad (2)$$

$$\xi_1(t) = \gamma \delta \Delta u t - \left(\gamma^2 \delta^3 \Delta u^2 + \frac{1}{a^2} \gamma^3 \delta^3 \Delta u^3 \right) \frac{t^2}{2!} + \left(3\gamma^3 \delta^5 \Delta u^3 + \frac{8}{a^2} \gamma^4 \delta^5 \Delta u^4 + \frac{5}{a^4} \gamma^5 \delta^5 \Delta u^5 \right) \frac{t^3}{3!} - \dots \quad (6)$$

Отсюда можно получить представление о ходе процесса сушки, но только лишь в его начале. Для оценок $\xi(t)$ за длительные промежутки времени потребовалась бы трудоёмкая работа по вычислению других слагаемых в (6) при неизвестном интервале сходимости этого ряда.

Верхнюю границу для $\xi(t)$ при длительном процессе сушки можно получить, рассмотрев идеальный материал с нулевой удельной теплоёмкостью c , не поглощающий тепло. В этом случае $a^2 = \frac{K}{c \rho_m} \rightarrow \infty$, а (1) принимает вид: $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$. Отсюда $u(x, t) = x\varphi(t) + \psi(t)$. Согласно (2) и (3) определяем произвольные функции $\varphi(t)$ и $\psi(t)$, а затем решаем задачу Коши (4) и (5), получаем

$$\xi_2 = \sqrt{\frac{1}{\delta^2} + 2\gamma \Delta u t} - \frac{1}{\delta}$$

или, после умножения и деления на сопряжённое выражение

$$\xi_2 = \frac{2\gamma \delta \Delta u t}{\sqrt{1 + 2\gamma \delta^2 \Delta u t + 1}}. \quad (7)$$

Так как всё тепло в идеальном материале идёт только на испарение, то $\xi(t) < \xi_2(t)$, $t > 0$. Из (7), в частности, следует, что даже для идеального материала при данных условиях скорость роста слоя высохшего материала $\xi_2'(t) = \frac{\gamma \Delta u}{\sqrt{\frac{1}{\delta^2} + 2\gamma \Delta u t}}$ стремится к нулю при $t \rightarrow \infty$, а, следовательно, $\xi'(t)$ тоже.

Далее рассмотрим реальный материал. Продифференцируем (3) по t :

$$\frac{d}{dt}(u(\xi(t); t)) = \frac{\partial u(\xi; t)}{\partial \xi} \cdot \xi' + \frac{\partial u(\xi; t)}{\partial t} = 0. \quad (8)$$

Записав (4) в виде $\xi' = -\gamma \frac{\partial u(\xi; t)}{\partial \xi}$ и подставив в (8), получим

$$U|_{x=\xi} = 100, \quad t \geq 0; \quad (3)$$

$$\xi' = -\gamma \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=\xi}, \quad t \geq 0; \quad (4)$$

$$\xi(0) = 0; \quad (5)$$

где $a^2 = \frac{K}{c \rho_m}$ – коэффициент температуропроводности сухого материала с удельной теплоёмкостью c и плотностью ρ_m .

Здесь искомой является зависимость размера слоя высохшего материала от времени $\xi(t)$. Эту зависимость можно получить в виде степенного ряда [2]:

$$\frac{\partial u(\xi; t)}{\partial t} = \gamma \left(\frac{\partial u(\xi; t)}{\partial \xi} \right)^2 \quad (9)$$

Так как при $x = \xi$ (1) имеет вид $\frac{\partial u(\xi; t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u(\xi; t)}{\partial \xi^2}$, то учитывая (9), получим

$$a^2 \frac{\partial^2 u(\xi; t)}{\partial \xi^2} = \gamma \left(\frac{\partial u(\xi; t)}{\partial \xi} \right)^2.$$

Считая t параметром, отсюда получаем дифференциальное уравнение второго порядка:

$$a^2 \frac{d^2 u}{d\xi^2} = \gamma \left(\frac{du}{d\xi} \right)^2.$$

Из него находим $\frac{du}{d\xi} = -\frac{1}{\frac{\gamma}{a^2}\xi + C}$. Заменяя здесь произвольную постоянную C произвольной функцией времени $C = \frac{1}{\lambda(t)}$, получим

$$\frac{du}{d\xi} = -\frac{1}{\frac{\gamma}{a^2}\xi + \frac{1}{\lambda(t)}} = -\frac{\lambda(t)}{\frac{\gamma}{a^2}\lambda(t)\xi + 1}. \quad (10)$$

Следовательно, в соответствии с (4)

$$\xi' = \frac{\gamma \lambda(t)}{\frac{\gamma}{a^2}\lambda(t)\xi + 1}. \quad (11)$$

Умножив обе части (11) на 2ξ , получим

$$(\xi^2)' = 2a^2 - \frac{2a^2}{\frac{\gamma}{a^2}\lambda(t)\xi + 1}. \quad (12)$$

Интегрируя по ξ уравнение (10), получим:

$$u(\xi; t) = -\frac{a^2}{\gamma} \ln \left(\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1 \right) + \psi(t), \quad (13)$$

где $\psi(t)$ – произвольная функция.

Эта функция зависит только от времени t и не зависит от ξ , а это возможно лишь при $x = 0$, то есть $\psi(t) = u(x, t)|_{x=0}$.

Из (13) в соответствии с (3) имеем:

$$-\frac{a^2}{\gamma} \ln \left(\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1 \right) + \psi(t) = 100,$$

отсюда

$$\psi(t) = 100 + \frac{a^2}{\gamma} \ln \left(\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1 \right) = u(x, t)|_{x=0}.$$

Но при достаточно большой продолжительности сушки температура поверхности высушенного материала $u(x, t)|_{x=0}$ возрастает и выравнивается с температурой газа u_1 . Таким образом,

$$u(x, t) = 100 + \frac{a^2}{\gamma} \ln \left(\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1 \right) \rightarrow u_1,$$

а потому возрастает и величина $\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1$, следовательно,

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{a^2}{\gamma} \ln \left(\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1 \right) = u_1 - 100 = \Delta u.$$

Отсюда

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left(\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1 \right) = e^{\frac{\gamma \Delta u}{a^2}}. \quad (14)$$

Интегрируя (12), получим

$$\xi^2 = 2a^2 t - 2a^2 \int_0^t \frac{dy}{\frac{\gamma}{a^2} \lambda(y) \xi + 1},$$

отсюда

$$\frac{\xi^2}{2a^2 t} = 1 - \frac{\int_0^t \frac{dy}{\frac{\gamma}{a^2} \lambda(y) \xi + 1}}{t}.$$

Переходя здесь к пределу при $t \rightarrow \infty$, учитывая, что в силу (14) интеграл расходится, по правилу Лопиталя имеем:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\xi^2}{2a^2 t} = 1 - \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{\gamma}{a^2} \lambda(t) \xi + 1} = 1 - e^{-\frac{\gamma \Delta u}{a^2}}.$$

Это значит, что при больших значениях t величина $\xi(t)$ асимптотически стремится к значениям

$$\xi_3(t) = \sqrt{2a^2 \left(1 - e^{-\frac{\gamma \Delta u}{a^2}} \right) t}, \quad (15)$$

оставаясь меньше их.

Для обеспечения большей точности расчётов дополним (15) ещё одной возможностью оценки $\xi(t)$. Для этого заметим, что из (12) с учётом (14) следует, что величина $1 - \frac{(\xi^2)'}{2a^2}$ монотонно убывает и ограничена. Тогда, выразив

из (11) $\frac{1}{\lambda(t)} = \frac{\gamma \left(1 - \frac{(\xi^2)'}{2a^2} \right)}{\xi'}$ и учитывая, что $\xi'(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$, получаем, что $\lambda(t)$, монотонно убывая, стремится к нулю при $t \rightarrow \infty$. Из (11), учитывая (5) и то, что из (6) следует $\xi'(0) = \gamma \delta \Delta u$, найдём $\lambda(0) = \delta \Delta u$ – максимальное значение $\lambda(t)$. Заменяя в (11) $\lambda(t)$ максимальным значением, получим

$$\xi_4' = \frac{\gamma \delta \Delta u}{\frac{\gamma}{a^2} \delta \Delta u \xi_4 + 1}.$$

Интегрируя это уравнение с начальным условием $\xi_4'(0) = 0$, получим

$$\xi_4(t) = \frac{2\gamma \delta \Delta u t}{\sqrt{1 + 2\gamma \delta^2 \Delta u t \frac{\gamma \Delta u}{a^2} + 1}}. \quad (16)$$

Очевидно, что истинное значение $\xi(t) < \xi_4(t)$. Сравнивая (7) и (16), заметим, что при $\frac{\gamma \Delta u}{a^2} = 1$ величины $\xi_2(t)$ и $\xi_4(t)$ совпадают, при $\frac{\gamma \Delta u}{a^2} > 1$ имеем $\xi_2(t) > \xi_4(t)$, а при $\frac{\gamma \Delta u}{a^2} < 1$ $\xi_2(t) < \xi_4(t)$. Представим графически полученные зависимости (для случая $\frac{\gamma \Delta u}{a^2} > 1$).

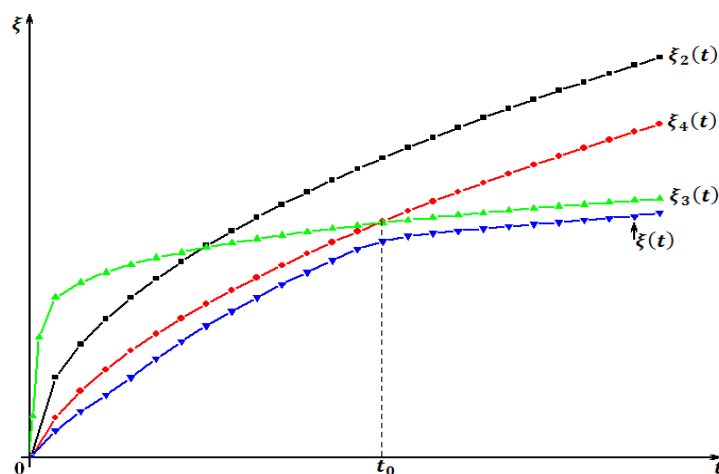


Рис. 2. К оценке $\xi(t)$

Выводы. Обозначим $\frac{\gamma \Delta u}{a^2} = \mu$, тогда при $\mu > 1$ имеем $\xi_4(t) < \xi_2(t)$, следовательно, истинное

значение $\xi(t)$ надо оценивать как $\xi(t) < \xi_4(t)$ при $t < t_0$ и как $\xi(t) < \xi_3(t)$ при $t > t_0$,

где $t_0 = \frac{2}{\gamma \Delta u \mu a^2} (e^{2\mu} - e^\mu)$ – корень уравнения $\xi_3(t) = \xi_4(t)$ (см. рис. 2).

При $\mu < 1$ имеем $\xi_2(t) < \xi_4(t)$, поэтому истинное значение $\xi(t)$ надо оценивать как $\xi(t) < \xi_2(t)$ при $t < t_1$ и как $\xi(t) < \xi_3(t)$ при $t > t_1$ где $t_1 = \frac{2(1-e^{-\mu})}{\delta^2 a^2 (\mu - 1 + e^{-\mu})^2}$ – корень уравнения $\xi_3(t) = \xi_2(t)$.

Полученные формулы для $\xi_2(t)$, $\xi_3(t)$, $\xi_4(t)$ удобны для практического применения при организации и расчёте технологических процессов сушки материалов в различных отраслях промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М: Изд-во МГУ, 2004. 798 с.
2. Петрашев В.И. Об оценке толщины высохшего слоя шлама в цементной печи // Известия вузов, «Строительство». 2000. № 10(502). С. 124–129.
3. Федоренко Б.З. Оценки теплотехнологических процессов в цепных завесах цементных печей / Математическое моделирование техно-

логических процессов в производстве строительных материалов и конструкций // Сб. научн. Трудов, Белгород: БелГТАСМ, 1998. С. 10–16.

4. Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов. М.: Химия, 1988. 352 с.
5. Рубинштейн Л.И. Проблема Стефана. Рига: Звайзгне, 1967. 458 с.
6. Мейрманов А.М. Задача Стефана. Новосибирск: Наука, 1986. 239 с.
7. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия, 1988. 352 с.
8. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твёрдых тел. М.: Высшая школа, 2001. 550 с.
9. Данилюк И.И. О задаче Стефана // Успехи математических наук. 1985. 40:5(245). С. 135–185.
10. Олейник О.А. Об одном методе решения общей задачи Стефана // Доклады АН СССР. 1960. № 5. С. 135.
11. Меламед В.Г. Сведения задачи Стефана к системе обыкновенных дифференциальных уравнений // Известия АН СССР, Серия: Геофизика. 1958. № 7.

Gorlov A.S., Petrashev V.I.

ASYMPTOTIC SOLUTION OF SINGLE-PHASE PROBLEM ABOUT DRYING OF MATERIALS AT HIGH VALUES OF TIME

In article mathematical drying model of materials with not curved surface is offered on the basis of the classical Stefan problem. Asymptotic solution of single-phase problem is obtained at high values of drying time.

Key words: temperature, Stefan problem, heat of vaporization, specific heat, layer of dried material.

Горлов Александр Семенович, кандидат технических наук, доцент.

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

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

E-mail: belgoras@mail.ru

Петрашев Владимир Иванович, старший преподаватель.

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

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

E-mail: petrashev_v@mail.ru

Irinochka1611@rambler.ru

Ключевые слова: металлополимер, пресс-форма, точность, размерная цепь, допуск, предельные отклонения.

ности получаемого изделия путем построения размерной цепи на примере детали «звездочка», определения составляющих и замыкающих звеньев этой цепи, расчета предельных отклонений замыкающего звена, а также допуска.

Деталь «звездочка» Z17 КО 3270.03.03.00.007 (рис. 1) получают в пресс-форме с металлополимерными формообразующими. В качестве материала изделия был выбран полипропилен как наиболее долговечный, экологичный и доступный по цене материал. В свою очередь технология изготовления металлополимерных формообразующих заключается в копировании мастер-модели в металлополимерной композиции и должна обеспечивать качество получаемого изделия. Для этого будет целесообразно построить технологическую размерную цепь, произвести расчет допуска, определить и рассчитать составляющие и замыкающие звенья.

Изготовление деталей в металлополимерных пресс-формах по методу, предлагаемому в работах [1, 2] в настоящее время мало исследованы.

Авторы предлагают следующий подход для решения проблемы обеспечения требуемой точ-

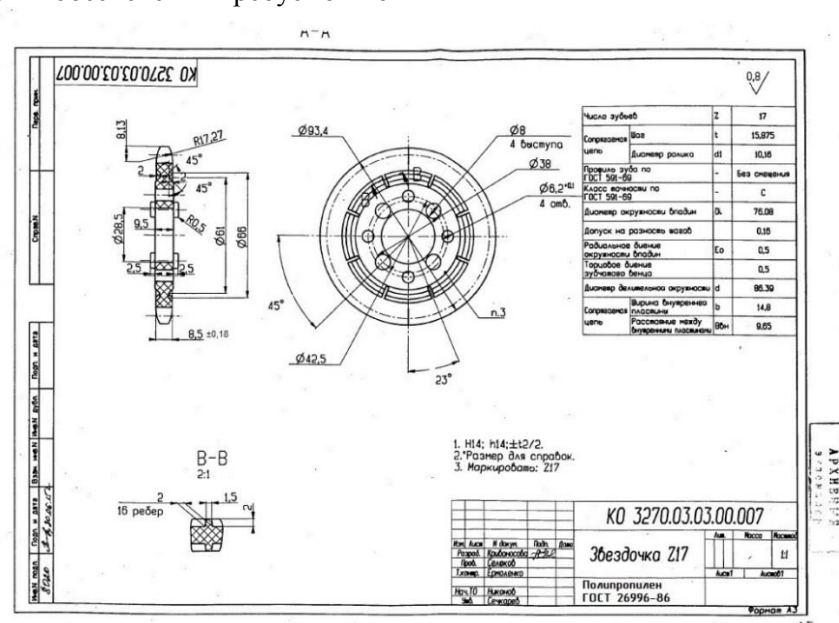


Рис. 1. Чертеж звездочки Z17 КО 3270.03.03.00.007

Проведем анализ детали звездочка Z17 КО 3270.03.03.00.007. Деталь представляет собой тело вращения и имеет осевое сквозное отверстие, являющееся основной конструкторской базой. Отверстие $\varnothing 28,5 \text{H}14$ мм служит для посадки на ось и является основной поверхностью. Точность отверстия выполняется по 14 квалитету [3].

Зубчатая поверхность является рабочей поверхностью и имеет шаг $t=15,875$ мм и число зубьев $z=17$. Она предназначена для передачи крутящего момента. Диаметр до поверхности вершин зубьев составляет $\varnothing 93,4 \text{h}14$. Высота зуба равняется 8,13 мм, а его ширина по основанию зубчатого венца $8,5 \pm 0,18$ мм. Радиус закругления зуба в поперечном сечении $R17,27$ мм.

На боковых поверхностях звездочки с каждой стороны имеются цилиндрические выступы $\varnothing 8 \text{h}14$ мм и высотой 2,5 мм, по 4 шт., являющиеся рабочими поверхностями и служащие для передачи крутящего момента. Радиус закругления верхних граней выступов равняется $R0,5$ мм. Оси выступов находятся на окружности $\varnothing 38$ мм, с шагом 90° .

Звездочка имеет 4 сквозных отверстия $\varnothing 6,2^{+0,1}$ мм, поверхности которых являются рабочими. Оси расположены на диаметре $\varnothing 42,5$ с шагом 90° между собой и под углом 45° к осям выступов $\varnothing 8$ мм.

На боковой поверхности звездочки с двух сторон имеются кольцевые углубления, сечение которых на главном виде имеет вид равнобедренной трапеции, меньшее основание которой

направлено внутрь звездочки. Высота трапеции составляет 2 мм, а углы при основании 45° . Меньшее основание в осевом сечении главного вида звездочки начинается на диаметре $\varnothing 61$ мм и заканчивается на $\varnothing 66$ мм.

Кольцевые трапециевидные углубления имеют по 8 ребер, имеющих равнобедренный трапециевидный профиль. Меньшее основание трапеции является свободным и равняется 1,5 мм, большее основание равняется 2 мм и находится в теле звездочки.

Неуказанные предельные отклонения на размеры равняются $\pm IT14/2$.

Ко всем поверхностям детали звездочка предъявляются высокие требования по шероховатости $Ra = 0,8$ мкм.

Деталь изготавливается из полипропилена ГОСТ 26996-86.

Проверка получения требуемой точности получаемого в металл-металлополимерной пресс-форме полипропиленового изделия «звездочка», является основной задачей. Замыкающим звеном в решаемой задаче будет являться размер получаемого в пресс-форме изделия («звездочки»), например, высота (толщина) «звездочки» по основанию зубчатого венца который по чертежу равен $8,5 \pm 0,18$ мм. На размер изделия будет влиять величина усадки материала изделия, а также расстояние от плоскости разъема пресс-формы до верхней и нижней части формы. Для решения поставленной задачи построим размерную цепь А показанную на рис.2.

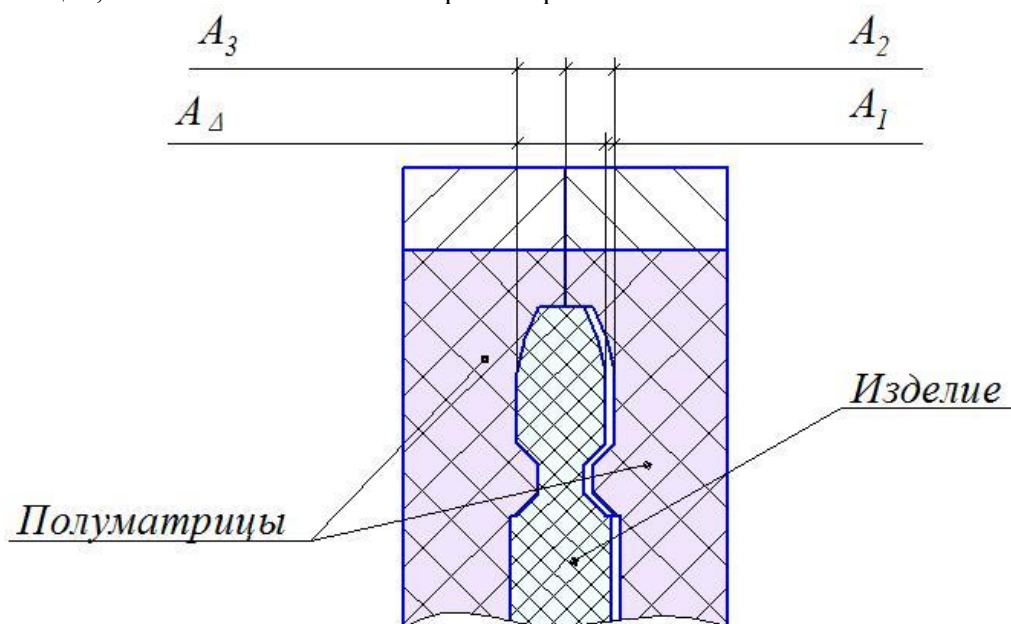


Рис. 2. Схема получения размера высоты (толщины) изделия

Схема размерной цепи изображена на рис. 3. где,

A_{Δ} – требуемый размер детали;

A_1 – величина усадки.

A_2 – расстояние от плоскости разъема до верхней части формы;

A_3 – расстояние от плоскости разъема до нижней части формы

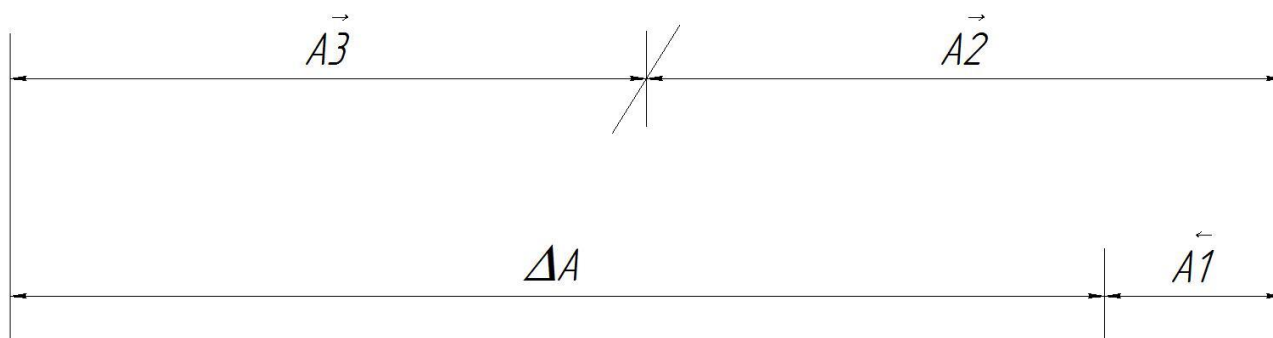


Рис. 3. Схема размерной цепи

При расчете размерных цепей применяют расчетные методы, такие как:

- а) полной взаимозаменяемости (по ГОСТу метод расчета на максимум-минимум);
- б) теоретико-вероятностный;
- в) групповой взаимозаменяемости;
- г) регулирования;
- д) пригонки.

В данном случае целесообразнее будет использовать метод полной взаимозаменяемости. Так как основными достоинствами этого метода являются простота и экономичность сборки в случае когда взаимозаменяемые детали, размеры которых составляют размерную цепь, без какого-либо подбора обеспечивают достижение заданной точности замыкающих звеньев у всех размерных цепей, т. е. обеспечивают равенство двух частей уравнений размерных цепей.

Для решения задачи определим номинальные размеры, допуски и предельные отклонения составляющих звеньев и замыкающего звена.

Звено A_1 является уменьшающим звеном, а звенья A_2 и A_3 увеличивающими.

Замыкающее звено A_Δ – толщина (высота) «звездочки» по основанию зубчатого венца согласно чертежа изделия составляет $8,5 \pm 0,18$ мм.

Согласно [4] предельные отклонения на составляющие звенья рекомендуется назначать на охватываемые размеры – по h , на охватывающие размеры – по H , на остальные – по $\pm \frac{IT}{2}$, т.е. симметричные предельные отклонения. Номинальный размер звена A_1 – зазора образованного усадкой материала примем размеру минимальной усадки, которая равна 1,2 % плюс половина допуска на усадку. Размер допуска на размер будет равен разнице между размером максимальной и минимальной усадки. Объемная усадка полипропилена зависит от температуры расплава, времени выдержки, давления впрыска и составляет от 1,2 % до 2,5 % [5].

Исходя из чертежа изделия «звездочка» номинальная ширина «звездочки» по основанию зубчатого венца по делительной окружности

равняется 8,5 мм. Применяя инструмент масштабирования 3D модели с коэффициентами 0,988 для 1,2 % усадки и 0,975 для 2,5 % усадки от номинального размера изделия 8,5 мм и измерения полученного размера рис. 4, получим максимальный размер 8,398 мм и минимальный 8,288 мм. Согласно полученным значениям размеров изделия определим и размер максимальной и минимальной величины зазора, которые равны $A_{1max}=0,21$ мм, а $A_{1min}=0,1$ мм., допуск равен $TA_1=0,12$ мм, номинальная величина зазора равняется $A_1=0,16$ мм (номинал равен 0, а $+0,16$ мм координата середины поля допуска), предельные отклонения: верхнее $E_sA_1=+0,06$ мм; нижнее $E_iA_1=-0,06$ мм.

Номинальные размеры, допуски и предельные отклонения звеньев A_2 и A_3 – расстояний от плоскости разреза до верхней и нижней частей формы соответственно равны между собой. Номинальные размеры $A_2=A_3=4,33$ мм.

В зависимости от вида механической обработки определим допуск на размер. Так как завершающим видом обработки на котором получают размеры A_2 и A_3 является шлифование, точность достигаемых размеров при котором соответствует 7-ому качеству точности, то допуск на размер 4,33 мм (номинал 4 мм, а 0,33 мм перевести в координату середины поля допуска) будет равен $TA_2=TA_3=0,012$ мм (это проверка на обеспечение требуемой точности выбранным методом обработки) [6]. В связи с тем, что размеры от плоскости разреза до верхней и нижней части формы являются охватываемыми, то отклонения назначаются по h , тогда $E_sA_2=E_sA_3=0$, а $E_iA_2=E_iA_3=-0,012$ мм. Максимальный размер замыкающих звеньев тогда $A_{2max}=A_{3max}=4,33$ мм, а минимальный $A_{2min}=A_{3min}=4,318$ мм. Найдем допуск на изготовление формы A_2 и A_3 , которые равны $TA_1 = TA_2 = (TA_\Delta - TA_1)/2$. Аналогично определим координаты середины поля допуска на A_2 и A_3) [7].

Параметры составляющих звеньев сведем в таблицу 1.

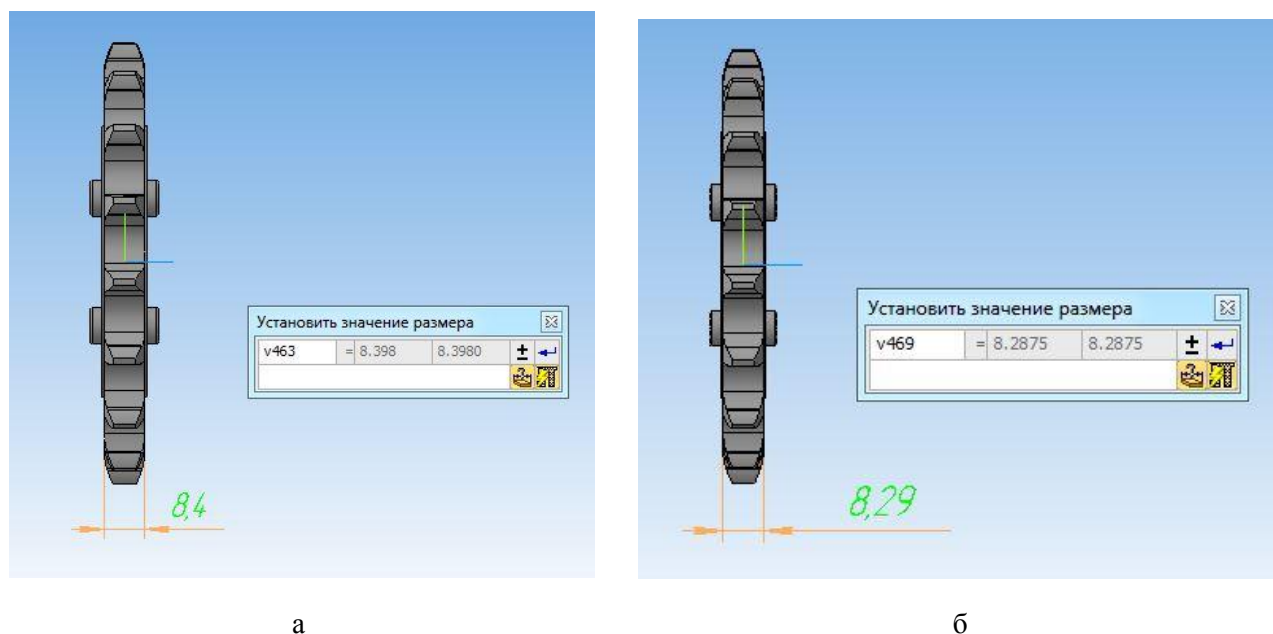


Рис. 4. Измерение размера ширины «звездочки» по основанию зубчатого венца.
а – усадка 1,2 %; б – усадка 2,5 %

Таблица 1

Параметры составляющих звеньев

Обозначение	Номинальный размер	Обозн. Основного отклонения	Квалитет	Допуск Т	Верхн. Откл. Es	Нижн. Откл. Ei	Середина поля допуска С
				МКМ			
$\overleftarrow{A_1}$	0,16	$\pm \frac{IT}{2}$	-	0,12	+0,06	-0,06	0
$\overrightarrow{A_2}$	4,33	h	7	0,012	0	-0,012	-0,006
$\overline{A_3}$	4,33	h	7	0,012	0	-0,012	-0,006
A_Δ	8,5	$\pm \frac{IT}{2}$	-	0,36	+0,18	-0,18	0

Рассчитаем номинальный размер замыкающего звена используя данные составляющих звеньев:

$$A_\Delta = \sum_{j=1}^n \overline{A_j} - \sum_{j=1}^m \overline{A_j}, \quad (1)$$

где, $\overline{A_j}$ и $\overline{A_j}$ – увеличивающие и уменьшающие звенья размерной цепи соответственно; n , m – число увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи соответственно.

$$A_\Delta = 4,33 + 4,33 - 0,16 = 8,5 \text{ мм.}$$

Наибольшее и наименьшее значение замыкающего звена:

$$A_\Delta^{max} = \sum_{j=1}^n \overline{A_j^{max}} - \sum_{j=1}^m \overline{A_j^{min}}, \quad (2)$$

$$A_\Delta^{min} = \sum_{j=1}^n \overline{A_j^{min}} - \sum_{j=1}^m \overline{A_j^{max}}, \quad (3)$$

где, $\overline{A_j^{max}}$ и $\overline{A_j^{min}}$ – наибольшее и наименьшее значения увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи соответственно; $\overline{A_j^{min}}$ и $\overline{A_j^{max}}$ – наименьшее и наибольшее значения уве-

личивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи соответственно;

$$A_\Delta^{max} = 4,33 + 4,33 - 0,1 = 8,56 \text{ мм,}$$

$$A_\Delta^{min} = 4,32 + 4,32 - 0,22 = 8,416 \text{ мм,}$$

Вычитая уравнение (3) из уравнения (2) получаем:

$$T_\Delta = 8,56 - 8,416 = 0,144 \text{ мм.}$$

Верхнее и нижнее отклонение замыкающего звена:

$$ES(A_\Delta) = \sum_{j=1}^n ES(\overline{A_j}) - \sum_{j=1}^m EI(\overline{A_j}), \quad (4)$$

$$EI(A_\Delta) = \sum_{j=1}^n EI(\overline{A_j}) - \sum_{j=1}^m ES(\overline{A_j}), \quad (5)$$

где, $ES(\overline{A_j})$ и $EI(\overline{A_j})$ – верхнее и нижнее отклонения увеличивающих звеньев; $ES(\overline{A_j})$ и $EI(\overline{A_j})$ – верхнее и нижнее отклонения уменьшающих звеньев, тогда,

$$ES(A_\Delta) = 0,06 \text{ мм.}$$

$$EI(A_{\Delta}) = -0,012 - 0,012 - 0,06 = -0,084 \text{ мм.}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется выражением:

$$C_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \bar{C}_j - \sum_{j=1}^m \bar{C}_j, \quad (6)$$

где, $\bar{C}_j$ и $\bar{C}_j$ – координаты середин полей допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи соответственно, тогда,

$$C_{\Delta} = -0,006 - 0,006 = -0,012, \text{ мм.}$$

Расчетные параметры замыкающих звеньев заносим в таблицу 2.

Таблица 2

Расчетные параметры замыкающего звена

Обозначение	Номинальный размер	Обозн. Основного отклонения	Квалитет	Допуск Т	Верхн. Откл. Es	Нижн. Откл. Ei	Середина поля допуска С
				МКМ			
A_{Δ}	8.5	-	-	0.144	0.06	-0.084	-0.012

На основании полученных расчетных значений предельных отклонений и требований

чертежа, построим схемы полей допусков замыкающего звена рис.5.

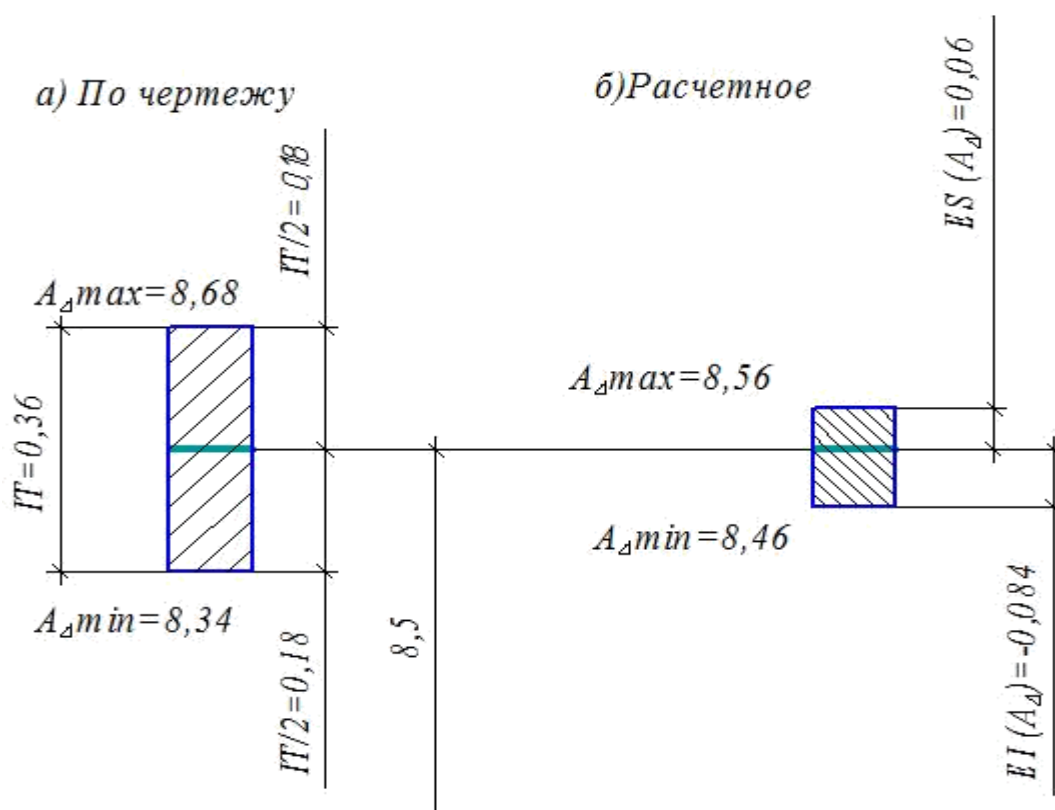


Рис. 5. Схемы полей допусков замыкающего звена.
а – по чертежу; б – расчетное

Анализ схемы рис. 5 показывает, что расчетные значения предельных отклонений замыкающего звена не выходят за пределы допусков размера по чертежу, что говорит о том, что изделие «звездочка» полученное в металл-металлополимерной пресс-форме будет соответствовать требуемым конструкторским размерам [8].

