

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РФ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ВУЗОВ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

СТРОИТЕЛЬСТВО

Научно-теоретический журнал
Издается с марта 1958 г.
Выходит один раз в месяц

№ 12 (696)
Декабрь 2016 г.

Главный редактор В.Г. Себешев,
почет. чл. РААСН, канд. техн. наук, проф.

Редакционная коллегия:

А.А. Афанасьев, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.
В.А. Воробьев, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.
В.А. Игнатьев, д-р техн. наук, проф.
В.И. Костин, д-р техн. наук, проф. (зам. гл. редактора)
Г.Б. Лебедев, канд. техн. наук, доц. (зам. гл. редактора)
Л.С. Ляхович, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.
В.И. Морозов, д-р техн. наук, проф.
Ю.П. Панибратов, акад. РААСН, д-р экон. наук, проф.
Ю.П. Правдивец, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Себешев, почет. чл. РААСН, канд. техн. наук, проф.
Ю.А. Феофанов, д-р техн. наук, проф.
Е.М. Чернышов, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь Н.В. Биткина

Адрес редакции:

630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113
Тел./факс +7 (383) 266 28 59
www.sibstrin.ru E-mail: izvuz_str@sibstrin.ru

Свидетельство о регистрации № 993 от 28.11.90 г.

Подписано в печать 26.12.16. Формат 70×108 1/16
Усл. печ. л. 10,15+0,35. Тираж 350 экз. Заказ 2999

ООО «Партнеры Сибири»,
630009, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 16

© Издатель НГАСУ (Сибстрин), 2016

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Пичугин А.П., Денисов А.С., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г. Роль микроподразмеривания в обеспечении эксплуатационных характеристик крупнопористого легкого бетона 5
Рудяк В.Я., Ильина Л.В., Хакимуллина С.А. Влияние на прочность мелкозернистого бетона добавок микрокремнезема и диопсида различной дисперсности 16
Шахов С.А., Николаев Н.Ю., Рудая Т.Л. Влияние высокодисперсного волластонита на формуемость керамических масс из пылеватых суглинков 25
Котов С.В., Смирнов Б.Ю., Погуляйко В.А., Зиновьева Л.В., Фалина О.С. Влияние составов серобитумных вяжущих на их физико-химические и реологические свойства 37
Панова В.Ф., Панов С.А. Исследование и применение железорудных отходов обогащения в стройиндустрии 45

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
Герасимов В.В., Сафарян Г.Б., Светышев Н.В., Иванов С.В. Стохастическое планирование строительного комплекса жилых объектов	55
САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА	
Пушкарева Г.И. Очистка сточных вод от ксантоменантов	64
СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ	
Малышева Ю.Э., Абраменков Д.Э., Дедов А.С., Малышев М.С., Абраменков Э.А. Классификационные признаки-элементы ударника-поршня пневматических ударных механизмов	71
НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ И ЭКОЛОГИИ	
Ануфриева Н.А. Принципы организации архитектурного пространства транспортных узлов в приграничной зоне РФ	82
Акимова М.И. Влияние природного ландшафта на формирование исторических центров городов Западной Сибири	92
НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
Дашжамц Д., Себелев И.М., Титов М.М., Карасев Н.П., Дугурсурэн Э. Зимнее бетонирование – надежный путь повышения эффективности строительной отрасли Монголии	102
Памяти Льва Васильевича Енджиевского, выдающегося ученого и талантливого педагога	106
УКАЗАТЕЛЬ статей, опубликованных в 2016 г. (№ 1–12)	108

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF RUSSIAN FEDERATION

INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF CONSTRUCTION
HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

NEWS OF HIGHER EDUCATIONAL
INSTITUTIONS

CONSTRUCTION

Scientific-theoretical journal
Published since March 1958
Monthly

No. 12 (696)
December 2016

Editor-in-Chief V.G. Sebeshev,
PhD, Prof., Honour. Mem. RAACS

Editorial Board:

A.A. Afanasyev, DSc (Eng), Prof., Corr. Mem. RAACS
V.A. Vorobyov, DSc (Eng), Prof., Corr. Mem. RAACS
V.A. Ignatyev, DSc (Eng), Prof.
V.I. Kostin, DSc (Eng), Prof. (Deputy Editor-in-Chief)
G.B. Lebedev, PhD, Ass. Prof. (Deputy Editor- in-Chief)
L.S. Lyakhovich, DSc (Eng), Prof., Acad. RAACS
V.I. Morozov, DSc (Eng), Prof.
Yu.P. Panibratov, DSc (Econ), Prof., Acad. RAACS
Yu.P. Pravdivets, DSc (Eng), Prof.
V.G. Sebeshev, PhD, Prof., Honour. Mem. RAACS
Yu.A. Feofanov, DSc (Eng), Prof.
Ye.M. Chernyshov, DSc (Eng), Prof., Acad. RAACS

Responsible secretary N.V. Bitkina

The editorial office's address:

113 Leningradskaya St. Novosibirsk 630008
Phone number/fax +7 (383) 266 28 59
www.sibstrin.ru E-mail: izvuz_str@sibstrin.ru

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS

Pichugin A.P., Denisov A.S., Khritankov V.F., Pimenov E.G. The micro-role in ensuring performance macroporous lightweight concrete 5

Rudyak V.Ya., Il'ina L.V., Khakimullina S.A. Dependence of the fine-grained concrete strength on dispersity of silica fume and diopside additions 16

Shakhov S.A., Nikolaev N.Yu., Rudaya T.L. Influence of the disperse wollastonite at formability of the loam molding compounds 25

Kotov S.V., Smirnov B.Yu., Pogulyayko V.A., Zinov'eva L.V., Falina O.S. Influence of composition sulfur asphalt binders on their physico-chemical and rheological properties 37

Panova V.F., Panov S.A. The study and use of iron ore tailings the construction industry 45

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION. AUTOMATION AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY

Gerasimov V.V., Safaryan G.B., Svetyshev N.V.,

Ivanov S.V. Stochastic planning construction of the complex residential properties	55
SANITARY ENGINEERING	
Pushkareva G.I. Xanthogenates removal from waste waters	64
BUILDING AND ROAD MACHINES	
Malysheva Yu.E., Abramenkov D.E., Dedov A.S., Malyshev M.S., Abramenkov E.A. Classification features elements drummer-piston pneumatic hammer mechanism	71
SCIENTIFIC PROBLEMS OF ARCHITECTURE AND ECOLOGY	
Anufrieva N.A. The principles of the organization of architectural space of transport knot in the frontier zone Russian Federation	82
Akimova M.I. The influence of natural landscape on the organization of historic centers of Western Siberia cities	92
SCIENTIFIC INFORMATION	
Dashzhamts D., Sebelev I.M., Titov M.M., Karasev N.P., Dugursuren E. Winter concreting – the reliable way of increase of efficiency of construction branch of Mongolia	102
<hr/>	
Lev Vasil'evich Endzhiyevsky's memory, outstanding scientist and talented teacher	106
LIST of articles in 2016 (No. 1–12)	108

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ



УДК 691.327:666.973

А.П. ПИЧУГИН, А.С. ДЕНИСОВ, В.Ф. ХРИТАНКОВ, Е.Г. ПИМЕНОВ

РОЛЬ МИКРОАРМИРОВАНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРУПНОПОРИСТОГО ЛЕГКОГО БЕТОНА

Стеновые материалы не всегда удовлетворяют теплотехническим и акустическим требованиям, что требует дополнительных технических решений. Эффективным комплексным техническим решением может стать широкое внедрение крупнопористого легкого бетона, особенно при внедрении новой оригинальной технологии производства стеновых материалов с направленно регулируемой пористой структурой, создающей повышенные параметры тепловой защиты и звукопоглощающей способности. Узким местом является минеральная связка, которая может быть упрочнена путем дисперсного армирования. Результатом данной работы явились полученные положительные эффекты в виде повышения прочности при изгибе и увеличении шумопоглощающих характеристик легкого бетона для стеновых ограждений.

Ключевые слова: крупнопористый легкий бетон, регулируемая пористая структура, пористый заполнитель, звукопоглощающая способность, дисперсное армирование.

Актуальной проблемой строительно-технологического комплекса Сибири является снижение материоемкости строительства, внедрение эффективных пористых материалов и изделий для ограждающих конструкций, улучшение теплотехнических и эксплуатационных параметров зданий и сооружений с целью экономии энергоресурсов. Современное индивидуальное и коттеджное строительство в большинстве своем базируется на максимальном применении местных строительных материалов, что экономически целесообразно и представляет наиболее рациональное направление развития собственной базы. Однако данные стеновые материалы не всегда удовлетворяют теплотехническим и акустическим требованиям, необходимы дополнительные технические решения по данному вопросу вследствие суровых климатических условий Сибирского региона и интенсивного износа стеновых материалов в период эксплуатации [1–4].

Устройство навесных фасадных систем, включающих в себя теплоизоляционную и защитную функции, технологически отработано, но требует

дополнительных существенных затрат на теплоизоляционную защиту и конструктивные элементы. Кроме того, требуется проведение отдельных исследований и выработки рекомендаций с целью обеспечения надежной работы всех систем на весь расчетный период эксплуатации зданий [4, 5].

Каменная кладка стен с теплоизоляционными вставками из пенопласта и других высокоэффективных теплоизоляционных материалов вследствие интенсивного конденсатообразования на границе контакта материалов с резко отличающимися коэффициентами теплопроводности не всегда решает задачи по теплофизическим и акустическим показателям.

Достаточно эффективным комплексным техническим решением может стать широкое внедрение крупнопористого легкого бетона, позволяющего решать совместно задачи тепловой и шумопоглощающей защиты зданий и сооружений. Однако слабым местом в этих материалах являются прочностные показатели, так как связь между крупным пористым заполнителем осуществляется локально в местах соприкосновения отдельных гранул друг с другом. Особенно низкие показатели прочности при изгибе крупнопористого бетона, что объясняется недостаточным вовлечением в работу всего массива цементного теста и в дальнейшем – цементного камня. Рассматривая классические представления о работе цемента в бетоне, можно сослаться на ряд исследователей, детально изучивших данные процессы [3–5].

На примере основного клинкерного минерала – трехкальциевого силиката (C_3S) В.В. Тимашев и др. выделяют следующие основные этапы процесса его гидратации [6–10].

1. Быстро протекающее взаимодействие с водой, лимитируемое лишь скоростью химической реакции и сопровождаемое образованием на поверхности частиц минерала оболочки из гидратов.

2. Индукционный период, в процессе которого осуществляется диффузионный массоперенос через гидратную оболочку.

3. Разрыв оболочки и ускорение взаимодействия трехкальциевого силиката с водой, вновь лимитируемое только скоростью химической реакции.

4. Интенсивное образование гидратов и возникновение полупроницаемой оболочки на оставшихся частицах C_3S ; при этом дальнейший процесс гидратации лимитируется диффузией.

Такие же процессы характерны и для гидратации других клинкерных минералов и портландцемента в целом. Из числа образующихся гидратов достаточно крупные размеры зерен имеют гексагональные пластинчатые кристаллы $Ca(OH)_2$, игольчатые и призматические кристаллы $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ и пластинчатые кристаллы C_4AH_{13} . Гидросиликаты кальция входят в состав массы, называемой тоберморитовым гелем, у которого отношение $CaO/SiO_2 \geq 1,5$. Этот гель с отдельными крупными кристаллами образует вокруг зерен цемента малопроницаемую оболочку. Гидросиликатная фаза может включать гели гидратов глинозема и оксидов железа [6–9].

Исследована прочность монокристаллов гидратов, входящих в состав цементного камня, показавшая следующие величины прочности при растяжении: $CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ – 1350 МПа; $6CaO \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$ – 770 МПа; $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – 172 МПа; $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – 62 МПа. У низко-

основных гидросиликатов кальция (тоберморит, ксонотлит, фошагит), имеющих высокую степень полимеризации кремнекислородных анионов, прочность при растяжении достигает 1300–2000 МПа. Это обусловлено преобладающим наличием ковалентных связей Si–O. Кристаллы высокосоставленных гидросиликатов кальция имеют прочность примерно в два раза меньше, что объясняется уменьшением в них доли сильной ковалентной связи (Si–O) при возрастании более слабой доли ионной связи (Ca–O) [10–13].