Окончательный размер, в получаемом в пресс-форме изделия, определяется допусками на шлифуемые поверхности (реконструируемые

поверхности ПФ) [9, 10]. Также, возможна последующая регулировка в определенном диапазоне получаемого размера за счет температуры расплава (текучести), давления впрыска и времени выдержки под высоким давлением. Это возможно только в определенных пределах, так как например снижение времени выдержки под высоким давлением увеличивает объемную усадку, но при этом снижает плотность материала, а, следовательно, и заданные прочностные свойства материала. Однако на некотором ли-

тейном оборудовании отсутствует возможность интрузии (дополнительной загрузки материала во время впрыска), что делает невозможным уменьшение усадки за счет увеличения плотности материала [11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. №4. С. 86–90.
2. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Изготовление формообразующих деталей пресс-форм из композиционных материалов// Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. №6. С. 76–81.
3. Кудрявцев В.Н. Детали машин: учебник. М.: Машиностроение, 1980. 464 с.
4. Солонин И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. М.: Машиностроение, 1980. 110 с.
5. Бихлер М. Параметры процесса литья под давлением. Изд. Demag Plastservice, 2001. 130 с.
6. Мягков В.Д. Допуски и посадки: справочник. Ч1.Л: Машиностроение, 1979. 544 с.
7. ГОСТ 50-635-87 Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей. М: Издательство стандартов, 1987. 44 с.
8. Малахин А.А. Контроль качества изготовления пресс-форм для литья пластмасс под давлением // Наука, техника и образование. 2014. №3. С. 58–62.
9. Комаров В.А. Высокопроизводительная технология изготовления штампов и пресс-форм// Заготовительные производства в машиностроении. 2009. №6. С. 25–28.
10. Дж. Бемон, Т. Освальд Л.-Ш., Тунг П. Дж. Грэмман Литье пластмасс под давлением : [материалы и технологии, узлы смыкания, литьевые формы, конструирование изделий, выявление и устранение дефектов]. СПб.: Профессия, 2008. 707 с.
11. Кузнецов А.П., Якимович Б.А. Алгоритм проектирования производственного процесса изготовления пресс-форм // Информатика-машиностроение. 1997. №1. С. 42–46.

Teterina I.A., Lubimyi N.S., Chepchurov M.S.

EVALUATION THE POSSIBILITY OF ACHIEVING THE ACCURACY OF PRODUCED PARTSON THE BASIS OFDIMENSION CHAIN ANALYSIS OF PART «SPROCKET»

The paper presents averification of obtaining the required accuracy of polypropylene part in a mold with metal polymer shaping elements. The drawing review of part «Sprocket» and thedimensional analysis of its componentsare given. The closed and partialcomponents are defined; the allowance and maximum deviation of closed component are calculated.

Key words: metal polymer, mold, accuracy, dimension chain, allowance, maximum deviation.

Тетерина Ирина Александровна, аспирант, ведущий инженер кафедры технологии машиностроения.

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

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

E-mail: Irinochka1611@rambler.ru

Любимый Николай Сергеевич, аспирант кафедры технологии машиностроения.

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

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

E-mail: Pershin26@yandex.ru

Чепчуров Михаил Сергеевич, профессор кафедры технологии машиностроения.

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

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

E-mail: avtpost@mail.ru

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5940f01a8d60b0.87715921

Еременко В.Т., д-р техн. наук, проф.,
Лякишев А.А., аспирант

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГА АСУЗ НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИИ УМНЫЙ ДОМ

vpksearch@yandex.ru

В статье рассматривается алгоритм оптимизации процессов информационного обмена в системах безопасности и мониторинга АСУЗ, базирующийся на использовании замкнутой экспоненциальной модели сети массового обслуживания и отличающаяся возможностью оперирования нечеткими множествами.

Ключевые слова: оптимизация; сети массового обслуживания; нечеткие множества.

Введение. Технология умный дом (smart house, также building automation и intelligent building, рус. АСУЗ) – система домашних устройств, способных выполнять действия и решать определенные задачи без участия человека. Наиболее распространенные примеры таких действий – автоматическое включение и выключение света, автоматическая коррекция работы отопительной системы или кондиционера и автоматическое уведомление о вторжении, возгорании или протечке воды.

Основными целями создания АСУЗ являются повышение безопасности, улучшение комфорта и обеспечение эффективности ресурсопотребления. Это комплексная задача, часто имеющая под собой определенную бизнес концепцию. Результат достигается за счет лучшего качества работы систем жизнеобеспечения здания при сокращении расходов на обслуживающий персонал.

Одной из основных систем АСУЗ является система безопасности и мониторинга (СБМ АСУЗ). Такая система интегрируется с охранными системами, по тревоге высылающими группы реагирования, и включает в себя: датчики движения, датчики присутствия, датчики вибрации, датчики разбития стекла, датчики открытия окна или двери, видеонаблюдение, видеодомофоны и видеоглазки, электронные замки (умные замки, смартлоки), модули управления воротами, сирены. Эти устройства позволяют сконструировать подходящую систему безопасности и мониторинга, от сравнительно простой до достаточно сложной.

Функционирование устройств СБМ АСУЗ, связано со специфическими (по сравнению с

традиционными объектами управления) свойствами данных технологических процессов: неоднозначностью реакции технологического объекта на различные управляющие воздействия; многозначностью интерпретации состояний объектов; нестационарностью процессов, обусловленных изменением параметров и переменных состояния технологических объектов во времени; многокритериальностью оценки функционирования объектов СБМ АСУЗ. Указанные обстоятельства определяют чрезвычайно сжатый временной интервал реакции для лица, принимающего решение в нештатных ситуациях при обеспечении безопасности. В связи с этим задача оптимизации процессов информационного обмена в СБМ АСУЗ представляется актуальной.

Исследование основывается на результатах работ в области: теории распределённой обработки данных (М. ван Стеет, В.Г. Хорошевский, Э. Таненбаум), теории надежности процессов обмена данными (С.В. Антонов, И.В. Алексеев, Д.И. Мельников, Ю.С. Злотников); теории алгоритмов (К. Черч, К. Гедель, А. Тьюринг, С. Клини, Э. Пост, А. Колмогоров, А. Марков); теории конечных автоматов (Б.И. Плоткина, В.Б. Кудрявцева, И.Б. Куфарова, А. Гилла); процессов сбора и обработки данных в коммуникационной среде предприятий (И. С. Константинов, А.Д. Иванников, В.Т Еременко).

Научная новизна данного исследования состоит в получении новых научных результатов:

математическая модель синтеза, базирующаяся на численных методах многовариантной интеграции, отличающаяся ограничением в виде набора алгоритмических процедур и использованием функции полезности [2, 3];

методика оптимизации процессов сбора и обработки данных в системах безопасности и мониторинга АСУЗ, базирующаяся на аппарате смешанных сетей массового обслуживания с ограниченным числом классов сообщений и набором дисциплин обслуживания и отличающаяся алгоритмами: оптимизации пропускной способности, выбора потоков и их распределения по кратчайшему пути, а также статистического прогнозирования потока данных [14];

имитационная модель сбора и обработки данных в системах безопасности и мониторинга АСУЗ, основывающаяся на событийном подходе и отличающаяся описанием причинно-следственных связей между существенными событиями [1–9].

Основная часть. Математическая модель.

В разработанной модели рассматриваются задачи интеграции при разработке и реализации проекта системы безопасности АСУЗ, которые выражаются пятью уровнями:

1. Выбора альтернативных вариантов каналов передачи данных.
2. Выбора оборудования сбора данных.
3. Выбора оборудования для обработки данных;
4. Подбора функционального наполнения оборудования среды СБМ АСУЗ;
5. Формирования набора оконечных устройств среды СБМ АСУЗ.

Каждому уровню в результате интеграции элементов этого уровня соответствует свое множество вариантов [1–9]:

1) множество альтернативных вариантов каналов передачи данных безопасности и мониторинга

$$\alpha = \{A_1, \dots, A_l, \dots, A_L\} = \{A_l, l = \overline{1, L}\} \quad (1)$$

где $l = \overline{1, L}$ – номер варианта каналов передачи данных безопасности и мониторинга l -того способа создания сети;

A_l – вариант создания коммуникационной среды СБМ АСУЗ;

2) множество вариантов оборудования сбора данных безопасности и мониторинга

$$\beta = \{B_1, \dots, B_j, \dots, B_J\} = \{B_j, j = \overline{1, J}\} \quad (2)$$

где $j = \overline{1, J}$ – номер варианта при интеграции компонентов оборудования сбора данных безопасности и мониторинга;

B_j – вариант интеграции оборудования сбора данных безопасности и мониторинга;

3) множество вариантов оборудования обработки данных безопасности и мониторинга

$$\gamma = \{C_1, \dots, C_t, \dots, C_T\} = \{C_t, t = \overline{1, T}\} \quad (3)$$

где $t = \overline{1, T}$ – индекс комбинации оборудования, C_t – комплект компонентов применяемого оборудования обработки данных безопасности и мониторинга;

4) множество вариантов функционального наполнения оборудования для p -варианта организации коммуникационной среды СБМ АСУЗ

$$\delta = \{D_1, \dots, D_p, \dots, D_P\} = \{D_p, p = \overline{1, P}\} \quad (4)$$

где $p = \overline{1, P}$ – индекс применяемого ПО, D_p – комплект компонентов применяемого ПО;

5) множество наборов оконечных устройств

$$\varepsilon = \{E_1, \dots, E_q, \dots, E_Q\} = \{E_q, q = \overline{1, Q}\} \quad (5)$$

где $q = \overline{1, Q}$ – номер комплекта оконечных устройств коммуникационной среды СБМ АСУЗ E_q – комплект используемого оконечного оборудования коммуникационной среды СБМ АСУЗ

Особенностью решения оптимизационных задач является то, что для численных методов многовариантной интеграции решение всех переменных типов задач происходит в рамках единого алгоритма. При его реализации применяется набор алгоритмических процедур, представленный далее: получение приемлемого решения задачи; доведение до необходимого результата законов распределения альтернативных переменных; получение расчетных оценок оптимального выбора; поиск составляющих векторов безусловных вероятностей, а также получение оценки вариантов по энтропии многовариантной интеграции; ведение учета ограничений общего вида и многокритериальности.

В работе для учета многокритериальности используется одна из разновидностей функции полезности, приводящая к аддитивному критерию оптимизации [1–9]:

$$\Phi(\chi_{mn}, \lambda_{i1}) = \sum_{i=1}^{I_2} \lambda_{i1} (\Psi_{i1}(\chi_{mn}) \rightarrow \max) \quad (6)$$

где λ_{i1} – коэффициенты относительной значимости критериев, $\Psi_{i1}(\chi_{mn})$ – нормированное значение критерия [1–6].

Возможностью вероятностной интерпретации коэффициентов λ_{i1} в рамках

схемы ограничения разнообразия множеств обусловлена ориентация на глобальный критерий [1–9].

Рандомизация множества критериев с помощью введения дискретной случайной величины z , номера L критериев Ψ_i , которой являются ее реализациями, лежит в основе процедуры адаптивного многокритериального поиска. Оптимизация по i -ому критерию и получение значений оставшихся критериев происходит на каждом k -ом шаге. Случайный механизм перебора позволяет управлять движением с помощью характеристик случайной величины z . Вероятность p_i может быть использована в качестве одной из таких характеристик [1–6]. Она характеризует возможность на k -ой итерации процесса осуществлять оптимизацию по критерию i . При анализе сформированного вектора $\Psi_i = (\Psi_1, \dots, \Psi_L)$ можно сделать вывод как об окончании процесса и получении Парето-оптимального решения, так и об его продолжении.

Применение математического моделирования позволяет получить СБМ АСУЗ с минимальными временными и материальными затратами, наилучшими техническими и пользовательскими характеристиками.

Методика оптимизации

Предлагаемый алгоритм состоит из следующих основных этапов.

Первый этап представлен в виде алгоритма оптимизация пропускной способности в коммуникационной среде СБМ АСУЗ.

Второй этап представляет собой алгоритм выбора оптимального потока в СБМ АСУЗ.

Третий этап представляет собой алгоритм оптимизации процесса маршрутизации в СБМ АСУЗ.

Четвертый этап представлен в виде алгоритма статистического прогнозирования потока данных безопасности и мониторинга в модульных структурах их сбора и обработки [14].

Прогноз изменений нагрузки на сеть по времени происходит с применением модели распространения эпидемии. При анализе колебаний трафика в определенный сезон, и изменения трафика в интервале суток существует возможность применения регрессионных моделей и математического аппарата, который предназначен для анализа временных рядов.

Выбор оптимальных потоков и определение оптимальных маршрутов в коммуникационной среде СБМ АСУЗ реализован на основании критерия средней задержки.

Оптимизация подбора оборудования состоит в следующем: максимальная производитель-

ность сети может быть достигнута при выполнении ограничений на стоимость, либо минимальная стоимости сети может быть достигнута при выполнении ограничений на производительность [14].

Имитационная модель

В разработанной имитационной модели запрос рассматривается, как множество, состоящее из трех элементов: важность запроса; обработчик; тип запроса. В моделируемой СБМ АСУЗ при формировании запроса определяется степень его важности. При выборе обработчика, значения переменной лежат в диапазоне от автоматического выбора; замешательства администратора; ситуационного анализа экспертной системы; поддержки обновлений до выработки управляющих воздействий системы устранения неполадок. Переменная тип запроса имеет значения: автоматический выбор; вопрос; обновление программного обеспечения; неполадки программного обеспечения; неполадки оборудования.

Запросы с помощью позиции администратора передаются переходу поиск, который моделирует поиск и подготовку ответа для СБМ АСУЗ.

Остальные типы обработчиков функционируют одинаково. В случае поступления запроса в буфер системы устранения неполадок, обработчик с помощью интеллектуальной базы ищет соответствие текущего состояния системы эталонному. При обнаружении соответствия текущего состояния описанному инциденту в базе запрос может быть передан на обработку и исполнение. В случае отсутствия описания в интеллектуальной базе данных запрос передается администратору. После этого экспертная система обеспечивает с помощью интерфейса оповещение должностного лица о состоянии запроса, при этом обучение экспертной системы обеспечивает расширение базы инцидентов, накопление соответствующей экспертной информации в базе данных.

Временная модель СБМ АСУЗ отличается от первичной модели добавленными в нее временными характеристиками переходов. Все представленные переходы, а именно: регистрация запросов на входе либо передача запросов между подсистемами имеют длительность по времени меньше или равную секунде. Наиболее интересны переходы, моделирующие поиск решения инцидента каким-либо обработчиком в системе.

Построенная имитационная модель позволяет провести сравнительный анализ обработчиков по критерию среднее время обработки запроса (рис. 1).

Показано, коэффициент качества обработки запросов всей системой и среднее время обработки запроса увеличивается с увеличением базы знаний экспертной подсистемы, подсистемы

устранения неполадок, подсистемы поддержки обновлений.

При оценке качества работы системы определено количество повторно обрабатываемых запросов.

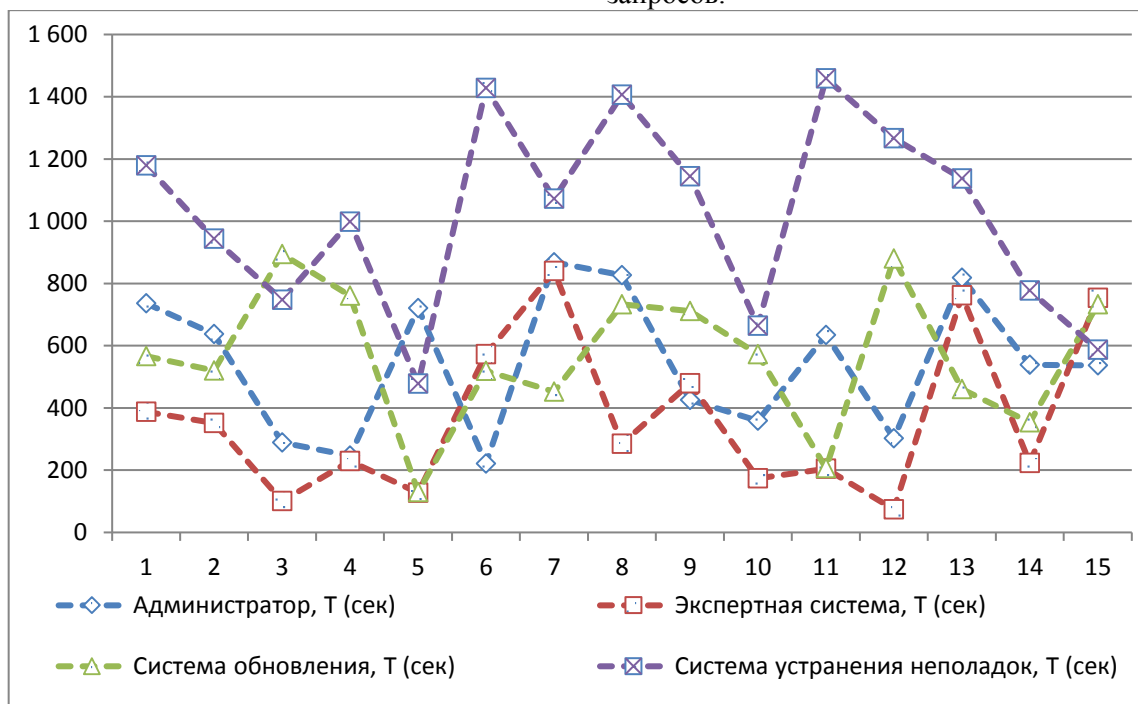


Рис. 1. Среднее время обработки запроса каждым обработчиком

СБМ АСУЗ рассматривается, как множество масштабируемых систем массового обслуживания [10–13]. Над данной системой проведена оценка эффективности ее функционирования с возрастанием числа таких же каналов обработки.

Сбор данных модульной системы с исполнительных устройств моделируется в виде одноканальной экспоненциальной СМО [10–13]. В этом случае запросы окажутся соизмеримы обращениям к агрегату системы для завершения

операции ввода/вывода; интенсивность таких обращений, описывается средним временем выполнения требуемой операции. Предложенная имитационная модель позволила получить функциональные зависимости (рис. 2): количества запросов в очереди и времени ожидания в очереди от общего количества запросов, поступивших за сутки. Кроме того представляет определенный интерес функциональная зависимость длины очереди от количества поступивших заявок за сутки.

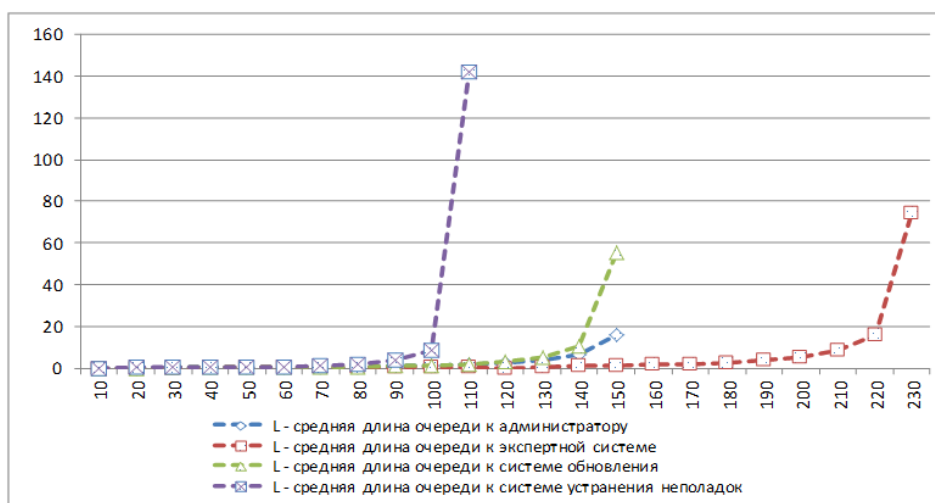


Рис. 2. Зависимость очереди запросов от суммарного количества запросов за день

Выводы. Анализ результатов моделирования показал, что среднее время, затраченное на обработку одного запроса разрабатываемой системы поддержки, сопоставимо с аналогичным параметром у системы с одним обработчиком. Коэффициент качества обработки, по сравнению с системами, имеющими 2 и 3 обработчика несколько ниже. Показано, что среднее время, затраченное на обработку одного запроса разрабатываемой системы поддержки, будет сокращаться с ростом базы данных СБМ АСУЗ. Определено, что коэффициент качества обработки будет увеличиваться при росте объема базы данных. В тоже время, с точки зрения эффективности по количеству успешно обработанных запросов за рабочий день, представленная модель показывает существенный выигрыш.

Разработанный алгоритм оптимизации процессов информационного обмена в СБМ АСУЗ на основе оценки наиболее важных показателей, влияющих на процесс обмена данными и выбранного критерия оптимизации маршрута доставки данных позволяет прогнозировать нагрузку на исследуемую систему безопасности и мониторинга в экстренных ситуациях при колебаниях процессов распределения данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афонин С.И., Еременко В.Т., Максаков С.А., Куленич А.И. Оптимизация ресурсов и управление процессами информационного обмена в сетях АСУТП на основе полевых шин // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. № 9. С. 46–49.
2. Еременко В.Т., Афонин С.И., Краснов Д.А. и др. Математическая модель оценки производительности беспроводной вычислительной сети АСУ предприятия // Информационные системы и технологии, 2011. № 5. С. 11–20.
3. Афонин С.И., Еременко В.Т., Парамохина Т.М., Кузьмина Л.В., Плященко Д.А. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ // Информационные системы и технологии. 2011. № 6. С. 35–42.
4. Афонин С.И., Еременко В.Т., Кузьмина Л.В. и др. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов // Информационные системы и технологии. 2012. № 1. С. 78–84.
5. Еременко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии. 2012. №2. С. 99–105.
6. Еременко В.Т., Кузьмина Л.В., Плященко Д.А., Краснов Д.А. Рекурсивный алгоритм оценки минимальной величины канального ресурса в сети передачи данных // Информационные системы и технологии. 2012. № 4. С. 97–102.
7. Еременко В.Т., Офицеров А.И., Черепков С.А. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 4. С. 38–46.
8. Еременко В.Т., Анисимов Д.В., Плященко Д.А., Краснов Д.А., Черепков С.А., Георгиевский А.Е. Решение задач управления сетевыми ресурсами в условиях динамического изменения конфигурации беспроводной сети АСУП // Информационные системы и технологии. 2012. № 6. С. 114–119.
9. Еременко В.Т., Еременко С.В., Анисимов Д.В., Черепков С.А., Лякишев А.А. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS // Информационные системы и технологии. 2013. № 1. С. 106–112.
10. Еременко В.Т., Анисимов Д.В., Черепков С.А., Лякишев А.А., Чупахин П.А. Моделирование пропускной способности сегмента беспроводной сети АСУП на базе стандарта 802.11 // Информационные системы и технологии. 2013. № 2. С. 82–86.
11. Еременко В.Т., Анисимов Д.В., Парамохина Т.М., Лякишев А.А. Математическое моделирование беспроводного сегмента вычислительной сети АСУ ПП // Информационные системы и технологии. 2013. № 3. С. 67–72.
12. Вишневский В.М., Федотов, Е.В. Анализ методов маршрутизации при проектировании сетей пакетной коммутации // 3-rd I.S. «Teletraffic Theory and Computing Modeling». София, 1992.
13. Рындин А.А., Сапегин С.В., Хаустович А.В. Автоматизация проектирования сетей передачи данных распределенных информационно-телекоммуникационных систем // Воронеж: ВГТУ, 2001.
14. Лякишев А.А. Автоматизация процесса информационного обмена в модульных структурах систем сбора и обработки данных АСУ // Сборник материалов II международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом» – Инновационный центр развития образования и науки, Новосибирск, 2015 С. 112–115.

Eremenko V.T., Lyakishev A.A.**OPTIMIZATION OF THE PROCESS INFORMATION EXCHANGE IN THE ACSB SAFETY AND MONITORING SYSTEM ON THE EXAMPLE OF SMART HOME TECHNOLOGY**

The article describes the algorithm of optimization of information exchange in the ACSB safety and monitoring system based on the using of the exponential model of a closed queuing network and differed by the ability to operate on fuzzy sets.

Mathematical model of synthesis, based on numerical methods of multivariate integration, different restriction as a set of algorithmic procedures and using the utility function, proposed.

Methodology of optimization of data collection and processing in the ACSB safety and monitoring system, characterized bandwidth optimization algorithm, selection algorithm flows and their distribution along the shortest path, statistical forecasting algorithm data stream, considered.

Imitation model of data collection and processing in the ACSB safety and monitoring system, based on event approach, different from the description of cause and effect relationships between significant events, proposed.

Key words: optimization; queuing networks; fuzzy sets.

Еременко Владимир Тарасович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность».

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева.

Адрес: Россия, г. Орел, 302026, ул. Комсомольская, д. 95

E-mail: wladimir@orel.ru

Лякишев Александр Александрович, аспирант кафедры «Информационная безопасность».

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева.

Адрес: Россия, г. Орел, 302026, ул. Комсомольская, д. 95

E-mail: vpksearch@yandex.ru

Ковальчук О.А, канд. техн. наук, доц.,
Леонтьев А.Н., канд. техн. наук, доц.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ЗДАНИЯ

oko44@mail.ru

В статье используется вариант метода суперэлементов (МСЭ), ориентированный именно на систему расчета несущей стержневой конструкции, смысл которого эквивалентен методу вырезания узлов. По сути, смысл разрешающих уравнений не отличается от классических вариантов метода конечных или суперэлементов. В статье представлены аналитические решения для статических и динамических задач. Описан алгоритм расчета. Рассматривается вопрос об устойчивости системы в целом. Предложенный вариант расчета можно применять при моделировании пространственных конструктивных систем каркасного типа.

Ключевые слова: ансамбль конечных элементов, матрица жесткости, запроектные воздействия, устойчивость системы, частота свободных колебаний стержневой системы.

Введение. В основу системы расчета здания положен принцип: «один стержневой элемент – один суперэлемент» [1]. В отличие от традиционного подхода, состоящего в приписывании конечному элементу полиномиальных функций формы, суть принятой концепции заключается в использовании аналитических решений задач статики и динамики прямого стержня, которым придается специфический, характерный для

МКЭ, вид.

Уравнения для стержневых элементов.

Напряженно-деформированное состояние (НДС) стержня в каждом взятом сечении может быть описано с помощью двух групп параметров. Одна группа представляет кинематические характеристики (деформированное состояние), а вторая – возникающие в ходе этого внутренние силовые факторы:

$$\mathbf{U}(x) = \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix}, \quad \Theta(x) = \begin{Bmatrix} \theta_x \\ \theta_n \\ \theta_b \end{Bmatrix}, \quad \mathbf{M}(x) = \begin{Bmatrix} M_x \\ M_n \\ M_b \end{Bmatrix}, \quad \mathbf{Q}(x) = \begin{Bmatrix} N \\ Q_n \\ Q_b \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

В системе расчета удобно применить принцип гипотезы Бернулли о плоских сечениях и о ненадавливании слоев [2] и подходы, рассмотренные в [3, 4, 5]. Необходимо отметить, что не для всех условий деформирования, например, железобетонных элементов строительных кон-

струкций использование гипотезы плоских сечений является справедливым [6].

В соответствии с принятыми нами гипотезами движение описывается системой дифференциальных уравнений движения, геометрическими и физическими соотношениями:

$$\frac{\partial N}{\partial x} - \rho \cdot A \cdot \ddot{u} = -q_x; \quad \frac{\partial Q_n}{\partial x} - \rho \cdot A \cdot \ddot{v} = -q_n; \quad \frac{\partial Q_b}{\partial x} - \rho \cdot A \cdot \ddot{w} = -q_b; \quad (2)$$

$$\frac{\partial M_x}{\partial x} - \rho \cdot J_p \cdot \ddot{\theta}_x = -m; \quad \frac{\partial M_n}{\partial x} - Q_b = 0, \quad \frac{\partial M_n}{\partial x} - Q_y = 0, \\ \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{N}{E \cdot A}; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \theta_b; \quad \frac{\partial w}{\partial x} = \theta_n; \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta_x}{\partial x} = -\frac{M_x}{G \cdot J_p}; \quad \frac{\partial \theta_n}{\partial x} = -\frac{M_n}{E \cdot J_n}; \quad \frac{\partial \theta_b}{\partial x} = -\frac{M_b}{E \cdot J_b}.$$

Здесь введены следующие обозначения: A – площадь поперечного сечения стержня; J_n , J_b – главные центральные моменты инерции поперечного сечения, $J_p = J_n + J_b$ – полярный момент

инерции, E – модуль упругости (модуль Юнга), G – модуль сдвига.

Используя для (4) матричную форму записи, получим:

$$\frac{\partial \mathbf{y}}{\partial x} = \mathbf{S} \mathbf{y} - \mathbf{D} \frac{\partial^2 \mathbf{y}}{\partial t^2} + \mathbf{F}(x), \quad (4)$$

где вектор состояния:

$$\mathbf{y} = \{u \ v \ w \ \theta_x \ \theta_n \ \theta_b \ M_x \ M_n \ M_b \ N \ Q_n \ Q_b\}^T, \quad (5)$$

вектор распределенных нагрузок:

$$\mathbf{F} = \{0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 - m \ 0 \ 0 - q_x - q_n - q_b\}^T, \quad (6)$$

матрица жесткости $\mathbf{S}$ и матрица инерции $\mathbf{D}$, структура которых очевидна из (2, 3). При решении статических задач матрицу $\mathbf{D}$ следует положить равной нулю.

Решение статических задач. Для решения статических задач имеем решение задачи Коши:

$$\mathbf{y}(x) = \mathbf{V}(x)[\mathbf{y}(0) + \mathbf{F}(x)], \quad (7)$$

$$\mathbf{y}_C(x) = \mathbf{V}_{CC}(x)\mathbf{y}_C(0) + \mathbf{V}_{CF}(x)\mathbf{y}_F(0) + \mathbf{V}_{CF}(x)\mathbf{F}_F(x), \quad (8)$$

$$\mathbf{y}_F(x) = \mathbf{V}_{FC}(x)\mathbf{y}_C(0) + \mathbf{V}_{FF}(x)\mathbf{y}_F(0) + \mathbf{V}_{FF}(x)\mathbf{F}_F(x).$$

Записывая первое уравнение (8) для конца стержня, исключим силовые факторы $\mathbf{y}_F(0)$ через

$$\mathbf{y}_F(0) = \mathbf{V}_{CF}(L)^{-1}\{\mathbf{y}_C(L) - \mathbf{V}_{CC}(L)\mathbf{y}_C(0) - \mathbf{V}_{CF}(L)\mathbf{F}_F(L)\}. \quad (9)$$

Записывая второе уравнение (8) для конца стержня, и исключая силовые факторы в начале стержня через (9) получаем выражения для силовых факторов в начале и конце стержня через кинематические факторы в начале и конце стержня. Уравнению (9) и его аналогу для $x=L$ можно придать вид, характерный для МКЭ:

$$\mathbf{P} = \mathbf{K}_{FE}\mathbf{q} + \mathbf{F}_{FE}, \quad (10)$$

где $\mathbf{P} = \{\mathbf{y}_F(0); \mathbf{y}_F(L)\}$ – вектор узловых сил; $\mathbf{q} = \{\mathbf{y}_C(0); \mathbf{y}_C(L)\}$ – вектор узловых перемещений, $\mathbf{K}_{FE}$ – матрица жесткости КЭ, $\mathbf{F}_{FE}$ – вектор узловых сил от заданных распределенных нагрузок.

Так как выражение (10) имеет такой же физический смысл, что и аналогичное выражение МКЭ, то для формирования матричных характеристик ансамбля элементов следует использовать известный алгоритм метода конечных элементов [7, 8].

Решение статических задач очевидно: так как выражение имеет смысл внутренних сил, действующих на начало и конец стержня, то после вычисления МЖ ансамбля КЭ получается система уравнений равновесия узлов:

$$\mathbf{K}_{AFE}\mathbf{q} + \mathbf{F}_{AFE} = 0. \quad (11)$$

Так решается задача о состоянии стержневой системы под действием собственного веса, под действием сборных перекрытий, перегородок и т.п.

Решение динамических задач. Для решения динамических задач используем метод модального разложения, в соответствии с которым перемещения представляются обобщенным рядом Фурье по формам свободных колебаний стержня (а для системы стержней – по ее формам свободных колебаний) [9, 10]. Таким образом, определяющим является решение задачи о

где введена матрица влияния $\mathbf{V}(x)$, которая может быть элементарно получена аналитическим решением системы (2, 3) при известных внешних распределенных нагрузках $\mathbf{F}$. Компоненты матрицы $\mathbf{V}$ представляют собой степенные функции не выше 3 степени. Решение (7) можно представить разделением на две части, первая из которых определяет кинематические факторы в произвольной точке стержня через силовые и кинематические параметры состояния в начале стержня:

кинематические факторы в конце стержня $\mathbf{y}_C(L)$, где L – длина стержня:

свободных колебаниях одного стержня.

Для этого запишем однородное уравнение динамики, сопутствующее (4):

$$\frac{\partial \mathbf{y}}{\partial x} = \mathbf{A}\mathbf{y} - \mathbf{D} \frac{\partial^2 \mathbf{y}}{\partial t^2}. \quad (12)$$

Полагая, что свободные колебания упругого стержня представляются гармонической функцией времени: $\mathbf{y}(x, t) = \mathbf{Y}(x)e^{i\omega t}$, из (12) получим спектральное уравнение:

$$\frac{d\mathbf{Y}}{dx} = [\mathbf{A} + \omega^2 \mathbf{D}] \mathbf{Y}. \quad (13)$$

Его решение получается с использованием преобразования Лапласа через балочные функции Крылова и тригонометрические функции [11, 12]. Так как (13) представляет собой задачу Коши, то его можно записать в форме (7), где вектор внешних нагрузок следует опустить. Но в силу этой аналогии можно провести те же рассуждения, что и в статике и получить решение в той же форме, что и (10) (конечно, без внешних сил):

$$\mathbf{P}(\omega) = \mathbf{K}_{FE}(\omega)\mathbf{q}(\omega). \quad (14)$$

Отметим, что физический смысл (14) такой же, как и (10); следовательно, при моделировании стержневой системы можно также применить алгоритма МКЭ [4]. В отличие от статической задачи, задача (14) содержит неизвестный параметр ω – частоту свободных колебаний стержневой системы. Этот параметр определяется из трансцендентного уравнения

$$\det\{\mathbf{K}_{AFE}(\omega)\} = 0, \quad (15)$$

где $\mathbf{K}_{AFE}$ – матрица жесткости ансамбля КЭ. Решить это частотное уравнение можно, используя метод половинного деления. Собственные век-

торы системы определяются методом обратных итераций.

Для решения неоднородных динамических задач используется метод модального разложения, в соответствии с которым узловые перемещения представляются в виде разложения по собственным векторам $\mathbf{h}_k$ задачи (15). Пусть задача (15) решена, то есть определены первые N собственных частот и соответствующие им соб-

ственные векторы $\mathbf{h}_k$, записанные в виде прямоугольной матрицы $\mathbf{H}$ ($6N_{yz} \times N$). Тогда узловые перемещения в неоднородной задаче можно записать в следующем виде:

$$\mathbf{q}(t) = \mathbf{H}\mathbf{a}(t). \quad (16)$$

Собственные формы упругой задачи обладают свойствами полноты и ортогональности:

$$\int_0^L \rho A \mathbf{Y}_m^{(C)} \cdot \mathbf{Y}_n^{(C)} dx = \begin{cases} 0 & \forall m \neq n \\ 1 & \forall m = n \end{cases} \Rightarrow \int_0^L \mathbf{H}^T(x) \mathbf{H}(x) dx = \mathbf{I}. \quad (17)$$

Составим вариационное уравнение Лагранжа – Д'Аламбера [13]:

$$\int_0^L \left\{ \delta \boldsymbol{\varepsilon}^T \mathbf{E}_0 \boldsymbol{\varepsilon} + \left[\delta \mathbf{y}^{(C)} \right]^T \mathbf{M} \ddot{\mathbf{y}}^{(C)} \right\} = 0, \quad (18)$$

где введен вектор обобщенных деформаций

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{\partial \mathbf{y}^{(C)}}{\partial x}, \quad (19)$$

матрица обобщенных жесткостей

$$\mathbf{E}_0 = \begin{bmatrix} E_0 A & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E_0 J_p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & E_0 J_n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E_0 J_b \end{bmatrix}, \quad (20)$$

матрица обобщенных масс

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \rho A & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \rho A & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho A & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho J_p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

Подставим в (18) разложение (16). Учитывая свойство ортогональности (18) и вытекающее из него

$$\int_0^L \left\{ \mathbf{H}^T \mathbf{E}_0 \mathbf{H} \right\} dx = \text{diag}(\omega_0^2), \quad (22)$$

получим, считая, что компоненты $\delta \mathbf{a}$ – независимые функции времени, систему обыкновенных дифференциальных уравнений с диагональной матрицей:

$$\ddot{\mathbf{a}}(t) + \text{diag}(\omega_0^2) \mathbf{a}(t) = \mathbf{R}(t). \quad (23)$$

Здесь $\text{diag}(\omega_0^2)$ – диагональная матрица, составленная из квадратов частот свободных колебаний упругой системы. Нам удобно записать решение (23) в виде:

$$\mathbf{a}(t) = \int_0^t \mathbf{W}(t-\tau) \mathbf{R}(\tau) d\tau + \mathbf{W}(t) \dot{\mathbf{a}}(0) + \dot{\mathbf{W}}(t) \mathbf{a}(0). \quad (24)$$

Здесь введена матрица весовых функций $\mathbf{W}(t)$, зависящая только от структуры и закреплений системы, которая в случае упругих

свойств системы является диагональной и определяется следующим образом:

$$\mathbf{W}_{nn}(t) = \frac{1}{\omega_n} \sin(\omega_n t). \quad (25)$$

Векторы $\mathbf{a}(0)$ и $\dot{\mathbf{a}}(0)$ определяются разложением начальных условий по формам свободных колебаний, равно как и вектор $\mathbf{R}$.

Алгоритм. При исследовании, например, запроектных воздействий используется пошаговый алгоритм, суть которого в следующем:

1. решается статическая задача о проектном состоянии системы при заданных нагрузках;

2. принимается решение о возможном разрушении одной или нескольких связей между элементами системы в некоторый момент времени t^* и модифицируется матрица жесткости ансамбля (МЖА) конечных элементов;

3. определяется спектр свободных колебаний модифицированной системы;

4. состояние системы в момент времени t^* представляется разложением по спектру модифицированного состояния, тем самым определяя начальные условия для расчета модифицированного состояния;

5. производится динамический расчет модифицированного состояния при заданных нагрузках и начальных условиях.

Заключение. Вопрос об устойчивости системы в целом решается с помощью критерия Рауса-Гурвица [14, 15] для динамических систем: если среди корней частотного уравнения есть отрицательные, то система в целом считается неустойчивой (по Ляпунову [16]) и такой вариант запроектных воздействий считается приводящим к лавинному сценарию разрушения, т.е. расчет на этом прекращается. Если же критерий Гурвица дает положительный ответ на вопрос об устойчивости системы, то упомянутый алгоритм следует повторить с п.2.

Если предположить внутреннюю перестройку структуры одного из стержней системы, то модификация МЖА выполняется заменой КЭ для идеального элемента на КЭ с несовершенствами [1, 4]; алгоритм в целом сохраняется – изменяется содержание п.2.

Помимо упомянутых в разд. **Алгоритм** запроектных воздействий следует предусмотреть потерю устойчивости некоторых стержней. Для этого в уравнение (18) следует добавить слагаемое, учитывающее работу продольных сил в стержнях на перемещениях изгиба. Технически это достигается добавлением к уравнениям состояния слагаемого, зависящего от продольной силы. При этом алгоритм исследования динамической устойчивости сохраняется, если считать начальную продольную силу в каждом стержне постоянной, определенной решением статической задачи.

Предложенный вариант расчета удобно применять при моделировании пространственных конструктивных систем каркасного типа при расчете, например, живучести зданий [17, 18, 19].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kovalchuk O.A. The rod as super-element of the subsystem // MATEC Web of Conferences. 5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education". 2016. Vol. 86. P. 6.
2. Сафронов В.С., Катембо А.Л. Расчет несущей способности внецентренно сжатого стержня из железобетона с использованием деформационной модели // Строительная механика и конструкции. 2016. Т. 1. № 12. С. 64–74.
3. Гордон В.А., Тамразян А.Г., Савостикова Т.В. Динамические напряжения в арматурном стержне при внезапном образовании трещин // Вестник НИЦ Строительство. 2010. № 2. С. 167–176.
4. Ковальчук О.А. Моделирование пространственных стержневых систем методом конечных элементов // Строительство: наука и образование. 2012. № 1. С. 1–6.
5. Тамразян А.Г., Ковальчук О.А. Матрица влияния модели суперэлемента прямого стержня с поперечными трещинами на динамическое состояние упругих и линейно-вязкоупругих тел // Вестник НИЦ Строительство. 2011. № 3–4. С. 120–130.
6. Колчунов В.И., Яковенко И.А. Об использовании гипотезы плоских сечений в железобетоне // Строительство и реконструкция. 2011. № 6. С. 16–23.
7. Городецкий А.С. Возможности применения суперэлементов при решении различных задач строительной механики // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. № 6 (263). С. 51–56.
8. Огурцов Ю.Н. Реализация многоуровневого суперэлементного подхода к расчету конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. 1989. № 5. С. 50–54.
9. Крылов В.И., Скобля Н.С. Методы приближенного преобразования Фурье и обращения Лапласа. М.: Изд. Наука, 1974. 224 с.
10. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Изд. Наука, 1976. 544 с.
11. Порошина Н.И., Рябов В.М. Об обращении преобразования Лапласа некоторых специальных функций // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1. Математика. Механика. Астрономия. 2009. № 3. С. 50–60.
12. Talbot A. The accurate numerical inversion of Laplace transform // J. Inst. Maths. Applics. 1979. Vol. 23. P.97–120.
13. Козлов В.В. О вариационных принципах механики // Прикладная математика и механика. 2010. Т. 74. № 5. С. 707–717.
14. Clark R.N., The Routh-Hurwitz stability criterion, revisited // IEEE Control Systems Year. 1992. Vol. 12. P. 119 – 120.
15. Anagnost J.J., Desoer C.A., An elementary proof of the Routh-Hurwitz stability criterion // Circuits Systems and Signal Process. 1991. Vol. 10. P. 101–114.
16. Parks P.C. A new proof of the Routh-Hurwitz stability criterion using the second method of Liapunov // Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 1962. Vol. 58. P. 694–702.
17. Белостоцкий А. М., Каличава Д. К. Математическое моделирование как основа мониторинга зданий и сооружений // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2010. Т. 6. № 1–2. С. 78–79.
18. Стругацкий Ю.М., Шапиро Г.И. Безопасность московских жилых зданий массовых серий при чрезвычайных ситуациях. // Промыш-

ленное и гражданское строительство. 1998. № 8. С. 37–41.

19. Тамразян А.Г., Степанов А.Ю., Парфенов С.Г. Конструктивная безопасность железобетонных конструкций зданий и сооружений

при запроектных воздействиях. // Науч. тр. 2-ой Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону «Бетон и железобетон: пути развития». М.: Дипак, 2005. Т.6. С. 92–100.

Kovalchuk O.A., Leontiev A.N.

MODELING OF ROD ELEMENTS OF THE BUILDING FRAMEWORK

The basis of calculation of the building based on the principle: "one rod-element – one super-elements". Unlike the traditional approach, consisting in attributing to finite element polynomial shape functions, the essence of the concept is to use analytical solutions of problems of statics and dynamics of a straight rod, which reproduces the look of the finite-element method (FEM). The paper uses a variant of the super-elements method focused precisely on the calculation of the carrier rod framework, this is equivalent to equivalent the method of joints known from course "Technical mechanics" described, e.g., in. In fact the meaning of governing equations does not differ from the classical variants of the finite-element method or the super-elements method.

Key words: *the ensemble of finite elements, stiffness matrix, additional to the plan impact, system stability, the frequency of free vibrations of the rod system.*

Ковальчук Олег Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной и теоретической механики.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское ш., д. 26.

E-mail: oko44@mail.ru

Леонтьев Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское ш., д. 26.

E-mail: an_leontie@mail.ru

Буханов Д.Г., аспирант, инженер,
Поляков В.М., канд. техн. наук, доц.,
Смакаев А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ АРТ

db.old.stray@gmail.com.

Предлагается подход к созданию системы обнаружения вторжений, работающей на основе анализа параметров сетевого трафика с применением нейронной сети на базе адаптивно-резонансной теории. Проведен эксперимент по обнаружению и распознаванию классов сетевых атак на тестовой выборке. Результаты эксперимента показывают целесообразность использования нейронных сетей адаптивно-резонансной теории для анализа сетевого трафика в системе обнаружения вторжений.

Ключевые слова: нейронная сеть АРТ-2, система обнаружения вторжений, информационная безопасность.

Введение. Согласно анализу кибер-атак 2015–2016 годов, выполненному компанией Positive Technologies, “нарушители все реже прибегают к атакам с эксплуатацией уязвимостей нулевого дня, переходя на более простые методы проникновения” [1]. Лишь в 20 % случаев использовались так называемые уязвимости нулевого дня, при этом среднее время присутствия атакующих в системе увеличилось до 3 лет [2]. Это показывает, что несмотря на важность обеспечения защиты компьютерных сетей, эта задача до сих пор не имеет доступного и качественного метода решения.

Среди существующего множества средств обеспечения информационной безопасности особо выделяются системы обнаружения вторжений (СОВ) [3]. Их особенностью является комплексный подход к сбору и анализу данных, что позволяет охватить наибольший спектр угроз, в числе которых несанкционированный доступ к ресурсам сети, атаки отказа в обслуживании (DDoS) и т.д. Любая СОВ включает в себя две обязательные подсистемы - сенсорную и аналитическую. Вне зависимости от устройства сенсорной подсистемы, аналитическая является ядром СОВ и от ее эффективности зависит работа всей системы.

Для анализа сетевого трафика в СОВ используют различные подходы. В [4] авторы предлагают использовать для анализа методы, основанные на нечеткой логике, но использование таких подходов предполагает выполнение дополнительных действий, таких как: создание лингвистических переменных, составление базы правил и, как правило, требует наличие эксперта в данной предметной области.

В настоящее время, наиболее интенсивно

развивающимся разделом интеллектуальных методов анализа данных являются искусственные нейронные сети [5]. Их применение в данной области считается наиболее перспективным.

В [6] предлагается использовать двухэтапную обработку входящей информации – на первом этапе происходит уменьшение размерности вектора входных данных при помощи нелинейной рециркуляционной нейронной сети, а на втором этапе – обнаружение атак с использованием многослойного перцептрона, который осуществляет обработку сжатого пространства входных образов с целью распознавания класса атаки. Такой подход требует предварительный анализ параметров сети для создания нелинейной рециркуляционной нейронной сети.

Авторы статьи [7] предлагают свести задачу обучения нейросетевой системы к поиску и извлечению информативных признаков, их сжатую с помощью метода главных компонент, дальнейшей обработки с помощью рециркуляционной нейронной сети и применение двухслойного перцептрона или сети Кохонена на базе выделенных информационных векторов признаков. Существенным недостатком в этом случае является существенное увеличение временной сложности при обучении сети распознаванию новых видов сетевых атак.

В данной работе предлагается структура СОВ и использование искусственной нейронной сети на основе адаптивно-резонансной теории (АРТ) для решения задачи анализа трафика.

1. Описание общей системы обнаружения сетевых атак

На рис. 1 изображена общая схема системы обнаружений и противодействия сетевым атакам в локальных вычислительных сетях.

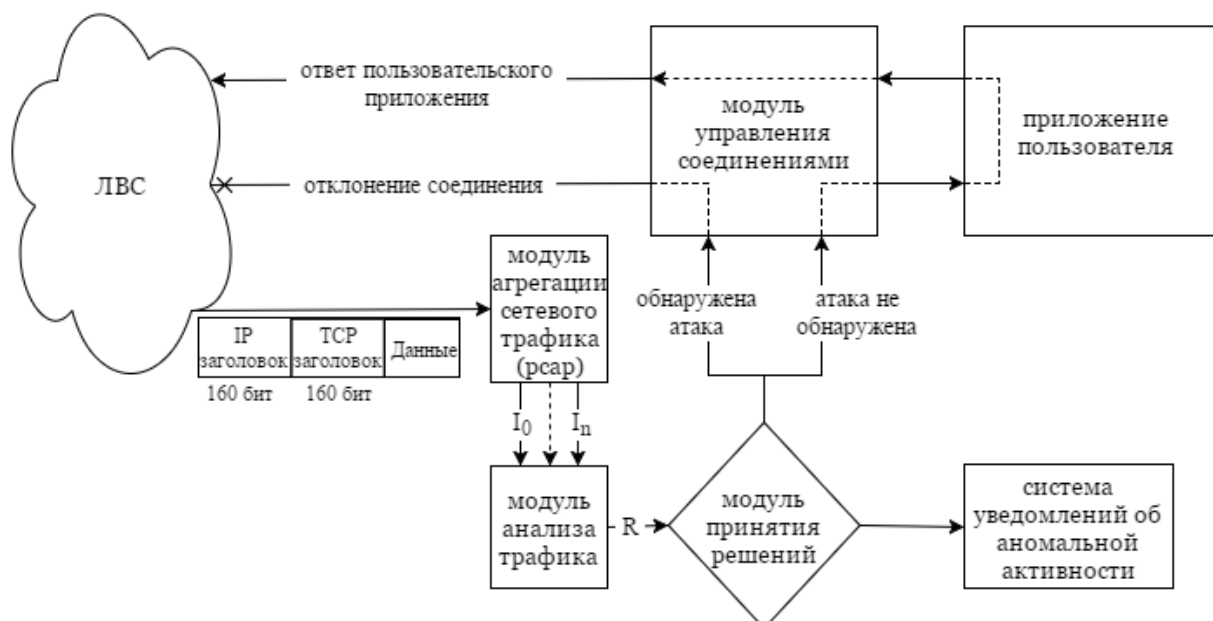


Рис. 1. Общая схема системы обнаружения сетевых атак

Модуль агрегации сетевого трафика используется для перехвата сетевых пакетов и их анализа на принадлежность конкретному соединению. После выполнения этих действий происходит обновление анализируемых параметров соответствующего соединения.

Модуль анализа трафика включает в себя нейронную сеть на основе адаптивно-резонансной теории. Для данной системы была выбрана сеть АРТ-2, позволяющая работать с входными векторами, состоящими из вещественных чисел. Сеть осуществляет определение принадлежности соединения к группе сетевых соединений, характерных для нормального или аномального состояния сети. Под аномальным состоянием сети понимается состояние, при котором выполняется противоправные действия, т.е. совершается одна из сетевых атак, рассмотренных в выборке KDD'99.

Результат работы модуля анализа передается в модуль принятия решений. На основе результата анализа он либо отклоняет соединение и уведомляет администратора об атаке, либо позволяет модулю управления соединениями передать пакет приложению пользователя для дальнейшей обработки. Модули принятия решений образуют распределенную систему, предназначенную для согласования действий и дообучения нейронных сетей.

2. Анализ сетевого трафика на основе АРТ-2

Для сбора сетевого трафика используется библиотека PCap (Packet Capture) [9]. Применение библиотеки PCap позволяет значительно снизить время получения и регистрации трафика. В работе [10] приведен пример использова-

ния драйвера PCap и его модификации WinPCap.

Для дальнейшего анализа в работе предлагается выделять 41 параметр трафика, согласно описанию, составленному на конференции International Knowledge Discovery and Data Mining Tools Competition [8].

Общие положения АРТ-2 выдвинуты С. Гроссбергом и подробно изложены в его работах [11–13]. Дальнейшее применение сетей АРТ изложено в работах [14, 15]. Основная идея заключается в том, что распознавание векторов данных, описывающих различные образы, является результатом частичного или полного соответствия состояния весов одного из обученных распознающих нейронов входному нормализованному вектору, т.е. вхождения в резонанс сенсорного и распознающего слоев сети. Возникший резонанс оценивается управляющими нейронами. Если он достаточен, т.е. превышает заранее определенный порог, то считается, что соответствие между вектором входных данных и образом из памяти сети установлено. Иначе управляющий слой замораживает резонировавший нейрон распознающего слоя и процедура распознавания повторяется. Если в конце все нейроны распознающего слоя оказываются заморожены, то в этот слой добавляется новый нейрон и его веса обучаются таким образом, чтобы он с достаточной степенью соответствовал вектору входных данных, т.е. происходит дообучение сети.

На рис. 2 изображена схема нейронной сети АРТ-2. Данная сеть принимает на вход вектора вещественных чисел.

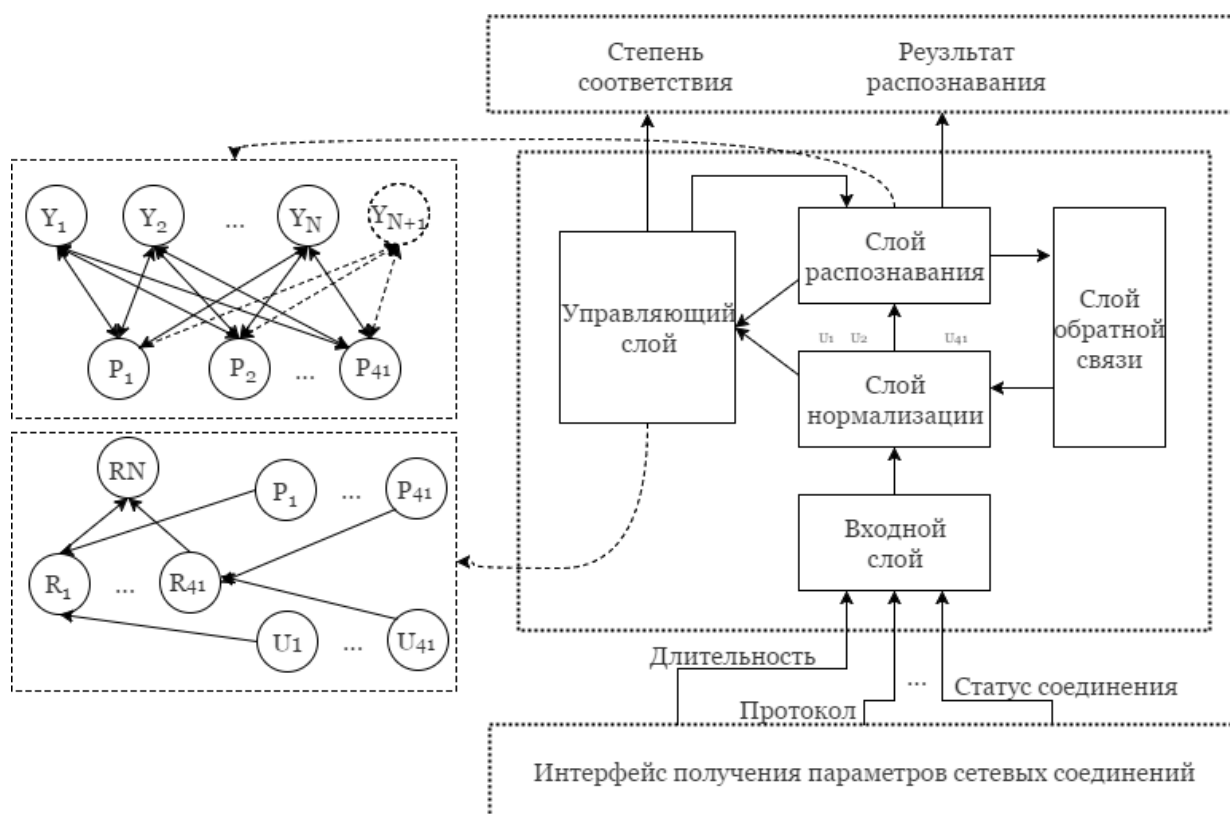


Рис. 2. Схема сети АРТ-2 для выявления сетевых атак

Каждый входной вектор содержит 41 сетевой параметр, выделенный из сетевого трафика. Далее в блоке нормализации происходит нормировка входных данных. Полученный вектор объединяется с информацией из обратной связи с распознающим слоем.

После нормализации данные попадают в группу нейронов P распознающего слоя. Далее вычисляются значения нейронов слоя Y на основании соответствующих весов связей от P к Y .

$$Y_j = P_j \times z_{jj} \quad (1)$$

где z_{ij} – вес связи от P_i к Y_j ; $j = (1..N)$, $i = (1..41)$; N – количество нейронов слоя Y .

Среди нейронов слоя Y определяется наибольшее значение. Затем корректируются нейроны P слоя с использованием весов связей от выбранного максимального нейрона Y слоя.

$$m = \max(Y) \quad (2)$$

$$P_i = U_i + d \times z_{mi} \quad (3)$$

где $\max()$ – функция, возвращающая индекс максимального нейрона из слоя Y ; $i = (1..41)$; U_i – выходной нейрон слоя нормализации, d – константа, принятая 0,9.

Полученный результат оценивается посредством вычисления выходных значений группы нейронов R_i управляющего слоя из значений выходных векторов нормализующего и распознающего слоев.

$$R_j = U_j + c \times P_j \quad (4)$$

где $i = (1..41)$, $c = 0,1$.

Далее вычисляется норма RN вектора R и

определяется ее соответствие пороговому значению. Если R не удовлетворяет пороговому значению, то выбранный нейрон Y слоя замораживается, и процедура распознавания повторяется еще раз без его участия, пока не будут заморожены все нейроны или пока не будет найден такой результат распознавания, который удовлетворял бы пороговому значению.

$$RN = \|R\| \quad (5)$$

$$\frac{v_{agilance}}{ens+RN} < 1 \quad (6)$$

где *vagilance* – пороговое значение, *eps* – малое число, для предотвращения деления на ноль.

Если в результате повторного выполнения процедуры распознавания все нейроны Y распознающего слоя оказываются заморожены, то к нейронам Y слоя добавляется новый нейрон и происходит обучение весов его связей с нейронами слоя P .

Для решения задачи анализа трафика и обнаружения сетевых атак сети АРТ-2 обладают следующими ключевыми особенностями:

- возможность создания нового класса распознаваемых векторов в случае несоответствия входного вектора ни одному из существующих классов;

- отсутствие необходимости полного переобучения сети для добавления новой информации;

- в весах каждого нейрона распознающего слоя хранится только одно изображение, полученное в результате выделения общих свойств

изображений обучающей выборки.

3. Результаты применения АРТ-2 сети для решения задачи обнаружения сетевых атак

Нейронная сеть на базе АРТ была обучена на выборке, состоящей из 489 296 векторов данных. Эксперимент проводился на тестовой вы-

борке размером в 2 351 447 векторов. В таблице 1 представлены общие результаты распознавания классов атак. В случае, если система обнаруживала атаку, но не верно указывала группу, к которой она принадлежит, то считалось, что атака обнаружена неверно.

Таблица 1

Результаты эксперимента по распознаванию состояния сети

Класс <группы>	Точность
normal < normal >	0,96
dos <back, land, neptune, pod, smurf, teardrop>	0,913
u2r < buffer_overflow, loadmodule, perl, rootkit>	0,48
r2l < ftp_write, guess_password, imap, multihop, phf, warezmaster>	0
probe < ipsweep, nmap, portsweep, satan>	0,805

На рис. 3 показаны результаты эксперимента по распознаванию состояния сети, где по оси абсцисс расположены названия групп атак, а по оси ординат - точность определения конкретного состояния сети. Из результатов видно, что не все классы атак были распознаны достаточно хорошо. Следует отметить, что такие атаки как warezmaster и ipsweep составляют в сумме около 0.003 % выборки, соответствующим образом они были представлены и в обучающей выборке. Таким образом, для обучения сети распозна-

ванию атак этого типа было недостаточно образцов, однако, вследствие их редкости можно пренебречь ошибкой в их распознавании.

Основной группой атак в тестовой выборке были dos-атаки. Атаки этой группы были обнаружены и правильно классифицированы с ошибкой всего в 0.15 %. Следующей по величине группой состояний сети является нормальное состояние - ошибка при его распознавании составила 3.6 %.

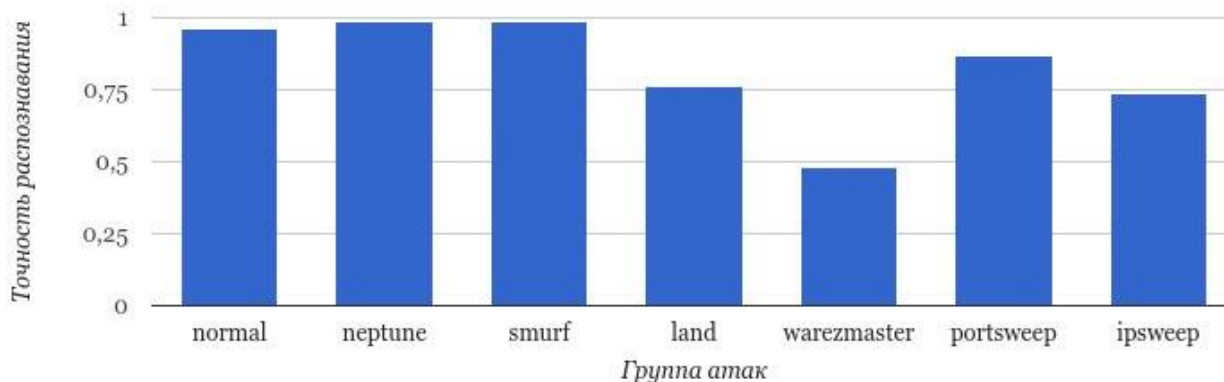


Рис. 3. Подробные результаты эксперимента по распознаванию состояния сети

В [6] производился эксперимент с сетями Кохоннена и двухслойным перцептроном на такой же тестовой выборке KDD'99. Авторы статьи производили обучение сети на полной тестовой выборке, о чем свидетельствуют показатели полноты в результатах их экспериментов. В большинстве случаев полнота обучающей выборки в работе [6] была на порядок выше, чем в эксперименте, проведенном в данной работе. При этом точность определения наиболее распространенных классов атак сетью АРТ-2 оказывается не хуже, чем сетями Кохоннена и двухслойным перцептроном. Низкие показатели для атак группы teardrop, nmap и back объясняются малым количеством этих атак как в обуча-

ющей, так и в полных выборках.

Заключение.

В ходе исследования был предложен подход к разработке СОВ, отличительной особенностью которого является использование сетей адаптивно-резонансной теории для анализа параметров сетевых соединений. Сетевое соединение представляет собой кортеж из 41 параметра. Данные параметры являются, как частями принятых пакетов (флаги пакетов), так и статистически накапливаемыми характеристиками сетевых соединений (например, время соединения). В качестве технологии распознавания состояния сети использовалась искусственная нейронная сеть АРТ-2, основным преимуществом которой

является возможность классификации новых образов без переобучения ранее запомненных.

Были проведены эксперименты с применением тестовой выборки KDD'99. Общие результаты эксперимента, а также их сравнительный анализ с результатами аналогичных экспериментов показывают возможность применения АРТ-2 для обнаружения и классификации сетевых атак в модуле анализа сетевых данных в составе системы обнаружения вторжений.

В ходе работы было выявлено два недостатка нейронной сети на базе АРТ-2: сложность организации параллельных вычислений и долгий поиск активного нейрона из слоя Y. Целесообразно разработать модификацию АРТ-2 с целью изменения структуры памяти сети для эффективного решения описанных проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключевые тенденции кибератак 2015 года по версии Positive Technologies [электронный ресурс] – открытый доступ, URL: <http://www.securitylab.ru/news/476333.php> (дата обращения: 30.04.2017)
2. КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ 2016-2017: ОТ ИТОГОВ К ПРОГНОЗАМ [электронный ресурс] – открытый доступ, URL: <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/Cybersecurity-2016-2017-rus.pdf> (дата обращения: 30.04.2017)
3. Мельников Д. Информационная безопасность открытых систем. М.: Изд. Litres, 2015, 448 с.
4. Марьенков А.Н., Ажмухамедов И.М. Обеспечение информационной безопасности компьютерных сетей на основе анализа сетевого трафика // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. № 1. С. 141–148.
5. Марков Р.А. Исследование нейросетевых технологий для выявления инцидентов информационной безопасности // Молодой ученый, 2015. №23. С. 55–60.
6. Головкин В.А., Безобразов С.В. Проектирование интеллектуальных систем обнаружения аномалий // Труды международной научно-технической конференции "Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем", OSTIS. 2011. С. 185–196.
7. Емельянова Ю. Г., Талалаев А. А., Тищенко И. П., Фраленко В. П. Нейросетевая технология обнаружения сетевых атак на информационные ресурсы // Программные системы: теория и приложения. 2011. Т.2. №3. С. 3–15.
8. KDD-99 International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining [электронный ресурс] – открытый доступ, URL: <http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/kddcup99.html> (дата обращения: 1.05.2017)
9. Risso F., Degioanni L. An architecture for high performance network analysis // Computers and Communications, 2001. Proceedings. Sixth IEEE Symposium on. – IEEE. 2001. P. 686–693.
10. Буханов Д. Г., Поляков В. М., Усков Д. А., Даяев Ф. Обнаружение SYN Flood атаки с использованием драйвера WinPCap // ISJ Theoretical & Applied Science. 2015. Т.1. №. 21. С. 139–144.
11. Carpenter G. A., Grossberg S. Category learning and adaptive pattern recognition: A neural network model // Proceedings, Third Army Conference on Applied Mathematics and Computing, ARO Report. 1985. P. 86–101.
12. Carpenter G. A., Grossberg S. ART 2: Self-organization of stable category recognition codes for analog input patterns // Applied optics. 1987. Т. 26. №23. С. 4919–4930.
13. Carpenter G. A., Grossberg S., Rosen D. B. ART 2: An adaptive resonance algorithm for rapid category learning and recognition // Neural networks. 1991. Т. 4. №4. P. 493–504.
14. Дмитриенко В.Д., Терехина В.М., Зако-воротный А.Ю. Вычислительное устройство для распознавания режимов функционирования динамических объектов // Вестник Национального технического университета Харьковский политехнический институт. Серия: Информатика и моделирование. 2004. №34. С.70–81.
15. Дмитриенко В.Д., Леонов С.Ю. Разработка К-значных нейронных сетей АРТ с несколькими полями обрабатывающих нейронов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2015. №1. С. 166–170.

Bukhanov D.G., Polaykov V.M., Smakaev A.V. **DETERMINATION OF COMPUTER NETWORK STATUS BASED ON ART NEURAL NETWORKS**

Proposed an approach to create an intrusion detection system that based on analysis of network traffic parameters using a neural network of the adaptive resonance theory. An experiment was made to detect and recognize classes of network attacks on a test sample. The results of the experiment show the feasibility of using neural networks of adaptive resonance theory to analyze network traffic in an intrusion detection system.

Key words: neural network ART-2, intrusion detection system, information Security.

Буханов Дмитрий Геннадьевич, аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

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

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

E-mail: db.old.stray@gmail.com.

Поляков Владимир Михайлович, кандидат технических наук, зав. кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

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

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

Смакаев Анатолий Витальевич, аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

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

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

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/article_5940f01ad07df5.68898988

Кикалишвили Д.Г., аспирант,
Демененко И.А., ст. препод.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

di_ki93@mail.ru

В статье анализируются некоторые проблемы экономики России, в том числе проблемы импортозамещения, возможные направления их решения, необходимость определения приоритетов и приоритетных отраслей, в первую очередь, не конкурирующих на внешнем рынке. Авторами сделан акцент на строительной отрасли проблем импортозамещения: особенностей, проблем и перспектив решения. Исследованы некоторые особенности инвестиционной политики России, а также разработаны направления ее корректировки.

Ключевые слова: импортозамещение, риски, приоритетные отрасли развития, санкции, система.

Введение. Проблема импортозамещения отнюдь не нова для современной России. Она нашла отражение в ряде положений, содержащихся в 7 указах Президента РФ и около 200 федеральных законов, которые регулируют вопросы национальной безопасности [1]. Однако, по-особому она звучала не так давно и остается актуальнейшей и сегодня. А связано это с тем, что вот уже более двух лет наша страна пребывает в условиях применения со стороны США и стран Евросоюза широкомасштабных санкций, коснувшихся в первую очередь, экономической сферы. Санкции, в целом, можно определить как меры ограничительного или запретительного характера, имеющие, как прави-

ло, экономическую направленность, и на первый взгляд, оказывающие исключительно негативное воздействие на субъект, в отношении которого они приняты. В результате применения США и странами Западной Европы в отношении нашей страны целого комплекса санкций, в том числе и экономического характера, ударивших наиболее сильно по экономике страны, можно говорить о признаках наступления экономического кризиса.

Методология. Следует отметить, что экономическими санкциями страны Запада стали пользоваться довольно давно. Экономические санкции уже вводились против Ирана, Сирии, Ливии, Кубы, Белоруссии (табл. 1).

Таблица 1

Зарубежный опыт введения экономических санкций

Международная организация	Страна	Санкция
Совет безопасности ООН	Иран	Запрет на экспорт атомной, ракетной и части военной продукции, прямых иностранных инвестиций в газовую, нефтяную и нефтехимическую промышленность.
Европейский союз	Иран	Ограничения для Ирана во внешней торговле, финансовой сфере, энергетическом секторе и технологиях, запрет на страхование и перестрахование европейскими страховыми компаниями государства Иран и принадлежащих Ирану частных компаний.
США	Белоруссия	Санкции против белорусских властей в связи с нарушениями прав человека в стране. США требовали, чтобы Александр Лукашенко ушел с должности Президента Беларуси, которую он занимает с 1994 года.
США, Европейский союз, Швейцария	Сирия	Санкции были введены в мае 2011 года со стороны США, ЕС и Швейцарии против режима Башара Асада.
Совет безопасности ООН	Ливия	Эмбарго на торговлю оружием с Ливией, замораживание счетов ливийских политиков, запрет на въезд в государства-члены ООН Муамарра Каддафи и его семьи.
США	Куба	Полное экономическое эмбарго более 50 лет.

Исходя из истории применения санкций, введенные экономические санкции против России могут привести к потере рынков сбыта газа, и, как следствие, к многомиллиардным потерям. Российская Федерация может столкнуться с исключением из международных организаций, а также с прекращением сотрудничества с международными финансовыми учреждениями.

На сегодня, проблему импортозамещения Россия решает через установление сотрудничества со странами, не связанными обязательствами перед США и Европой, в том числе Юго-Восточной Азией, Южной Кореей, Малайзией и Китаем. У этих стран весьма разнообразный и привлекающий нас рынок оборудования и технологий, которые в нашей стране не развивались и были «заброшены». Взамен Россия может предложить сотрудничество в области атомной энергетики, космических технологий, в области вооружений, совместного освоения Арктики [2].

Основная часть. По мнению экспертов [3], решению проблем импортозамещения и повышения конкурентоспособности национальной экономики мешают:

- отсутствие масштабной целевой господдержки
- слабая информированность предприятий о существующих мерах господдержки и трудности доступа к её получению;
- неразвитость инфраструктуры продвижения экспортной продукции;
- трудности с кредитованием производства;
- отсутствие достаточного опыта для успешной внешней экономической деятельности у большинства предприятий;
- слабое стимулирование предприятиями научной и инновационной деятельности;
- дискриминационные отношения между кредитными финансовыми организациями и предприятиями промышленности, нужно сделать денежные ресурсы доступными для бизнеса.

Для решения задачи импортозамещения и повышения конкурентоспособности отечественных отраслей предстоит провести следующие меры государственной поддержки:

- замещение внешних источников кредита внутренними, создание суверенной финансовой системы;
- ликвидация дискриминационных отношений между кредитными финансовыми организациями и предприятиями промышленности (денежные ресурсы должны стать доступными для бизнеса).

За короткое время России предстоит сделать то, что при обычных условиях происходит

гораздо дольше. Без мобилизационных усилий на всех уровнях власти и экономики это невозможно. Стране нужен большой объем ресурсов, высокая степень государственной поддержки и новые подходы государственного управления. Сейчас много выступлений, споров и мнений ведется по этой теме. Следует понять, что результат экономического развития страны будет зависеть от четкого плана действий и глубокого осмысления ситуации на всех социальных уровнях, включая каждого гражданина страны. Изменяющаяся национальная экономика требует, чтобы импортозамещение стало важнейшим элементом экономической политики и инструментом достижения главной цели - выхода на положительное сальдо внешней торговли товарами и услугами. Разумное решение этой проблемы позволит не только сократить импорт, сохранив в стране значительный объем валютных средств, но и удешевить товары, поддерживать отечественного производителя, создать рабочие места, способствовать совершенствованию отечественного инженерного образования. Поэтому центральным элементом промышленной политики должно стать именно импортозамещение, которое позволит в значительной степени минимизировать негативный эффект от возможных санкций. Главная задача в настоящее время состоит в том, чтобы существенно повысить инвестиционную привлекательность промышленности и, прежде всего, строительной отрасли. Попытки государства создать условия для появления собственных производств в строительной сфере не дискредитируют иностранных производителей, а защищают национальную экономику.