Таким образом, можно сделать вывод, что прочность на растяжение самого минерального вяжущего вполне достаточна и требуются определенные методы максимального использования заложенных резервов в цементе для получения прочного и надежного конгломератного материала. Рациональным выходом из данной ситуации является технология производства стеновых материалов с направленно регулируемой пористой структурой, имеющая высокие прочностные и эксплуатационные параметры и повышенные показатели тепловой защиты и звукоизоляции способности. Данная технология базируется на получении интегральной крупнопористой структуры материала из легкого крупного минерального заполнителя [11–13]. Ранее нами описывалась данная технология производства изделий, которая сводится к определенным этапам: подбираются оптимальные соотношения между гранулами крупного заполнителя – керамзитового гравия и зернами шлака в каждом интервале фракций: 5–10; 10–20 и 20–40 мм. Шлаковый заполнитель предварительно обрабатывался сухими отходами хризотилцемента и полимерсиликатной композицией для снижения открытой пористости и уменьшения расхода цементного вяжущего. Для каждого гранулометрического состава определялся оптимальный расход минерального вяжущего, обеспечивающий получение легкого крупнопористого бетона заданного класса [11–15, 18].

С целью повышения прочности бетона при изгибе было предложено в состав цементного теста вводить отходы хризотилцементного производства, что способствовало улучшению свойств крупнопористого бетона за счет микроармирования минеральной связки. Кроме того, данная добавка способствовала созданию дополнительного объема пористости, обеспечивающей шумопоглощающую способность легкого бетона. Был установлен рациональный расход данных отходов в количестве 8–12 % от массы цемента. На рис. 1 представлены кривые зависимости прочности крупнопористого легкого бетона различных фракций при изгибе от расхода отходов хризотилцемента (ОХЦ).

Рекомендуемые составы по объему: на одну часть цемента от 7 до 15 объемных частей крупного заполнителя. Рациональный расход минерального вяжущего при этом составляет не более 200–300 кг/м³, что обеспечивает предел прочности при сжатии от 1,5 до 10,0 МПа, для которых проведен комплекс испытаний по технологическим, эксплуатационным параметрам и шумопоглощению.

Предварительные испытания предлагаемых составов крупнопористых легких бетонов с комбинированным минеральным заполнителем показали повышенный расход цементного вяжущего в составах на шлаке, что вызвано

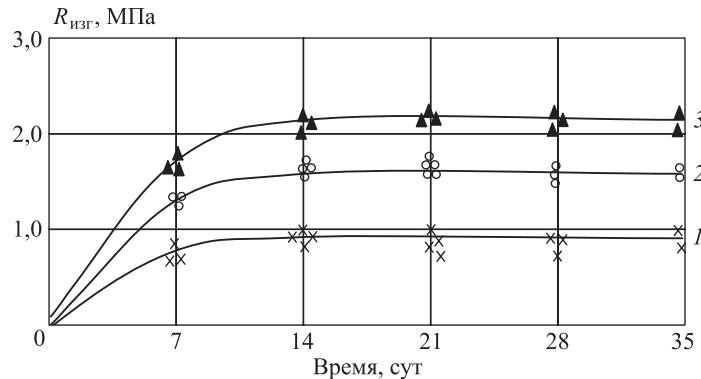


Рис. 1. Влияние отходов хризотилцемента на прочность легкого бетона фракции 20–40 мм при изгибе
1 – без добавки; 2 – расход отходов – 5 %; 3 – то же, 10 %

большим объемом открытой пористости и, как следствие, глубоким проникновением цементного теста в гранулы. Для снижения этого негативного явления было предложено несколько вариантов улучшения качества крупного шлакового заполнителя: обработка отходами хризотилцемента, изоляция шлака пенополимерной композицией, введение отходов хризотилцемента в цемент [13–17]. Введение хризотилцемента в цемент обеспечивает повышение вязкости цементного теста и создает повышенную прочность за счет дисперсного армирования минеральной связки между крупным заполнителем. Отходы хризотилцементного производства представляют собой крупнотоннажный шлам из гидратированного цемента на асbestовых волокнах диаметром 0,02–0,08 мм и длиной 2–6 мм. Шлам находится в рыхлом состоянии и содержит агрегированные или дисперсные частицы с наличием до 50–60 % гидратированного портландцемента. По химическому составу хризотил-асбест представляет собой гидросиликат магния, выражающийся формулой $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. В качестве пенополимерных композиций были опробованы полимерсиликатные составы, фенолоспирты и различные полимерные дисперсии [18–20].

Далее различные составы были испытаны на поглощение звуковых шумов на специальных лабораторных установках со звуковыми генераторами, трубами различной длины с внутренней изоляцией, осциллографами с цифровыми считающими устройствами для проведения исследований по определению шумопоглащающей способности легких бетонов с направленно изменяемой пористой структурой. Для исследования звуковых волн в коротком диапазоне длин – диаметром 0,26 м при длине 1,00 м; для звуковых волн средних длин – диаметром 0,10 м при длине 1,00 м (рис. 2); для больших длин волн – диаметром 0,26 м, длиной 7 м. Все трубы тщательно изолировались от внешних источников шума. Результаты исследований приведены в таблице.

Предварительно были исследованы реологические и физико-технические параметры различных составов крупнопористого бетона, позволившие выявить определенные зависимости отдельных составов, после чего все рецептуры подверглись испытаниям на шумопоглащающую способность мате-

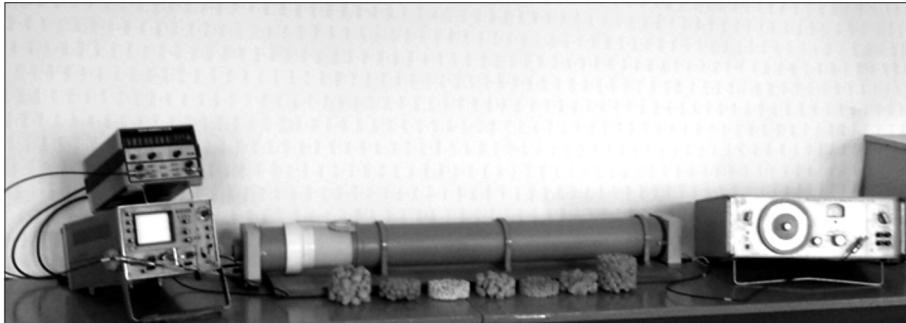


Рис. 2. Установка для исследования звуковых волн средних длин – диаметром 0,10 м и длиной 1,00 м

риала. Полученные зависимости легли в основу получения легкобетонных крупнопористых изделий (блоков), сформированных по принципу направленного изменения пористости материала [18–20]. Ниже приводятся средние физико-технические характеристики материала легкобетонных блоков, в которых в качестве заполнителя вводился керамзитовый гравий совместно со шлаковым щебнем, предварительно разделенные на фракции 20–40, 10–20 и 5–10 мм:

Предел прочности при сжатии, МПа	2,5...7,5
Средняя плотность, кг/м ³	450...720
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °C)	0,12...0,30
Морозостойкость, цикл	35...50
Водопоглощение, %	25...32.

Детальное изучение свойств легкого бетона с интегральным расположением крупного заполнителя показало не только хорошие теплофизические характеристики материала, особенно для средних слоев крупнопористого бетона, но и его исключительно высокие показатели звукопоглощения.

Отличительная особенность предлагаемой технологии получения легкобетонных блоков состоит в том, что данные материалы для стен обладают значительно меньшими показателями теплопроводности по сравнению с обычными легкими бетонами (среднее значение 0,20–0,22 против 0,40–0,45 Вт/(м · °C)). Коэффициент звукового поглощения во всем диапазоне звуковых волн в 3–5 раз выше по сравнению с традиционным керамзитобетоном (см. таблицу). Такие свойства свидетельствуют о высокой энергосберегающей способности предлагаемой технологии. Кроме того, выяснилось, что комбинированные легкие заполнители с различной пористой структурой более эффективны и имеют повышенные эксплуатационные показатели в диапазонах низких частот.

Так, в области частот звуковых воздействий (63–250 Гц) достигнут эффект снижения интенсивности шума в 2–3 раза, что на практике может быть достигнуто только при внедрении перфорированных защитных экранов. При сравнении с традиционным широко применяемым керамзитобетоном увеличение звукопоглащающей способности возрастает в 5–8 раз.

Звукопоглощающая способность легкого бетона с интегральным расположением комбинированного крупного заполнителя

Наименование материала (фракции)	Коэффициент звукопоглощения при частоте звука							
	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц
<i>Керамзитобетон традиционный</i>								
	0,03	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,14	0,16
<i>Керамзитошлакобетон при соотношении – керамзит: шлак = 75 : 25</i>								
5–10 мм	0,08	0,12	0,11	0,18	0,27	0,38	0,41	0,44
10–20 мм	0,10	0,14	0,18	0,23	0,24	0,32	0,45	0,48
20–40 мм	0,11	0,13	0,16	0,22	0,23	0,34	0,49	0,53
<i>Керамзитошлакобетон при соотношении – керамзит: шлак = 50 : 50</i>								
5–10 мм	0,13	0,16	0,19	0,22	0,29	0,43	0,45	0,48
10–20 мм	0,18	0,19	0,24	0,29	0,36	0,35	0,47	0,52
20–40 мм	0,22	0,25	0,29	0,34	0,37	0,38	0,56	0,58
<i>To же, после обработки шлака отходами ОХЦ</i>								
5–10 мм	0,14	0,18	0,22	0,25	0,33	0,4	0,49	0,49
10–20 мм	0,19	0,19	0,27	0,31	0,38	0,40	0,54	0,55
20–40 мм	0,22	0,26	0,32	0,36	0,39	0,43	0,58	0,61
<i>To же, после обработки пенополимерной композицией</i>								
5–10 мм	0,13	0,17	0,19	0,24	0,29	0,41	0,44	0,46
10–20 мм	0,18	0,19	0,25	0,32	0,37	0,38	0,46	0,51
20–40 мм	0,24	0,26	0,29	0,36	0,38	0,39	0,53	0,57
<i>To же, после введения отходов ОХЦ в цемент</i>								
5–10 мм	0,15	0,19	0,24	0,28	0,35	0,48	0,51	0,54
10–20 мм	0,21	0,20	0,29	0,33	0,39	0,42	0,55	0,57
20–40 мм	0,23	0,27	0,34	0,37	0,41	0,43	0,59	0,64
<i>Керамзитошлакобетон при соотношении – керамзит: шлак = 25 : 75</i>								
5–10 мм	0,06	0,11	0,10	0,17	0,25	0,36	0,39	0,43
10–20 мм	0,11	0,12	0,16	0,21	0,23	0,31	0,44	0,45
20–40 мм	0,10	0,11	0,14	0,20	0,22	0,33	0,49	0,56

Разработаны составы бетона и технология изготовления легкобетонных стен на крупных заполнителях с высокими коэффициентами поглощения шума в широком диапазоне звуковых частот и хорошими физико-механическими показателями. Разработана методика расчетной и экспериментальной оценки шумопоглощающих характеристик легких крупнопористых бетонов с интегральным расположением крупного заполнителя, что позволяет направленно проектировать и изготавливать материалы с заданной структурой и шумопоглощающими характеристиками [18–20].

Установлено, что вводимая для обеспечения высоких показателей прочности минеральной связки микроармирующая добавка из отходов хризотил-цемента оказывает положительное влияние на формирование контактной зоны между цементным камнем и гранулами заполнителя, что подтверждается выполненными физико-химическими исследованиями.