При решении проблемы импортозамещения требуется комплексный подход с учетом всех факторов и особенностей страны. Основными критериями процесса импортозамещения в строительной отрасли должны служить экономическая, социальная и стратегическая целесообразности. Вопрос устойчивости внешнеторгового сальдо вообще является вопросом стабильности ресурсного обеспечения экономики, а значит, и экономической безопасности, в том числе в строительной отрасли. Импортозамещение, способствуя экономическому росту, также обеспечивает повышение конкурентоспособности отечественных строительных материалов, техники и механизмов, ослабления зависимости от поставок импортных товаров для этой отрасли экономики.

Анализ свидетельствует об активизации процессов импортозамещения в РФ. Так, по данным Рейтингового агентства строительного комплекса (РАСК) импорт цемента, кирпича и

черепицы в первом квартале 2015 года сократился до 2–3 % от общей потребности. В 2014 году этот показатель составлял 10–12 %. По сравнению с 2014 годом совокупный импорт цемента уменьшился более чем на 80 %, черепицы – на 60 %, кирпича на 80 %.

При этом, собственное отечественное производство кирпича выросло за 2014 год на 20 % [4]. способна уже в ближайшие 5–7 лет обеспечить более 10–15 % роста производства строительных материалов. Хуже обстоит дело с выпуском спецтехники для строительной индустрии. Доля импортного оборудования в производстве стройматериалов по данным того же Рейтингового агентства строительного комплекса, достигает 90 % [4].

Выпуск качественной конкурентоспособной продукции, снижение импортоспособности производства и объемов некритического импорта на деле должны быть важными задачами экономического развития РФ. Полностью отказаться от импортной продукции невозможно, но всерьез задействовать спящий ресурс импортозамещения стоит. Здесь есть варианты – либо самостоятельно организовывать новые производства, либо привлекать инвесторов. В современных условиях любая попытка замещать весь импорт – это утопия, особенно в условиях ВТО, при этом проблема импортозамещения не должна решаться в ущерб качеству строительства как промышленных объектов. В настоящее время РФ необходима научно-обоснованная национальная программа импортозамещения, так и в жилищном строительстве.

Второе направление охватывает импортные строительные материалы, агрегаты и механизмы, которые в стране не производятся, но выпуск которых можно и нужно освоить в сжатые сроки. «Наиболее сложная ситуация складывается с инженерным оборудованием, применяемым при строительстве объектов жилой и коммерческой недвижимости, машин и агрегатов, премиальных отделочных материалов, а также оборудования и линий по производству самих стройматериалов, – отметил Евгений Ортин, маркетолог-аналитик НП «Объединение строителей Санкт-Петербурга». Он подтвердил, что доля импортного оборудования в производстве стройматериалов достигает 90%. В то же время, в зависимости от размеров компании, доля импортной составляющей достаточно сильно варьируется. Так, импортозависимость в области стройматериалов имеет наиболее низкий уровень у крупных предприятий, специализирующихся на капитальном и дорожном строительстве. Для сравнения: в дорожном строительстве доля импортного оборудования и автотранспор-

та превышает 70 %, при прокладке внутренних инженерных сетей и электромонтаже доля импорта – не менее 44 % [4].

Комитет по строительству Санкт-Петербурга, например, составил приоритетный список импортного оборудования, которому необходимо найти отечественные аналоги либо начать собственное производство, замещая импортные товары. В этот список вошли такие важные строительные агрегаты, техника и технологии, как: системы отопления (балансировочные клапаны с ручной и автоматической настройкой), источники бесперебойного питания от 100кВА, насосы, фильтры для бассейнов, системы кондиционирования воздуха и многое другое [4]. Соответственно, на этом уровне целесообразна постановка задач создания новых современных импортозамещающих производств с гарантией конкурентоспособности, как минимум, на внутреннем рынке.

Вопросы разработки и производства инновационных строительных материалов, развития предприятий-производителей строительных материалов и техники обсуждались на 2 декабря 2015 года в Екатеринбурге на окружном совещании по вопросам развития промышленности строительных материалов Уральского федерального округа, организованное Ассоциацией «Национальное объединение производителей строительных материалов, изделий и конструкций» (НОПСМ), при поддержке Полномочного представителя Президента РФ в УФО Игоря Холманских и губернатора Свердловской области Евгения Куйвашева. В работе совещания приняли участие представители органов власти субъектов УФО, руководители крупнейших компаний отрасли, эксперты и представители научного сообщества. Вице-президент компании ТехноНИКОЛЬ Евгений Войлов выступил на мероприятии с презентацией, посвященной актуальным аспектам импортозамещения в производстве строительных материалов. В своем выступлении Евгений рассказал об основных трендах развития отрасли и необходимых решениях, принятие которых позволит увеличить долю отечественных материалов на внутренних рынках, а также будет способствовать развитию экспортного потенциала строительной отрасли. Среди ключевых проблем, с которыми сталкиваются производители строительных материалов, эксперт ТехноНИКОЛЬ назвал недостаток сырья для производства полимерных строительных материалов, сохранение проблем с применением импортозамещающей продукции на объектах капитального строительства, строящихся за счет средств бюджета. «На наш взгляд, для импортозамещения необходимо развивать ин-

ститут ответственности производителя, как основу высокого качества продукции, внедрить применение российских строительных материалов на объектах, строящихся за счет средств бюджета, при наличии российского аналога, формировать программу развития качественной сырьевой базы для импортозамещающего выпуска полимерных строительных материалов. Но нельзя забывать и про экспортный потенциал отрасли. Субсидирование затрат на адаптацию российской промышленной продукции на зарубежных рынках (испытания, сертификацию) может стать реальным инструментом увеличения экспорта строительных материалов», - отметил Евгений Войлов [5]. И это направление импортозамещения в строительной отрасли России уже приносит свои плоды. Так, построенные по программе импортозамещения новый завод ТехноНИКОЛЬ в Хабаровске с августа 2016 года начал поставки негорючей теплоизоляции в 12 регионов Дальнего Востока и Восточной Сибири. Первым зарубежным регионом сбыта для нового предприятия стал Китай. ТехноНИКОЛЬ удалось выиграть конкурс на поставки базальтовой теплоизоляции для крупнейшего объекта – Шанхайской табачной фабрики. Кроме того, в прошлом году состоялась первая поставка хабаровского утеплителя в Канаду для международного производителя сэндвич-панелей. Сейчас компания ведет переговоры о поставках каменной ваты в Японию. В отдаленной перспективе ТехноНИКОЛЬ планирует выйти с продукцией своего нового предприятия на рынки Кореи, Монголии и Вьетнама.

Наконец, третье направление включает изделия и товары, не производимые в РФ, поскольку их импортозамещение экономически невыгодно или невозможно в силу объективных причин. Такие товары необходимо относить к так называемому критическому импорту, и главная задача на этом направлении - сократить потребление такой группы товаров, изучить и применять возможности непрямого замещения.

Критерием устойчивого развития отечественной экономики является её сбалансированность по экспорту, импорту и внутреннему производству и потреблению. Если доля импорта, какого-либо стратегически или социально важного товара в необходимом внутреннем потреблении превышает 20–25 %, то возникает угроза для национальной и экономической безопасности. А в обеспечении отечественной строительной индустрии специальной техникой импорт почти стопроцентный. Очевидно, что в случае глубокого мирового финансово-экономического кризиса, различного рода форс-мажорных обстоятельств, более устойчивой является сбалан-

сированная экономика, в которой как экспорт, так и импорт стратегически важной продукции не превышают четверти от национального производства. На данном подходе и следует строить решение проблемы импортозамещения, поскольку сегодня наша страна импортозависима даже в стратегических оборонных отраслях, не говоря уже о других сферах экономики.

В связи с этим основными задачами Правительственной комиссии по импортозамещению являются:

- обеспечение согласованных действий федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций по разработке основных направлений государственной политики в сфере импортозамещения;

- разработка основных направлений совершенствования правового регулирования в сфере импортозамещения, а также контроль реализации мероприятий по указанным основным направлениям;

- рассмотрение предложений, направленных на создание условий для эффективной реализации государственной политики в сфере импортозамещения;

- рассмотрение вопросов осуществления и совершенствования деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций при реализации государственной политики в сфере импортозамещения;

- рассмотрение вопросов осуществления долгосрочных программ развития и инвестиционных программ субъектов естественных монополий и организаций с государственным участием в части реализации государственной политики в сфере импортозамещения;

- определение мер, направленных на удовлетворение потребностей внутреннего рынка в промышленной продукции российского производства;

- определение основных мер, направленных на повышение инвестиционной привлекательности проектов в сфере импортозамещения;

- координация деятельности федеральных органов исполнительной власти по созданию производства товаров, работ и услуг, не имеющих российских аналогов и признанных приоритетными в целях импортозамещения, с учетом потребности соответствующих отраслей экономики;

- координация деятельности федеральных органов исполнительной власти, касающейся разработки государственных программ Россий-

ской Федерации, федеральных целевых программ, иных документов стратегического и программно-целевого планирования Российской Федерации в целях создания условий для реализации проектов в сфере импортозамещения товаров, работ и услуг (за исключением продукции машиностроения).

Выводы. Аналогичной мерой финансовой поддержки импортозамещения стало выделение Правительством РФ, за счет средств федерального бюджета целевых, займов предприятиям, реализующим проекты по импортозамещению. С августа 2014 года действует Фонд развития промышленности, в задачи которого входит финансирование проектов на предпроизводственной стадии. Правда, бюджет его не так велик: 20 млрд. руб., притом, что, по данным фонда, с января по апрель 2015 года поступило более 800 заявок на общую сумму порядка 280 млрд. руб. от разных компаний, в том числе задействованных в строительной индустрии. Фонд предоставляет промышленным предприятиям заем на срок от пяти до семи лет по ставке 5 % годовых. Предприятия-заемщики должны соответствовать ряду требований:

- иметь положительную кредитную историю;
- сумма займа должна быть обеспечена чистыми активами заявителя или предоставленным обеспечением, например, гарантией банка;
- финансируемый проект должен быть направлен на внедрение передовых технологий, создание новых продуктов или организацию импортозамещающих производств.

Таким образом, Правительство РФ было вынуждено увеличить расходы на поддержку компаний, пострадавших от санкций. Источниками средств для пострадавших компаний является Фонд национального благосостояния и пенсионные накопления граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Симоненко М. В. Проблемы импортозамещения в России в условиях экономических

санкций США и Западной Европы // Молодой ученый. 2015. №19. С. 423–426.

2. Демененко И.А., Папанова О.А. Реинжиниринг менеджмента компании через призму социального консалтинга // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 235–237.

3. Кравченко Е.Ю. Разработка маркетинговой стратегии организации // Белгородский экономический вестник. 2014. №4 (76). С. 117–127.

4. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Инвестиционно-инновационный потенциал региона: сущность, значение, импакт-факторы и способы оптимизации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 2 (50). С. 127–131.

5. Миславский А. Количественное управление эффективностью // Нефтегазовая вертикаль. 2007. № 22. С. 28–33.

6. Герасименко О.А., Авилова Ж.Н. Ключевые бизнес-компетенции как экономическая категория // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 273–277.

7. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Перспективы инновационного развития высших школ в современных условиях // Белгородский экономический вестник. 2015. №2 (78). С. 3–8.

8. Верижникова Н.В. Импортозамещение в России // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. 2016. №3. С. 274–277.

9. Зуборева Н.В. Импортозамещение в различных отраслях национальной экономики // Электронный научный журнал. 2016. №10. С. 47–51.

10. Gulei I.A., Smolenskaya O.A., Shavyrina I.V., Shapovalova V.A. Conceptual bases of formation client-oriented organizational culture of the high school // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2015. Volume 6. Issue 3(13). P. 551–559.

Kikalishvili D.G., Demenenko I.A.

THE PROBLEM OF IMPORT SUBSTITUTION IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN TERMS OF ECONOMIC RISKS

The article analyzes some problems of the Russian economy, including the problems of import substitution, possible directions of their solutions, the need to identify priorities and priority sectors, first and foremost, do not compete on the foreign market. The authors focus on the construction industry to the problems of import substitution: features, problems and prospects of solutions. Investigated some peculiarities of investment policy of Russia and directions of its adjustment.

Key words: import substitution, risks, priority sectors of development of the sanctions system.

Кикалишвили Диана Геловна, аспирант.

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

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

E-mail: di_ki93@mail.ru

Демененко Инна Арамовна, старший преподаватель.

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

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

E-mail: Inna12manager@gmail.com

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

gukova@bsu.edu.ru

На современном этапе развития экономики, особое внимание в строительной отрасли уделяется проблеме формирования системы сметного ценообразования. В данной работе рассматривается сметная стоимость строительства и состав общих затрат строительного проекта, выделена главная функция сметных норм, разработан авторский подход к системе сметного ценообразования.

Ключевые слова: стоимость строительства, система сметного ценообразования, сметное нормирование, строительная отрасль.

Введение. В современных условиях развития экономики особое значение в области строительства имеет разработка и внедрение ресурсосберегающих технологических процессов. К числу первоочередных организационно-экономических задач снижения затрат на разработку и реализацию инвестиционно-строительных проектов относятся формирование современной сметной нормативной базы ценообразования в соответствии с требованиями рыночной экономики и соблюдение единого методического подхода к определению сметной стоимости строительства с учетом передовой технологии, современных материалов, конструктивных и архитектурно-планировочных решений [1]. Одним из важнейших направлений развития российской строительной отрасли в настоящее время является освоение новых способов управления в хаотичных условиях строительства [2]. Процесс строительства сопровождается целостностью различных организационных, технических и технологических решений направленных на ввод в эксплуатацию объекта с необходимым качеством и в установленные сроки. Успешное осуществление строительного проекта подразумевает, как обязательный элемент, разработку сметной стоимости строительства, т.е. определяется объем денежных средств, необходимых для осуществления строительства, выведенный на основании сметной документации [3, 4]. На этой документационной платформе планируются капитальные вложения, финансируется строительство, делаются расчеты за выполненные подрядных работ, оплачиваются расходы по приобретению оборудования и доставке его на стройки, возмещаются другие затраты за счет средств, предусмотренных сводным сметным расчетом. Система сметного ценообразования в строительстве обязательно учитывает положения федеральных законов и нормативных право-

вых актов, которые регулируют вопросы ценообразования в строительной отрасли, и сметных нормативов, принадлежности и порядка утверждения, обязательных для определения сметной стоимости работ на объектах, реконструкции, капитального ремонта.

Методология. В процессе проведения исследования и обоснования рекомендаций использовались труды отечественных и зарубежных ученых в области макроэкономики, управления, логистики, экономики и организации строительства. Проблемам разработки механизма управления цепями поставок, в том числе и в строительной отрасли посвящен ряд работ отечественных и зарубежных авторов, таких как Р. Вернер, Д. Даунс, Г. Дебок, Ю.Л. Бобров, П.В. Горячкин, В.М. Дидковская, О.В. Дидковский, В.Р. Дорожкин, В.И. Корецкий, Т.Е. Кочергина, А.Г. Кузьминский, И.М. Лазарев, И.А. и др.

Основная часть. В систему сметного ценообразования помимо сметных нормативов должна быть включена нормативно-правовая составляющая (законы, постановления, приказы и другие правовые акты), регулирующая вопросы строительного ценообразования. Что касается системы сметных нормативов в структуре сметного ценообразования, то здесь руководством к действию является «Порядок разработки и утверждения нормативов в области сметного нормирования и ценообразования в сфере градостроительной деятельности» (Приказ Министерства регионального развития РФ от 11.04.2008 г. № 44). Сметные нормативы включают в себя сметные нормы, расценки и цены и методические документы, регламентирующие порядок разработки и применения сметных норм, подлежащие применению при определении сметной стоимости строительства.

Конечно, для определения сметной стоимости строительства существует «классический» проектный подход. В этом случае сметчику из

проекта необходимо «в мельчайших подробностях» выбрать и просчитать все потребные для строительства ресурсы. Для того, чтобы это сделать, специалист по ценообразованию должен располагать солидным «запасом времени» и качественной проектной документацией. В общей теории управления, и, в частности, в строительной отрасли, несмотря на всю уникальность (индивидуальность) каждого конечного продукта [5–11], в строительном производстве существует масса однотипных (одинаковых) процессов и технологических операций (видов работ) с определенным набором и объемом ресурсов, необходимых для их выполнения. Мы представляем их в виде своеобразных «укомплектованных» ячеек («комплектация» происходит по видам работ). Для каждой такой ячейки с 1934 г. прошлого века ведется хронометраж и нормирование, на основе которых по принципу усреднения с минимизацией расхода всех необходимых ресурсов создаются сметные нормы. По мере появления новых технологий, количество ячеек в системе увеличивается. Каждый строительный проект в обязательной форме включает сметные нормы, в которых показан усредненный расход всех необходимых ресурсов для выполнения определенного вида работ. Работа над созданием проекта приводит к конечному результату путем осуществления их как на федеральном, так и на региональном уровне [12]. При расчетах сметной стоимости принимаются во внимание

такие документы как проект (включая чертежи, ведомости объемов строительных и монтажных работ, спецификации и ведомости на оборудование, основные решения по организации и очередности строительства, принятые в проекте организации строительства, пояснительные записки к проектным материалам), а также учитываются сметные нормативы (нормы и цены) [13].

При расчете объема финансирования на строительство объекта применяются различные методы, такие как ресурсный метод, который предполагает расчет ресурсов, необходимых для реализации проекта, в текущих (прогнозных) ценах (методика введена в действие письмом Минстроя РФ от 10.11.1992 № БФ-926/12). Также применяется ресурсно-индексный метод – сочетание ресурсного метода с системой индексов на сметную стоимость строительства.

При необходимости учитывать использование системы текущих и прогнозных индексов по отношению к стоимости, определенной в базисном уровне используется базисно-индексный метод. Индексы – коэффициенты перехода от базовой стоимости к стоимости на текущую дату.

Сумму прямых затрат на объем конкретной работы определяют по формуле:

$$ПЗр = EP \times Vp \quad (1)$$

где, ПЗр – прямые затраты на вид работ, EP – единичная расценка, Vp – объем работ.

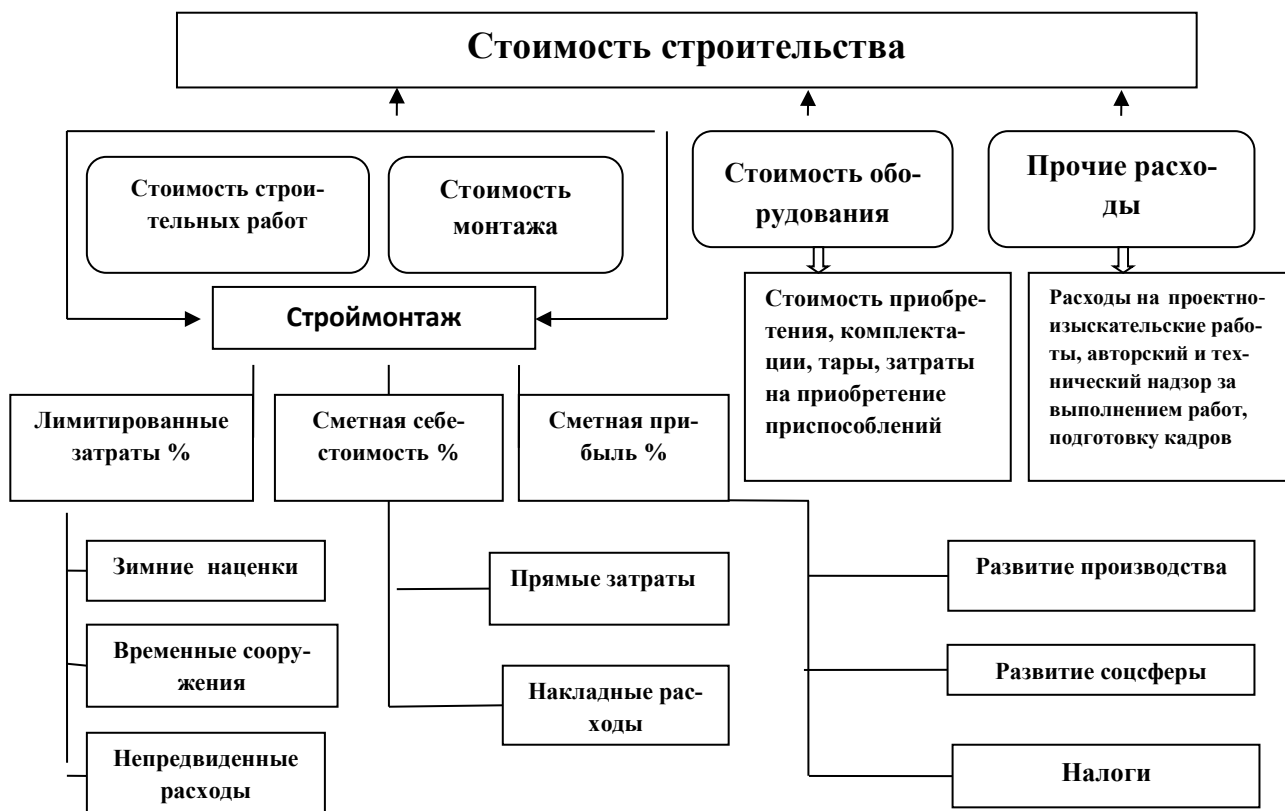


Рис. 1. Стоимость строительства

При выборе способа регулирования [14,15] ценообразования в строительной отрасли необходимо учитывать интересы всех сторон инвестиционно- строительного процесса. При этом учитывается единичная расценка, т.е. стоимость прямых затрат на единицу работы (суммарный результат умножения элементов сметной нормы на соответствующие цены ресурсов), а также сметная норма, которая представляет собой совокупность ресурсов (затрат труда рабочих, времени работы строительных машин, потребности в материальных ресурсах), установленная на принятый измеритель строительных, монтажных и других работ. Главная функция сметных норм – определение нормативного количества материальных и трудовых ресурсов, необходимых для выполнения единицы измерения соответствующего вида работ.

В целом, стоимость [15] строительно-монтажных работ складывается из прямых затрат, накладных расходов и сметной прибыли (рис. 1). Величина накладных расходов определяется в процентах от величины средств на оплату труда рабочих в текущем уровне цен в составе сметных прямых затрат.

Выводы. Таким образом, основой системы ценообразования является сметно-нормативная база, которая служит инструментом определения объемов финансирования строительства, определения договорных цен на строительную продукцию, расчетов за подрядные строительно-монтажные работы, оплаты расходов по приобретению строительного оборудования и доставке его на объекты, а также возмещения других затрат за счет средств, предусмотренных сводным сметным документом [16, с.12]. Исходя из сметной стоимости, принятых договорных цен на строительную продукцию ведутся учет и отчетность, и производится оценка деятельности строительно-монтажных организаций и заказчиков, а также формируется в установленном порядке балансовая стоимость вводимых в действие основных фондов по построенным объектам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королева М.А. Ценообразование и сметное нормирование в строительстве. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 263с.
2. Горелик П.И. Бережливое строительство как инновационный метод управления строительством // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 12 (27). С. 40–48.
3. Укрупненные показатели базисной стоимости строительства по объектам-аналогам (УПБС-2001) Издание 2, переработанное и до-

полненное. Под общей редакцией В.С. Башкатова. М.: Изд-М., 2009. 368 с.

4. Сметные нормы и расценки на новые технологии в строительстве. Часть III Книжный формат 60x88 1/16. Москва. 2009. С. 371.

5. Дорошенко Т.Г., Кокарева А.А. Направления нормотворческой деятельности в области строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства // Известия Байкальского государственного университета. 2012. № 2. С. 101–104.

6. Гридчин А.М., Лесовик В.С. От бюджетного выживания к инновационному развитию // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 10–12.

7. Глаголев С.Н. Бухонова С.М. Анализ формализованных подходов оценки гибкости промышленного предприятия // Современные проблемы строительного материаловедения Материалы седьмых академических чтений. 2001. С. 60–68.

8. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Сомина И.В. Теоретические аспекты инвестиционной привлекательности экономических систем // Белгородский экономический вестник. 2014. № 2 (74). С. 3–7.

9. Гукова Е.А. Особенности Российской специфики организации процесса бизнес-планирования на предприятии // Экономические и социальные факторы развития народного хозяйства. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Ханты-Мансийск. 2016. С. 60–64.

10. Avilova Z.N., Gulei I.A., Shavyrina I.V. Formation of the customer-centric organizational culture of the university as a factor of effective social and economic development of the region // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. Т. 6. № 3. С. 207–216.

11. Miles M., Berens G., Weiss M. Real estate development: principles and process. 3 ed. // Urban Land Institute, 2005. 576 p.

12. Беспалова Н.В. Сущность хозяйственного механизма управления в строительстве и повышение эффективности системы управления капитальным строительством // Вологодские чтения Дальневосточный федеральный университет (Владивосток). 2007. № 62. С. 17.

13. Екимова К.В., Мартынюк Ж.С. Российская система ценообразования в строительстве: текущие проблемы обоснования цены строительства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2011. № 21 (238). С. 68–72.

14. Тхориков Б.А. Проблемы целеполагания в системе государственного управления соци-

альной сферой // Историческая и социально-образовательная мысль. 2016. Т. 8. № 1-2. С. 164–166.

15.Добрина М. В. Оценка эффективности инновационного проекта // Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инновации в строительстве Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Воронеж. 2016. № 2 . С. 17–21.

16.Анисимова Н.А., Татьянин К.В., Анисимов С.М. Оценка влияния маркетинговых факторов на эффективность инновационных проектов // Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инновации в строительстве Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Воронеж. 2016. № 2 . С. 11–17.

Gukova E.A.

**METHODOLOGICAL BASIS OF DETERMINING THE ESTIMATE VALUE
IN THE BUILDING INDUSTRY**

At the present stage of economic development, special attention in the construction industry is given to the problem of forming the system of estimated pricing. In this paper, the estimated cost of construction and composition of the total costs of the construction project is considered, an author's approach to the system of estimated pricing is developed.

Key words: *cost of construction, estimated pricing system, estimate rationing, building sector.*

Гукова Елена Арсеновна, магистрант, кафедра менеджмента и маркетинга.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Адрес: Россия, 308000, Белгород, ул. Победы, д. 85.
E-mail: gukova@bsu.edu.ru

Ситдикова Э.Э., магистрант
Казанский (Приволжский) федеральный университет

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

elina-sitdikova@mail.ru

В настоящее время создание в организациях подразделения внутреннего аудита – одно из активно и стремительно развивающихся направлений в России. Служба внутреннего аудита является одним из важнейших структурных подразделений компании, обеспечивающим эффективность финансово-хозяйственной деятельности организации и управления компанией в целом. Решение о создании службы внутреннего аудита принимают собственники организации, что обусловлено экономической целесообразностью и определенными предпосылками. Организация службы внутреннего аудита представляет собой сложный многоступенчатый процесс, который необходимо осуществлять в соответствии с тщательно сформулированными и четко обозначенными этапами, каждый из которых представляет собой решение задач разной степени сложности. Для определения полного перечня этих задач, а также процессов, которые необходимо организовать и поддерживать, в статье предложено применение к организации службы внутреннего аудита проектного подхода, который, к тому же, позволит определить и установить иерархическую взаимосвязь решаемых задач и осуществляемых процессов.

Ключевые слова: внутренний аудит, организация службы внутреннего аудита, проектный подход, проектирование изменений, этапы организации службы внутреннего аудита, предпосылки формирования службы внутреннего аудита.

Введение. Организация службы внутреннего аудита (далее – СВА) представляет собой весьма сложный процесс, требующий решения ряда вопросов методологического и организационно-технического характера. С целью выявления основных подходов к организации СВА в строительной организации необходимо рассмотреть понятие СВА и предпосылки ее организации.

По мнению Л.А. Сухаревой, И.Н. Дмитренко, под службой следует понимать организационно штатную единицу, которая включает работника, группу, бюро или другой элемент организационной структуры управления (структурное подразделение) и специализируется на выполнении комплекса однородных функций управления [1].

СВА в зависимости от особенностей хозяйствующего субъекта, его размеров, масштабов деятельности, организационной структуры и других факторов может быть представлена внутренним аудитором, подразделением внутреннего аудита, управлением внутреннего аудита или иным структурным подразделением, отделом, которое призвано осуществлять функции внутреннего аудита. Таким образом, можно сделать вывод о том, что СВА — это самостоятельное структурное подразделение в структуре организации, деятельность которого направлена на реализацию функций внутреннего аудита.

Решение о создании СВА принимают собственники организации, что обусловлено экономической целесообразностью. Основное назначение внутреннего аудита в строительной организации, как и в любой другой коммерческой организации, – повышение эффективности ее деятельности. Это тем более важно для компаний строительной отрасли, что функционирующим в условиях постоянного роста издержек из-за увеличения цен на строительные материалы и топливно-энергетические ресурсы строительным компаниям необходимо обеспечивать высокий уровень и качество строительных услуг, увеличивать конкурентные преимущества, совершенствовать деятельность по управлению рисками.

Рассмотрим основные предпосылки организации СВА, представленные Е.И. Волошиной (табл. 1).

Описанные Е.И. Волошиной предпосылки организации СВА, по мнению автора, являются достаточно дискуссионными. Так, например, в группе законодательных и организационных предпосылок основной акцент делается на существовании и необходимости контрольной функции. Автор настоящей считает, что СВА, в первую очередь, призвана помогать собственникам экономического субъекта в повышении эффективности функционирования организации в целом. Это представляет собой главную цель организации СВА, которая уже дополняется не-

обходимыми для ее достижения методами и процедурами – осуществление контроля, анализ,

подготовка рекомендаций и др.

Таблица 1

Предпосылки формирования СВА [2]

Законодательные предпосылки	Организационные предпосылки	Прочие предпосылки
Наличие законодательно установленной контрольной функции вышестоящих организаций по отношению к нижестоящим	Существование не забытых ранее традиций функционирования ведомственного контроля	Наличие многоступенчатой организационно-управленческой структуры организации
Отсутствие регулирования взаимодействия ведомственных контрольных органов различного уровня	Отсутствие реального органа внутреннего контроля на любом уровне организации	Увеличение масштабов и изменение видов деятельности
Наличие предпосылок законодательства для формирования органа внутреннего контроля	Работа различных органов контроля, выполняющих отдельные функции внутреннего контроля в системе	Отсутствие единой методики организации внутреннего контроля
Отсутствие нормативно-правового регулирования внутреннего контроля	Работа различных структурно-функциональных подразделений, выполняющих функции, присущие внутреннему аудиту	Привлечение иностранных инвестиций

Содержание группы прочих предпосылок, выделенной Е.И. Волошиной, является в данном перечне предпосылок наиболее экономически обоснованным. Ведь такие факторы как сложная организационная структура, увеличение масштабов деятельности, диверсификация производства свидетельствуют об усложнении процессов управления и деятельности организации в целом, что обуславливает потребность руководства и собственников компании в обособленном структурном подразделении, способствующем повышению эффективности деятельности организации, выступающем в качестве финансового консультанта и являющимся частью системы управления.

Особенностями внутреннего аудита строительной организации, обуславливающими необходимость организации соответствующей службы, являются следующие:

1) Внутренний аудит является сопровождающим, т.е. осуществляющим свои функции на всех этапах строительства – от заключения договора подряда до сдачи объекта строительства заказчику;

2) Внутренний аудит является сквозным. Данная особенность обусловлена особенностями хозяйствования строительной отрасли, когда объекты строительства, а также дочерние общества компании находятся на значительном расстоянии от головной организации. В этих условиях внутреннему аудиту необходимо осу-

ществлять контроль над эффективностью распоряжения финансовыми, материальными, и трудовыми ресурсами по горизонтали по всем объектам строительства, дочерним организациям, а также по всем элементам затрат;

3) Внутренний аудит имеет непрерывный характер, что выражается в необходимости прослеживания всего технологического процесса, а не только его отдельных элементов [3].

С целью организации эффективно функционирующей СВА, необходимо обратить внимание на следующие важные критерии:

а) организационный статус СВА, оказывающий влияние на способность такой службы быть независимой и объективной [4];

б) объем и характер функций, выполняемых СВА;

в) профессиональная компетентность сотрудников СВА (кадровый состав, профессиональные навыки и опыт работников);

г) должная профессиональная добросовестность (планирование внутреннего аудита и документальное оформление результатов работы надлежащим образом, наличие адекватных регламентирующих документов, инструкций, методических рекомендаций и стандартов).

Применение и учет указанных критериев при организации СВА на практике, по мнению автора, позволит увидеть реальный вклад службы в повышении эффективности функционирования всей системы управления организацией.

Основная часть. Организация СВА является сложным многоступенчатым процессом, который необходимо осуществлять в соответствии с тщательно сформулированными и четко обозначенными этапами, а также с учетом рассмотренных выше принципов, составляющих основу эффективного функционирования СВА. Чем более обоснованным и продуманным будет процесс создания рассматриваемой службы, тем выше будет качество осуществляемых внутренними аудиторами работ, а также выше эффективность функционирования непосредственно самой службы.

Следует заметить, что реализация каждого этапа организации СВА может быть представлена определенным процессом, каждый из которых представляет собой решение задач разной степени сложности. Для определения полного перечня этих задач, а также процессов, которые необходимо организовать и поддерживать, предлагаем применить к организации СВА проектный подход, который, к тому же, позволит определить и установить иерархическую взаимосвязь решаемых задач и осуществляемых процессов.

Такой подход к организации СВА позволит:

- сформулировать цель по проектированию изменений – созданию СВА;
- систематизировать задачи, необходимые для достижения поставленной цели, а также последовательность их решения;
- определить затраты на реализацию проекта, состав исполнителей проекта [5];
- спрогнозировать положительный эффект от организации СВА;
- правильно организовать реализацию проекта по созданию СВА, в том числе провести анализ состояния организации; выбрать правильную стратегию выполнения изменений; планировать и осуществить изменения и др.

Поскольку организация СВА характеризуется совокупностью взаимосвязанных задач и мероприятий, требующих затрат, направленных на достижение поставленных целей при соблюдении установленных требований к качеству результата, и должны быть исполнены за определенный период времени, то данный процесс можно квалифицировать как проект.

Организация СВА обладает рядом признаков проекту признаков:

1. Новизна, уникальность и однократность работы;
2. Наличие конкретного заказчика (собственники или высшее исполнительное руководство компании);
3. Оперативность реакции на изменение внешней ситуации;

4. Цель и измеримость конечного результата;

5. Собственная инфраструктура (организация СВА требует учета всех сторон деятельности компании, поэтому в данном процессе принимает участие большое количество различных ресурсов);

6. Множественность и сложность решаемых задач [5].

Организация СВА в качестве проекта охватывает полный цикл существования системы внутреннего аудита – от определения потребности в этой системе до прекращения существования организации. Это обусловлено тем, что внутренний аудит – это постоянная деятельность по предоставлению гарантий и консультаций, и потому процесс организации и усовершенствования деятельности данной службы должен иметь непрерывный характер, в противном случае, материальные, трудовые и временные ресурсы, затраченные на эту деятельность, не принесут ожидаемого эффекта и могут оказаться напрасными.

Таким образом, рассматриваемый общий проект организации СВА растянут во времени и ограничен лишь сроком жизни организации, в связи с чем целесообразным является представить данный проект в виде совокупности частных проектов, направленных на долгосрочный рост и эффективное функционирование на основе поддержания существующих и формирования новых направлений деятельности СВА.

Для определения количества и содержания этих проектов предлагается рассмотреть основные этапы организации СВА, которые и будут являться частными проектами и отражать промежуточные результаты, которые должны быть получены при реализации проекта.

Перечень этапов организации СВА не является жестко регламентированным: в литературе сложились разные подходы к их выделению.

Этапы организации СВА, предложенные И.В. Кривко, Т.Б. Цыгановой, И.П. Сахиновой, схожи по своему составу и раскрыты авторами достаточно подробно [6, 7, 8]. Основной акцент в статьях авторов делается на определении функций внутреннего аудита и места подразделения внутреннего аудита в структуре организации; разработка Положения о СВА и формирование внутрифирменных стандартов рассматриваются в качестве отдельных этапов. При этом, по мнению автора, у этих подходов есть значительный недостаток – упускается из виду столь важный этап как подбор персонала, ведь именно от качества проведения мероприятий по подбору сотрудников во многом зависит дальнейшая эффективность деятельности СВА.