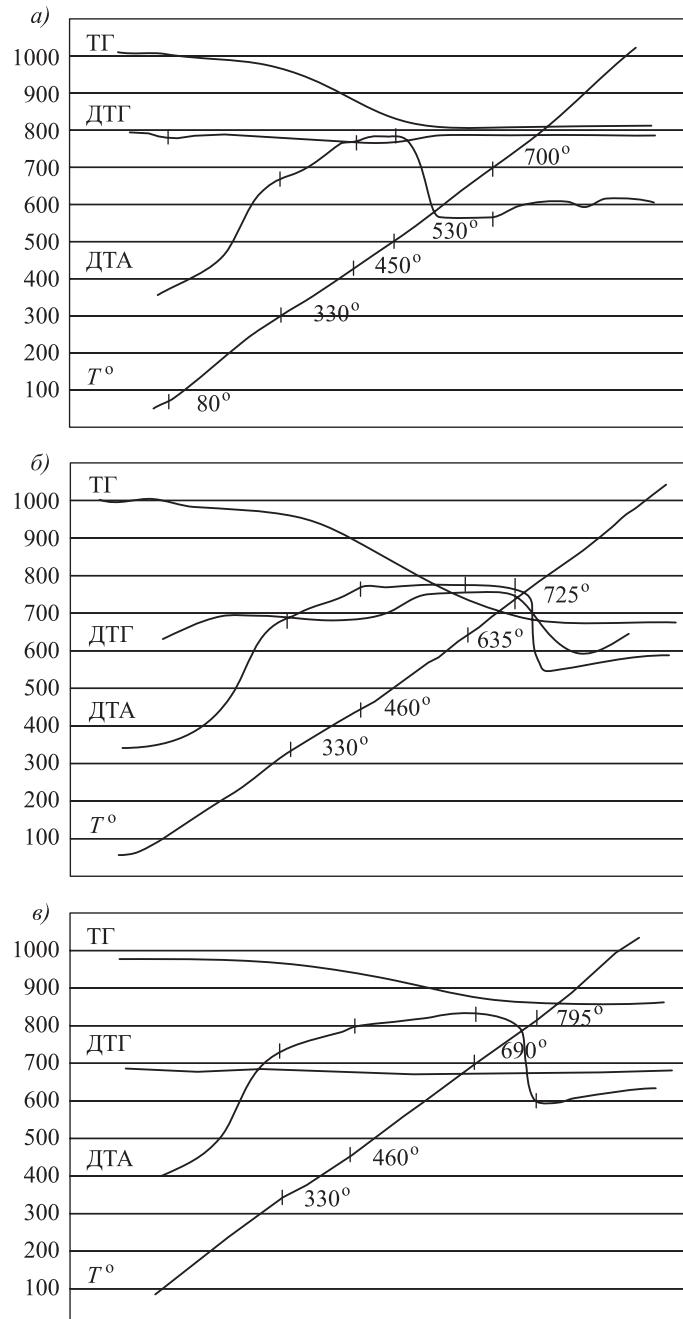


Рис. 3. ДТА контактных зон цементного камня на границе с крупным шлаковым заполнителем

α – цементный камень; *β* – цементный камень + полимерсиликатное покрытие; *γ* – то же, с добавкой отходов хризотилцемента

На рис. 3 представлены кривые дифференциального термического анализа (ДТА), рассмотрение которых совместно с кривыми рентгенофазового анализа свидетельствует об усиливающем влиянии отходов хризотилцемента на свойства материала контактной зоны. Отмечено, что при введении отходов как в цементное вяжущее, так и при обработке гранул шлака

наблюдается смещение максимумов экзо- и эндотермических температур в зоны повышенных значений. Рентгенофазовый и термографический анализы образцов из чистых компонентов и различных сочетаний цементного теста с заполнителями позволили обнаружить фазовые превращения в цементном камне, содержащем частицы шлака и полимерсиликатного защитного покрытия. Анализ кривых ДТА цементного камня показывает, что основные эффекты соответствуют разложению $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 500–530 °C и вторичного карбоната кальция в интервале температур 790–820 °C. На рентгенограмме цементного камня отмечено возрастание интенсивности аналитического рефлекса $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – ($2,61 \cdot 10^{-10}$ м), а также наличия рефлексов гидросиликатов кальция типа C_2SH_2 , $\text{C}_2\text{SH(B)}$, $\text{C}_2\text{SH(A)}$, ксонотлита (рефлексы · 10^{-10} м : 3,05; 2,97; 2,85; 2,40; 1,83 и др.). Шлаковая составляющая имеет в своем составе кремнийсодержащие минералы различного вида и модификации, о чем свидетельствует интенсивная линия $3,34 \cdot 10^{-10}$ м. Остальные компоненты не имеют ярко выраженных интенсивностей.

Заключение. Выполнен комплекс физико-химических исследований по изучению влияния добавки отходов хризотилцемента на свойства легкого крупнопористого бетона. Показано, что введение 8–12 % этой добавки в состав цемента способствует усилению связки и упрочнению всего конгломератного материала, а также снижению расхода минерального вяжущего в крупнопористом бетоне. Кроме того, отмечено, что отходы хризотилцемента положительно влияют на шумопоглощающие характеристики крупнопористого легкого бетона на комбинированных заполнителях. Предложены составы легких бетонов классов В3,5, В5,0 с различными минеральными заполнителями, в том числе и отходами теплоэнергетики, имеющие прочность при сжатии 2,5–5,0 МПа, коэффициент теплопроводности 0,12–0,31 Вт/(м · °C) и повышенные звукопоглощающие свойства за счет формирования структуры материала с направленно изменяемой пористостью. Разработаны монолитная и заводская технологии получения легкобетонных стеновых блоков и крупнопористых стен с интегральным расположением крупного заполнителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов И.А. Легкие бетоны на искусственных пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1993. 182 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
3. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Соломатов В.И. Пути снижения материоемкости строительных материалов и конструкций. Киев, 1989. 78 с.
4. Субботин О.С., Пичугин А.П., Белан И.В. Материалы и архитектура малоэтажных зданий, эксплуатирующихся в особых природных условиях: монография. Новосибирск: НГАУ-РАЕН, 2012. 192 с.
5. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. Л.: Стройиздат, 1986. 256 с.
6. Тимашев В.В. Кинетика клинкерообразования, структура и состав клинкера и его фаз // Синтез и гидратация вяжущих веществ. М.: Наука, 1986. С. 193–214.
7. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих веществ. М.: Высш. шк., 1989. 384 с.

8. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высш. шк., 1988. 400 с.
9. Бут Ю.М., Тимашев В.В. Портландцементный клинкер. М.: Стройиздат, 1967. 304 с.
10. Бабков В.В., Комохов П.Г., Капитонов С.М., Мирсанов Р.Н. Механизм упрочнения цементных связок при использовании тонкодисперсных заполнителей // Цемент. 1991. № 9–10. С. 34–41.
11. Uchikawa H. Сходство и различие между составом и структурой цементного камня, строительного раствора и бетона // Cem. and Concr. 1989. № 507. С. 33–46.
12. Никонова Н.С., Кузнецова Т.В., Тамаш Ф., Машир Т.Н., Смирнова М.Н., Чекунова Э.В. Связь между структурой силикатных анионов CSH и прочностью цементного теста. 15 Szilikatip. Ts szilikattud. Konf. Budapest, 12–16 Jun. 1989: SILICONF-89, [R.I]. Budapest, 1989. С. 334–340.
13. Кузнецова Т.В., Осокин А.П., Панюшкин В.Н., Дзвонковский Р.М., Холодный А.Г. Влияние микроструктуры минералов на гидратационную активность портландцемента // Тр. Гос. ВНИИ цемент. пром-сти. 1988. № 97. С. 91–95.
14. Увеличение прочности сцепления заполнителя с цементным камнем. Заявка 255254 Япония, МКИ⁵ С 04 В 28/02 /Аояма Мики, Хаяси Йосимаса, Отава Харука, Наканэ Ацуси, Кубота Сёго, Итиносэ Кэнъити, Миура Норихико; заявл. 22.08.88; опубл. 23.02.90.
15. Способ увеличения прочности сцепления заполнителя с цементным камнем. Заявка 255251 Япония, МКИ⁵ С 04 20/10 / Аояма Мики, Хаяси Йосимаса, Отава Харука, Наканэ Ацуси, Кубота Сёго, Итиносэ Кэнъити, Миура Норихико; заявл. 22.08.88; опубл. 23.02.90.
16. Горчаков Г.И., Орентлихер Л.П., Лифанов И.И. и др. Повышение трещиностойкости и водостойкости легких бетонов. М.: Стройиздат, 1971. 587 с.
17. Боженов П.И., Кавалерова В.И. Влияние природы заполнителей на прочность растворов // Бетон и железобетон. 1961. № 3. С. 120–122.
18. Пат. на изобретение № 2415824 с приоритетом от 26.05.2009. Звукопоглощающий легкий бетон. А.П. Пичугин, А.С. Денисов, В.Ф. Хританков, В.В. Авраменко. Опубл. 10.04.2011, Бюл. № 10.
19. Хританков В.Ф. Легкие органоминеральные бетоны с повышенной звукоизоляцией // Стройт. материалы. 2009. № 8. С. 60–63.
20. Пичугин А.П., Денисов А.С., Хританков В.Ф., Бареев В.И. Прогрессивная концепция формирования стеновых блоков из легкого бетона на обжиговой связке // Стройт. материалы. 2011. № 12. С. 22–24.

Пичугин Анатолий Петрович, д-р техн. наук, проф.
Новосибирский государственный аграрный университет
Денисов Александр Сергеевич, д-р техн. наук, проф.
Новосибирский государственный аграрный университет
Хританков Владимир Федорович, д-р техн. наук, проф.
Новосибирский государственный аграрный университет
Пименов Евгений Геннадьевич, асп.
Новосибирский государственный аграрный университет

Получено 14.11.16

Pichugin Anatoliy Petrovich, DSc, Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Russia
Denisov Alexander Sergeevich, DSc, Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Russia

Khritanov Vladimir Fedorovich, DSc, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Russia

Pimenov Eugene Gennad'evich, Post-graduate Student

Novosibirsk State Agrarian University, Russia

THE MICRO-ROLE IN ENSURING PERFORMANCE MACROPOROUS LIGHTWEIGHT CONCRETE

Wall-Mouldings materials do not always satisfy the thermal and acoustic requirements, requiring additional technical solutions. An effective integrated technical solution may become widespread introduction coarsely lightweight concrete, especially when introducing new original production technology wall materials with directionally controlled porous structure, creates an increased parameters of thermal protection and sound absorption. The bottleneck is the mineral bundle, which can be hardened by particulate reinforcement. The result of this work were produced positive effects in the form of increased bending strength and increase sound absorption characteristics of lightweight concrete for wall protections.

К e y w o r d s: macroporous lightweight concrete, controlled porous structure, the porous filler, sound absorbing ability, particulate reinforcement.

REFERENCES

1. Ivanov I.A. Legkie betony na iskusstvennykh poristykh zapolnitelyakh [Lightweight concrete artificial porous aggregates]. Moscow, Stroyizdat, 1993. 182 p. (in Russian)
2. Bazenov Yu.M. Tekhnologiya betona [Concrete Technology]. Moscow, Publishing House of the DIA, 2003. 500 p. (in Russian)
3. Dorofeev V.S., Wyrrovo V.N., Sologmatov V.I. Puti snizheniya materialoemkosti stroitel'nykh materialov i konstruktsiy [Ways of decrease in a material capacity of construction materials and designs]. Kiev, 1989. 78 p. (in Russian)
4. Subbotin O.S., Pichugin A.P., Belan I.V. Materialy i arkhitektura maloetazhnykh zdaniy, ekspluatiruyushchikhsya v osobykh prirodnikh usloviyakh: monografiya [Materials and architecture of low-rise buildings, operating in specific environmental conditions: monograph]. Novosibirsk, NGAU-Natural Sciences, 2012. 192 p. (in Russian)
5. Boyko M.D. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont zdaniy i sooruzheniy [Maintenance and repair of buildings and structures]. Leningrad, Stroyizdat, 1986. 256 p. (in Russian)
6. Timashov V.V. Kinetika klinkeroobrazovaniya, struktura i sostav klinkera i ego faz [The kinetics of clinker, the structure and composition of the clinker and its phases]. Sintez i gidratatsiya vyazhushchikh veshchestv [Synthesis and hydration binders]. Moscow, Nauka, 1986. Pp.193–214. (in Russian)
7. Kuznetsova T.V., Kudryashov I.V., Timashov V.V. Fizicheskaya khimiya vyazhushchikh veshchestv [Physical chemistry binders]. Moscow, Higher School, 1989. 384 p. (in Russian)
8. Gorshkov V.S., Savelyev V.G., Fedorov N.F. Fizicheskaya khimiya silikatov i drugikh tugoplavkikh soedineniy [Physical chemistry of silicates and other refractory compounds]. Moscow, Higher School, 1988. 400 p. (in Russian)
9. But Yu.M., Timashov V.V. Portlandsementnyy klinker [Portland cement clinker]. Moscow, Stroyizdat, 1967. 304 p. (in Russian)
10. Babkov V.V., Komokhov P.G., Kapitonov S.M., Mirsanov R.N. Mekhanizm uprochneniya tsementnykh svyazok pri ispol'zovanii tonkodispersnykh zapolniteley [The mechanism of hardening cement using cords of fine aggregates]. Tsement [Cement]. 1991. No. 9-10. Pp. 34–41. (in Russian)

11. Uchikawa H. Skhodstvo i razlichie mezhdu sostavom i strukturoy tsementnogo kamnya, stroitel'nogo rastvora i betona [Similarities and differences between the composition and structure of cement paste, mortar and concrete] Cem. and Concr. 1989. No. 507. Pp. 33–46. (in Russian)
12. Nikonorov N.S., Kuznetsova T.V., Tamash F., Mashir T.N., Smirnova M.N., Chekunova E.V. Svyaz' mezhdu strukturoy silikatnykh anionov CSH i prochnost'yu tsementnogo testa [The relationship between the structure of CSH silicate anions and strength of cement paste]. 15 Szilikatip. Ts szilikattud. Konf. Budapest, 12–16 Jun. 1989: SILICONF-89 [RI]. Budapest, 1989. Pp. 334–340 (in Russian)
13. Kuznetsova T.V., Osokin A.P., Panyushkin V.N., Dzvonkovskiy R.M., Holodnyy A.G. Vliyanie mikrostruktury mineralov na gidratatsionnyu aktivnost' portlandsementa [Influence of minerals on the microstructure of Portland cement hydration activity]. Tr. Gos. tsement. prom-sti. 1988. No. 97. Pp. 91–95. (in Russian)
14. Uvelichenie prochnosti stsepleniya zapolnitelya s tsementnym kamnem [The increase in adhesive strength of aggregate with cement stone]. Appl. 255254 Japan, MKI C 04 B 28/02. Aoyama Miki, Hayasi Yosimasa, Otava Haruka, Nakane Atsusi, Kubota Shogo, Itinose Ken'iti, Miura Norihiko. Appl. 22.08.88; publ. 23.02.90. (in Russian)
15. Sposob uvelicheniya prochnosti stsepleniya zapolnitelya s stementnym kamnem [A method for increasing the strength of adhesion to the aggregate cement stone]. Appl. 255251 Japan, MKI C 04 20/10. Aoyama Miki, Hayasi Yosimasa, Otava Haruka, Nakane Atsusi, Kubota Shogo, Itinose Ken'iti, Miura Norihiko; appl. 08.22.88; publ. 23. 02.90. (in Russian)
16. Gorchakov G.I., Orentlicher L.P., Lifanov I.I. et al. Povyshenie treshchinostoykosti i vodostoykosti legkikh betonov [Increase in crack resistance and water resistance of light concrete]. Moscow, Stroyizdat, 1971. 587 p. (in Russian)
17. Bozhenov P.I., Kavalerova V.I. Vliyanie prirody zapolniteley na prochnost' rastvorov [Influence of the nature of the aggregates on prochnost' solutions]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1961. No. 3. Pp. 120–122. (in Russian)
18. Pat. for invention № 2415824 with priority of 26.05.2009. Zvukopogloshchaushchiy legkiy beton. A.P. Pichugin, A.S. Denisov, V.F. Khritankov, V.V. Avramenko. [The sound-absorbing lightweight concrete]. Opubl. 10.04.2011. Bull. 10. (in Russian)
19. Khritankov V.F. Legkie organomineral'nye betony s povyshennoy zvukopogloshchayushchey sposobnost'yu [Light organo concretes with high sound-absorbing capacity]. Stroitel'nye materialy [Building materials]. 2009. No. 8. Pp. 60–63. (in Russian)
20. Pichugin A.P., Denisov A.S., Khritankov V.F., Bareev V.I. Progressivnya kontsepsiya formirovaniya stenovykh blokov iz legkogo betona na obzhigovoy svyazke [The progressive concept of formation of building blocks of lightweight concrete on the burning bundle]. Stroitel'nye materialy [Building materials]. 2011. No. 12. Pp. 22–24. (in Russian)

УДК 691.327 : 539. 4

В.Я. РУДЯК, Л.В. ИЛЬИНА, С.А. ХАКИМУЛЛИНА

ВЛИЯНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА ДОБАВОК МИКРОКРЕМНЕЗЕМА И ДИОПСИДА РАЗЛИЧНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ*

Представлены результаты механических испытаний прочности мелкозернистого бетона от дисперсности и массовой доли добавок – химически активного микрокремнезема и инертного диопсида. Показано, что с уменьшением дисперсности инертной минеральной добавки снижается ее оптимальное количество, обеспечивающее наибольшее упрочнение образцов. Определено оптимальное соотношение микрокремнезема и диопсида для достижения максимальных прочностных свойств материала. Мелкозернистый бетон при этом имеет прочностные характеристики в 2,5 раза выше, по сравнению с контрольным.

Ключевые слова: микродисперсные минеральные добавки, бетон, механическая прочность, микрокремнезем, диопсид.

1. Введение. Высокая механическая прочность композиционных цементных материалов, в частности, бетона является одним из важнейших его эксплуатационных свойств. Она определяется соотношением вода-цемент, увеличением воздуха, его пористостью. Влияние этих факторов к настоящему времени неплохо изучено [1–5] и в отечественной строительной практике регулируется соответствующей нормативной документацией. Известно также, что прочность бетона увеличивается при добавлении микродисперсных добавок различного химического состава. Использование микрокремнезема с этой целью достаточно типично [6]. В работе [7] изучено влияние на прочность бетона на основе портландцемента высокой дисперсности СЕМ I 52,5R (ФРГ). Было показано, что оптимальная с точки зрения получения максимальной прочности добавка микрокремнезема со среднеобъемным размером частиц, равным 7,5 мкм, достигалась при его массовой доли 1,5 %. Позднее в [8] для этой цели использовался микрокремнезем со среднеобъемным размером частиц 0,2 мкм. Оказалось, что оптимальная для получения максимальной прочности добавка микрокремнезема составляла 5 % (по массе). Прочность бетона при этом увеличивалась на 11,8 %.

С другой стороны, в статье [9] изучено влияние на прочность бетона диопсида и установлено, что максимальная прочность достигалась при массовой доли микродобавки, равной 7 %, причем прочность увеличивалась на 33 %. Среднеобъемный размер частиц диопсида составлял 49,6 мкм.

Таким образом, прочность бетона при добавлении и той, и другой из указанных микродобавок повышалась, однако массовая доля в обоих случаях оказывалась разной. Одной из чисто механических причин этого мог быть различный средний размер частиц использованных микродобавок.

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РНФ (соглашение № 14-19-00312).

Чтобы ответить на вопрос, так ли это, необходимо изучить прочность бетона с использованием одного и того же цемента и добавок микрокремнезема и диопсида различной дисперсности. Необходимо также одновременно варьировать массовую долю использованных добавок. Это и является целью данной работы.

2. Исследуемые материалы и методика измерения прочности. В данной работе использовался портландцемент марки (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н производства ООО «Топкинский цемент» ГОСТ 31108–2003, с удельной поверхностью 354 м²/кг. В качестве заполнителя применялся песок ОАО «Камнереченский каменный карьер», просеянный и фракционированный в соответствии с ГОСТ 26633–2012.

Как уже указывалось, в качестве модифицирующих добавок использовались микрокремнезем МК-85 (г. Челябинск) и диопсид. В соответствии с техническим паспортом производителя («ОАО «Кузнецкие ферросплавы») микрокремнезема его процентный массовый состав по размерам (диаметру) входящих частиц оказывается следующим: меньше 2,0 мкм – 90,07 %; 2÷2,36 мкм – 1,17; 2,36÷3,4 мкм – 0,86; 3,4÷5,4 мкм – 1,47; 5,4÷8,3 мкм – 1,51; 8,3÷15,3 мкм – 2,86; 15,3÷20,0 мкм – 1,0; 20,0÷46,3 мкм – 1,06 %. Химический состав и физические свойства определены по заказу производителя французской фирмой «Filter Media». Микрокремнезем имел светло-серый цвет, его удельная поверхность равнялась 2180 м²/кг. Таким образом, средний размер частиц в соответствии с этой удельной поверхностью составлял 1,25 мкм. Химический состав микрокремнезема МК-85 в процентах по массе приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Химический состав микрокремнезема МК-85

Содержание оксидов и химических элементов, мас. %								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	C	S
93,2	0,74	0,68	0,81	0,91	0,79	1,38	1,20	0,29

Используемая в данной работе диопсидная добавка представляла собой измельченную отвальную породу – отход от переработки флогопитовых руд. Ее плотность равнялась 3300 кг/м³. Состав минерала определялся количественным химическим анализом, для которого было отобрано 10 проб со Слюдянского месторождения. Полученный химический состав приведен в табл. 2, так же как в табл. 1, в процентах по массе.

Т а б л и ц а 2. Химический состав диопсида

Содержание оксидов, мас. %							
SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	TiO ₂	П.п.п.
53,44	26,23	17,90	0,20	0,09	0,11	0,10	1,93

Одной из задач данной работы являлось изучение зависимости прочностных характеристик мелкозернистого бетона от размеров частиц добавки диопсида. С этой целью исходный диопсид измельчался на барабанной шаровой мельнице МШЛ-50 и на дисковой мельнице непрерывного действия АГО-9. Дисперсность полученных порошков затем определялась ме-

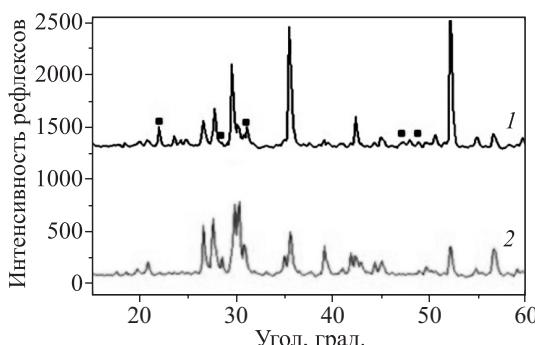


Рис. 1. Графики рентгенофазового анализа (но) показал, что измельчение минерала меняет его структуру (рис. 1).

На рис. 1 представлены полученные дифрактограммы порошков со средним диаметром частиц 0,46 мкм (верхняя линия) и 0,35 мкм (нижняя линия). Темными квадратными метками здесь обозначены основные рефлексы SiO_2 , все остальные рефлексы принадлежат соединению $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$. Наивысшие интенсивности рефлексов соединения $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$, а также значительное их снижение после помола свидетельствуют о преимущественной кристаллизации диопсида в данной плоскости. Порошок с наименьшими частицами (нижняя линия) имеет более дефектную структуру, происходит его аморфизация.

Прочностные характеристики мелкозернистого бетона определялись при испытании образцов, с размерами $40 \times 40 \times 160$ мм после 28 сут твердения в нормальных условиях. Для этого после изготовления образцы в формах хранились 24 ч в ванне с гидравлическим затвором и после расформовывания – 27 сут в ванне с питьевой водой в горизонтальном положении, не соприкасаясь друг с другом. По истечении указанного срока образцы вынимались из воды, их вытирали и не позднее чем через 30 мин подвергали испытанию.