В подходе, предложенном Е.П. Щербаковой, рассматривается организация СВА в холдинге, чем и обусловлено особое внимание к взаимодействию службы с другими структурными единицами, установлению ее места в общей структуре компании [9]. В качестве отдельного этапа выделяется закрепление требований к персоналу, что, безусловно, является целесообразным.

Этапы, описанные Ф.И. Харисовой, Д.Н. Валирахмановой сформулированы достаточно кратко и лаконично, но при этом затрагивают все важнейшие и необходимые аспекты организации СВА. Первые три этапа - подготовка стратегического плана, разработка стандартов внутреннего аудита, разработка Положения о СВА – содержат требования по документальной регламентации деятельности СВА, а четвертый и пятый этапы связаны с обеспечением СВА человеческими ресурсами [10].

Целесообразно рассмотреть международный опыт выделения этапов создания СВА. В исследовании Международного института внутренних аудиторов «Creating an internal audit competency process for the public sector» выделяется перечень шагов, на которые можно ориентироваться при создании нового подразделения по выполнению функций внутреннего аудита, акцентируя при этом основное внимание на персонале [11].

Для этого выделяется пять фаз. Первая фаза – фаза видения, которая предусматривает установление того, каким хочет видеть СВА Совет директоров. Вторая фаза – фаза установления органов надзора за СВА. Третья фаза – это установление руководства СВА. Следующая фаза предполагает проведение работы по обеспечению отдела соответствующим персоналом. Именно здесь прослеживается основное отличие данного подхода. На первом этапе данной фазы предусматривается составление стратегического плана управления компетентностью штата сотрудников, включающего в себя определенные меры по развитию уровня профессионализма внутренних аудиторов. Далее следуют действия по выявлению конкретных требований относительно компетенций и исходя из этого, непосредственно подбор сотрудников, обладающих необходимыми знаниями и навыками, а также решение вопроса относительно ко-сорсинга – привлечения и внешнего поставщика аудиторских услуг. В заключительной фазе относительно вновь создаваемой организации можно установить систему мониторинга – принципы оценки эффективности деятельности сотрудников СВА.

Таким образом, в публикациях российских авторов и международных источниках приводится различный перечень этапов построения СВА. В этой связи автором была разработана схема, в которой даны рекомендуемые этапы, представленные в той последовательности, в которой формирование службы было бы, по мнению автора, наиболее рациональным. Кроме того, выделение этапов основано на применении инструментов проектного управления. Логическая блок-схема разработки проекта организации СВА представлена на (рис. 1).

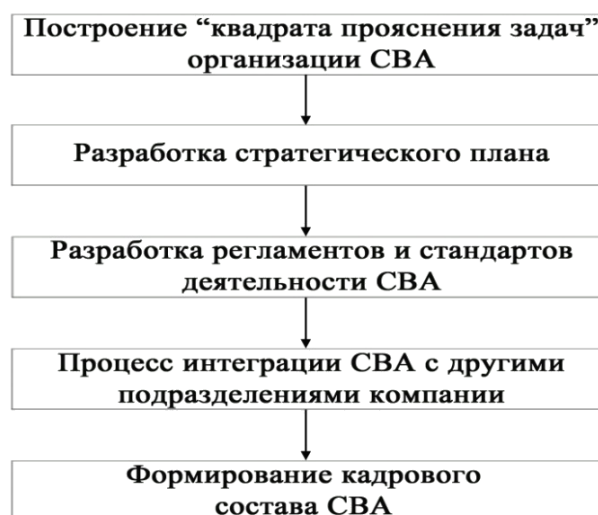


Рис.1. Рекомендуемые этапы организации (СВА)

Применение первым этапом организации СВА такого метода проектного менеджмента как «квадрат прояснения задачи» является удобным инструментом, поскольку позволит в полной мере прояснить основные цели формирования службы, параметры и желаемые результаты проекта (рис. 2) [12].

Вторым этапом рекомендуется выделить «Разработку стратегического плана», в рамках которого необходимо выяснить, приведет ли функционирование данной службы к поставленным целям, определить согласованность с общей стратегией компании.

С целью постановки стратегических целей СВА могут быть использованы различные методы принятия управленческих решений, которые предлагаются теорией менеджмента. Например, могут быть применены метод дерева решений, метод Дельфи, метод мозгового штурма, метод аналогий и другие. Наиболее применимым в условиях формирования отдела представляется метод дерева решений, который предполагает подразделение основной цели на подцели, которые, в свою очередь, также подразделяются на определенные цели, и при этом учитывается вероятность достижения каждой из них. Саму цель

рекомендуется сформулировать по технологии SMART, то есть цель должна быть конкретной, измеримой, достижимой, реалистичной и привязанной ко времени.

Кроме того, на данном этапе необходимо проведение всестороннего анализа организации,

определение «слабых» мест в системе внутреннего контроля, оценка рисков компании, определение мероприятий, способствующих улучшению работы всей организации в целом. Также на этом этапе необходимо определить, в каких областях будет функционировать служба.

Цель: для чего? Повышение эффективности функционирования организации	Заказчик: для кого? Собственники или исполнительное руководство организации
Конечный результат: в каком виде? Эффективно функционирующая СВА с необходимым числом сотрудников (в зависимости от размеров организации, масштабов деятельности и т.д.)	Критерий успеха: в каких рамках? Уменьшение убытков организации, выявление проблем в ведении бухгалтерского учета, помощь руководству в принятии решений и др., что в целом способствует повышению эффективности деятельности организации

Рис. 2. Квадрат прояснения задач

В исследовании компании «РwС», посвященном вопросам современного состояния профессии внутреннего аудитора, отмечено, что развитие СВА должно соответствовать быстро меняющимся потребностям бизнеса - концепции поиска «истинного севера» - стратегического направления развития. Концепция «истинного севера» зародилась несколько десятилетий назад на базе принципов организации производства, разработанных компанией Toyota. С тех пор она претерпела ряд изменений и превратилась в совокупность идеальных характеристик или ориентиров, необходимых компании для перехода из текущего состояния в целевое [13].

Таким образом, разработка стратегического плана является неотъемлемым и важным этапом становления СВА в любой компании.

Разработка регламентов и стандартов деятельности СВА является важным этапом, в основе которого лежит формирование Положения о СВА с указанием обязанностей, диапазона и границ полномочий подразделения в целом, подотчетность, ответственность и другие важные аспекты. Кроме того, на этом этапе необходимо разработать внутрифирменные стандарты. К внутрифирменным стандартам аудита относятся принятые и утвержденные в установленном порядке стандарты, регламенты, инструкции, методические разработки, пособия и другие документы, обязательные к применению в организации, раскрывающие внутренние подходы к

осуществлению внутренней аудиторской проверки [14]. Разработка стандартов внутреннего аудита является важной составляющей в создании рациональной методики проведения внутреннего аудита, способствующей уменьшению трудоемкости аудиторских процедур с помощью рабочих документов и обеспечению высокого уровня качества деятельности внутренних аудиторов.

На следующем этапе необходимо определить схему взаимодействия подразделения внутреннего аудита с другими подразделениями организации, его место в общей структуре компании, что обусловлено достаточно строгими требованиями к объективности и независимости СВА в процессе выполнения своих функций.

На последнем пятом этапе необходимо сформировать оптимальный штат, определить численность СВА, подобрать персонал, обладающий необходимыми опытом, знаниями и квалификацией. Структура и численность подразделения внутреннего аудита в каждом конкретном случае определяются индивидуально исходя из задач, которые ставятся перед внутренним аудитором и возможностей самого предприятия. СВА может быть представлена как одним внутренним аудитором, так и отделом - группой внутренних аудиторов. После решения вопросов относительно структуры и численности штата, осуществляется непосредственно подбор персонала. В первую очередь, при реализации данно-

го этапа необходимо ориентироваться на профессиональный стандарт «Внутренний аудитор», который регламентирует требования к образованию и опыту сотрудников [15].

Выводы. Фактически организация СВА в организации означает смену корпоративной культуры компании, которая не может произойти за одну итерацию. Поэтому для организации и результативного функционирования рассматриваемой службы целесообразным является применение проектного подхода.

Именно применение инструментов проектного управления к формированию СВА является наиболее оптимальным вариантом для рационального и эффективного использования ресурсного потенциала организации, реализации целей ее стратегического развития, так как проектный инструментариий наиболее адекватен для приспособления организации строительной отрасли к изменяющейся внешней среде на основе формирования ее конкурентных преимуществ.

Организация СВА должна проводиться в соответствии с определенными этапами, которые должны непременно включать этапы, связанные с документальной регламентацией деятельности, обеспечением человеческими ресурсами, а также регулирующие вопросы взаимодействия службы с другими подразделениями компании, что позволяет быть конкурентоспособной и эффективной на строительном рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухарева Л.А., Дмитренко И.Н. Внутренний аудит: организация и методология: научно-практическое пособие. Донецк: ДонГУ-ЭТ, 2000. 75 с.
2. Волошина Е.И. Организация службы внутреннего аудита // Евразийский союз ученых. 2015. № 1-3 (18). С. 120–123.
3. Лабынцев Н.Т., Чернов А.Ю. Роль внутреннего аудита в системе управления строительной организации // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2010. № 2. С. 34–39.
4. Плахотя Т.В. Критерии оценки эффективности службы внутреннего аудита // Инновационное развитие экономики. 2011. № 6. С. 68–69.
5. Демина Е.В., Гущина Л.И. Регламентация деятельности организации на основе проектного подхода // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 12. С. 21–23.
6. Кривко И.В. Организация службы внутреннего аудита на предприятии // Бухгалтерский учет в издательстве и полиграфии. 2007. № 8. С. 40–48.
7. Цыганова Т.Б. Некоторые аспекты организации внутреннего аудита // В сборнике: Фундаментальные и прикладные направления модернизации современного общества: экономические, социальные, философские, политические, правовые, общенаучные аспекты Материалы международной научно-практической конференции в 4-х частях. Ответственный редактор: Н.Н. Понарина, С.С. Чернов. 2015. С. 98–102.
8. Сахирова И.П. Организация учета и внутреннего аудита затрат в кондитерской промышленности: диссертация кандидата экономических наук: Санкт-Петербург, 2002. 226 с.
9. Щербакова Е.П. Развитие методики внутреннего аудита в холдингах: дис.... канд. эк. наук: Ростов-на-Дону. 2012. С. 87–89.
10. Харисова Ф.И., Валирахманова Д.Н. Этапы организации службы внутреннего аудита. - Сайт Межрегионального открытого социального института. [Электронный ресурс]. - URL: <http://mosi.ru/ru/conf/articles/etapy-organizacii-sluzhby-vnutrennego-audita> (дата обращения: 10.05.2017)
11. Creating an Internal Audit Competency Process for the Public Sector. – Сайт Института внутренних аудиторов Нидерландов. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.iaa.nl/SiteFiles/IIA_leden/PG%20Creating-IA-Competency-in-Public-Sector.pdf (дата обращения: 10.05.2017)
12. Николаева Н.В. Проектный подход к стратегическому развитию организации // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2015. № 2. С. 282–287.
13. 2016 State of the Internal Audit Profession Study Leadership matters: Advancing toward true north as stakeholders expect more [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.pwc.com/ca/en/risk/publications/pwc-state-of-internal-audit-profession-study-2016-03-en.pdf> (дата обращения: 12.05.2017)
14. Парамонова Л.А. Внутрифирменные стандарты функционирования системы внутреннего аудита. // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2011. № 24. С. 107–113.
15. Приказ Минтруда России от 24.06.2015 N 398н «Об утверждении профессионального стандарта «Внутренний аудитор» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.07.2015 N 38251) [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=d oc;base=LAW;n=184462#0> (дата обращения: 17.05.2017)

Sitdikova E.E.**ORGANIZATION OF INTERNAL AUDIT SERVICE WITH APPLICATION OF PROJECT MANAGEMENT TOOLS IN CONSTRUCTION COMPANIES**

Currently, the creation of internal audit service in companies is one of the most active and rapidly developing areas in Russia. The internal audit service is one of the most important structural divisions of the company, ensuring the efficiency of the financial and economic activities of the organization and management of the company as a whole. The decision to establish an internal audit service is made by the owners of the organization, which is due to economic expediency and certain prerequisites. The organization of the internal audit service is a complex multi-step process that must be carried out in accordance with carefully formulated and clearly marked stages. Each stage is a solution of varying difficulty tasks. To determine the complete list of these tasks and processes which need to organize, the project approach was offered, which, in addition, will allow to determine and set the hierarchical relationship of tasks and processes.

Key words: *internal audit, organization of internal audit service, project approach, planning of changes, stages of organization of internal audit service, preconditions for the formation of the internal audit service.*

Ситдикова Элина Эдуардовна, студентка 2 курса магистратуры Института управления, экономики и финансов.

Казанский (Приволжский) федеральный университет.

Адрес: Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 4.

E-mail: elina-sitdikova@mail.ru

Поспелова Е.А., канд. техн. наук, доц.,
Черноситова Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Лазарев Е.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РОССИЙСКИХ ЦЕМЕНТОВ

Mks-06@mail.ru

Приведены результаты статистического анализа прочности портландцемента типа ЦЕМ I 42,5 Н, выпускаемого отечественными предприятиями. Рассчитаны индексы возможностей технологических процессов производства заводов, использующих разные способы производства цемента. Даны рекомендации по использованию индексов возможностей процессов в управлении качеством продукции.

Ключевые слова: портландцемент, статистическая обработка данных о качестве, поле допуска, индексы возможностей процессов, уровень брака.

Цементная промышленность по праву считается одним из ведущих направлений промышленности строительных материалов, поскольку производит вяжущие, применяемые в широком спектре материалов и изделий для жилищного и промышленного строительства, возведения объектов инфраструктуры [1–3]. Наряду с бетоном цемент является вторым после воды наиболее употребляемым ресурсом на земле: ежегодно его потребление на нашей планете составляет около 1 тонны на человека [1].

История промышленного производства цемента в России начинается в 19-ом в, когда были построены цементные заводы в Щурове (1870), Подольске (1874), Новороссийске (1882) и т.д. В настоящее время в России функционирует около 60 цементных заводов, использующих разные способы производства, в зависимости от особенностей сырьевой базы региона. Основные районы по производству цемента – Центральный, Уральский и Поволжский – работают на природном минерально-строительном сырье. На Урале цементная промышленность широко использует отходы черной металлургии. Ведущими компаниями в этом секторе являются: Евроцемент Груп, Холдинг HolcimGroup, Группа компаний ЛСР, ХайдельбергЦемент Рус и др.

Современные цементные заводы представляют собой высокотехнологизированные и автоматизированные производства, однако большая часть отечественных цементных заводов строилась в 1950-1960-е годы и для того, чтобы в полной мере соответствовать современным стандартам качества нуждается в техническом перевооружении. Приводя слова Дж.Вэлча, известного американского предпринимателя, активно развивавшего технологии бережливого производства и концепцию «6 сигм»: «Клиенты замечают вариацию (разницу), а не среднее значение», можно резюмировать, что обеспечение стабильности основных показателей качества

цемента и снижение их вариаций является необходимым условием обеспечения конкурентоспособности отечественных цементов. Эффективным инструментом решения этой проблемы является разработка и внедрение на предприятии СМК на основе международных стандартов ИСО серии 9000 [4], однако этот инструмент управления не даст ожидаемого эффекта, если не уделять должного внимания совершенствованию технологии производства, грамотной организации и строгому выполнению процедур входного, пооперационного и приемосдаточного контроля, оценке стабильности качества выпускаемой продукции. Не случайно в 1997 году ГОСТ 30515 сделал обязательной процедуру оценки уровня качества цемента по каждому нормируемому показателю, в частности по показателям прочности и содержанию оксида серы (VI). Помимо этого, в действующей версии этого стандарта – ГОСТ 30515-2013 (п. 8.5) – с целью осуществления внутреннего производственного контроля и обеспечения качества продукции установлено требование к наличию системы менеджмента качества и необходимых для ее функционирования ресурсов, процессов и документов.

С 2016 года введена обязательная сертификация цементов с целью обеспечения гарантии качества этого материала, повышения его конкурентоспособности и защиты российского рынка от цементов низкого качества, в процедурах которой также предусмотрена оценка стабильности качества цемента [5]. Следует отметить, что стабильность качества отечественного цемента существенно ниже мирового. Как отмечает [6] диапазон колебания показателей качества цемента, например прочности при сжатии в 28-суточном возрасте, в среднем составляет ± 5 МПа, что недопустимо для европейских производителей цемента. Опыт западных стран показывает, что максимальное колебание качества

цемента не должно превышать 2 МПа. Так, например, на одном из крупных шведских заводов производительностью 2 млн. тонн цемента в год эта величина составляет не более 2 МПа. В случае ее превышения на предприятии объявляется аварийная ситуация с обязательным оповещением всех потребителей, принимаются меры по стабилизации производственного процесса. Что касается Германии, производители цемента, как правило, укладываются в 1,5 МПа [6].

В новом стандарте на цементы (ГОСТ 31108–2016) для каждой марки по прочности приводится достаточно широкий диапазон возможных значений, например для широко применяемого для изготовления ЖБИ и в монолитном строительстве портландцемента типа ЦЕМ I 42,5 Н прочность при сжатии в 28-суточном возрасте нормируется в пределах от 42,5 до 62,5 МПа. Это не означает, что нормативное требование к показателю прочности цемента составляет $52,5 \pm 10$ МПа, а указывает на возможность того, что один завод может выпускать цемент с фактической марочной прочностью 42,5 МПа, а другой – 62,5 МПа, и оба цемента будут соответствовать нормативным требованиям. При этом вопрос выбора цемента будет решать сам потребитель – исходя из реального уровня качества продукции и его стабильности, поскольку невозможно выработать единые более жесткие нормативы для всех российских цементных заводов, применяющих разные способы производства, разное сырье и имеющих разный технический уровень оснащения.

Целью данного исследования является анализ уровня прочности цемента в 28-суточном возрасте, выпускаемого различными заводами, функционирующими на территории РФ, и оценка стабильности технологического процесса производства цемента по данному показателю.

В качестве объекта исследования был выбран портландцемент типа ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108-2016. Этот цемент наиболее востребован на рынке благодаря оптимальному сочетанию цены и качества и широкой области его применения. Поэтому данный тип цемента входит в номенклатуру выпускаемой продукции большинства отечественных цементных заводов.

При проведении анализа использовались результаты испытаний партий цемента, представленные несколькими заводами-производителями цемента за период январь 2016 г – март 2017 г.

Статистическая обработка данных выполнялась методом анализа возможностей процесса. Его суть заключается в графическом представлении данных о процессе (показателе процесса) в виде гистограммы с указанием границ поля допуска и диапазона собственной изменчивости процесса в предположении, что распределение данных подчиняется нормальному закону. Для этого был использован программный продукт Statistica [7], реализующий широкий спектр методов статистического анализа данных, применяемых в управлении качеством продукции [8–12]. Результаты представлены на рисунках 1–6.

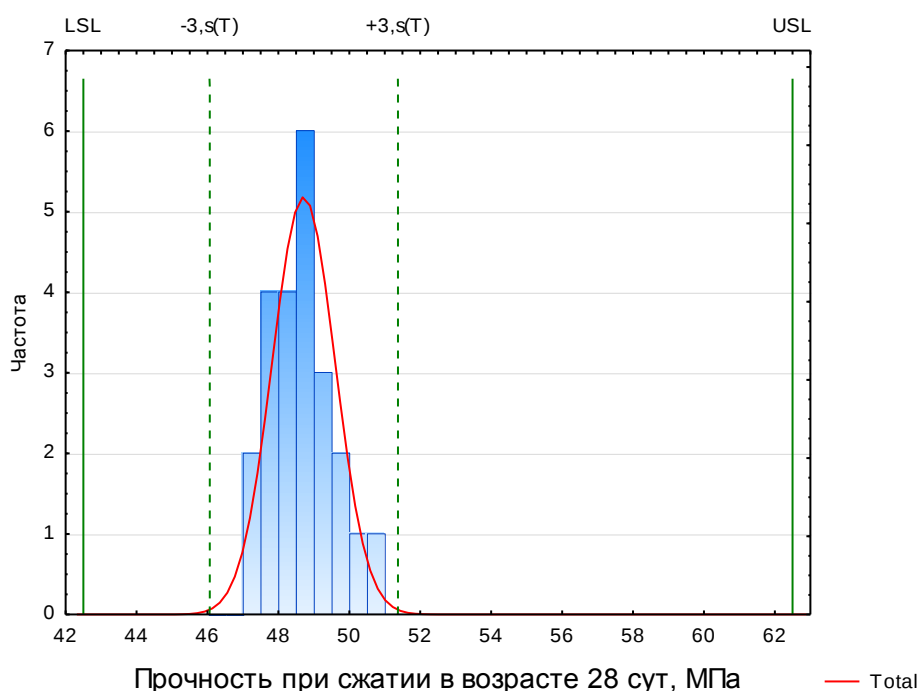


Рис. 1. Результаты анализа возможностей процесса производства портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н на Заводе 1

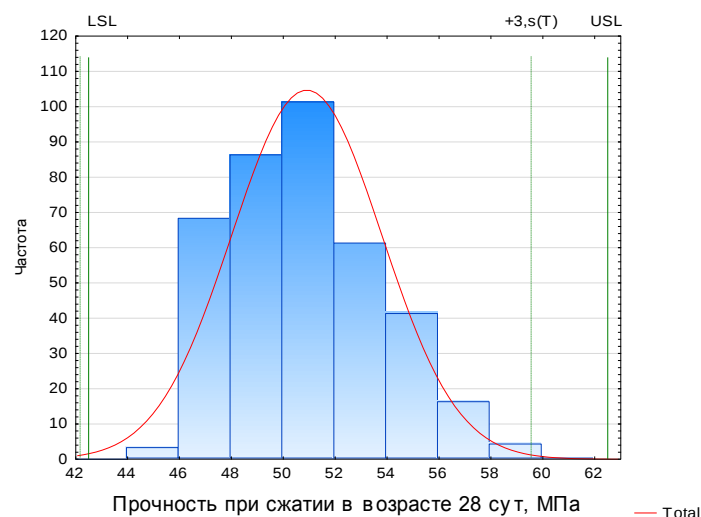


Рис. 2. Результаты анализа возможностей процесса производства портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н на Заводе 2

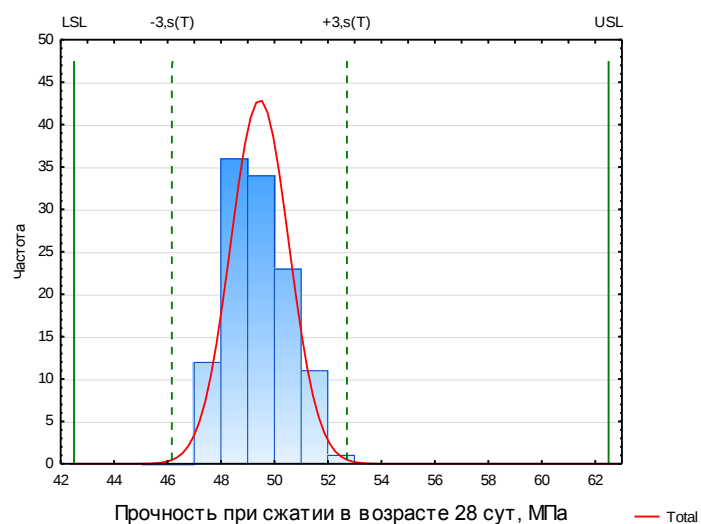


Рис. 3. Результаты анализа возможностей процесса производства портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н на Заводе 3

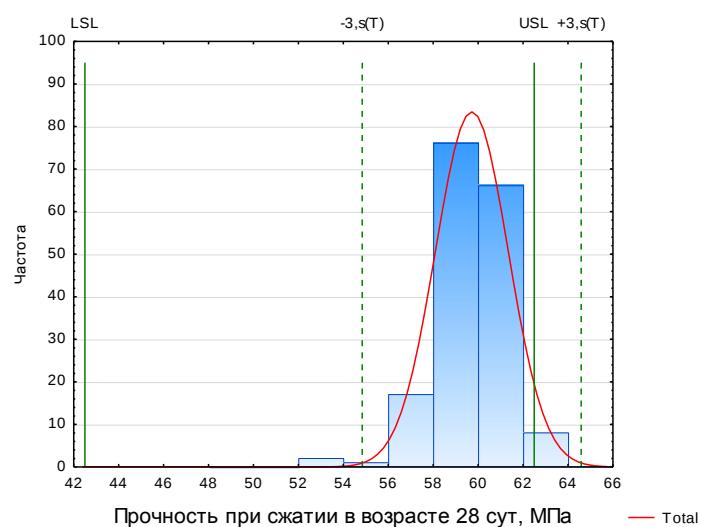


Рис. 4. Результаты анализа возможностей процесса производства портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н на Заводе 4

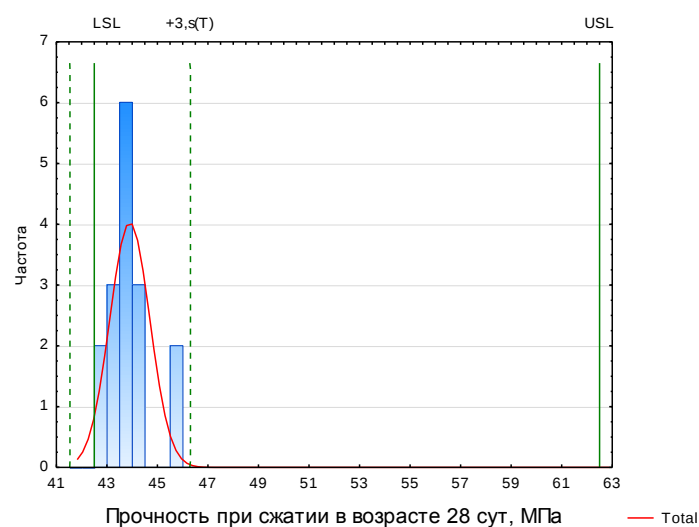


Рис. 5. Результаты анализа возможностей процесса производства портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н на Заводе 5

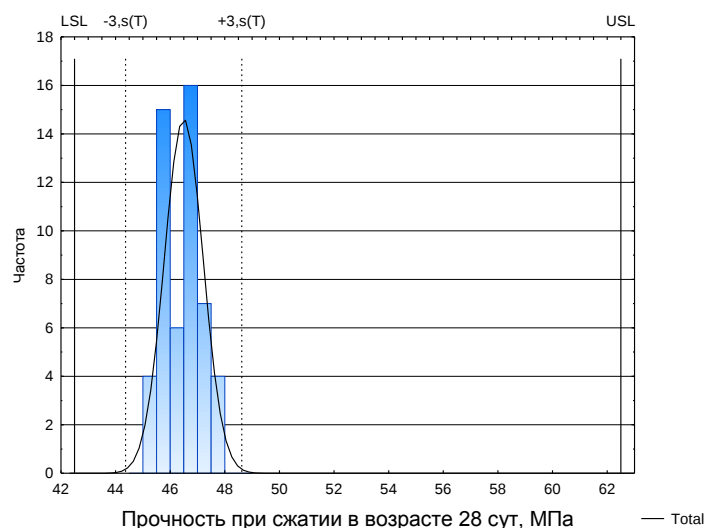


Рис. 6. Результаты анализа возможностей процесса производства портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н на Заводе 6

Из представленных графически распределений значений прочности цементов, выпускаемых шестью различными российскими заводами, можно сделать вывод о соответствии этого показателя установленным требованиям в течение рассматриваемого периода времени. При этом для заводов 1,3,5 и 6 характерно смещение распределения 28-суточной прочности к нижней нормативной границе. Для Завода 5 можно дополнительно отметить, что левая граница полной изменчивости процесса (интервал $\pm 3\sigma$) выходит за нижнюю границу поля допуска прочности, что может обусловить возникновение брака по этому показателю.

Очевидно, что прочность цемента и ее вариация зависит от грамотного подбора исходных сырьевых материалов, степени их гомогенизации, соблюдения технологических параметров помола и обжига и других факторов [13–15]. Цемент твердеет тем быстрее, чем

больше в нем алита (алитовые цементы) и трехкальциевого алюмината [15–16]. С течением времени процесс твердения резко замедляется. Цементы, содержащие много белита (белитовые цементы), в раннем возрасте твердеют медленно; нарастание прочности продолжается длительно и равномерно [15, 17–18]. Именно к белитовым относится цемент Завода 5, поэтому сравнительно низкие значения прочности на сжатие в марочном возрасте вовсе не являются показателем плохого качества данного цемента. Наоборот, иногда свойства белитовых цементов крайне полезны. Процессы их твердения и особенно схватывания сопровождаются выделением теплоты, которая тем интенсивнее, чем быстрее протекает процесс схватывания. Поэтому в массивных конструкциях, как правило, применяют именно белитовые цементы. Использование в таких конструкциях алитовых цементов может привести к интенсивному тепловыделению

нию, разогреву до достаточно высокой температуры, появлению трещин и даже потере воды, что в итоге может привести к утрате цементным камнем своих качеств.

Сравнительно большой запас прочности цемента Завода 4 помимо особенностей химического состава можно также объяснить высоким качеством и однородностью сырья, обусловленные применяемым на данном предприятии сухим способом производства [17]. Кроме того, данное предприятие отличается высоким уровнем

автоматизации технологических процессов, что также облегчает борьбу за качество.

В таблице 1 приведены результаты оценки возможностей технологических процессов заводов №1-№6 обеспечивать выпуск цемента ЦЕМ I 42,5 Н на уровне нормативных требований к прочности в 28-суточном возрасте. Расчет приведенных в таблице показателей и оценка прогнозируемой доли дефектной продукции по показателю прочности выполнялся в соответствии с ГОСТ 50779.46-2012 [19].

Таблица 1

Результаты оценки возможностей процессов

№п/п	Обозначение предприятия	R _{ср_28} , МПа	С _{рkl}	С _{рku}	С _{рk}	С _р	Уровень брака ожидаемый, %
1	Завод 1	48,7	2,34	5,19	2,34	3,77	0
2	Завод 2	50,9	1,28	1,77	1,28	1,53	0,01
3	Завод 3	49,6	3,31	6,22	3,31	4,76	0
4	Завод 4	59,7	5,88	0,95	0,95	3,41	0,22
5	Завод 5	43,9	1,49	19,97	1,49	10,65	$3,9 \cdot 10^{-4}$
6	Завод 6	46,5	1,87	7,52	1,87	4,7	0

Приведенные в таблице индексы С_{рkl} и С_{рku} количественно характеризуют близость распределения параметров качества продукции к нижней и верхней нормативным границам соответственно, установленным в нормативной документации. Значения этих показателей используются для оценки ожидаемого уровня несоответствий, возникающих при выходе значений исследуемого показателя за нижнюю или верхнюю нормативную границу. Индексы С_р и С_{рk} характеризуют возможности процесса производить качественную продукцию с учетом и без учета настройки процесса на центр поля допуска. Как следует из рис. 1–6 и данных таблицы 1 из 6 рассмотренных производителей только технологический процесс Завода 2 настроен на центр поля допуска. Для остальных заводов характерно смещение распределения параметров в сторону одной из установленных нормативных границ. При этом достаточный запас качества, полученный в результате расчетов для всех заводов кроме Завода 4 позволяет прогнозировать низкую вероятность появления брака цемента по показателю прочности. Для Завода 4 один из индексов (С_{рku}=0,95 <1) свидетельствует о вероятности выхода процесса из управляемого состояния и появлении дефектной продукции, но поскольку речь идет о верхней нормативной границе, эта ситуация лишь свидетельствует о перерасходе некоторых видов ресурсов, что

привело к получению цемента с более высокими прочностными показателями. Цемент с такими характеристиками может быть переклассифицирован в случае необходимости и при соответствии других показателей установленным требованиям в класс по прочности при сжатии 52,5.

Таким образом, из данных табл. 1 следует, что для технологических процессов шести рассмотренных цементных заводов характерен практически нулевой прогнозируемый уровень брака цемента ЦЕМ I 42,5 Н, несмотря на отсутствие настройки процесса на центр поля допуска и смещение распределения значений прочности в проектном возрасте в сторону одной из нормативных границ (рис. 1–6).

Результаты проведенного статистического анализа могут быть использованы наряду с методами, установленными ГОСТ 30515-2013, в системе управления качеством продукции цементных заводов, предоставивших результаты испытаний для данного исследования, для повышения качества и обеспечения его стабильности [10, 11]. Использование индексов воспроизводимости позволяет сравнивать возможности технологических процессов производства, реализованных на разных предприятиях, выпускающих аналогичную продукцию, осуществлять управление процессами, а также обосновывать применяемый инструментальный анализ стабиль-

ности технологического процесса производства при сертификации продукции.

В настоящее время, согласно данным статистики [1, 3] продолжается спад объемов производства цемента в России, что связано с большим притоком более дешевых импортных цемента. Поэтому в сложившейся рыночной ситуации, в условиях обострения конкуренции, отечественным предприятиям-изготовителям особенно актуально уделять пристальное внимание проблемам обеспечения качества цемента и стабильности его характеристик, снижению непроизводительных затрат и оптимизации технологических процессов производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кондратьев В.Б. Мировая цементная промышленность: книга / Кондратьев В. Б. Фонд исторической перспективы. Центр исследования и аналитики. Москва. 2015. С. 185-202.
2. Шахова Л.Д., Рахимбаев Ш.М., Черноситова Е.С., Самборский С.А. Роль цемента в технологии пенобетона // Строительные материалы. 2005. №1. С.42–44.
3. Туахри Я. Начало новой эры в мировой цементной промышленности. Сценарий на 2016 год // Цемент и его применение. 2016. №2. С 24–31.
4. Черноситова Е.С. К вопросу о разработке систем менеджмента качества // Материалы Междунар. научно-практ. интернет-конф. «Актуальные проблемы менеджмента качества и сертификации»: Сборник докладов. - Белгород: БГТУ, 2006. С.95–97.
5. Пучка О.В., Левицкая К.М. К вопросу об особенностях сертификации цемента по ГОСТ 56836-2016 // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, 1 - 20 мая 2016 г.: сб. докладов.
6. Шнайдер М. Текущая ситуация и перспективы цементной промышленности Германии // Цемент и его применение. 2012. №1. С 120–125.
7. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер. 2003. 688 с.
8. Юракова Т.Г., Черноситова Е.С. Прогнозирование показателей качества искусственных пигментов на основе регрессионного анализа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С.84–87.
9. Денисова Ю.В., Черноситова Е.С., Косухин М.М. Оценка стабильности качества каменной бетонных стеновых // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С.93–96.
10. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. Статистические методы в современном менеджменте качества. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001. 207 с.
11. Шахова Л.Д., Черноситова Е.С. Статистические методы в системах менеджмента качества предприятий стройиндустрии // Качество и жизнь. 2005. № 5. С. 42.
12. Веретенников Д.В. Применение информационных технологий для повышения эффективности производственных испытаний/ Молодежь и научно-технический прогресс: материалы X междунар. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. докладов: Изд-во БГТУ, 2017. Т.3. С. 57–59.
13. Флейшер, А.Ю. Оценка эффективности активаторов помола на физико-механические характеристики цемента. Сб. тр. Междунар. конф. CemEnergy. 2013. С. 61–65.
14. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. Белгород.: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 307 с.
15. Бут Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В., Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа. 1980. 472 с.
16. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. - М.: Стройиздат, 1986. 463 с.
17. Зозуля, П.В., Ю.В. Никифоров, Проектирование цементных заводов. СПб: Синтез, 1995. 445 с.
18. Шахова Л.Д., Нестерова Л.Л. Черноситова Е.С. Фазовый состав и микро-структура цементного поризованного камня // Цемент и его применение. 2005. №1. С. 60–62.
19. ГОСТ Р 50779.46 – 2012/ISO/TR 22514-4:2007 Статистические методы. Управление процессами. Часть 4. Оценка показателей воспроизводимости и пригодности процессов. – М.: Стандартинформ, 2012. 43 с.

Pospelova E.A., Chernositova E.S., Lazarev E.V. STATISTICAL QUALITY ANALYSIS OF THE RUSSIAN CEMENT

The results of a statistical analysis of strength of Portland cement type CEM I 42.5 N produced by domestic enterprises. The calculated process capability indexes for plants using different methods of cement production. Recommendations on the use of process capability indexes in the quality control of cement.

Key words: Portland cement, statistical processing of quality data, specified tolerance, process capability index, fraction nonconforming.

Поспелова Елена Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

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

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

E-mail: Mks-06@mail.ru

Черноситова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

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

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

E-mail: ES-Helen@ya.ru.

Лазарев Евгений Викторович, студент кафедры стандартизации и управления качеством.

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

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

E-mail: e.lazarew@yandex.ru

Старикова М.С., д-р. экон. наук, проф.,
Пономарева Т.Н., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Расстончина Ю.Л., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ*

s_ms@bk.ru

На основе обобщения таких свойств организационной среды, как подвижность, скорость, сложность, неопределенность, внутренняя взаимосвязанность, направленность изменений, сделан вывод о необходимости их объединения в комплексную характеристику – турбулентность, под которой понимается нерегулярная по времени хаотичность флуктуации параметров внешней среды предприятия. Анализ выявил недостаточность существующих методик для целей измерения степени турбулентности дальнего и ближнего окружения предприятия в условиях его высокой подвижности. Предложена методика, позволяющая дать количественные оценки в текущем периоде и в динамике, сопоставить степень стабильности внутренней и внешней среды. Сформирована система параметров макро-, региональной и отраслевой среды. Степень турбулентности определяется на основе сравнения вариации данных параметров с нормативной вариацией, подход к нахождению которой также указан в методике. Апробация методики показала, что стабильность экономической, экологической и информационной среды выше, чем технологической и политической среды, что связано не только с трансформационными явлениями, происходящими в мире во всех сферах, но и с относительно большей инерцией данных составляющих макро-окружения фирм. Подвижность региональной среды (на примере Белгородской области) ниже, чем на уровне национальной экономики. Оценка степени флуктуации параметров отраслевой среды, выполненная на примере пищевой промышленности, показала наличие высокой турбулентности.

Ключевые слова: внешняя среда организации, стратегический анализ, оценка турбулентности, PEST-анализ, SWOT-анализ

Введение. Стратегическое планирование на предприятии невозможно без оценки всех факторов внешней среды, учета степени предсказуемости их изменения в будущем, сопоставления организационного потенциала с общехозяйственной и рыночной конъюнктурой. В существующих исследованиях много внимания уделено методическому обеспечению [4] и оценке [2] процесса стратегического развития, выработке новых принципов стратегического управления [3, 9], уточнению структуры деловой среды предприятия [7]. Однако недостаточно изучена характеристика «турбулентности», анализ которой в настоящих условиях обретает высокую научную и практическую значимость.

Характеристиками внешней среды, отмечаемыми в различных источниках [1, 6, 8, 11, 13, 15, 16, 17] выступают:

- подвижность (динамизм) как степень стабильности среды;
- скорость происходящих во внешней среде изменений;
- сложность, определяемая числом и вариативностью факторов, оказывающих значительное влияние на хозяйственную деятельность субъекта экономики;

– неопределенность (степень новизны событий) – невозможность ее четкого описания из-за недостаточности информации;

– взаимосвязанность (гетерогенность) факторов – степень разнородности факторов, определяющая силу, с которой изменение одного фактора среды влечет за собой трансформацию остальных факторов;

– направленность изменений, определяющая степень враждебности/благоприятствования среды;

– турбулентность – изменчивость состояния среды, определяемая непостоянством рыночных параметров, скоростью изменений, интенсивностью конкуренции, технологическими возможностями, покупательскими предпочтениями, давлением со стороны институциональной среды.

Несмотря на разнообразие свойств внешней среды, на наш взгляд, комплексной характеристикой среды, оказывающей влияние на способность организации адаптироваться к внешним изменениям, является турбулентность, в которой заложено свойство подвижности, сложности, неопределенности. Более подходящим считаем определение, сформулированное нами с учетом

проведенного анализа исследуемого понятия в нерегулярная по времени хаотичность флуктуации физике и аэродинамике: «турбулентность есть параметры внешней среды предприятия».

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов оценки внешней среды предприятия

Метод	Автор	Содержательная основа	Подход к оценке	Ограничения
SWOT-анализ	К. Эндрюс	Сопоставление сильных и слабых сторон фирмы с возможностями и угрозами внешней среды	Экспертный анализ и прогноз	Нацеленность на бизнес-единицы и отсутствие количественной оценки состояния внешней среды
Модификация SWOT-анализа	А.В. Завгородняя, Д.О. Ямпольская	Детализация прогноза развития внешней среды с точки зрения вероятности и срочности проявления факторов, оценки силы и направленности их влияния на организацию	Шкалирование	Оценка будущих, а не текущих или прошлых событий
PEST (STEP)-анализ, PESTEL-анализ	Ф.Дж. Агилар	Анализ тенденций, имеющих место в политической, экономической, социальной, технологической, а также в экологической и нормативной средах	Экспертный анализ	Ориентация только на макросреду и основанность выводов на качественных, а не количественных оценках
Модель М. Портера	М. Портер	Оценка степени влияния на конкуренцию в отрасли (на рынке) пяти сил: текущих и потенциальных конкурентов, товаров-заменителей, поставщиков и покупателей	Экспертный анализ и прогноз	Подход используется для оценки микро-среды и не может быть распространен для измерения ситуации во внешней среде в целом
Уровневая оценка турбулентности	И. Ансофф	Оценка уровня турбулентности на основе лингвистической шкалы оценки сложности, уровня новизны, быстроты изменения, возможности прогнозирования событий внешней среды	Шкалирование	Сложность выбора уровня турбулентности в случае дифференциации оценок сложности, новизны, скорости изменения различных событий
Метод «5×5»	М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури	Структурирование представлений лица принимающего решение о факторах внешней среды с помощью их идентификации, оценки опасности, определения степени информированности о них, их важности, благоприятности для компании	Экспертный анализ и прогноз	Отсутствие количественной оценки, либо обобщенного описания состояния внешней среды.
Профиль среды	О.С. Виханский	Оценка факторов внешней среды, выделенных экспертным путем, с точки зрения важности для отрасли, степени и направленности влияния на предприятие	Шкалирование	Уравновешивание негативных и позитивных проявлений внешней среды в итоговой оценке, сложность формулирования выводов относительно степени изменчивости среды
Матрица «Вероятность усиления фактора – воздействие фактора на организацию»	Дж.Х. Вилсон	Ранжирование факторов внешней среды по степени необходимости их учета при разработке стратегии	Экспертный анализ и прогноз	Отсутствие ретроспективных оценок среды
Сценарные методы	Г. Кан	Прогнозирование развития факторов внешней среды на основе трендового анализа, оценки перекрестного влияния факторов друг на друга и экспертной характеристики вероятных в будущем событий	Экспертная оценка и аналитическое моделирование	Ориентированность на перспективу и ситуационность выводов о внешней среде
Метод «поля сил»	К. Левин	Оценка и сопоставление мощности движущих и сдерживающих проведение изменений в организации факторов внешней среды	Экспертный анализ	Проектная направленность, сложность использования для измерения приспособляемости предприятия к изменениям внешней среды

Выработанные наукой методические приемы анализа степени изменчивости внешней среды (см. табл. 1) имеют ряд недостатков, выражающихся в использовании преимущественно качественных способов оценки, в сложности их верификации, в ориентированности на выявление стратегических разрывов между внешней и внутренней средой предприятия, во фрагментарности исследования окружающей организа-

цию среды, в прогнозном характере получаемых оценок. Вместе с тем, некоторые из рассмотренных методов ситуационного анализа содержат механизмы адаптации организации к внешней среде. Например, SWOT-анализ провозглашает значимость выявления таких сильных сторон компании, которые позволили бы использовать открывающиеся на рынке возможности, а также таких, которые бы нейтрализовали угрозы.

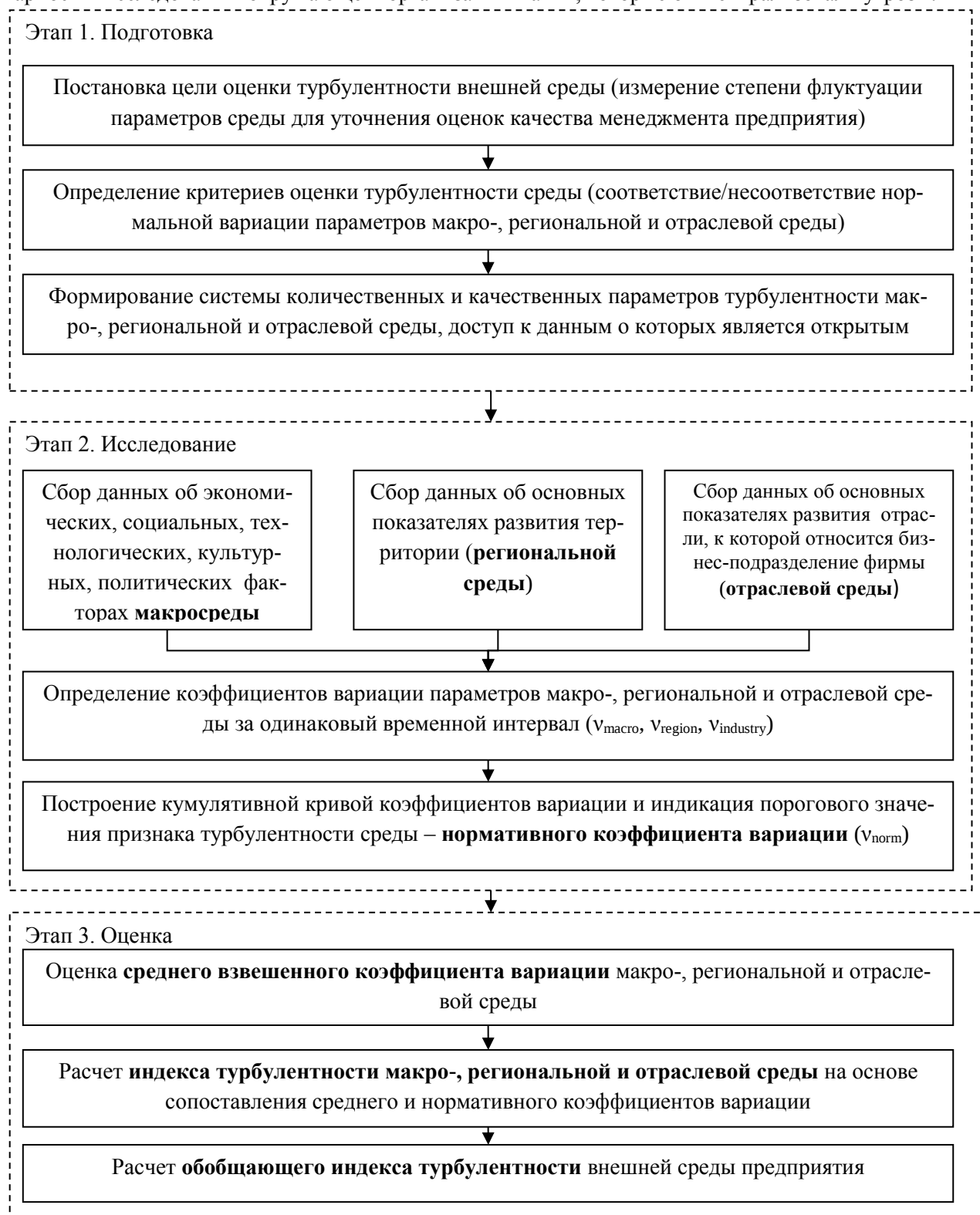


Рис. 1. Последовательность анализа и измерения уровня турбулентности внешней среды

На основе оценки индексов турбулентности макро-, региональной и отраслевой среды определяется обобщенный индекс турбулентности внешней среды предприятия:

$$I_{turb} = \frac{I_{turb}^{macro} + I_{turb}^{region} + I_{turb}^{industry}}{3}. \quad (3)$$

Вывод о степени турбулентности делается на основе сопоставления с критериальным значением (единица). Если $I_{turb} < 1$, то турбулентность признается низкой. При значении > 1 делается вывод о значительной подвижности сре-

ды. Нахождение данного индекса позволяет измерить изменение ситуации в динамике и учитывать основные трансформации среды в управленческом планировании.

Основная часть. Оценка внешней среды проводилась для предприятий, функционирующих в Белгородской области в пищевой промышленности. Период оценки: 2010-2013 гг. Полученные при оценке турбулентности макро-среды данные приведены на рис. 2.

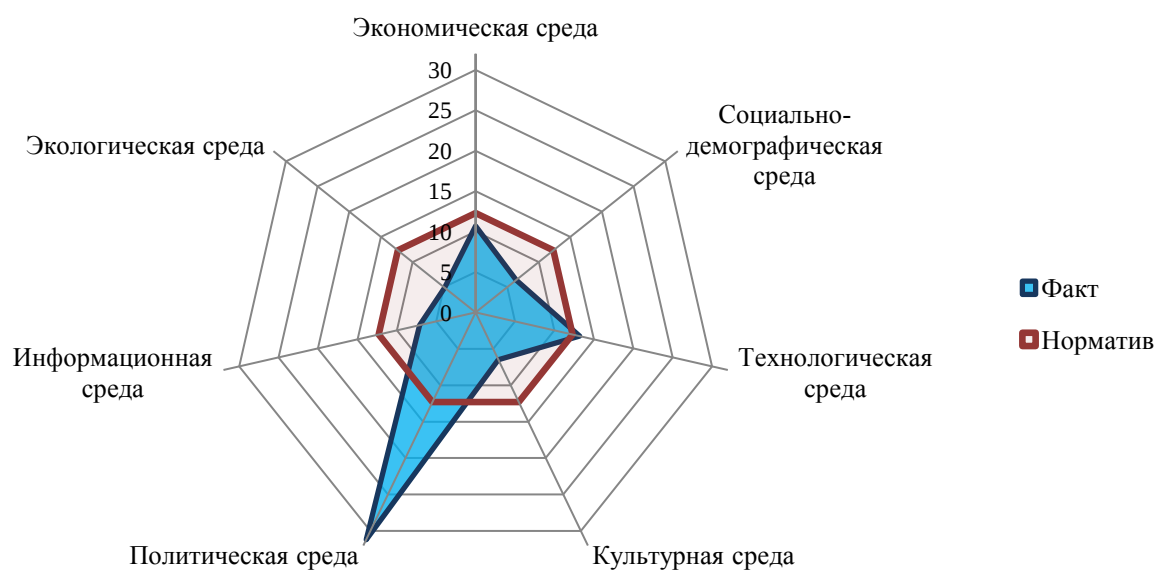


Рис. 2. Уровень турбулентности структурных составляющих макро-среды российских предприятий, % вариации

Результаты оценки весов, коэффициентов вариации по составляющим макросреды и обобщающего средневзвешенного коэффициента вариации приведены в таблице 1.

Сравнение полученного среднего коэффициента вариации для макросреды с нормативным (12,3 %) говорит о высокой турбулентности.

Результаты оценки региональной среды промышленных предприятий Белгородской области представлены на рис. 3.

Результаты оценки турбулентности региональной среды сведены в табл. 2.

По произведенному расчету можно ссудить, что на региональном уровне сложилась низкая турбулентность, так как средний коэффициент вариации (10,46 %) ниже нормативного (10,50 %).

Оценка степени флуктуации параметров отраслевой среды предприятия осуществляется в

соответствии с определенной ранее логикой на основе сопоставления фактического и нормативного коэффициента вариации показателей деятельности отрасли. Однако на данном этапе оценки целесообразно не выделять составляющие отраслевой среды и, соответственно, не производить их взвешивание. Перечень используемых показателей характеризует разные аспекты функционирования отрасли: экономический, технологический, информационный, экологический. Он формируется с учетом необходимости обеспечения универсальности и возможности использования для оценки ситуации в различных отраслях экономики. Расчет коэффициентов вариации произведен по данным пищевой промышленности. Сравнение среднего коэффициента вариации по отрасли (14,66 %) с нормативным (10,50 %) показывает, что выполняется условие высокой турбулентности.

Таблица 1

Сводные показатели турбулентности макросреды российских предприятий

Составляющая макросреды	Коэффициент вариации (v_{macro_i}), %	Вес (w_i)
Экономическая среда	10,69	0,250
Социально-демографическая среда	6,41	0,145
Технологическая среда	13,21	0,184
Культурная среда	6,53	0,026
Политическая среда	31,17	0,158
Информационная среда	7,07	0,132
Экологическая обстановка	4,87	0,105
ИТОГО взвешенное среднее (v_{macro})	12,57	-

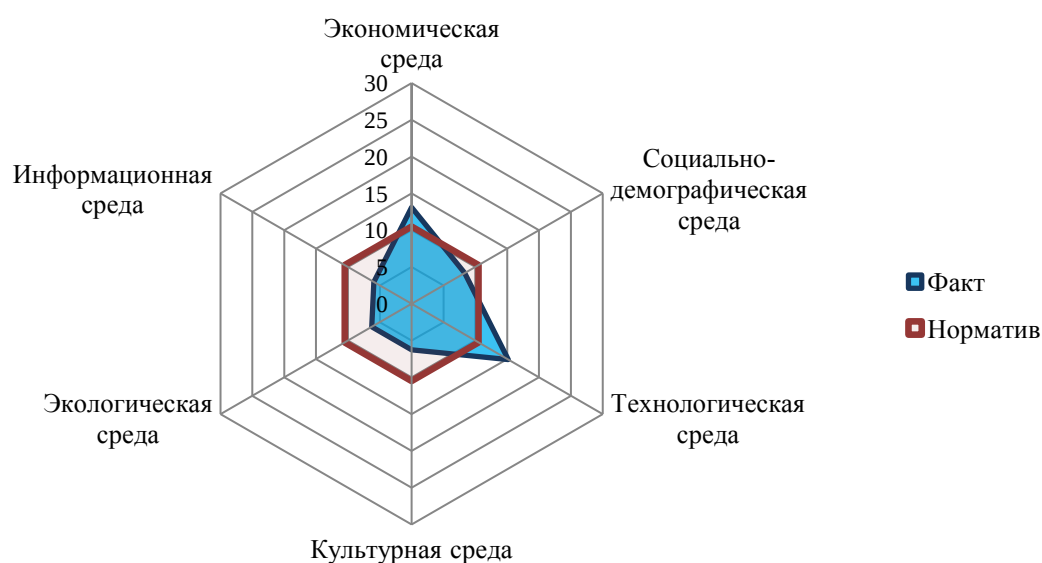


Рис. 3. Уровень турбулентности структурных составляющих региональной среды белгородских предприятий, % вариации

Таблица 2

Сводные показатели турбулентности региональной среды (на примере Белгородской области)

Составляющая региональной среды	Коэффициент вариации (v_{region_i}), %	Вес (w_i)
Экономическая среда	13,11	0,289
Социально-демографическая среда	8,34	0,165
Технологическая среда	15,17	0,216
Культурная среда	6,24	0,026
Информационная среда	6,26	0,161
Экологическая обстановка	5,93	0,143
ИТОГО взвешенное среднее (v_{region})	10,46	-

Для промышленных предприятий, относящихся к пищевой отрасли и функционирующих на территории Белгородской области, индекс турбулентности внешней среды по результатам расчетов составляет:

$$I_{turb} = \frac{1,022+0,996+1,396}{3} = 1,138.$$

Выводы. Сравнительная характеристика структурированных в статье методических приемов анализа степени изменчивости внешней среды показала, что они не могут быть использованы для целей измерения степени турбулентности бизнес-обстановки предприятия в условиях ее высокой подвижности. Существующие методики анализа используют преимущественно

качественные способы оценивания, сложно верифицируемы, направлены на диагностику стратегических разрывов, а не изменчивости деловой «экосистемы» предприятия, фрагментарны и имеют чаще прогнозный характер. Между тем в стратегическом анализе часто возникает необходимость сопоставления степени стабильности внутренней и внешней среды. Поэтому предложено расширить имеющийся в литературе методический аппарат. На подготовительном этапе оценки производится: постановка цели оценки турбулентности внешней среды, определение критериев оценки турбулентности среды, формирование системы количественных и качественных параметров турбулентности макро-, региональной и отраслевой среды. На исследовательском этапе осуществляется сбор данных об экономических, социальных, технологических, культурных, политических факторах макросреды, об основных показателях развития отрасли, об основных показателях развития рынка сбыта соответствующего бизнес-подразделения предприятия, определяются коэффициенты вариации параметров макро-, региональной и отраслевой среды за одинаковый временной интервал, графическим путем на основе построения кумулятивной кривой коэффициентов вариации выделяется пороговое значение коэффициента вариации, служащее индикатором степени турбулентности среды. На этапе оценки производится расчет индекса турбулентности макро-, региональной и отраслевой среды на основе сопоставления среднего и нормативного коэффициентов вариации, а также измерение обобщающего индекса турбулентности внешней среды предприятия. На основе опроса экспертов в работе определена относительная важность составляющих макросреды: в общем случае больший вес в оценке турбулентности среды имеют экономическая, технологическая, политическая среда. Оценка на макроуровне показала, что стабильность экономической, экологической и информационной среды выше, чем в технологической и политической сферах. Индекс турбулентности макросреды ($I_{turb}^{macro} = 1,022$) свидетельствует о высокой подвижности бизнес-обстановки. Измерение степени подвижности региональной среды, проводимое на примере Белгородской области, выявила, что индекс турбулентности остается в пределах нормативного значения ($I_{turb}^{region} = 0,996$). Оценка степени флуктуации параметров отраслевой среды, выполненная на примере пищевой промышленности, показала наличие высокой турбулентности ($I_{turb}^{industry} = 1,396$). Определенные в результате расчетов нормативные коэффициенты вариации

имеют разные значения для национальной, региональной и отраслевой среды (12,3, 10,5, 13,9, соответственно). Подвижность данного показателя, на наш взгляд, является преимуществом методики, так как учитывает разное влияние глобальных сил на состояние изучаемых сред в каждый конкретный период времени. Обобщение найденных на макро-, региональном и отраслевом уровнях показателей свидетельствует о высоком уровне турбулентности среды предприятий, функционирующих в пищевой промышленности Белгородской области ($I_{turb} = 1,138$), что повышает значимость реализации мер адаптивного управления.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2017-2021 годы по НИР «Теория и методология развития приграничного региона в контексте изменения векторов международного сотрудничества»*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акофф Р.Л., Магидсон Дж., Эдисон Г. Дж. Идеализированное проектирование. Создание будущего организации. Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007. 320 с.
2. Дорошенко Ю.А., Антипов Е.А. Оценка управления стратегическим развитием промышленного холдинга // Российское предпринимательство. 2011. № 8-2. С. 43–48.
3. Дорошенко Ю.А., Логачев К.И., Антипов Е.А. Совершенствование управления стратегическим развитием промышленного холдинга // Белгородский экономический вестник. 2011. № 4 (64). С. 3–8.
4. Дубино Н.В. Методическое обеспечение процесса стратегического планирования на промышленном предприятии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 115–119.
5. Куприянов С.В., Денисова Е.Д. Дарвинизм и стратегическое планирование // Белгородский экономический вестник. 2015. № 4 (80). С. 140–148.
6. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело, 1997. 704 с.
7. Микалут С.М., Старикова М.С., Резниченко А.А. Анализ структуры внешней деловой среды инновационных предприятий // Социально-гуманитарные знания. 2012. № 8. С. 228–235.
8. Рудычев А.А., Борачук В.В., Чижова Е.Н. Проблемы реформирования системы управления промышленным предприятием в условиях нестабильной внешней среды. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 185 с.

9. Сомина И.В., Лейченко И.В. О возможностях применения принципа субсидиарности в стратегическом управлении // Белгородский экономический вестник. 2015. № 3 (79). С. 68–72.
10. Старикова М.С. Теория и методология адаптивного управления промышленной корпорацией: монография. Белгород: БГТУ, 2015. 220 с.
11. Хлыстова О.В. Концептуальные основы стратегического управления предпринимательскими структурами в условиях турбулентности // Российское предпринимательство. 2011. №3. Вып. 1 (179). С. 34–38.
12. Щетинина Е.Д., Кочина С.К. Стратегическая диагностика: инновационные аспекты // Белгородский экономический вестник. 2013. № 4 (72). С. 3–7.
13. Щетинина Е.Д., Кучерявенко С.А., Климова Т.Б., Коннова А.В. Система факторов и причин возникновения турбулентности как меры хаотичности и неопределенности развития экономики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 203–209.
14. Щетинина Е.Д., Стрелкова Я.Н. Методы стратегической диагностики бизнес-организаций в новых экономических условиях // Белгородский экономический вестник. 2012. № 4 (68). С. 33–37.
15. Fredrickson J.W., Iaquinto A.L. Inertia and creeping rationality in strategic decision processes. // Academy of Management Journal. 1989. 32. Pp. 543–576.
16. Miller D., Friesen P.H. Strategy Making and Environment: The Third Link. Strategic Management Journal. 1983. 4. Pp. 221–235.
17. Papadakis V.M., Lioukas S., Chambers D. Strategic decision-making processes: the role of management and context. Strategic Management Journal. 1998. 19. 115–147.

Starikova M.S., Ponomareva T.N., Rastopchina Y.L.

TOOLS FOR ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL TURBULENCE OF THE ENTERPRISE

In the article authors make the conclusion that there is a necessity to combine such properties of the organizational environment as mobility, speed, complexity, uncertainty, internal interconnectedness, the direction of changes into a complex characteristic – turbulence, which is the irregular randomness of fluctuations in the parameters of the enterprise's external environment. The analysis revealed the inadequacy of existing methods for measuring the degree of turbulence in the far and near environment of an enterprise operating under conditions of high mobility. The proposed technique allows to give quantitative estimates of business environment in the current period and in dynamics, to compare the degree of stability of the internal and external environment. A system of parameters for the macro, regional and industrial environment has been formed. The degree of turbulence is determined by comparing the variation of these parameters with the normative variation. The approach to finding the normative variation is also indicated in the methodology. Approbation of the methodology showed that the stability of the economic, ecologic and information environment is higher than the stability of technological and political environment, which is associated not only with the transformational phenomena occurring in the world in all spheres, but also with a relatively greater inertia of these components of the business environment. The mobility of the regional environment (by the example of the Belgorod region) is lower than at the level of the national economy. An assessment of the degree of fluctuations in the parameters of the industrial environment, performed on the example of the food industry, showed the presence of high turbulence.

Key words: external organization environment, strategic analysis, turbulence assessment, PEST analysis, SWOT analysis

Старикова Мария Сергеевна, доктор экономических наук, профессор кафедры маркетинга.

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

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

E-mail: s_ms@bk.ru

Пonomарева Татьяна Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга.

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

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

E-mail: ktn2103@mail.ru

Растопчина Юлия Леонидовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

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

E-mail: rastopchina@bsu.edu.ru

Карамышев А.Н., канд. экон. наук, доц.
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЙ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ

antonkar2005@yandex.ru

В мировой практике выделяют следующие основные методологии процессного управления: «Бережливое производство», «Шесть сигм», «Бережливое производство+Шесть сигм», «Rummler-Branch», «Hammer», «SCOR», «BPTrends Associates», «CMMI»; методология, заложенная в программный продукт (например, «BAAN», «SAP», «IC»). Каждая из указанных методологий имеет свой предмет исследования, а также требует специфических исходных условий для успешного внедрения в практическую деятельность предприятия. Наличие нескольких процессных методологий вносит определенную путаницу в теорию управления на основе бизнес-процессов. С целью упорядочения информации о методологиях процессного управления и их возможностях в статье выявлены предметы исследования данных методологий, а также проведено их сравнение по следующим параметрам: наличие методов оптимизации основных бизнес-процессов, наличие методов оптимизации технологических операций основных (производственных) бизнес-процессов, полнота охвата бизнес-процессов, универсальность методики, возможность управления предприятием как системой, возможность формирования полноценной системы управления предприятием, возможность оценки зрелости процессного управления на предприятии, определение вектора дальнейших усилий в развитии системы процессного управления как системы, автоматизация бизнес-процессов (в рамках методологии).

Ключевые слова: методология управления, процессный подход, сравнительный анализ, промышленное предприятие, система управления.

Введение. Процессные технологии управления предприятием реализуются различными методологиями менеджмента. Все они называются процессными методологиями управления, однако между ними имеются существенные отличия, поскольку предметы их исследований различны. На практике это приводит к множеству трактовок сути процессного управления. Например, компания, оптимизирующая производственные процессы, и компания, модифицирующая учетные процессы в информационной системе предприятия в соответствии с эталонными моделями бизнес-процессов, формально занимаются внедрением «процессного подхода», выполняя при этом совершенно разные действия.

Существующие регламентирующие документы, в частности, стандарты ИСО 9000, задают лишь самые общие границы процессного подхода. Процитируем ГОСТ Р ИСО 9001-2001 [1]: «Деятельность, использующая ресурсы и управляемая с целью преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс. Часто выход одного процесса образует непосредственно вход следующего. Применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также менеджмент процессов могут считаться «процессным подходом».

В приведенном ГОСТе не выделяются сами бизнес-процессы, не устанавливаются их размеры и границы, этапы внедрения процессного

подхода указаны обобщенно. Бизнес-аналитикам и исследователям предлагается самим решить эти и прочие методологические проблемы процессного управления.

Основная часть. Решение указанных проблем нашло реализацию в оригинальных методологиях процессного управления. Наиболее распространенными являются следующие оригинальные методологии процессного управления: «Бережливое производство», «Шесть сигм», «Rummler-Branch», «Hammer», «SCOR», «BPTrends Associates», «CMMI», методологии в программных продуктах «IC», «BAAN», «SAP» [2]. Данные методологии были подробно рассмотрены нами в [3-6], выявлены их достоинства и недостатки. По результатам анализа можно выделить предметы исследования данных методологий (представлены в табл.1).

На основе вышеприведенной таблицы можно сделать вывод о том, что одна группа методологий ориентирована на оптимизацию одного из видов деятельности предприятия (№ 1-3,5), а другая группа (№ 4,7,8,9) – на поэтапное развитие системы процессного управления.

С целью проведения корректного обобщенного анализа данных методологий считаем необходимым осуществить сравнительный их анализ в разрезе предоставляемых возможностей по следующим основным параметрам:

1. Наличие методов оптимизации основных (производственных) бизнес-процессов. Оценка данного параметра будет осуществляться

ся по возможности с помощью методов методологии анализировать и совершенствовать производственные бизнес-процессы в целом.

2. Наличие методов оптимизации технологических операций основных (производственных) бизнес-процессов. Оценка данного параметра будет осуществляться по возможности с помощью методов методологии анализировать и усовершенствовать технологические операции производственных процессов, которые выполняются на отдельных рабочих центрах (станках).

3. Полный охват бизнес-процессов. Оценка данного параметра будет осуществляться по возможности методологии охватить все бизнес-процессы предприятия.

4. Универсальности методологии. Оценка данного параметра будет осуществляться по возможности применения методологии в любой сфере деятельности.

5. Возможность управления предприятием как системой. Оценка данного параметра будет осуществляться исходя из возможности полного описания деятельности предприятия в разрезе бизнес-процессов и определении взаимосвязей между ними.

6. Возможность формирования полноценной системы управления предприятием. Оценка данного параметра будет осуществляться

исходя из возможности принятия обоснованных управленческих решений на основе результатов экономических расчетов базовых показателей (выручка, затраты, прибыль), а также актуальных для предприятия натуральных показателей.

7. Возможность оценки зрелости процессного управления на предприятии. Оценка данного параметра будет осуществляться исходя из возможности определять уровень развития процессного управления в соответствии с методологией.

8. Определение вектора приложения дальнейших усилий с целью развития системы процессного управления как системы. Оценка данного параметра будет осуществляться исходя из наличия качественного описания уровней процессного управления и действий, необходимых для перехода на более высокий уровень процессного управления. При этом переход на более высокий уровень должен предоставлять более широкие возможности по поддержке и принятию управленческих решений.

9. Автоматизация бизнес-процессов. Оценка данного параметра будет осуществляться исходя из наличия в алгоритме методологии этапа автоматизации бизнес-процессов.

Таблица. 1

Предметы исследования процессных методологий (авторская разработка)

№ п/п	Название методологии	Предмет исследования
1	Бережливое производство	производственные бизнес-процессы в целом
2	Шесть сигм	технологические операции
3	Rummler-Branch	производительность труда сотрудников
4	Hammer	методы радикальной модификации бизнес-процессов на основе современных технологий
5	SCOR	логистические операции и поток материальных ценностей
6	eTOM	бизнес-процессы предприятий электросвязи
7	BPTrends Associates	алгоритм внедрения процессного управления на предприятии
8	CMMI	оценка зрелости процессного управления предприятием
9	Методология процессного управления предприятием, заложенная в программных продуктах «1C», «BAAN», «SAP»	автоматизация управления предприятием

Считаем необходимым прокомментировать отдельные моменты из табл. 2:

1. Методологии, заложенные в программные продукты «1C», «BAAN», «SAP», позволяют полностью охватить бизнес-процессы предприятия в разрезе отдельных их параметров (учетные и некоторые экономические показатели). Автоматизация в информационной системе

существующих моделей управления предприятием позволяет ускорить выполнение бизнес-процессов, вести учет отдельных их параметров, отслеживать финансовые результаты деятельности предприятия за определенный период времени. Практически все крупные предприятия используют информационные системы в своей практике, это один из важнейших факторов кон-

курентоспособности. Таким образом, на основе указанных программных продуктов можно при-

нимать управленческие решения и осуществлять управление предприятием как системой.

Таблица 2

**Сравнительный анализ методологий процессного управления в разрезе их возможностей
(авторская разработка)**

Методология Оцениваемый параметр	Бережливое производство	Шесть сигм	Rummler-Branch	Hammer	SCOR	BPTrends Associates	CMMI	Методология в «1C», «BAAN», «SAP»
Наличие методов оптимизации основных (производственных) бизнес-процессов в целом	+	–	–	–	–	–	–	–
Наличие методов оптимизации технологических операций основных (производственных) бизнес-процессов	–	+	–	–	–	–	–	–
Полный охват бизнес-процессов	–	–	+	+	–	+	+	+
Универсальность методики	–	+	+	+	+	+	+	+
Возможность управления предприятием как системой	–	–	+	–	–	–	+	+
Возможность формирования полноценной системы управления предприятием	–	–	–	–	–	–	–	+
Возможность оценки зрелости процессного управления на предприятии	–	–	–	–	–	–	+	–
Определение вектора приложения дальнейших усилий с целью развития системы процессного управления как системы	–	–	–	–	–	–	+	–
Автоматизация бизнес-процессов	–	–	–	–	–	–	–	+

Однако данный подход к управлению не позволяет детально изучить бизнес-процессы предприятия, оперативно реагировать на изменение определяющих результат факторов, оптимизировать бизнес-процессы.

Данная методология должна применяться в совокупности с другими процессными методологиями, предполагающими анализ бизнес-процессов и их структурных элементов в разрезе натуральных и экономических показателей, их регламентацию, а также проведение оптимизации моделей бизнес-процессов.

2. Методология «Rummler-Branch» дает возможность управлять предприятием как системой в разрезе одного показателя «производительность труда», но это значительным образом ограничивает возможности системы управления. Управление предприятием на основе одного относительного показателя не будет полноценным.

3. Методология «SCOR» позволяет управлять основными бизнес-процессами в разрезе поставок товарно-материальных ценностей, но возможности системы управления также получаются ограниченными. Кроме того, в рамках данной методологии не рассматриваются биз-

нес-процессы «Маркетинг», «Продажи», «НИОКР», «Сервисное обслуживание клиентов».

Выводы. На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Ни одна из рассмотренных методологий процессного управления не охватывает полный перечень актуальных, по мнению автора, задач промышленного предприятия. Это свидетельствует о необходимости применения сочетания рассмотренных методологий при внедрении и развитии процессного управления.

2. По количеству предлагаемых возможностей лидируют «CMMI» и заложенные в программные продукты «1C», «BAAN», «SAP» методологии.

«CMMI» является методологией внедрения на предприятии процессного управления. Содержит обобщенные рекомендации по определению достигнутого уровня процессного управления и его дальнейшего развития.

Методологии, заложенные в программных продуктах «1C», «BAAN», «SAP», позволяют ускорить выполнение автоматизированных бизнес-процессов, вести учет некоторых их пара-

метров, отслеживать финансовые результаты деятельности предприятия за определенный период времени, рассчитывать налоги. На основе автоматизированных бизнес-процессов происходит управление предприятием в целом, однако возможности анализа и оптимизации бизнес-процессов в рамках данной методологии существенно ограничены.

3. Необходимо отметить, что в российской практике наиболее распространенными являются, помимо методологий в указанных программных продуктах, методологии анализа и оптимизации производственных процессов «Бережливое производство» и «Шесть сигм». Это связано с тем, что оптимизация производственных бизнес-процессов, аккумулирующих совокупные затраты организации, позволяет значительно повысить экономическую эффективность предприятия в целом и добиться положительных синергетических эффектов.