Испытания образцов на изгиб проводились с помощью прибора МИИ-100 со средней скоростью нарастания нагрузки $(2,0 \pm 0,5)$ МПа/с. Для определения предела прочности образцов при сжатии использовался пресс П-50. Для компенсации пространственного отклонения от непараллельности опорных граней образца пресс имел подвижную шаровую опору и был снабжен устройством центрирования нажимных пластинок, передающих нагрузку на образец. Предел прочности при изгибе усреднялся по данным испытания трех образцов, а предел прочности при сжатии – по данным шести образцов.

3. Результаты экспериментов. Поскольку целью данной работы являлось изучение прочности мелкодисперсного бетона при его совместном модифицировании микродисперсными добавками микрокремнезема и диопсида, естественно, на первом этапе следовало выяснить влияние каждой из этих добавок в отдельности. При этом необходимо было изучить зависимость прочности от массовой доли микродобавок и их дисперсности (среднего размера частиц). С практической точки зрения, однако, необходимо было предварительно установить степень влияния на прочность загрязняющих приме-

тодом БЭТ, установлено, что порошки имели соответственно удельную поверхность 4 и $5,2 \text{ м}^2/\text{г}$, что дает средний размер их зерна $D_d = 0,46$ и $0,35 \text{ мкм}$.

Проведенный после измельчения рентгенофазовый анализ методом порошковой дифракции с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 ($\text{CuK}\alpha$ -излучение, схема фокусировки по Брэггу–Брента-

сей в заполнителе. С этой целью были изготовлены две серии образцов на естественном и на чистом (промытом и высушеннем) песке. Во всех случаях при изготовлении образцов бетона портландцемент и песок смешивались в пропорции 1 : 3. В образцах первой серии загрязняющие примеси в песке составляли 8 мас. %, а во втором – 0,3 мас. %. Было установлено, что прочность на изгиб (S_b) и на сжатие (S_c) в том и в другом случаях соответственно: $S_b = 7,4$ МПа, $S_c = 29,5$ МПа и $S_b = 7,9$ МПа, $S_c = 33,0$ МПа при коэффициенте вариации не выше 2,5 %. Таким образом, при использовании чистого песка прочность на сжатие повышалась почти на 12 %, а на изгиб – почти на 7 %. Поэтому в дальнейших экспериментах использовался чистый песок.

3.1. Модифицирование микрокремнеземом. В экспериментах массовая доля кремнезема (m_s) варьировалась от 0 до 14 %. Полученные прочностные характеристики приведены в табл. 3. Коэффициент вариации при определении прочности составлял не более 2,5 %.

Таблица 3. Влияние массовой доли микрокремнезема на прочностные характеристики мелкозернистого бетона

m_s , %	0	4	8	12	14
S_b , МПа	7,9	8,8	8,9	9,0	8,9
S_c , МПа	33,0	36,8	43,9	51,0	44,2

Анализ данных табл. 3 свидетельствует о том, что зависимость прочностных свойств бетона от массовой доли микрокремнезема не монотонная. Максимальные значения прочности достигаются при массовой доле, равной 12 %, прочность на сжатие при этом повышается почти на 55 %, а на изгиб – на 14 %.

3.2. Модифицирование диопсидом. В экспериментах массовая доля диопсида (m_d) варьировалась от 0 до 9 %, а средний размер (D_d) частиц равнялся 0,35 и 0,46 мкм. Полученные прочностные характеристики приведены в табл. 4 (коэффициент вариации снова был не выше 2,5 %).

Таблица 4. Влияние массовой доли и дисперсности диопсида на прочностные характеристики мелкозернистого бетона

m_d , %	Прочностные характеристики мелкозернистого бетона, МПа, при D_d , мкм			
	0,35		0,46	
	S_b	S_c	S_b	S_c
0	7,9	33,0	7,9	33,0
1	7,9	37,4	8,0	36,8
3	8	43,6	8,4	41,9
5	8,4	46,3	8,6	45,2
7	8,2	42,7	8,6	48,4
9	7,9	39,2	8,3	42,2

Установлено, что модифицирование мелкозернистого бетона добавками диопсида во всех случаях повышает его прочностные свойства. Характер влияния массовой доли при этом не универсален и определяется средним размером модифицирующих частиц. С уменьшением D_d значения массовой доли добавки, при которой достигается максимальная прочность, также снижаются. Оптимальное значение массовой доли добавки с наименьшими частицами составляет 5 %, а с наибольшими – 7 %. При этом достигаемые значения прочности по сжатию оказываются весьма близки и изменяются от 46,3 до 48,4 МПа. В свою очередь, прочность на изгиб изменяется от 8,4 до 8,6 МПа.

3.3. Совместное модифицирование микрокремнеземом и диопсидом. В третьей серии экспериментов мелкозернистый бетон модифицировался совместно микрокремнеземом и диопсидом. В экспериментах использовались два порошка диопсида со средним диаметром частиц 0,35 и 0,46 мкм, их концентрация соответственно равнялась 5 и 7 %. Для приготовления бетонной смеси диопсид предварительно смешивался с портландцементом в шаровой мельнице в течение 1,5 ч, а микрокремнезем вводился в смесь совместно с водой затворения. Результаты измерения прочности полученных мелкозернистых бетонов приведены в табл. 5 (коэффициент вариации при определении прочности не превышал 2,5 %). Использование для приготовления мелкозернистого бетона модифицирующих добавок, включающих одновременно микрокремнезем и диопсид, приводит к заметному эффекту.

Таблица 5. Влияние совместной добавки микрокремнезема и диопсида на прочность мелкозернистого бетона

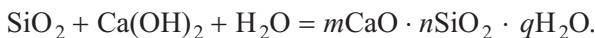
Размер зерен диопсида D_d , мкм	Количество добавки, мас. %		Прочностные показатели, МПа, мелкозернистого бетона	
	диопсида m_d	микрокремнезема m_s	S_b	S_c
0	0	0	7,9	33,0
0,35	5	0	8,1	48,1
0,35	5	4	8,9	53,4
0,35	5	8	8,1	55,1
0,35	5	12	7,9	75,8
0,35	5	14	7,7	69,1
0,46	7	0	8,6	48,4
0,46	7	4	8,5	59,9
0,46	7	8	8,3	63,7
0,46	7	12	8,3	82,7
0,46	7	14	8,3	77,9

Использование для приготовления мелкозернистого бетона модифицирующих добавок, включающих одновременно микрокремнезем и диопсид, приводит к заметному эффекту. Сопоставление табл. 3–5 показывает, что прочность на сжатие при совместном использовании микрокремнезема

и диопсида оказывается выше, чем при отдельном использовании каждой из них. Максимальное упрочнение бетона достигается при введении комплексной добавки, включающей 7 % по массе диопсида с частицами размером 0,46 мкм и 12 % микрокремнезема. Прочность на сжатие мелкозернистого бетона при этом увеличивается в 2,5 раза.

Максимальная прочность на изгиб фиксируется при модифицировании микрокремнеземом (см. табл. 3). Близкое к этому значение, хотя и несколько меньшее (примерно на процент), установлено также при использовании комплексной добавки, но в этом случае она включает 5 мас. % диопсида с частицами размером 0,35 мкм и 4 % микрокремнезема. При максимальном значении прочности изученных образцов на сжатие их прочность на изгиб меньше максимальной примерно на 7 %.

4. Обсуждение результатов и заключительные замечания. Таким образом, проведенные эксперименты показали, что использование микродисперсных добавок существенно увеличивает прочность мелкозернистого бетона. Сам по себе этот факт известен. Однако степень упрочнения при использовании различных микродобавок оказывается различной и величина получаемого упрочнения зависит от химической активности, дисперсности материала добавки и его массовой доли. Положительное действие микрокремнезема в цементных композициях объясняется реакцией пущоланизации, в результате которой происходит химическое связывание свободного гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, с выделением дополнительных кристаллов гидросиликатов кальция, составляющих цементный гель [10]:



Кристаллы гидроксида кальция обладают меньшей прочностью, чем гидратированные силикаты кальция C–S–Н [8], что и определяет более низкие механические показатели контрольных образцов, изготовленных без микрокремнезема (см. табл. 5). Это показывает и непосредственное изучение структуры образцов, выполненное с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа. Структура немодифицированного бетона показана на рис. 2, а, бетон характеризуется высокой пористостью. Добавление микрокремнезема с водой затворения существенно изменяет микроструктуру материала, в ней формируются гидросиликаты кальция игольчатой структуры (см. рис. 2, б).

Введение 12%-й добавки микрокремнезема, обладающего высокой пущолановой активностью, вероятно, достаточно для связывания свободного гидроксида кальция в низкоосновные гидросиликаты кальция и создания дефицита гидроксида кальция.

При использовании в качестве добавки диопсида при приложении внешней нагрузки происходит перераспределение напряжений [7]. Твердость диопсида по шкале Мооса равна 7, а это значит, что модуль упругости материала добавки выше, чем у цементного камня, и концентрация напряжений будет происходить на частицах добавки, что приведет к увеличению механической прочности образцов. Введение диопсида оказывает влияние на формирование структуры цементного камня, уменьшается средний ди-

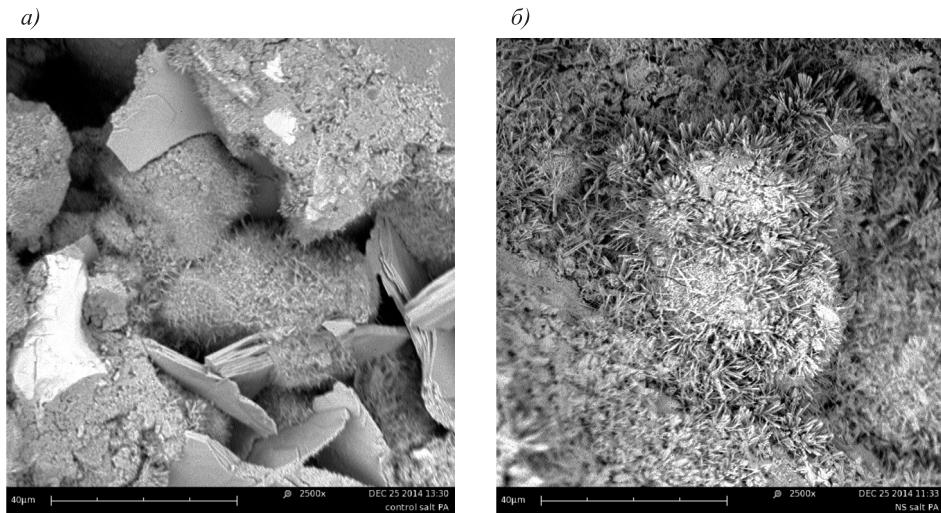


Рис. 2. Микроструктура образцов при увеличении $\times 2500$
а – контрольный образец; б – образец с добавлением микрокремнезема МК-85

метр пор, повышается морозостойкость [7]. Исходя из теории плотнейшей упаковки частиц, оптимальное количество диопсида для получения наибольшей прочности бетона определяется его дисперсностью. При снижении дисперсности количество добавки снижается [9]. С увеличением размера частиц добавки оптимальное для упрочнения бетона ее количество растет.

При совместном модифицировании микрокремнеземом и диопсидом имеет место сочетание обоих описанных механизмов упрочнения. Наиболее эффективность оказывает комплексное введение 12 % микрокремнезема и 7 % диопсида с дисперсностью 4,6 мкм. Мелкозернистый бетон с таким соотношением добавок имеет прочностные характеристики в 2,5 раза выше, по сравнению с контрольным.

Авторы признательны С.П. Бардаханову и Д.Ю. Труфанову за помощь в измерении удельной поверхности порошков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.
2. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Сопин Д.М., Агеева М.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 106 с.
3. Popovics S. Analysis of concrete strength versus water-cement ratio relationship. ACI Materials J. 1990. Vol. 87. Pp. 517–528.
4. Dreux G., Festa J. New guide of the concrete and its components. Paris: Editions Eyrolles, 1995.
5. Janković K., Nikolić D., Bojović D., Lončar L., Romakov Z. The estimation of compressive strength of normal and recycled aggregate concrete. Fasta Universitatis. Series: Architecture and Civil Engineering. 2011. Vol. 9. No 3. Pp. 419–431.