4. По мнению автора, значительный интерес представляет методология «SCOR», в рамках которой сформирована база данных о наиболее эффективных бизнес-процессах передовых иностранных предприятий и лучших управленческих решений. На основе этой информации отечественные предприятия могут проводить анализ и оптимизацию своих бизнес-процессов,

ориентируясь на эталонные показатели и лучшие алгоритмы управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2001 «Системы менеджмента качества. Требования». М.: Стандартинформ, 2012. 34 с.
2. Harmon, P. A BPTrends Report «The State of Business Process Management-2016» [Электронный ресурс]. URL: www.bptrends.com (дата обращения 30.03.2017).
3. Карамышев А.Н., Казаева М.С., Абросимова Е.В., Федоров Д.Ф. Анализ процессной методологии управления «Бережливое производство» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 148–150.
4. Карамышев А.Н., Казаева М.С., Абросимова Е.В., Федоров Д.Ф. Анализ процессной методологии управления «Шесть сигм» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №4. С. 160–164.
5. Карамышев А.Н. Анализ методологий процессного управления, полностью охватывающих бизнес-процессы предприятия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №5. С. 214–217.
6. Карамышев А.Н. Анализ универсальных методологий процессного управления промышленными предприятиями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 192–195.

Karamyshev A.N.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROCESS-BASED MANAGEMENT METHODOLOGIES

The world practice differentiates the following main methodologies of the process-based management: Lean Production, Six Sigma, Lean Production + Six Sigma, Rummler-Branch, Hammer, SCOR, BPTrends Associates, CMMI, methodology embedded in the software product (e.g., BAAN, SAP, 1C). Each of the specified methodologies has its own subject for study, and also requires specific premises for successful practical implementation within the enterprise. Availability of several methods based on the process approach to management causes some confusion in the business community. In order to streamline information on methodologies of the process-based management and their opportunities, the article describes subjects for study of these methodologies, and also compares them according to the following criteria: availability of direct business processes optimization methods, availability of optimization methods of direct (production) business processes production operations, coverage of business processes, versatility of the method, ability to manage an enterprise as a system, availability to develop a robust enterprise management system, ability to assess maturity of process management within an enterprise, definition of further efforts in developing process-based management as a system, business process automation (in frames of methodology).

Key words: management methodology, process approach, comparative analysis, industrial enterprise, management system.

Карамышев Антон Николаевич, кандидат экономических наук, доцент
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, д. 68/19
E-mail: antonkar2005@yandex.ru

Журавлев П.А., канд. техн. наук, доц.,
Сборщиков С.Б., д-р экон. наук, проф.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОГРАММ

tous2004@mail.ru

На сегодняшний день актуальна проблема прогнозной оценки затрат и использования ресурсно-технологического моделирования при формировании инвестиционных программ. Идентификация затрат в рамках ресурсно-технологического моделирования необходима для осуществления функций менеджмента, а именно – планирования, организации и контроля с целью выявления отклонений от стандартных показателей и организации эффективного менеджмента в межотраслевом комплексе, включающем капитальное строительство, промышленность и жилищно-коммунальное хозяйство. Задача минимального использования ресурсов в процессе производства зависит не только от выбора технологии, но и от качественных характеристик и параметров зданий и сооружений, определяющих величину расхода ресурсов на их эксплуатацию. При этом, если затраты на эксплуатацию зданий выделены из общей суммы затрат на производство, то становится возможным оценить их влияние на стоимость товаров и услуг.

Ключевые слова: ресурсно-технологическое моделирование, затраты, инвестиции, капиталовложения, строительство, нормативы цены.

Введение. Государственные капиталовложения, реализуемые в виде федеральных целевых программ и проектов, предполагают применение для их обоснования укрупненных показателей стоимости, таких как нормативы цены строительства (НЦС) и нормативы цены конструктивных решений (НЦКР) [1]. Необходимость адекватного стоимостного обоснования инвестиций указывает на то, что НЦС и НЦКР должны отражать существующее положение как в экономике в целом, так и инвестиционно-строительной сфере в частности. Это достигается использованием для их разработки и актуализации ресурсно-технологических моделей, основанных на реальных и объективных данных о ценовых характеристиках производственных факторов возведения тех или иных зданий и сооружений [2, 3]. Общая схема разработки нормативов цены строительства на основе ресурсно-технологических моделей представлены на рис. 1.

Методология. Ресурсно-технологическое моделирование предусматривает подбор и глубокую переработку проектно-сметной документации, выборку, типизацию и укрупнение объектов моделирования, формализацию начальных, промежуточных и выходных отчетных данных, разработку и внедрение алгоритмов организационно-технологических решений, разработку математических моделей и внедрение автоматизированных систем расчетов и баз данных.

Основная часть. Объектами моделирова-

ния выступают как основные конструктивные элементы зданий и сооружений, так и непосредственно сам продукт инвестиционно-строительной деятельности – объект капитального строительства [4, 5].



Рис. 1. Общая схема разработки нормативов цены строительства на основе ресурсно-технологических моделей

Укрупненная структура объектов ресурсно-технологического моделирования представлена на рис. 2.

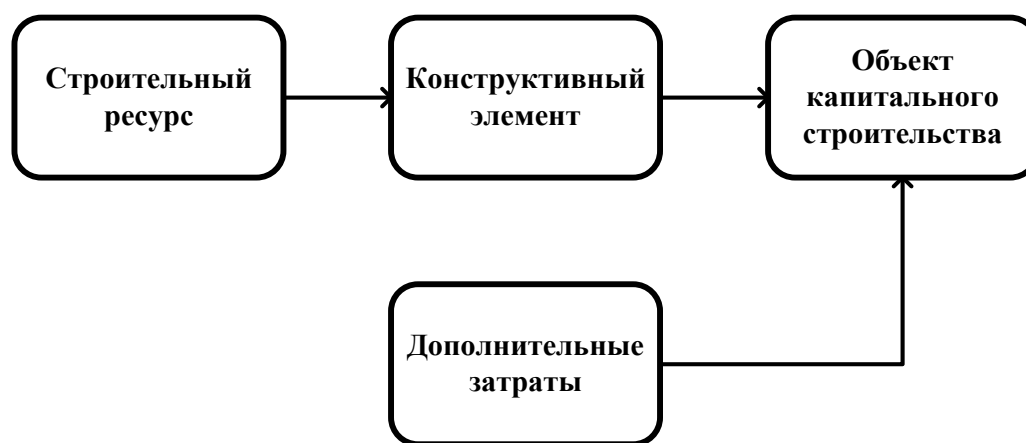


Рис. 2. Структура объектов ресурсно-технологического моделирования

Семантическое структурирование объектов моделирования подразумевает необходимый набор (номенклатуру) строительных ресурсов, входящих в состав конструктивных элементов, объекта капитального строительства, включающего дополнительные затраты, не относящиеся к строительным ресурсам [6].

Как известно, строительные ресурсы состоят из трех составляющих:

- 1) материальных строительных ресурсов;
- 2) технических ресурсов;
- 3) трудовых ресурсов.

Материальные ресурсы, используемые в строительстве, исчисляются сотнями тысяч наименований, требуют жёсткой регламентации их верификации, устанавливающей процедуры организации и проведения мониторинга, кодификации и формирования информационных источников (баз) данных. Материальные строительные ресурсы являются самым значимым элементом, как с точки зрения величины стоимостного показателя в структуре стоимости конструктивных элементов и строительства в целом, так и с точки зрения количественного показателя в составе номенклатуры строительных ресурсов. В среднем объем материальных строительных ресурсов в стоимости строительства составляет до 70 % [7–10].

Технические и трудовые ресурсы имеют незначительную номенклатуру, а их доля в стоимости строительства в среднем не превышает 10 %.

В данном контексте конструктивные элементы охватывают полную номенклатуру строительных, монтажных работ, работ по монтажу технологического оборудования и характеризуются в свою очередь расходом строительных ресурсов, который принимается на единицу измерения.

В свою очередь объекты капитального строительства включают установленную проектом номенклатуру конструктивных элементов, а

также строительных ресурсов не входящих в состав строительных, монтажных работ, но необходимых для их оснащения, таких как немонтируемое оборудование, мебель и инвентарь. Помимо этого объекты капитального строительства включают дополнительные затраты, связанные с обязательными платежами и другими отчислениями, а также организацией, обеспечением, обслуживанием, управлением строительного процесса, соблюдением организационно-технологических условий, требуемых для осуществления строительства. Указанные дополнительные затраты, как правило, учитываются относительными показателями в процентах и могут быть типизованы и усреднены [11–15].

При моделировании материальных строительных ресурсов предполагается реализация следующих положений:

- формирование баз данных материалов, оборудования, мебели и инвентаря по соответствующим сборникам с исчерпывающей номенклатурой;
- установление промежуточных кодов, наименований, единиц измерений материалов на основе сметной документации и имеющихся в ее составе прайс-листов и коммерческих предложений на материалы, отсутствующие в составе баз данных материалов;
- анализ технических, технологических и эксплуатационных характеристик материальных строительных ресурсов;
- выборка полной номенклатуры материальных строительных ресурсов из состава проектно-сметной документации и определение их количественных и стоимостных параметров на установленную дату моделирования;
- установление критериев укрупнения по основным материальным строительным ресурсам;
- укрупнение материальных строительных ресурсов (подбор ресурсов-представителей)

для материалов изделий и конструкций, а также для инженерного оборудования;

- формирование реестров прочих материальных строительных ресурсов, установление их долевого соотношения к основным ресурсам;

- формирование спецификаций, на основе типизации технологического оборудования, мебели и инвентаря;

- формирование ресурсных моделей с использованием ресурсов-представителей и спецификаций по результатам укрупнения;

- установление исчерпывающей номенклатуры выходных промежуточных и окончательных форм, сопровождающих процесс моделирования.

Моделирование технических ресурсов включают в себя:

- нормирование производственных процессов с использованием прогрессивных технологий, новых материалов, новых машин и механизмов;

- разработку нормативов (норм и расценок) на эксплуатацию строительных машин и механизмов, а также на отсутствующие механизмы;

- оптимизацию действующих нормативов (норм и расценок);

- анализ технологических процессов, учитывающих условия производства работ и усложняющие факторы, предусматриваемые проектной документацией;

- сравнительный анализ показателей производительности и стоимости эксплуатации машин и механизмов;

- формирование баз данных эксплуатации машин и механизмов, включение их в соответствующий сборник с исчерпывающей номенклатурой;

- выборка полной номенклатуры требуемых машин и механизмов из состава проектно-сметной документации;

- определение мощностных и стоимостных параметров на установленную дату моделирования технических ресурсов;

- установление критериев укрупнения по основным машинам и механизмам;

- выбор основных видов (типов) машин и механизмов, обеспечивающих критерий достаточности по технологическим операциям;

- формирование реестров прочих машин и механизмов, установление их долевого соотношения к основным механизмам;

- формирование ресурсных моделей с использованием основных видов (типов) машин и механизмов;

- установление исчерпывающей номен-

клатуры выходных промежуточных и окончательных форм, сопровождающих процесс моделирования.

Моделирование трудовых ресурсов предполагает:

- разработку типовых технологических карт и карт трудовых процессов, на основе проектов производства работ, а также хронометражных наблюдений технологических операций;

- разработку сводок затрат труда по установленным технологиям;

- разработку технически обоснованных норм затрат труда по видам работ;

- анализ производственных условий организации трудовых процессов и усложняющих факторов, предусматриваемых проектной документацией;

- выборка затрат труда строителей, монтажников, наладчиков из проектно-сметной документации;

- установление среднего разряда работ;

- определения показателей трудоемкости по объектам капитального строительства и конструктивным элементам;

- определение фонда оплаты труда рабочих;

- установление исчерпывающей номенклатуры выходных промежуточных и окончательных форм процесса моделирования.

Выводы. Реализация указанных требований позволит осуществить разработку качественных ресурсно-технологических моделей с возможностью использования разнообразной степени укрупнения, с вариантами учета видов затрат в разрезе строительных ресурсов и конструктивных элементов с целью применения на начальных стадиях инвестиционно-строительного процесса, при планировании инвестиций, формировании целевых и адресных программ, а также при необходимости проведения сопоставительных анализов стоимости мощностных характеристик и в целом объектов капитального строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журавлев П.А. Цена строительства и этапы ее формирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 9. С. 174–178.

2. Журавлев П.А., Ключев В.Д., Евсеев В.Г. Использование квалиметрического подхода для оценки конкурентоспособности инвестиционных строительных проектов // Научное обозрение. 2014. № 9. С. 637–640.

3. Ключев В.Д., Левченко А.В. Методический подход к созданию информационно-

аналитических систем стоимостного мониторинга в строительстве // Научное обозрение. 2014. № 1. С.214–218.

4. Ермолаев Е.Е. Особенности определения фиксированной стоимости строительства в рамках государственных программ // Вестник университета (Государственный университет управления). 2013. № 11. С. 35–38.

5. Ермолаев Е.Е. Управление потребительской стоимостью объектов строительства // Гуманитарные и социальные науки. 2013. № 3. С.18–23.

6. Сборщиков С.Б. Логистика регулирующих воздействий в инвестиционно-строительной сфере (теория, методология, практика) : дисс. док. эконом. Наук. Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. М. 2012. 305 с.

7. Алексанин А.В. Оценка экономической эффективности использования новых технологий, материалов и решений в проектах по энергосбережению // Вестник МГСУ. 2009. № S1. С. 164.

8. Жаров Я.В. Учет организационных аспектов при планировании строительного производства в энергетике // Журнал ПГС. 2013. №5. С. 69–71.

9. Лазарева Н.В. Стоимостной инжиниринг

как основа интеграции процессов планирования, финансирования и ценообразования в инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 178–185.

10.Шумейко Н.М. Обоснование унифицированной формы локальной сметы на проектные работы // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 300–305.

11.Шумейко Н.М. Разработка методических рекомендаций по применению нового шаблона ЛС-П(ШН) для определения стоимости проектных работ // Сметно-договорная работа в строительстве. 2016. №1. С. 19–20

12.Алексанин А.В. Перспективные направления развития организации строительства // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 378–381.

13.Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Алексанин А.В. Распределение трудовых ресурсов по объектам строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 185–187.

14.Su Han Chan, Ko Wang, Jing Yang. The Pricing of Construction Loans // International real estate review. 2016. Vol.19, No.4. Pp. 411–434.

15.Roine Leiringer, Andy Dainty. Construction Management and Economics: New Directions // Construction Management and Economics. 2017. Vol.35. Pp. 1–3

Zhuravlev P.A., Sborshikov S.B.

ON THE QUESTION OF USE OF RESOURCE-TECHNOLOGICAL MODELING IN THE FORMATION OF INVESTMENT PROGRAMS

To date, the problem of predictive assessment of costs and the use of resource-technological modeling in the formation of investment programs is topical. The identification of costs within the framework of resource-technological modeling is necessary for the implementation of management functions, namely, planning, organization and control in order to identify deviations from standard indicators and the organization of effective management in an interindustry complex, including capital construction, industry and housing and communal services. The task of minimizing the use of resources in the production process depends not only on the choice of technology, but also on the quality characteristics and parameters of buildings and structures that determine the amount of resource consumption for their operation. At the same time, if the costs of operating buildings are allocated from the total cost of production, it becomes possible to assess their impact on the cost of goods and services.

Key words: *resource-technological modeling, costs, investments, capital investments, construction, price standards.*

Журавлев Павел Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации и управления в строительстве.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

Сборщиков Сергей Борисович, доктор экономических наук, профессор кафедры технологии, организации и управления в строительстве.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

E-mail: tous2004@mail.ru

*Реутова М.Н., канд. соц. наук, доц.,**Реутов Е.В., канд. соц. наук, проф.**Белгородский государственный национальный исследовательский университет**Шавырина И.В., канд. соц. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

РЕЦИПРОКНОСТЬ В СОЦИАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЯХ: НЕРЫНОЧНЫЙ ОБМЕН РЕСУРСАМИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ*

shavyrina_77@mail.ru

В статье проанализировано значение реципрокности как принципа конструирования социальных отношений в современной экономической системе. Рассмотрены формы и виды реципрокности, механизмы реципрокности в воспроизводстве практик взаимопомощи в местных сообществах. В ходе анализа эмпирических данных установлено, что большинство российских домохозяйств связано отношениями обмена или взаимопомощи с другими. В условиях социально-экономического кризиса эти отношения приобретают особое значение. В российском обществе по-прежнему довольно широко распространена обобщенная и негативная реципрокность, особенно в рамках отношений родители – дети, а также в дружеских и партнерских отношениях. При этом распространение практик самоорганизации и взаимопомощи на местном уровне способствует формированию специфических ценностей и установок взаимной ответственности, лежащих в основе сбалансированной или «чистой» реципрокности.

Ключевые слова: *реципрокность, взаимопомощь, домохозяйство, социально-экономические отношения, местное сообщество.*

В современных социологических концепциях, посвященных осмыслению источников и факторов социальных отношений и коммуникаций, существенное место занимает концепт реципрокности, под которой понимается принцип межличностных и социальных отношений, предполагающий наличие явных и латентных взаимных обязательств. А. Гелен отмечал, что «реципрокность в отношениях представляет собой основную антропологическую категорию» [1], «является непрерывной человеческой константой» [2], «реципрокность или взаимность отношений издавна известна как фундамент человеческого поведения» [2]. С точки зрения К. Штэгбауэра, реципрокность можно рассматривать как важнейшее правило, создающее основу отношений [3].

Вопрос о роли взаимопомощи в процессе эволюции человека в числе первых был рассмотрен К.Ф. Кесслером и далее П.П. Кропоткиным, которые отмечали, что помимо закона Взаимной Борьбы, в природе существует еще закон «Взаимной Помощи», который для успешности борьбы за жизнь, и в особенности для прогрессивной эволюции видов, играет гораздо более важную роль [4].

Как принцип конструирования социальных отношений реципрокности особое внимание уделялась в рамках таких социологических теорий, как теория обмена, теория социального капитала, сетевая концепция. Основоположники

теории социального обмена выдвинули тезис о том, что социальное поведение людей основано на взаимодействии, сутью которого является непрерывный обмен материальными и нематериальными ресурсами, основанный на принципе реципрокности. «Социальное поведение представляет собой обмен благами, как материальными, так и нематериальными, такими как символы одобрения или престижа. Люди, которые дают много другим, пытаются получить столько же от них, и лица, которые получают много от других, находятся под давлением, чувствуя себя обязанными предоставить в ответ равноценные блага» [5].

Согласно П. Блау, далеко не все социальные отношения могут быть рассмотрены как процессы обмена, а лишь те из них, которые ориентированы на достижение целей, реализация которых возможна только в процессе взаимодействия с другими людьми и для достижения которых необходимы средства, доступные и другим людям [6].

Реципрокность является механизмом формирования и воспроизводства относительно прочных и устойчивых сетей взаимопомощи [7]. Принцип конвертации различных по своему характеру ресурсов (от материальных до символических), субъективация их нормативного объема, возможность «отсрочки» в предоставлении ответных услуг и ресурсов способствуют лабильности взаимных ожиданий участников

сетей взаимопомощи и способности самих сетей к воспроизводству.

В отечественной и зарубежной науке, в том числе, в трудах С.Ю. Барсуковой, О. Безруковой, Г.В. Градосельской, М. Кастельса, М.И. Новинской, И.Р. Пригожина, И.Е. Штейнберга, М. Тёррёнен разрабатываются различные аспекты теории социальных сетей – от методологии их исследования до конкретно-эмпирического анализа формирования и функционирования сетевых отношений в тех или иных локальных группах. И всеми последователями сетевой теории реципрокность, так или иначе, концептуализируется как один из ключевых факторов устойчивости и интенсивности социальных коммуникаций.

С.Ю. Барсукова, используя социологический и экономический подходы к изучению феномена сетевых структур, обращает внимание на специфический характер реципрокных отношений, отделяя их от рыночных. В ее работах реципрокность предполагает, прежде всего, обмен ресурсами на нерыночной основе. Так, основными функциями межсемейных обменов являются: экономическая взаимопомощь, кооперация усилий и средств; создание неформального кредитования; установление стабильных отношений и контактов, как равноправных, так и доминантных; подтверждение социального статуса семьи; моральная поддержка в рамках сети, скорая психологическая помощь; трансляция этических ценностей, религиозных и этнических традиций [8].

Г.В. Градосельская на основе теории графов проанализировала распределение домохозяйств по признакам участия в обмене и получении различных ресурсов (деньги, продукты, труд и др.), выделив такие категории как: «обменщики», «доноры», «потребители», «независимые» [9].

И.Е. Штейнберг исследовал сети социальной поддержки семьи, рассматривая их как особый род неформального социального института, спонтанно возникшего на основе кровного родства и дружеских связей членов семей, их взаимного интереса и личного выбора. Постулируя «неэквивалентность» обменов, доминирующую в сетях взаимопомощи, И.Е. Штейнберг, тем не менее, отмечает, что неэквивалентность может существовать лишь в специфической системе отношений, предполагающих «иную рациональность», в том числе, стремление к поддержанию и укрепление доверительных отношений [10].

По данным исследования В. Радаева, проведенного на рубеже 1990-2000-х гг., доля семей, связанных отношениями реципрокного обмена, составляет около 70 % [11]. По оценке О. Фадеевой, изучавшей взаимопомощь в сельских со-

обществах, «не обнаружилось ни одной семьи, которая бы не была связана отношениями обмена или помощи с другими семьями» [12]. К аналогичным результатам пришла О. Лылова, изучавшая практики взаимопомощи в сельской местности: «особенность жизни на селе такова, что каждая семья в той или иной ситуации становится донором или реципиентом услуги» [13].

В исследовании М. Тёррёнен на примере финских семей с маленькими детьми проанализировано социально-экономическое измерение реципрокности и экономических ресурсов, которые, как правило, создают основу для выживания и поддержки других ресурсов. Автор подчеркивает, что реципрокность имеет отношение как к межличностным, так и к социальным отношениям, а также к интерпретации людьми их личного благополучия [14].

Существенное методологическое значение для исследования феномена реципрокности имеет концепция социального капитала, разрабатываемая П. Бурдье, Г. Беккером, П.М. Козыревой, Дж. Коулменом, Н.М. Лебедевым, Р. Патнэмом, В.В. Радаевым, Ф. Фукуямой.

В работах данных авторов обращается внимание на ключевые факторы формирования индивидуального и коллективного социального капитала, связанные со способностью участников групп и сообществ к инвестированию собственных материальных и нематериальных активов в социальное окружение – причем, без расчета на немедленную отдачу.

Следование участниками социальных отношений взаимным ожиданиям в является одним из основных факторов формирования межличностного и, в определенной мере, институционального доверия. Так, в концепции Ф. Фукуямы доверие – это возникающее у членов сообщества ожидание того, что другие его члены будут вести себя более или менее предсказуемо, честно и с вниманием к нуждам окружающих [15]. Без доверия, в свою очередь, невозможно сформировать сколько-нибудь устойчивую систему отношений и рассчитывать на позитивное восприятие контрагентами многообразных социальных интересов.

Субъективная неопределенность взаимности, эквивалентности социальных обменов позволяет шкалировать реципрокность в достаточно широких пределах. Так, М. Залинс в своей классификации выделяет три формы реципрокности: обобщенную, сбалансированную и негативную. Негативная реципрокность характерна для отношений, направленных на получение каких-либо благ без намерения ответных действий. Сбалансированная реципрокность основана на обмене ресурсами приблизительно рав-

ной ценности. Обобщенная реципрокность возможна в близких отношениях, при которых один актор, давая что-либо другому, не ждет обязательных ответных действий [16].

К. Штэгбауэр выделяет 4 основных формы реципрокности:

1. Прямая («чистая») реципрокность – отношения, основанные на принципе эквивалентного обмена.

2. Обобщенная реципрокность – услуга, которая оказывается без надежды на прямую компенсацию.

3. Реципрокность статусно-ролевых отношений, при которых каждый берет и отдает, в зависимости от выполняемой социальной роли (например: врач – больной).

4. Реципрокность социальных ожиданий – люди знают, чего им ожидать от других, в зависимости от их статусов [3].

И. Штейнберг выделил три формы обмена психологическими ресурсами (совет, моральная поддержка, проявление симпатии и любви) в сетях социальной поддержки:

1. Профилактика форс-мажорных обстоятельств, совет, информация, увещание, вмешательство в ситуацию (угроза потери работы, проблемы со здоровьем, семейные проблемы).

2. Реабилитация последствий посттравмы (потеря работы, болезнь, развод и пр.).

3. Мобилизация ресурсов сети для решения проблемы путем разделения ее на задачи и распределения этих задач по агентам сети [10].

В последние десятилетия социологическими центрами России собран ряд данных, которые позволяют проанализировать механизмы реципрокности в воспроизводстве практик взаимопомощи в местных сообществах.

В Российском лонгитюдном мониторинге, который проводился в 1990-х гг. было установлено четыре типа домохозяйств, обменивающихся ресурсами:

- «Доноры» – домохозяйства, предоставляющие трансферты;

- «Потребители» – домохозяйства, получающие трансферты;

- «Обмен» – домохозяйства, и получающие и предоставляющие трансферты;

- «Независимые» – не получающие и не предоставляющие трансферты [17].

При этом отмечалось, что частные трансферты не только восполняют дефицит государственной помощи уязвимым слоям, но и свойственны социальному обмену в целом. При сетевом анализе частных трансфертов предполагается, что единицей взаимодействия (актором) является домохозяйство. Даже если помощь направлена одному из членов семьи либо род-

ственнику, средства и ресурсы извлекаются из общего семейного бюджета.

Готовность граждан к благотворительной деятельности непосредственно не связана с принципом реципрокности. Однако участие в благотворительности – особенно адресного характера – способствует формированию специфических ценностей и установок, связанных с социальной ответственностью, вне которой невозможна и реципрокность.

Так, Фонд «Общественное мнение» и Добро mail.ru в 2015 году провели опрос о практиках помощи и готовности помогать взрослым. Больше половины россиян сообщили, что за последний год они помогали взрослым или пожилым людям. Когда-либо помогали взрослым тяжелобольным или взрослым инвалидам 45 % опрошенных, и подавляющее большинство – 84 % – допускают, что будут помогать таким людям в будущем. Наиболее распространенными видами помощи были: денежная (49 %), вещами (33 %), делами (27 %), донорство (6 %) [18].

Авторы отчета по результатам общероссийского социологического исследования «Потенциал гражданского участия в решении социальных проблем» (Левада-Центр, 2014 г.), обращают внимание на моральные стимулы самоорганизации граждан, являющиеся специфическим проявлением реципрокности: «коллективная деятельность, целью которой являются сами отношения между людьми, радость от общения, является поводом для образования новых общественных связей, которые могут быть использованы в случае беды или чрезвычайной ситуации» [19].

Таким образом, принцип взаимности в социальных взаимодействиях является одной из основополагающих характеристик системы социальных отношений. Реципрокность является важнейшим элементом ряда социологических концепций, таких как теория обмена, теория социального капитала, сетевая концепция. Измерение феномена реципрокности на эмпирическом уровне свидетельствует, что большинство российских домохозяйств связано отношениями обмена или помощи с другими. В отличие от европейского, в российском обществе по-прежнему довольно широко распространена обобщенная и негативная реципрокность, особенно в рамках отношений родители – дети, а также в дружеских и партнерских отношениях. Тем не менее, все более широко распространяющаяся благотворительность способствует формированию специфических ценностей и установок взаимной ответственности, лежащих

в основе сбалансированной или «чистой» реципрокности.

**Работа подготовлена при финансовой поддержке Отделения по гуманитарным и общественным наукам РФФИ. Грант «Реципрокность в воспроизводстве практик взаимопомощи в местных сообществах» № 17-03-00196 (рук. М.Н. Реутова).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gehlen A. Urmensch und Spätkultur. Frankfurt, Bonn: Athenäum, 2. Auflage, 1964.
2. Gehlen A. Moral und Hypermoral – Eine pluralistische Ethik. Frankfurt, Bonn: Athenäum, 1969.
3. Stegbauer C. Reziprozität. Einführung in soziale Formen der Gegenseitigkeit. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 2002. 174 S.
4. Кропоткин П.П. Взаимопомощь как фактор эволюции. URL: <http://avtonom.org/index.php?nid=996> (дата обращения: 28.04.2017).
5. Homans G.C. Social Behavior as Exchange. American Journal of Sociology. Vol. 63. 1958. PP. 597–606.
6. Blau P. Exchange and Power in Social Life. N. Y.: Wiley, 1986. P. IX.
7. Реутов Е.В., Реутова М.Н., Шавырина И.В. Проблемы и перспективы общественного участия в регионе // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С.209–212.
8. Барсукова С.Ю. Нерыночные обмены между российскими домохозяйствами: теория и практика реципрокности. Препринт WP4/2004/02. М.: ГУ ВШЭ, 2004. 52 с.
9. Градосельская Г.В. Социальные сети: обмен частными Трансфертами // Социологический журнал. 1999. № 1/2. С. 156–163.
10. Штейнберг И. Психология неэквивалентных обменов в сетях социальной поддержки городских и сельских семей // Вестник общественного мнения. 2004. № 6 (74). С. 52–57.
11. Radaev V. Urban Households in the Informal Economy // Explaining Post-Soviet Patchworks / Ed. by K. Segbers. Vol. 2. Aldershot: Ashgate, 2001. P. 333–361.
12. Фадеева О. Межсемейная сеть: механизмы взаимоподдержки в российском селе // Неформальная экономика: Россия и мир / Ред. Т. Шанин. М.: Логос, 1999. С. 183–218.
13. Лылова О.В. Неформальная взаимопомощь в сельском сообществе // Социологические исследования. 2002. № 2. С. 83–88.
14. Тёррэн М. Социально-экономическое благополучие финских семей с маленькими детьми: экономическое измерение реципрокности // Журнал социологии и социальной антропологии. 2015. Т. XVIII. № 5 (82). С. 8–26.
15. Фукуяма Ф. Доверие: социальные добродетели и путь к процветанию: Пер. с англ. М.: ООО «Издательство АСТ»: ЗАО НПП «Ермак», 2004. 730 с.
16. Sahlins M. Zur Soziologie des primitiven Tauschs. Berliner Journal für Soziologie. 1999. Nu. 9. S. 149–178.
17. Безрукова О.Н. Ресурсы и сети поддержки ответственного родительства в молодых семьях. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2011.
18. О готовности помогать взрослым людям. Данные опроса ФОМ от 20 июля 2016 г. URL: <http://fom.ru/TSennosti/12759> (дата обращения: 28.04.2017).
19. Волков Д., Гончаров С. Потенциал гражданского участия в решении социальных проблем: Сводный аналитический отчет – 2014. URL: http://www.levada.ru/old/sites/default/files/potencia_l_grazhdanskogo_uchastiya_0.pdf (дата обращения: 16.14.2017).

Reutova M.N., Reutov E.V., Shavyrina I.V.

RECYCLE IN SOCIAL ATTITUDES: NONMARKET EXCHANGE OF RESOURCES IN THE MODERN ECONOMIC SYSTEM

The article analyzes the importance of reciprocity as a principle of constructing social relations in the modern economic system. The forms and types of reciprocity, mechanisms of reciprocity in the reproduction of mutual aid practices in local communities are considered. In the analysis of empirical data, it is established that the majority of Russian households are connected by exchange or mutual assistance with others. In the conditions of social and economic crisis these relations acquire special significance. Generalized and negative reciprocity is still quite widespread in Russian society, especially within the framework of relations between parents and children, as well as in friendly and partnership relations. At the same time, the spread of practices of self-organization and mutual assistance at the local level contributes to the formation of specific values and attitudes of mutual responsibility, which underlie a balanced or "pure" reciprocity.

Key words: reciprocity, mutual assistance, household, socio-economic relations, local community.

Реутова Марина Николаевна, кандидат социологических наук, доцент.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: reutova@bsu.edu.ru

Реутова Евгений Викторович, кандидат социологических наук, профессор
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: reutovevg@mail.ru

Шавырина Ирина Валерьевна, кандидат социологических наук, доцент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: shavyrina_77@mail.ru

*Бухонова С.М., д-р экон. наук, проф.,
Дорошенко Ю.А., д-р экон. наук, проф.,
Максимчук Е.В., канд. экон. наук, доц.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА КРИПТОВАЛЮТЫ БИТКОИН

sofiabuh@mail.ru

В статье рассмотрены перспективы и риски функционирования и оборота криптовалюты биткоин. Проанализированы возможности листинга биткоин-фондов ITF на биржах США. Рассмотрены последствия признания биткоин законным платежным средством в Японии, в том числе для расчетов в промышленности. Сделан вывод о том, что основными проблемами оборота биткоинов является повышенная волатильность при обмене на национальные валюты и невозможность соблюдения стандартов биржевой торговли.

Ключевые слова: биткоин, криптовалюта, биржевая торговля, листинг, регулирование.

Биткоин (англ – bitcoin) цифровая, или криптовалюта, которая существует только в виде компьютерного программного обеспечения. Компьютерная программа, «запустившая» биткоин, была создана в 2009 году неизвестным лицом, использовавшего псевдоним Сатоши Накамото (Satoshi Nakamoto). Виртуальная валюта не имеет ни одного эмитента и создается непосредственно в сети с помощью специального алгоритма. Таким образом, у биткоинов отсутствует национальный эмитент, которым для обычных валют являются национальные (центральные) банки. Активы центробанков являются обеспечением национальных валют и удерживают их от обесценения. В случае с биткоином применена принципиально другая схема: «активом» биткоина является добровольное согласие участников обмена принимать его как средство платежа. При этом, от обесценения биткоин удерживает особенность алгоритма, заложенная его создателями – количество теоретически эмитируемых биткоинов ограничено и эмиссия каждой последующей единицы этой криптовалюты более затруднена и требует большего ресурса работы компьютера, чем предыдущего.

В мае 2017 года общая капитализация мировых криптовалют достигла 80 млрд. долларов США. При такой капитализации есть основания утверждать, что криптовалюты начинают использоваться не только для расчетов между частными пользователями, но и промышленными предприятиями.

Приобрести биткоины можно непосредственно у частных лиц и компаний или с сайта международной биржи. Сделки с биткоинами осуществляются в электронной форме через веб-сайты. Основные отличия биткоин от криптовалют, эмитируемых зарегистрированными и официально признанными эмитентами, заключаются в следующем:

– сделки с биткоин совершаются без посредников, то есть банки и межбанковский обмен в них не задействованы;

– плата за транзакцию не взимается, и стороны сделки не нуждаются в идентификации, то есть, биткоины можно использовать для покупки товаров анонимно;

– международные платежи в биткоинах не привязаны к какой-либо стране и не подлежат регулированию, поэтому нет никаких сборов за транзакции;

– для расчетов биткоинами не нужны кредитные карты.

Виртуальная валюта биткоин рассматривается финансовыми организациями как тип нерегулируемых цифровых денег, которые выпускаются и контролируются разработчиками программного обеспечения и принимаются членами виртуального сообщества, имеющими «биткоин-кошельки». Биткоин является одной из виртуальных валютных схем с «двунаправленным потоком», которую пользователи могут покупать и продавать на основе обменного курса. Такие виртуальные валюты аналогичны другим конвертируемым валютам с точки зрения их использования в одном качестве – как средства платежа, так как позволяют не только совершать обменные операции, но и покупать реальные товары и услуги.

В настоящее время у пользователей возникла потребность в биткоинах не только как в средстве платежа, но и как средстве накопления. Это сложно сделать для цифровой валюты, существующей только при согласии пользователей на ее обмен. Одним из способов превратить биткоины в средство накопления является создание трастовых фондов, активы которых включают биткоины. Эти фонды, в свою очередь, могут эмитировать собственные ценные бумаги, проходящие листинг и обращающиеся на фондовых биржах.

Биткойны используются для платежей, совершаемых между частными лицами через Интернет. Система виртуальной валюты биткойн позволяет анонимно владеть и передавать суммы биткойнов в сети пользователями, имеющим адреса «биткойн». Адрес «биткойн» выполняет функцию своего рода виртуального банковского счета, позволяющего пользователям оплачивать биткойнами товары. Кроме того, несколько цифровых торговых площадок под названием «биткойн-обмены» позволяют пользователям покупать или продавать биткойны за различные мировые валюты, наиболее известной из таких площадок является Mt.Gox.

Каждая транзакция биткойнов записывается в общий журнал, существующий в облаке, при этом, идентификатором служат данные цифрового кошелька покупателя. Анонимность владельцев биткойнов и анонимность транзакций является основной причиной, по которой правительства большинства стран выступают противниками использования этой криптовалюты. Они справедливо опасаются, что анонимность биткойн используется преступными элементами для отмывания незаконно полученных доходов. Но эти опасения до настоящего времени не привели к ограничениям транзакций – в Европе и других развитых странах биткойн официально не запрещен, и ряд крупных розничных сетей, таких как Dell, Expedia и Overstock, позволяют клиентам оплачивать покупки с помощью биткойнов в своих магазинах.

Правительства развитых стран обеспокоены вопросами налогообложения [1] и отсутствием контроля над криптовалютой. Правительственные органы настаивают, что биткойн является товаром, и операции с ним должны облагаться налогом на добавленную стоимость. Однако, пользователям удалось доказать обратное. Так, решением Европейского суда по правам человека от 22 октября 2015 года, принятым по заявлению предпринимателя Дэвида Хедквиста против правительства Швеции, чиновники которого настаивали на уплате НДС предпринимателем по операциям с криптовалютой, установлено, что операции с биткойнами на территории Евросоюза НДС не облагаются. Суд решил, что сделки обмена биткойнов на национальные валюты и обратные сделки обмена национальных валют на биткойны являются финансовыми операциями, несмотря на то, что они не выполняются банками или другими финансовыми учреждениями. Суд пришел к выводу, что по своему экономическому смыслу операции обмена биткойнов являются услугами. Также, по мнению суда, виртуальная валюта «биткойн» является договорным средством платежа и не может рассмат-

риваться как текущий или депозитный счет, как платеж или перевод, и, в отличие от долговых обязательств, чеков и других оборотных финансовых инструментов, биткойн является прямым средством платежа между операторами, которые его принимают.

Инвесторы [2] в развитых странах покупают биткойны в качестве инвестиций, надеясь, что они подорожают. Пользователи в развивающихся странах применяют биткойн для совершения покупок на своих смартфонах и отправки денежных переводов, особенно в периоды финансовых неурядиц и кризисов. Однако, такое накопление несет определенные риски, так как биткойн официально признан только как средство платежа между принимающими его операторами и инвесторами, в связи с чем право собственности на биткойны не защищается государственными институтами. Также в национальных законодательствах в настоящее время отсутствуют правовые нормы, которые регулируют оборот криптовалют, хотя имеются прецедентные решения государственных комиссий и судебных инстанций.

Рыночный курс стоимости биткойнов в настоящее время составляет 1100–1300 долларов за единицу криптовалюты. Таким образом, стоимость биткойна приблизительно равна стоимости унции золота.

Ранее считалось, что биткойны защищены от взлома, однако летом 2016 года эта валюта подверглась взлому на гонконгской площадке Bitfinex. Кроме того, хранение электронного кошелька в компьютере пользователя без банковского счета создает дополнительные риски. Так, известен случай, когда в Великобритании жесткий диск, содержащий более 9 миллионов долларов биткойнов, был при починке компьютера просто выброшен в мусорную корзину.

Рассмотрим некоторые аспекты функционирования и оборота этой криптовалюты, представляющие интерес для анализа ее перспектив и развития.

Наибольшее значение для развития оборота биткойнов имеет их признание в качестве биржевых инструментов регуляторными органами развитых стран, прежде всего, США [3]. Для такого признания торгуемый актив должен отвечать ряду признаков - оборот актива должен иметь значимые рынки сбыта как базового товара, и эти рынки должны быть регулируемы по правилам торговли. Для биткойнов эти условия в настоящее время не выполняются и актив имеет ограниченное хождение – 50 % биткойнов находятся в собственности менее одной тысячи владельцев. Такая высокая концентрация собственников актива создает большие рыночные

риски ликвидности, большие блоки биткоинов трудно продать. Объем ежедневной торговли составляет лишь небольшую часть от общего объема имеющих хождение биткоинов. Отмечена также высокая волатильность цен биткоинов и отсутствие защиты потребителей, что приводит к возможности манипуляции ценами.

При этом интересно, что, несмотря на виртуальную природу биткоинов, не имеющих материального воплощения, их оборот приравнивается к обороту биржевого товара, и, по мнению комментаторов, должен осуществляться на товарной бирже и регулироваться биржевым законодательством (в США – Актом товарной биржи).

Отмечают, что рынок оборота биткоинов является независимым, существует внебиржевой рынок актива, который обеспечивает дополнительную ликвидность. Информация о сделках является общедоступной через программные интерфейсы. При этом, биткоины торгуются на нескольких мировых биржах, наибольшими по обороту и по объему собственности среди резидентов являются китайские биржи. Недостатком торговли биткоинами на этих биржах является отмеченная выше анонимность сделок, что может привести к возможности манипуляции ценой актива – на этих биржах могут появиться крупные заказы на покупку или продажу, и аффилированные трейдеры могут извлечь льготный доход.

В противовес этим оценкам сторонники биржевой торговли биткоинами утверждают, что глобальный рынок биткоинов является ликвидным и предоставляет возможность хеджирования. Вся внутрисуточная книга заказов и торговая информация по сделкам публичны и доступны через различные электронные форматы, данные о ценах доступны в режиме реального времени. Производные инструменты по биткоинам (деривативы) отсутствуют, но функционирует несколько фьючерсных рынков биткоинов, оказывающих влияние на спот-котировки.

В отличие от других биржевых товаров, основной рынок спот-торговли биткоинами в настоящее время находится за пределами Соединенных Штатов, где регулирование торговли практически отсутствует. Комиссией сделан вывод, что глобальные спотовые рынки торговли биткоинами не регулируются какими-либо национальными нормативными режимами.

Сторонники развития биткоин-обмена утверждают, что свойства биткоинов и основанного на них рынка биткоинов настолько отличаются от свойств других сырьевых товаров и товарных фьючерсных рынков, что они оправдывают существенные отклонения от стандар-

тов биржевой торговли, применяемых к иным биржевым рынкам. Однако обмен биткоинов осуществляется с применением биржевых механизмов, основным из которых является арбитраж.

Интересны данные об объемах глобального рынка торговли биткоинами. Так, среднесуточный глобальный объем мирового оборота составляет приблизительно 3,4 миллиона биткоинов (в среднем за полгода с сентября по февраль 2017 года). При этом, на американской бирже Gemini сосредоточено 0,07 % всей мировой торговли биткоинами и 5,16 % транзакций обмена биткоинов на доллары, что составляет около 1200 биткоинов в день. В корзине этой биржи находится чуть больше 1000 биткоинов резерва биржевого выкупа. Кроме того, на бирже Gemini 88,2 % сделок (аукционов) в течение рабочего дня составляли менее 2 000 биткоинов, то есть, не превышает объема двух корзин биржи. Исходя из этого, такие биржевые функции, как справедливые принципы торговли, регулирование, клиринг, расчеты, обработка информации по транзакциям, совершенствование механизмов свободного и открытого рынка при биржевой торговле биткоинами ставятся под сомнение. Не ясны также возможности высокочастотной торговли на бирже этим активом.

Несмотря на отмеченные выше недостатки использования биткоинов в качестве цифровой валюты и возможностей биржевой торговли биткоинами, находятся инвесторы, готовые не только торговать этим активом, но и создать фонды ITF, аккумулирующие значительные объемы активов биткоинов, и акции этих фондов, в свою очередь, могут быть выведены на биржу. Так, американские инвесторы братья Кэмерон и Тейлор Уинкелвосс создали такой фонд ITF и подали заявку на проведение листинга первого в истории американских бирж инвестиционного фонда биткоинов в Комиссию по ценным бумагам и биржам США – Securities and Exchange Commission (SEC), в функции которой входит допуск эмитентов к листингу на фондовых биржах.

SEC рассмотрела заявку фонда братьев Уинкелвосс и 10 марта 2017 года официально отклонила ее, не допустив созданный ими фонд Winklevoss Bitcoin Trust к листингу на бирже [4]. Как указала SEC, основным мотивом принятия решения об отказе явилось недостаточное количество регулятивных норм, введенных и применяемых на рынке торговли биткоинами, а также наличествующий в настоящее время высокий риск рыночных манипуляций при сделках с ними. Комиссия SEC рассматривала исключительно биткоины как базовый актив, но ее выводы,

по нашему мнению, относятся и к другим криптовалютам.

В выводах комиссии важными являются два момента. Первое – SEC не рассматривала и не вводила какие-либо ограничения на оборот биткоинов. На комиссии рассматривался только вопрос – является ли биткоин достаточно надежным активом, чтобы подавший заявку фонд братьев Уинкелвосс, вложивший свои средства в биткоины, был достаточно надежным, чтобы его акции могли получить листинг на бирже согласно действующим правилам биржевой торговли ценными бумагами. Таким образом, комиссия SEC принимала решение о допуске на биржу вторичной по отношению к биткоинам ценной бумаги.

И второе – комиссия не подвергала анализу и сомнению ценность биткоина, как фондового биржевого актива, а рассматривала риски владения биткоинами и их оборота, будут ли нуждаться трасты, владеющие биткоинами в страховке, и вопросы возможного конфликта интересов при создании таких трастов.

Комиссия отметила, что, по мнению большинства экспертов, цена биткоинов определяется исключительно в ходе спекулятивных операций без привязки к фундаментальным факторам. При этом, основные объемы торговли биткоинами осуществляются на биржах, расположенных за пределами Соединенных Штатов, и, в основном, эта торговля проходит на нескольких китайских биржах, которые, по мнению американских чиновников, недостаточно регулируются и контролируются. В связи с этим, возникает риск спекуляций на цене биткоинов по отношению к американской валюте. Этот риск усиливается таким фактором как закрытость биткоин-обмена – спекулятивные операции, имеющие целью повлиять на курс биткоинов, невозможно ни обнаружить, ни воспрепятствовать их реализации, и они могут быть очень выгодными.

Анализ волатильности биткоинов и соотношения их курсов на различных биржах показывает, что отмеченные риски действительно присутствуют. Так, курсы покупки Bitcoin к доллару 31 марта 2017 года на 10.00 по средне-европейскому времени на основных биржах составил:

- на американской бирже Poloniex 1046.76 BTC/USD (+0.27% к 30.03.17);
- на американской бирже Bitfinex 1044.00 BTC/USD (+0.17% к 30.03.17);
- на китайской бирже Huobi 955.14 BTC/USD (-5.71% к 30.03.17).

Таким образом, даже на двух американских биржах курсы биткоинов различались на 2,76 доллара, и такой диспаритет цен, безусловно,

дает основы для спекуляций. Особенно значительной была разница курсов на биржах США и бирже Китая – 90 долларов. Конечно, для актива, существующего в виде свободного компьютерного обмена, такая разница курсов прямо говорит о наличии спекулятивных операций, к тому же проводимых, скорее всего, несколькими крупными участниками рынка. Диспаритет цен создает у участников торговли ложное мнение о соотношении спроса и предложения, и, таким образом, для участников, занимающих доминирующее положение на рынке, возникает возможность открытия достаточно больших позиций с целью спекулятивного увеличения или уменьшения цены актива. Не удивительно, что комиссия SEC посчитала актив не защищенным от спекуляций. Кроме того, возникают сомнения в глобальности биткоин-обмена – при таких разницах курсов в Китае и США есть вероятность, что операции на них изолированы.

Далее были отмечены следующие особенности оборота биткоинов, отличающие его от оборота других активов. Биткоины торгуются только на спотовых площадках, рынки фьючерсов и опционов отсутствуют. Отмечены отдельные предложения форвардных контрактов от маркет-мейкеров – поставка биткоинов на следующий день. Отсутствие фьючерсной торговли, безусловно, повышает волатильность актива и снижает защиту инвесторов, тем более, что биткоины никак не связаны с другими активами или валютами. Также не разработан и практически не применяется механизм хеджирования рисков операций обмена биткоинов. Отдельные участники сделок по возможности используют элементы хеджирования, в частности, встречные сделки с национальными валютами, но комиссия SEC выразила сомнение в том, что эти операции являются страховкой от рисков.

Вместе с тем отмечены и положительные для оборота биткоинов моменты, такие, как наличие достаточно развитой внебиржевой торговли, а также невозможность высокочастотной торговли, которая является причиной зафиксированных в последнее время многочисленных сбоев в фондовой торговле на американских биржах. Программное обеспечение биткоин-обмена делает высокочастотную торговлю невозможной. Также отмечалось, что создание трастовых фондов с активами в биткоинах и вывод на биржи эмитированных ими ценных бумаг само по себе повысит прозрачность биткоин-обмена и снизит возможность спекуляций, однако приведенные риски и отрицательные факторы создания таких фондов возобладали и оказали основное влияние на решение SEC.

По правилам SEC, комиссия отдельно рассматривает возможность осуществления манипуляций ценой актива и возможность проверки манипуляций. Среди методов проверки основным является аудит. При изучении возможности манипулирования ценами активов трастовые фонды, «цифровые» активы которых выражены в биткоинах, рассматривались по аналогии с фондами, активы которых размещены в драгоценных металлах. Однако, если возможность аудита последних сомнений не вызывает, то аудит фонда с активами в криптовалюте вызывает у специалистов большие сомнения. По сути, проверке подлежит интерфейс компьютерной программы, то есть, происхождение проверяемых данных от аудита скрыто.

Также важным элементом защиты от манипуляций является свободный и прозрачный обмен информацией о торговле и сделках между участниками рынков как торговли активом, так и торговли ценными бумагами траста. Оборот биткоинов практически лишен прозрачности – операции обмена анонимны. И, хотя оборот ценными бумагами траста будет прозрачным, анонимная торговля основным активом не позволяет биржевым институтам осуществлять эффективный контроль торговли.

Площадки американских бирж по торговле биткоинами, в отличие от площадок торговли национальными валютами, не подключены к торговой системы Intermarket (ITS) – компьютерной системе, соединяющей американские валютные рынки. ITS, которая управляется корпорацией по автоматизации индустрии ценных бумаг (SIAC), является действенным инструментом пресечения валютных манипуляций, и невхождение площадок торговли биткоинами в состав Intermarket также снижает надежность.

Аналитики ФИНАМ отмечают [5], что на новости об отклонении SEC заявки на торгах в Нью-Йорке стоимость единицы криптовалюты снизилась на \$250, однако быстро восстановила часть потерь и далее торговалась с понижением лишь на 6,3 % на уровне в \$1116. Отсюда можно сделать вывод, что многие инвесторы предполагали положительное решение SEC.

Несмотря на это, в настоящее время еще двумя американскими компаниями поданы заявки в SEC на листинг биткоин-фондов ETF. Это The New York Stock Exchange, которая подала заявку на получение разрешения на листинг Grayscale Bitcoin Trust на принадлежащей ей же ETF-бирже NYSE Arca, и биржа NYSE Arca, которая подала заявку на листинг фонда SolidX Bitcoin Trust. Однако комментаторы отмечают, что после решения SEC по Winklevoss Bitcoin Trust, вероятнее всего, заявки The New York

Stock Exchange и NYSE Arca также будут отклонены.

Отклоняя заявку Winklevoss Bitcoin Trust, комиссия SEC отметила, что биткоин как товарный актив, еще находится на относительно ранней стадии своего развития. И SEC не исключает, что со временем могут появиться рынки по торговле биткоинами значительного размера, торговля этим активом станет прозрачной, наблюдаемой и регулируемой, будут исключены риски манипуляций и обеспечена защита потребителей, что позволит SEC вновь рассмотреть вопрос о листинге биткоин-фондов.

В отличие от американской комиссии SEC, японское правительство не посчитало риски оборота биткоинов неприемлемыми, и с 1 апреля 2017 года официально разрешило использование биткоинов как законного платежного средства [6]. Согласно принятым поправкам в закон о банковской деятельности Японии за цифровыми валютами признается «свойство стоимости», что означает, что они могут использоваться для оплаты и могут быть куплены или проданы. При этом, в указанном законе проводится различие между цифровыми валютами, такими, как биткоин, и электронными деньгами: цифровые валюты не эмитируются какой-либо конкретной организацией и могут использоваться любым принимающим лицом, в то время, как электронные деньги привязаны к конкретному эмитенту и могут использоваться только этим эмитентом или лицами, указанными эмитентом.

Официальное признание биткоин и других цифровых валют японским правительством повлекло правовые и налоговые последствия. Прибыль от торговли этими валютами стала рассматриваться как доход от предпринимательской деятельности и облагается различными налогами, включая налог на прирост капитала. Вместе с тем, покупка и продажа цифровых валют больше не будет облагаться 8 %-ным налогом на потребление.

Для обеспечения безопасности обмена новый законопроект требует информационной открытости клиентов биткоин-бирж. Клиенты этих бирж теперь должны давать информацию об их профессии, торговых намерениях, представлять идентификационные документы, подтверждающие личность и свои адреса. Нормативные требования к самим валютным биржам включают минимальные объемы ликвидного капитала и проверки безопасности IT-систем. Признание криптовалюты как законного платежного средства также обозначает применимость правил, регулирующих деятельность банков и финансовых учреждений Японии, к платформам обмена криптовалютами. Биржи обмена биткоинов те-

перь обязаны строго соблюдать требования борьбы с отмыванием денег (AML) и Know Your Customer (KYC), проходить ежегодные проверки аудиторов и специалистов по кибербезопасности для обеспечения защиты потребителей.

При этом, несмотря на официальное признание, использование криптовалют юридическими лицами в Японии пока невозможно. Как сообщал Nikkei [7], Совет по стандартам бухгалтерского учета Японии предполагает разработать систему учета для цифровых валют, соответствующую Международными стандартами финансовой отчетности, в течение шести месяцев.

Ожидается, что после разработки учетной базы для использования цифровых валют оборот криптовалюты биткоин в Японии будет более 9 млрд. долларов США в год в течение каждого из последующих трех лет до 2020 года. С учетом того, что в 2015 году оборот биткоинов в Японии составил 1,7 млрд. долларов США, эксперты ожидают увеличения годового оборота в пять раз.

В нашей стране, по сообщению пресслужбы Министерства финансов, Центральный банк России совместно с правительством разрабатывает совместную позицию по цифровым валютам. В интервью агентству Блумберг заместитель министра финансов Алексей Моисеев сказал, «если есть сделка, то люди, которые ее поддерживают, должны понимать, у кого они покупают и кому они продают, как с банковскими операциями» [8]. Таким образом, по мнению официальных лиц, анонимность операций, изначально заложенная в программное обеспечение биткоинов, будет препятствовать признанию этой криптовалюты в нашей стране. В соответствии с этим, согласно концепции Минфина РФ, озвученной А. Моисеевым, ведомство намерено регулировать оборот биткоинов так же, как регулируется оборот деривативов, для чего внести соответствующие изменения в закон «О рынке ценных бумаг». Таким образом, у нас будет узаконен оборот биткоинов как ценных бумаг, а не как криптовалюты, что отличается от его признания в других странах как вида нерегулируемых цифровых денег.

Подытоживая изложенный выше материал, можно сделать вывод, что в настоящее время биткоин, как наиболее распространенная из криптовалют, проходит очередную стадию развития. Эта стадия характеризуется двумя черта-

ми – волатильностью актива и поиском регулятивных норм, которые позволили бы приравнять торговлю биткоин к биржевой и, таким образом, снизить волатильность и обеспечить нормы торговли и защиту инвесторов. При этом, практически ни у кого из экспертов, включая членов Комиссии по ценным бумагам и биржам США, а также регулирующих органов других государств, не имеется сомнений в перспективах развития торговли указанной криптовалютой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бухонова С.М., Чернявская Е.Ю. Некоторые аспекты развития электронной торговли // Международный научно-теоретический журнал: Социально-гуманитарные знания. 2013. №8. С. 152–160.
2. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Сомина И.В. Теоретические аспекты инвестиционной привлекательности экономических систем // Белгородский экономический вестник. 2014. №2 (74). С. 3–7.
3. [http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?docid=170305&doclang=ENJUDGMENT OF THE COURT \(Fifth Chamber\) 22 October 2015](http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?docid=170305&doclang=ENJUDGMENT%20OF%20THE%20COURT%20(Fifth%20Chamber)%2022%20October%202015)
4. <https://www.forbes.com/sites/laurashin/2017/03/10/sec-rejects-winklevoss-bitcoin-etf-sending-price-tumbling/#63310c35643c> Laura Shin «SEC Rejects Winklevoss Bitcoin ETF, Sending Price Tumbling» Personal Finance, March 10, 2017
5. [http://www.finam.ru/international/newsitem/komissiya-po-cennym-bumagam-i-birzham-ssha-otklonila-zayavku-bratev-uinkelvossov-na-provedenie-listinga-ix-etf-bitko-20170313-13260/SEC отклонила заявку братьев Уинкелвоссов на проведение листинга их биржевого инвестиционного фонда биткоинов 13.03.2017](http://www.finam.ru/international/newsitem/komissiya-po-cennym-bumagam-i-birzham-ssha-otklonila-zayavku-bratev-uinkelvossov-na-provedenie-listinga-ix-etf-bitko-20170313-13260/SEC%20otklonila%20zayavku%20brat'ev%20Uinkelvossov%20na%20provedenie%20listinga%20ix%20etf%20bitko-20170313-13260/)
6. [http://www.investopedia.com/news/japan-finally-recognizes-bitcoin-after-long-battle/Nathan Reiff «Japan Finally Recognizes Bitcoin After Long Battle» Investopedia, April 3, 2017](http://www.investopedia.com/news/japan-finally-recognizes-bitcoin-after-long-battle/Nathan%20Reiff%20Japan%20Finally%20Recognizes%20Bitcoin%20After%20Long%20Battle/)
7. [http://infocoin.net/en/2017/03/29/bitcoin-is-officially-recognized-in-japan-this-april/Daini Gas, «Bitcoin is Officially Recognized in Japan This April» Infocoin, March 29, 2017](http://infocoin.net/en/2017/03/29/bitcoin-is-officially-recognized-in-japan-this-april/Daini%20Gas%20Bitcoin%20is%20Officially%20Recognized%20in%20Japan%20This%20April/)
8. <https://ria.ru/economy/20170413/1492202717.html> «Минфин летом подготовит концепцию о биткоине как финансовом инструменте», Москва, 13 апреля, РИА Новости

Buhonova S.M., Doroshenko Y.A., Maksimchuk E.V.

SOME ASPECTS OF THE BITCOIN MARKET DEVELOPMENT

The article discusses the prospects and risks for the functioning and turnover of the cryptocurrency bitcoin. The article analyzes the prospects for listing bitcoin-funds ITF on the US exchanges. The article considers

the consequences of the recognition of bitcoin as legal tender in Japan. The conclusion is drawn that the main problems of bitcoin turnover are increased volatility in the exchange for national currencies and inability to meet the standards of trading.

Key words: *bitcoin, cryptocurrency, trading, listing, regulation.*

Бухонова София Мирославовна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой финансового менеджмента.

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

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

E-mail: sofiabuh@mail.ru

Дорошенко Юрий Анатольевич, доктор экономических наук, профессор, директор института экономики и менеджмента, заведующий кафедрой стратегического управления.

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

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

E-mail: 549709@mail.ru

Максимчук Елена Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансового менеджмента.

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

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

E-mail: jane_mx@mail.ru

*Затолокина Н.М., канд. геог. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**Харченко Т.В., магистрант**Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина*

КОМПЛЕКСНЫЕ КАДАСТРОВЫЕ РАБОТЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА

nm_zatolokina@yandex.ru

В статье раскрывается понятие комплексных кадастровых работ как инструмента по упорядочению границ объектов недвижимости. Рассматриваются пилотные проекты по проведению комплексных кадастровых работ и ожидаемые результаты. Комплексные кадастровые работы – принципиально новая технология кадастровой деятельности, которая ранее не применялась в России в целом. Они отличаются масштабным характером, так как затрагивают комплекс территорий, а не ограничены проведением учета отдельно взятого земельного участка.

Ключевые слова: комплексные кадастровые работы, объект недвижимости, граница, кадастровая деятельность, земельный участок.

Введение. В настоящее время около 30 млн. земельных участков (это почти половина участков, сведения о которых имеются в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) не имеют точного описания границ. Их суммарная площадь превышает 60 % земельного фонда страны. Еще хуже ситуация с объектами капитального строительства (порядка 70 млн. объектов): сведения о них были включены в Единый государственный реестр недвижимости на основе данных прежнего технического учета (его вели бюро технической инвентаризации), но при этом их местоположение не было привязано к земле посредством координат. Это создает определенные сложности и для правообладателей соответствующих объектов, и для государства. Таким образом, имеется общая заинтересованность в упорядочении границ. Осуществлять такое упорядочение целесообразно комплексно, охватывая как максимальное число таких земельных участков (с неурегулированными границами) в пределах квартала, так и иные объекты недвижимости [1].

Методология. При написании статьи использовались различные методы исследования: аналитический метод, метод системного анализа научной литературы и нормативных документов по заявленной теме исследования, метод обобщения, сравнительный метод, балансовый метод.

Основная часть. Федеральным законом от 22.12.2014 года № 447-ФЗ в федеральные законы «О кадастровой деятельности» и «О государственном кадастре недвижимости» была введена глава «4.1. Комплексные кадастровые работы» (ККР). Согласно ст. 42.1 под комплексными кадастровыми работами в целях настоящего Федерального закона понимаются кадастровые ра-

боты, которые выполняются одновременно в отношении всех расположенных на территории одного кадастрового квартала или территориях нескольких смежных кадастровых кварталов:

1) земельных участков, сведения Единого государственного реестра недвижимости о которых не соответствуют установленным на основании Федерального закона от 13 июля 2015 года № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» требованиям к описанию местоположения границ земельных участков;

2) земельных участков, занятых зданиями или сооружениями, площадями, улицами, проездами, набережными, скверами, бульварами, водными объектами, пляжами и другими объектами общего пользования, образование которых предусмотрено утвержденным в установленном законодательством о градостроительной деятельности порядке проектом межевания территории;

3) зданий, сооружений, а также объектов незавершенного строительства, права на которые зарегистрированы в установленном Федеральным законом от 13 июля 2015 года № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» порядке.

Выполнение ККР отнесено законодательством к ведению субъектов РФ и органов местной власти. В рамках своих полномочий органы местного самоуправления и органы исполнительной власти субъектов РФ формируют перечень работ для проведения массового кадастрового учета и оформляют техническое задание с описанием конкретных характеристик кадастровых кварталов, подлежащих комплексным кадастровым работам [2].

Поскольку проведение ККР было регламентировано относительно недавно, работы по их

проведению сейчас находятся на начальном этапе. Так, в декабре 2016 года Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр), подведомственная Минэкономразвития России, начала согласование с субъектами РФ соглашений о предоставлении субсидий на проведение ККР. Механизм предоставления Росреестром субсидий на проведение ККР заложен в федеральной целевой программе по развитию учетно-регистрационной системы [3]. В 2017 году субсидии на выполнение комплексных кадастровых работ предоставили трем пилотным регионам – Республике Тыва, Астраханской и Белгородской областям [4].

На основании вышесказанного Правительством Белгородской области было принято распоряжение от 19 декабря 2016 года № 613 «Об организации проведения комплексных кадастровых работ на территории Белгородской области», в рамках которого Департаментом имущественных и земельных отношений был разработан проект: «Выполнение комплексных кадастровых работ на территории населенных пунктов Белгородской области (в пилотных муниципальных образованиях)» [5]. Одним из таких пилотных муниципальных образований стал Белгородский район.

Главой администрации Белгородского района был утвержден план мероприятий (дорож-

ная карта) от 30 ноября 2016 года, который включает в себя следующие этапы (по май включительно):

- отбор садоводческих некоммерческих товариществ для проведения комплексных кадастровых работ;
- проведение конкурсных процедур в соответствии с законодательством о контрактной системе в сфере закупок, товаров, работ, услуг;
- заключение муниципального контракта на проведение комплексных кадастровых работ;
- направления извещения о начале выполнения комплексных кадастровых работ в администрацию поселения, на территории которого выполняются комплексные кадастровые работы для размещения на официальном сайте поселения в информационно телекоммуникационной сети «Интернет»
- формирование согласительной комиссии в соответствии со ст.42.10 Федерального закона от 24.07.2007 года № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» [6].

Распоряжением администрации Белгородского района от 3 февраля 2017 года № 109 «О проведении комплексных кадастровых работ на территории Белгородского района» определен перечень кадастровых кварталов, в отношении которых будут проводиться ККР (табл. 1) [7].

Таблица 1

Перечень кадастровых кварталов, в отношении которых планируется проведение комплексных кадастровых работ в 2017 году

№ п/п	Номер кадастрового квартала	Площадь кадастрового квартала, га	Местоположение кадастрового квартала	Поселение, в границах которого расположен кадастровый квартал
1	31:15:1204009	7	Мкр. «Тополек»	в границах Дубовского с/п, п. Дубовое
	31:15:1204008	6,6		
	31:15:1204007	7,5		
	31:15:1204006	8		
	31:15:1204005	9,3		
	31:15:1204001	5,1		
	31:15:1204002	4,9		
	31:15:1204003	4,9		
2	31:15:1204004	8,2	СНТ «Ягодка»	в границах Беломестненского с/п
	31:15:0311005	4,5		
3	31:15:0311005	5,33	СНТ «Белогорье»	в границах Беломестненского с/п
4	31:15:0312029	2,79	СТ «Урожай»	в границах Бессоновского с/п
5	31615:1502001	79,1	СНТ «Феддеровское»	в границах Майского с/п
	31:15:1311001	16,15		в границах Головинского с/п
	31:15:1901001	6,7		
	Итого:	176,07		

ККР – это прежде всего устранение некорректных сведений об объектах недвижимости, содержащихся в ЕГРН. Негативные последствия отсутствия и недостоверности сведений могут выражаться в: снижении качества и эффективности управления земельными ресурсами; низких гарантиях права собственности граждан и юридических лиц; снижении инвестиционной привлекательности территорий и объектов жилищного и иного строительства; выпадающих доходов бюджетов по налогам на недвижимость. Именно поэтому главной целью пилотного проекта является обеспечение гарантии защиты прав граждан, юридических лиц, публично-правовых образований на принадлежащие им земельные участки и объекты недвижимости на основе государственного учета полных и достоверных сведений о местоположении (координатах) границ таких объектов в кадастровых кварталах, на территории которых выполнены комплексные кадастровые работы [8].

Комплексные кадастровые работы включают одновременно мероприятия для земельного участка и объекта недвижимого имущества. Поэтому в порядок процедур по совершению комплексных кадастровых работ входит инвентаризация земель и инвентаризация объектов недвижимого имущества, расположенного на обследуемом участке. Для формирования массива кадастровой информации, необходимой для проведения комплексных кадастровых работ, используют сведения, полученные при проведении инвентаризации объектов недвижимости [9].

Инвентаризация земель представляет один из видов земельно-кадастровых работ, в результате выполнения которых должны быть получены достоверные сведения об использовании земель и земельной собственности.

Согласно данным инвентаризации, проведенной администрацией Белгородского района: общее количество земельных участков, расположенных в вышеуказанных кварталах по КПП – 1574, количество земельных участков, расположенных в кадастровых кварталах, без наличия границ по КПП – 1049, общее количество земельных участков, расположенных в данном СТ по проекту – 1083. Отсюда видно, что 30 % земельных участков не имеют установленных границ, и существующие на местности земельные участки не совпадают прогнозируемыми в проекте. Это несоответствие еще раз доказывает необходимость проведения ККР [10].

Результатом комплексных кадастровых работ будет карта-план территории, содержащей сведения о земельных участках, зданиях, сооружениях, об объектах незавершенного строительства, расположенных в границах территории

выполнения комплексных кадастровых работ. На сегодняшний день на сайтах муниципальных образований, в которых будет проводиться ККР, опубликованы извещения и идет сбор информации кадастровыми инженерами об исследуемых объектах.

Согласно Дорожной карте к декабрю 2017 года должно быть произведено внесение сведений о земельных участках и местоположении на них зданий, сооружений, объектов незавершенного строительства, по форме? установленной органом нормативно-правового регулирования в сфере кадастровых отношений, и карты-плана территории, представленных исполнителем комплексных кадастровых работ в орган кадастрового учета.

Заключение. Комплексные кадастровые работы – это новая ветвь кадастровой деятельности, которая направлена на актуализацию фактических данных, характеризующих земельные участки и прочно связанные с ними объекты как индивидуально-определенные вещи. Проведя обзор основных нормативно-правовых актов и исследование в данном направлении на конкретном муниципальном образовании, трудно оценить действенность и эффект от проведения ККР, поскольку законодательством они регламентированы всего лишь несколько лет и находятся на стадии пилотных проектов. Но можно определить ожидаемый результат, который заключается во внесении в ЕГРН точных сведений о местоположении границ земельных участков, местоположении границ зданий, сооружений, объектов незавершенного строительства на земельных участках, наличие которых позволит осуществлять Российской Федерации, субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям качественное управление и распоряжение объектами недвижимости, приведет к повышению уровня юридической защиты прав и законных интересов правообладателей земельных участков, устранению кадастровых ошибок, допущенных при определении местоположения границ земельных участков, снижению количества земельных споров, а также увеличению поступлений в консолидированный бюджет, получаемых от сбора земельного налога, налога на имущество физических лиц и налога на имущество организаций [11]. Так, например, на территории Белгородского района планируется внести в ЕГРН достоверных сведений о местоположении границ в отношении не менее чем 1500 земельных участков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Липски С.А. Комплексные кадастровые работы как необходимый шаг по упорядочению

отношений в сфере недвижимости [Электронный ресурс]. URL: <http://xn---7sbaj7auwnffhk.xn--p1ai/article/15677> (дата обращения: 30.05.2017).

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 10 октября 2013 г. N 903 "О Федеральной целевой программе «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014 - 2019 годы)» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 29.05.2017).

3. Федеральный закон от 24 июля 2007 г. N 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (с послед. доп. и изм.) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 29.05.2017).

4. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.ru/site/press/news> (дата обращения 30.05.2017).

5. Распоряжение Правительства Белгородской области от 19 декабря 2016 года № 613 «Об организации проведения комплексных кадастровых работ на территории Белгородской области» [Электронный ресурс]. URL: <http://belrn.ru/category/docs/> (дата обращения 30.05.2017).

6. ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ (ДОРОЖНАЯ КАРТА) по выполнению комплексных кадастровых работ на территории Белгородского района в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014-2019 годы)» [Электронный

ресурс]. URL: <http://belrn.ru/category/docs/> (дата обращения 30.05.2017).

7. Распоряжение администрации Белгородского района от 3 февраля 2017 года № 109 «О проведении комплексных кадастровых работ на территории Белгородского района» [Электронный ресурс]. URL: <http://belrn.ru/category/docs/> (дата обращения 29.05.2017).

8. План управления проектом «Выполнение комплексных кадастровых работ на территории населенных пунктов Белгородской области (в пилотных муниципальных образованиях)» от 9 января 2017 года [Электронный ресурс]. URL: <https://belregion.ru/documents/> (дата обращения 31.05.2017).

9. Насонова В.В. Информационные ресурсы для обеспечения инвентаризации объектов недвижимости // Молодежный научный форум: Общественные и экономические науки. Электронный сборник статей по материалам XXXIX студенческой международной заочной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». 2016. С. 269–273.

10. Информация о результатах инвентаризации кадастровых кварталов, в отношении которых запланировано проведение комплексных кадастровых работ на территории Белгородского района [Электронный ресурс]. URL: <http://belrn.ru/category/docs/> (дата обращения 30.05.2017).

11. Субсидии на выполнение комплексных кадастровых работ // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/subsidii-na-vypolnenie-kompleksnykh-kadastrovykh-rabot/> (дата обращения 30.05.2017).

Zatolokina N.M., Kharchenko T.V.

COMPLEX CADASTRE WORKS ON THE TERRITORY OF THE BELGOROD DISTRICT

The article reveals the notion of a complex of cadastral works as a tool to streamline the boundaries of objects of real estate. Discusses a pilot project to conduct a comprehensive cadastral works and expected results. A comprehensive cadastral works – radically new technology for cadastral activities that have not previously been used in Russia as a whole. They differ in the scale of nature as they cover complex areas, and not limited to account separately taken of the land.

Key words: *comprehensive cadastral works, property, boundary, cadastral activity, land parcel.*

Затолокина Наталья Михайловна, кандидат географических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: nm_zatolokina@yandex.ru

Харченко Татьяна Владимировна, магистрант, кафедры землеустройства, ландшафтной архитектуры и плодородства.

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина.

Адрес: 308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 1.

E-mail: tane4ka241094@ya.ru

Научное издание

**«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 7, 2017 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка А.В. Федоренко
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 10.05.17. Подписано в печать 22.06.17. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 25,34. Уч.-изд. л. 27,25.

Тираж 1000 экз. Заказ 95. 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