6. Рамачандран В.С. Добавки в бетон. Справ. пособие / пер. с англ. М.: Стройиздат, 1988. 575 с.
7. Бердов Г.И., Никоненко Н.И., Ильина Л.В. Влияние высокодисперсных минеральных добавок на механическую прочность цементного камня // Изв. вузов. Строительство. 2011. № 12. С. 25–30.
8. Кирсанова А.А., Ионов Ю.В., Крамар Л.Я. К вопросу о долговечности бетонов с комплексными добавками, включающими метакаолин // Фундаментальные и прикладные науки – основа современной инновационной системы. 2015. С. 198–203.
9. Бердов Г.И., Ильина Л.В. Влияние количества и дисперсности минеральных добавок на свойства цементных материалов // Изв. вузов. Строительство. 2010. № 11–12. С. 11–16.
10. Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Гамалий Е.А., Черных Т.Н., Зимич В.В. Модификаторы цементных бетонов и растворов (Технические характеристики и механизм действия). Челябинск: ООО «Искра-Профи», 2012. 202 с.

Рудяк Валерий Яковлевич, д-р техн. наук, проф.;

E-mail: valery.rudyak@mail.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Ильина Лиляя Владимировна, д-р техн. наук, проф.;

E-mail: nsklika@mail.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Хакимуллина Светлана Александровна, студ.;

E-mail: s.khakimullina@mail.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Получено после доработки 25.11.16

Rudyak Valeriy Yakovlevich, DSc, Professor; E-mail: valery.rudyak@mail.ru

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Il'ina Liliya Vladimirovna, DSc, Professor; E-mail: nsklika@mail.ru

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Khakimullina Svetlana Alexandrovna, Student;

E-mail: s.khakimullina@mail.ru

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

DEPENDENCE OF THE FINE-GRAINED CONCRETE STRENGTH ON DISPERSITY OF SILICA FUME AND DIOPSIDE ADDITIONS

In paper the results of mechanical strength tests of fine-grained concrete from the dispersity and the mass fraction of additives, reactive silica fume and inert diopside, are presented. It has been shown that the optimum amount providing greater reinforcement samples decreases with decreasing dispersity of inert mineral additive. It was found the optimal ratio of silica fume and the diopside to maximize the strength properties of the material. In this case the strength characteristics of the fine-grained concrete has the strength characteristics is 2,5 times higher than the control sample.

К e y w o r d s: micro-dispersed mineral additives, mechanical strength, silica fume, concrete, diopside.

REFERENCES

1. Gorchakov G.I., Bazhenov Yu.M. Stroitel'nye materialy [Construction Materials]. Moscow, Stroyizdat, 1986. 688 p. (in Russian)
 2. Lesovik R.V., Glagolev E.S., Sopin D.M., Ageeva M.S. Vysokoprochnyy melkozernistyy beton na kompozitsionnykh vyazhushchikh i tekhnogennykh peskakh dlya monolitnogo stroitel'stva [High-strength fine-grained concrete on composite knitting and industrial sands for monolithic construction]. Belgorod, Izd-vo BGTU, 2013. 106 p. (in Russian)
 3. Popovics S. Analysis of concrete strength versus water-cement ratio relationship. ACI Materials J. 1990. Vol. 87. Pp. 517–528.
 4. Dreux G., Festa J. New guide of the concrete and its components. Paris, Editions Eyrolles, 1995.
 5. Janković K., Nikolić D., Bojović D., Lončar L., Romaković Z. The estimation of compressive strength of normal and recycled aggregate concrete. Fasta Universitatis. Series: Architecture and Civil Engineering. 2011. Vol. 9. No. 3. Pp. 419–431.
 6. Ramachandran V.S. Dobavki v beton. Spravochnoye posobie [Concrete admixtures. A Reference guide]. Moscow, Stroyizdat, 1988. 575 p. (in Russian)
 7. Berdov G.I., Nikonenko N.I., Il'ina L.V. Vliyanie vysokodispersnykh mineral'nykh dobavok na mekhanicheskuyu prochnost' tsementnogo kamnya [Influence of fine mineral additives to cement stone mechanical strength]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2011. No. 12. Pp. 25–30. (in Russian)
 8. Kirsanova A.A., Ionov Yu.V., Kramar L.Ya. K voprosu o dolgovechnosti betonov s kompleksnymi dobavkami, vklyuchayushchimi metakaolin [On the question of the durability of concrete with the complex additive comprising metakaolin]. Fundamental'nye i prikladnye nauki – osnova sovremennoy innovatsionnoy sistemy [Fundamental and applied sciences – the foundation of modern innovation system]. 2015. Pp. 198–203. (in Russian)
 9. Berdov G.I., Il'ina L.V. Vliyanie kolichestva i dispersnosti mineral'nykh dobavok na svoystva tsementnykh materialov [Influence of the number and dispersion of mineral additives on the properties of cement materials]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2010. No. 11–12. Pp. 11–16. (in Russian)
 10. Kramar L.Ya., Trofimov B.Ya., Gamaliy E.A., Chernykh T.N., Zimich V.V. Modifikatory tsementnykh betonov i rastvorov (Tekhnicheskie kharakteristiki i mekhanizm deystviya) [Modifiers cement concrete and mortar (Technical characteristics and mechanism of action)]. Chelyabinsk: OOO «Iskra-Profi», 2012. 202 p. (in Russian)
-

УДК 691.42 : 666.31

С.А. ШАХОВ, Н.Ю. НИКОЛАЕВ, Т.Л. РУДАЯ

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ВОЛЛАСТОНИТА НА ФОРМУЕМОСТЬ КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС ИЗ ПЫЛЕВАТЫХ СУГЛИНКОВ

С применением математического планирования проведены экспериментальные исследования структурно-механических характеристик формовочных масс на основе низкосортного глинистого сырья и модифицирующих добавок разного генезиса и морфологии. Установлено, что совместное введение частиц коллоидного раствора (осадок водоподготовки) и частиц отощителя (волластонит) в соотношении между этими компонентами на уровне 1 : 1,5–2 позволяет существенным образом снизить долю пластических деформаций и получить массу с оптимальным соотношением всех видов деформаций и тем самым улучшить ее формуемость. Согласно результатам экспериментальных исследований выбран состав шихты, обеспечивающий получение бездефектных заготовок методом пластического формования.

Ключевые слова: суглинок, осадок водоподготовки, волластонит, коагуляционная структура, структурно-механические характеристики, формовочные свойства, пластическое формование.

Введение. В современных условиях развитие производства стеновой керамики связано с всесторонним анализом потенциала местного сырья. В условиях недостатка качественных глин в России, при широком распространении пылеватых суглинков современное производство стеновых керамических материалов практически не обходится без корректировки глинистого сырья. Введение добавок позволяет регулировать формовочные, сушильные и обжиговые свойства керамических масс и обеспечивать выпуск качественных изделий.

К числу эффективных корректирующих добавок относится волластонит, который, имея игольчатый габитус кристаллов, выступает микроармирующим элементом в керамических смесях [1–3]. Выполненные в последние годы исследования подтверждают возможность использования природного волластонита в качестве сырьевого компонента при получении керамического кирпича методом прессования [4, 5]. Введение волластонита в состав шихты повышает прочность стеновой керамики, сокращает продолжительность и снижает процент брака при обжиге [6, 7]. Вместе с тем разработанные к настоящему времени составы шихт не позволяют получать качественный керамический кирпич методом пластического формования, на который ориентированы в России большинство заводов по производству стеновой керамики. С учетом высказанного актуальной задачей в производстве керамического кирпича является улучшение формуемости шихт на основе низкосортного глинистого сырья и волластонита.

Перспективным приемом регулирования формуемости керамических масс из низкосортного глинистого сырья является способ введения в состав

шихты добавок на основе нетрадиционных природных и техногенных алюмосиликатных компонентов, которые по химико-минералогическому составу и структурно-механическим свойствам пригодны в качестве пластифицирующих добавок [8]. К числу подобных модификаторов, апробированных в последнее время, относится осадок водоподготовки, представляющий собой смесь органических и минеральных веществ в дисперсном состоянии, формирующуюся в виде коллоидного раствора в процессе отстаивания на водоочистных станциях [9].

Цель работы: выбор рационального состава шихты на основе пылеватых суглинков в композиции с волластонитом и осадком водоподготовки, обеспечивающим улучшение формовочных свойств шихты для получения стеновой керамики методом пластического формования.

Материалы и методы. При проведении исследований в качестве глинистого сырья использовался суглинок Каменского месторождения Новосибирской области. Анализ гранулометрического состава показал (рис. 1, *a*), что данный суглинок относится к пылеватым, а по содержанию глинистых частиц (менее 20 мас. %) к грубодисперсному сырью. По пластичности суглинок соответствует умеренно пластичному классу.

В качестве корректирующих добавок в работе использовали осадок водоподготовки, волластонит, а также традиционно применяемый при получении стеновой керамики в качестве отощителя речной песок.

Осадок водоподготовки представляет собой смесь минеральных и органических веществ, формирующуюся в виде коллоидного раствора (влажностью 95–97 %) в процессе отстаивания на водоочистной станции № 5 МУП Горводоканал г. Новосибирск. По составу минеральной части осадок близок к суглинку (табл. 1) и, как показано ранее [10], добавление его к суглинку не ухудшает структурно-механические свойства керамики.

Таблица 1. Состав минеральной части суглинка и осадка водоочистки

Компонент шихты	Содержание оксидов, мас. %						Потери при прокаливании сверх 100 %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	
Каменский суглинок	68,70	11,78	4,10	4,76	1,68	3,60	5,62
Осадок водоочистки	53,7	13,2	5,4	4,58	4,7	—	44,7

Волластонит Ca₃(Si₃O₉) – природный силикат кальция, широко применяется в качестве добавки-наполнителя при производстве строительных материалов. В работе использовали порошок механически активированного до 8500 см²/г волластонита. Анализ макроструктуры и фазового состава показал, что его частицы в естественном виде это удлиненные таблитчатые и игольчатые кристаллы (рис. 1, *b*). Именно такое строение частиц волластонитовой породы, по мнению исследователей [1–3, 5, 7], определяет возможность ее использования как структурообразующего минерала для получения керамических материалов с повышенной прочностью.

Гранулометрический состав добавок анализировали на фотометрическом седиментометре ФСХ-6К (рис. 1).

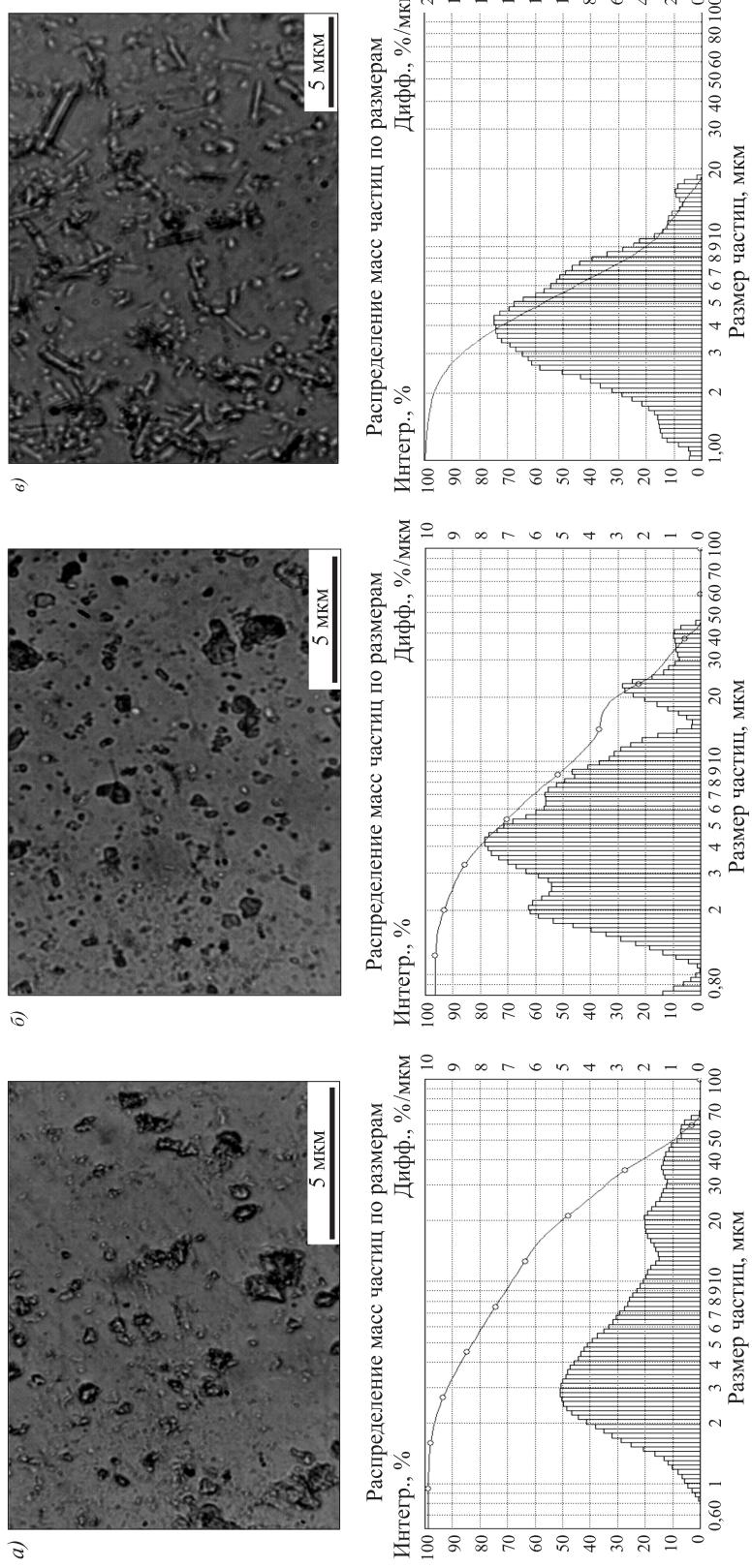


Рис. 1. Гранулометрический состав и микрофотографии частиц
a – суглинка, *b* – осадка; *c* – волластонита

Влияние добавок на структурно-механические характеристики суспензий оценивали с использованием методов физико-химической механики дисперсных сред. Значения упругой, эластичной и пластической деформации определялись на установке, работающей по принципу параллельно смещающейся пластины (прибор Д.М. Толстого).

Результаты измерения деформаций суспензий на данной установке позволяют получать семейство реологических кривых в системе деформация (ε) – время сдвига (τ) [11]. На основании кривых расчетно-графическим методом определяют значения трех видов деформаций (упругих, эластичных и пластических) и рассчитывают модуль упругости E_1 , эластичности E_2 , равновесный модуль упругости E и другие структурно-механические константы.

Одним из критериев пригодности дисперсных систем к пластическому формированию является соотношение упругих, эластичных и пластических деформаций [12–14]. Учитывая рекомендации авторов [15–17] и ориентируясь на структурно-механические характеристики масс, используемых на заводах по производству стеновой керамики, в качестве критерия пригодности формовочных масс к пластическому формированию было принято условие

$$\varepsilon_{\text{уп}} = 33,3 \% \pm 30 \% ; \quad \varepsilon_{\text{пл}} = 33,3 \% \pm 30 \% ; \quad \varepsilon_{\text{уп}} + \varepsilon_{\text{эл}} + \varepsilon_{\text{пл}} = 100 \%,$$

где $\varepsilon_{\text{уп}}$, $\varepsilon_{\text{эл}}$, $\varepsilon_{\text{пл}}$ – соответственно проценты приведенных упругих, эластичных и пластических деформаций, определяемые согласно методике [11].

Результаты и их обсуждение. В целях определения реологических свойств формовочных масс с добавками разного генезиса и морфологии были определены процентные соотношения приведенных деформаций и периоды релаксации (τ , с) составов с различным процентным содержанием модифицирующих добавок (рис. 2).

Раздельное введение в состав суглинистой шихты добавок осадка водоподготовки, механически активированного волластонита и кварцевого песка приводит к незначительному изменению соотношения между тремя видами деформаций, принципиально не изменяя свойства формовочной массы. Следует отметить, что отличительной особенностью таких масс (IV и V структурно-механические типы) являются значительное развитие пластических деформаций, небольшие значения упругой и эластичной деформаций, а также периода истинной релаксации. Подобные композиции весьма пластичны, легко деформируются и проявляют склонность к пластическому разрушению, в частности, свищеобразованию [15].

Характер воздействия осадка водоподготовки, механически активированного волластонита и песка на структурно-механические характеристики суглинистых формовочных масс позволяет заключить, что, хотя модификаторы изменяют соотношение между приведенными деформациями, тем не менее не обеспечивают соответствие выбранному критерию (1). Таким образом, на следующем этапе работы исследована эффективность управления реологическим поведением формовочных масс на основе суглинка с помощью композиционной добавки, включающей осадок водоподготовки и волластонит.

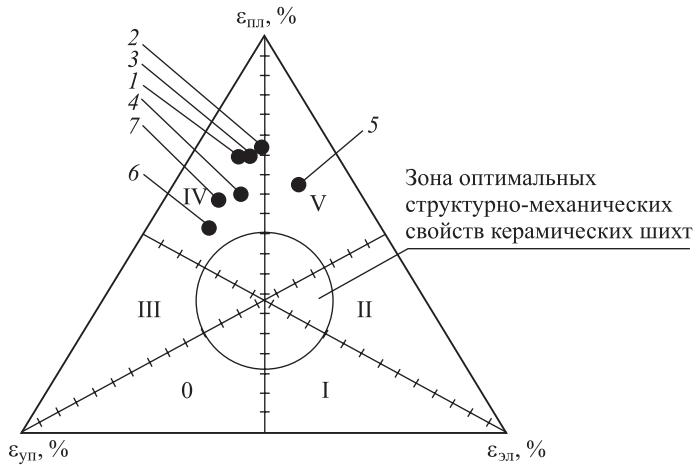


Рис. 2. Тройная диаграмма приведенных деформаций для шихт состава:

Точки на диаграмме	Состав шихты, %				Структурно-механические характеристики			
	Суглинок	Добавки			$\varepsilon_{\text{уп}}, \%$	$\varepsilon_{\text{эл}}, \%$	$\varepsilon_{\text{пл}}, \%$	$\tau, \text{с}$
		осадок водоподготовки	волластонит	песок				
1	100	–	–	–	23	9	68	283
2	80	20	–	–	12,7	15,6	71,7	93,4
3	60	40	–	–	10,9	19,6	69,5	131
4	85	–	15	–	14,1	25,4	60,5	305
5	70	–	30	–	31,8	16,1	62,1	336
6	85	–	–	15	37,7	11,5	50,8	728
7	70	–	–	30	31,3	11,5	57,2	420

Для изучения совместного влияния массового содержания и соотношения компонентов на структурно-механические свойства формовочной массы использовали математическое планирование эксперимента. Построение матрицы ПФЭ и статистическая обработка полученных данных осуществлялись согласно методике [18].

Эксперименты проводили в соответствии с ортогональным планом второго порядка ПФЭ 3^2 . В качестве факторов воздействия были приняты: x_1 – содержание волластонита, %; x_2 – содержание осадка, %. За параметр оптимизации приняты значения процента приведенных пластических и упругих деформаций.

В соответствии с матрицей планирования подготовлено и изучено девять серий образцов. Матрица планирования, результаты экспериментов и их статистической обработки представлены в табл. 2.

На основании экспериментальных данных получены уравнения регрессии и построены поверхности отклика (рис. 3), показывающие экстремальное влияние количества и соотношения между компонентами добавки на реологические характеристики формовочной массы.

Таблица 2. Матрица планирования ПФЭ

	U	x_0	x_1	x_2	x_{1-2}	x_3'	x_4'	Y_1^{III}	Y_2^{III}	$Y_{\text{ср}}^{\text{III}}$	$S_{y\text{уп}}^2$	$Y_{\text{расч}}^{\text{III}}$	$Y_1^{\text{уп}}$	$Y_2^{\text{уп}}$	$S_{y\text{уп}}^2$	$Y_{\text{расч}}^{\text{уп}}$				
ПФЭ 2 ²	1	+1	-1	-1	+1	1/3	45,4	52,6	49,0	12,81	53,9	43,1	48,1	45,61	6,31	42,9				
	2	+1	+1	-1	-1	1/3	41,2	47,8	44,5	10,97	48,4	32,7	38,4	35,55	7,86	36,7				
	3	+1	-1	+1	-1	1/3	56,0	62,7	59,4	11,27	60,7	33,2	38,7	35,96	7,50	34,2				
	4	+1	+1	+1	+1	1/3	32,0	38,8	35,4	11,30	35,7	34,9	40,0	37,47	6,34	39,6				
Звездные точки	5	+1	-1	0	0	1/3	-2/3	60,5	74,8	67,7	51,12	61,6	36,7	31,9	34,33	5,73	38,7			
	6	+1	+1	0	0	1/3	-2/3	47,2	54,0	50,6	11,61	46,4	39,0	44,5	41,71	7,58	38,3			
	7	+1	0	-1	0	-2/3	1/3	69,1	62,2	65,7	11,88	57,0	22,2	16,9	19,51	7,01	20,9			
	8	+1	0	+1	0	-2/3	1/3	52,2	59,1	55,7	11,97	54,1	16,2	21,0	18,60	5,83	18,1			
	Нулевая точка	9	+1	0	0	0	-2/3	53,8	45,5	49,6	17,18	59,9	17,8	23,7	20,74	8,67	19,7			
	$\sum_{U=1}^N x_{iU}^2$		9	6	6	4	2	2	2	Критерий Кохрена (процент пластических деформаций): $G_p = 0,51$; $G_{\text{кр}} = 0,64$						Критерий Кохрена (процент упругих деформаций): $G_p = 0,16$; $G_{\text{кр}} = 0,64$				
	$t_{\text{кр}} = 2,262$		b_i^{III}	53,05	-7,59	-1,46	-4,86	-5,91	-4,36	Критерий Кохрена (процент однородны						Выход: дисперсии однородны				
	t_i^{III}		116,92	-16,73	-2,22	-10,71	-13,02	-9,61	Критерий Фишера: $q = 0,05$; $f_1 = 6$; $f_2 = 9$						Выход					
	Выход		3Н	3Н	3Н	3Н	3Н	3Н	f_1	F_p	$F_{\text{кр}}$	ММ адекватна								
$t_{\text{кр}} = 2,262$	$b_i^{\text{уп}}$		32,17	-0,198	-1,442	2,892	18,82	-0,146	6	3,25	3,37	ММ адекватна								
	$t_i^{\text{уп}}$		109,57	-0,673	-4,912	9,852	64,116	-0,498	$Y_{1\text{ уп}} = 53,05 - 7,59 \cdot x_1 - 4,86 \cdot x_1 \cdot x_2 - 5,91 \cdot (x_1^2 - 0,67) - 4,36 \cdot (x_2^2 - 0,67)$, $Y_{2\text{ уп}} = 32,17 - 1,442 \cdot x_2 - 2,892 \cdot x_1 \cdot x_2 - 18,82 \cdot (x_1^2 - 0,67)$							Выход				
Выход		3Н	3Н	3Н	3Н	3Н	3Н	3Н												

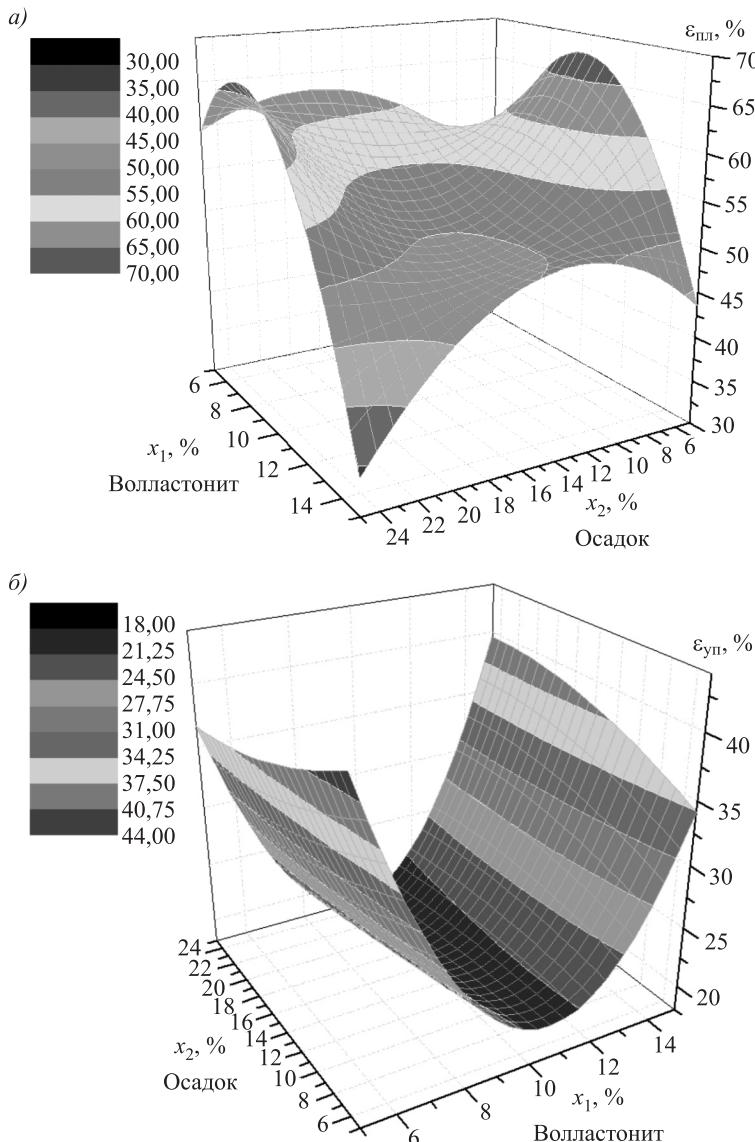


Рис. 3. Влияние соотношения компонентов в добавке на значение приведенных пластических деформаций системы: суглинок – осадок – волластонит
 а – процент приведенных пластических деформаций; б – процент приведенных упругих деформаций

Анализ полученных уравнений регрессии (табл. 2) и построенных по ним поверхностей отклика (рис. 3) свидетельствует, что совместное введение осадка водоподготовки и волластонита в соотношении 1:1,5–2 приводит к более значительному перераспределению деформаций от пластических к упруго-эластическим, чем при раздельном использовании этих добавок. Подобный подход позволяет получать формовочные массы со значениями деформаций, находящимися на диаграмме развития деформаций (рис. 4) в оптимальной зоне.

Изменения в деформационном поведении формовочных масс, по-видимому, связаны с образованием коагуляционной структуры, в которой

частицы осадка – мелкокристаллического кварца обволакивают частицы отошающего компонента, обеспечивая связь между частицами посредством молекулярных (ван-дер-ваальсовых) и ионных сил. При этом взаимодействие частиц ограничено либо их непосредственным соприкосновением, либо протекает через слой дисперсионной среды.

Мелкокристаллический кварц нельзя рассматривать как отошающий компонент, так как по своим физическим свойствам (обладает адсорбционной способностью, но не имеет пластичности) он приближается к глине, не обладая ее способностью к формированию [19]. Высокодисперсные частицы кварца при осаждении образуют связь с другими твердыми частицами и между собой, вероятно, за счет пленки геля кремнезема, что является



Рис. 4. Тройная диаграмма приведенных деформаций для шихт оптимального состава

1 – суглинок 100 %; 2 – суглинок 60 % + 15 % песок + 25 % осадок;
3 – суглинок 60 % + 15 % волластонит + 25 % осадок

следствием природы его образования, поскольку образование высокодисперсных кварцевых частиц в осадке обусловлено сложными механическими, физико-химическими и биологическими процессами, которые претерпевает первоначально имеющийся в речной воде песок. Твердая фаза осадков систематически подвергалась действию воды, а также механическим воздействиям, что позволяет считать воду активным компонентом, вносящим деформационные, структурные и агрегатные изменения в твердую фазу.

Полученные результаты позволили выбрать состав шихты (табл. 3), обеспечивающий развитие всех видов деформаций в процессе пластического формования в соответствии с выбранным критерием (1) оптимальных формовочных свойств (см. рис. 4).

Следует отметить, что нормальная влажность таких масс, равная 18 %, является приемлемым значением с точки зрения технологических требований, так как на производстве для пластического формования в заводских условиях используются массы с влажностью 18–20 % [20].

Таблица 3. Структурно-механические характеристики для шихт оптимального состава

Структурно-механические характеристики шихт	Составы опытных масс, %		
	суглинок 100 %	шихта с традиционным отощителем ($W = 17 \%$, осадок – 25 %, песок – 15 %)	шихта с добавками ($W = 18 \%$, осадок – 25 %, волластонит – 15 %)
Нормальная формовочная влажность W_ϕ , %	20,8	17,0	18,0
Модуль быстрой эластической деформации E_1 , МПа	1,735	8,681	5,927
Модуль медленной эластической деформации E_2 , МПа	1,935	6,945	6,553
Вязкость $h \cdot 10^7$, Па · с	469	355	618
Условный предел текучести P_{kl} , кПа	3,5	3,0	4,7
Период истинной релаксации q , с	283	257	1042
Быстрая эластическая деформация ε_{ypl} , %	22,1	21,3	31,6
Медленная эластическая деформация ε_{zpl} , %	9,3	26,7	34,9
Пластическая деформация ε_{pl} , %	68,6	52,0	33,5
Структурно-механический тип	IV	V	V

Выводы. 1. С применением математического планирования проведены экспериментальные исследования структурно-механических характеристик формовочных масс на основе низкосортного глинистого сырья и модифицирующих добавок разного генезиса и морфологии.

2. Установлено, что на деформационное поведение формовочных масс можно оказывать эффективное воздействие за счет выбора соотношения, отличающихся генезисом и морфологией частиц, компонентов композиционной добавки. Совместное введение коллоидного раствора (осадок водоочистки) и более крупных частиц отощителя (волластонит) в соотношении между этими компонентами на уровне 1:1,5–2 позволяет существенно снизить долю пластических деформаций и получить массу с оптимальным соотношением всех видов деформаций и тем самым улучшить ее формуемость.

3. По результатам экспериментальных исследований выбран состав шихты, включающий наряду с суглинком комплексную добавку из природного волластонита и осадка водоочистки.

4. Подход к управлению структурно-механическими свойствами керамических масс за счет использования добавки, представляющей композицию из компонентов разного генезиса и с разной морфологией частиц, может быть использован не только для изготовления кирпича, но и в производстве керамических блоков сложных геометрических форм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Петров В.П., Белянкина Е.Д., Лицарев М.А. Волластонит. М.: Наука, 1982. 107 с.

2. Азаров Г.М., Майорова Е.В., Беляков А.В. Волластонитовое сырье и области его применения // Стекло и керамика. 1995. № 9. С. 13–16.
3. Масленникова Г.К., Жекишева С.Ж., Конешова Т.И. Керамические материалы на основе волластонита // Стекло и керамика. 1995. № 4. С. 25–27.
4. Тюльчин В.А., Ткач В.Р., Эйрих В.И., Старатубцев Н.П. Волластонит – уникальное минеральное сырье многоцелевого назначения. М.: Издат. дом «Руда и металлы», 2003. 144 с.
5. Столбушкин А.Ю. Влияние добавки волластонита на формирование структуры стеновых керамических материалов из техногенного и природного сырья // Строит. материалы. 2014. № 8. С. 13–17.
6. Ciullo P., Robinson S. Wollastonite – versatile functional filler // Paint and Coatings Industry. 2009. No. 11. P. 50.
7. Балкевич В.Л., Когос А.Ю. Спекание керамических масс с природным и синтезированным волластонитом // Стекло и керамика. 1988. № 1. С. 19–21.
8. Шахов С.А., Николаев Н.Ю. Влияние минеральных добавок разного генезиса и морфологии на структурно-механические свойства формовочных масс // Изв. вузов. Строительство. 2016. № 7. С. 11–22.
9. Пат. № 2581588 Российской Федерации, МПК C04/B33/02, Шихта для изготовления керамических изделий / С.А. Шахов, Т.Л. Рудая; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО СГУПС.
10. Шахов С.А., Рудая Т.Л., Кожемяченко А.С. Изучение возможности применения осадка водоочистки в производстве строительной керамики // Изв. вузов. Строительство. 2013. № 1. С. 54–61.
11. Практикум по технологии керамики и огнеупоров / под ред. Д.Н. Полубоярнина и Р.Я. Попильского. М.: Стройиздат, 1972. 352 с.
12. Ильин А.П., Прокофьев В.Ю. Управление структурно-механическими свойствами формовочных масс при получении экструдированных носителей и катализаторов // Катализ в промышленности. 2002. № 6. С. 45–51.
13. Briscoe B.J., Ozkan N. Characterization of Ceramic Pastes by an Indentation Hardness Test // J. European Ceramic Society. 1997. Vol. 17, 14. Pp. 1675–1683.
14. Danforth S.C., Talo I.K., Kwart S. Rheological Behavior of Injection Molding Ceramic-ceramic Composite Formulations // CIM Bull. 1989. D2, N 926. P. 88.
15. Ильин А.П., Прокофьев В.Ю. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов: монография. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2004. 316 с.
16. Doraiswamy D., Tsao I.K., Danforth S.C. Analysis of the Rheological Behavior of Concentrated Ceramic Suspensions // Ceram. Mater. and Compon. Engines. 1989. Pp. 380–398.
17. Ozkan N., Oysu C., Briscoe B.J., Aydin I. Rheological analysis of ceramic pastes // J. European Ceramic Society. 1999. Vol. 19, 16. Pp. 2883–2891.
18. Методология планирования эксперимента: методические указания к лабораторным работам / сост. Т.П. Абомелик. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 38 с.
19. Зальмаи Г. Физико-химические основы керамики. М.: Госстройиздат, 1959. 310 с.
20. Круглицкий Н.Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых материалов. Киев: Наук. думка, 1968. 244 с.

Шахов Сергей Александрович, д-р техн. наук, проф.; E-mail: sashakov@mail.ru
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Николаев Никита Юрьевич, асп.; E-mail: nikolaevh13@mail.ru.

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Рудая Татьяна Леонтьевна, асп.

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Получено 15.11.16

Shakhov Sergey Alexandrovich, DSc, Professor; E-mail: sashakhov@mail.ru

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

Nikolaev Nikita Yur'evich, Post-graduate Student; E-mail: nikolaevh13@mail.ru.

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

Rudaya Tat'yana Leont'evna, Post-graduate Student

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

INFLUENCE OF THE DISPERSE WOLLASTONITE AT FORMABILITY OF THE LOAM MOLDING COMPOUNDS

It had carried out comprehensive experimental studies of structural and mechanical properties of the molding compounds based on loam raw materials and modifying agents of different genesis and morphology with the use of the mathematical planning method. It was found that the deformation behavior of the molding compounds can be effective to provide by the choice of the relation of the components of the complex supplement with differing genesis and morphology of the particles. Joint adding of colloidal particles (water purification sediment) and particles of wollastonite in a ratio between those components at 1: 1,5–2 allows to the lower of proportion of plastic deformation and obtains an optimal relation with all kinds of deformations. By the results of experimental studies had been selected optimal charges of molding compounds with a complex supplement from natural mechanically activated wollastonite and water purification sediment.

K e y w o r d s: loams, water purification sediment, wollastonite, coagulation structure, structural characteristics, molding properties, plastic molding.

REFERENCES

1. Petrov V.P., Belyankina E.D., Litsarev M.A. *Vollastonit [Wollastonite]*. Moscow, Nauka, 1982. 107 p. (in Russian)
2. Azarov G.M., Mayorova E.V., Belyakov A.V. *Vollastonitovo syre i oblasti ego primeneniya [Wollastonite raw material and its use]*. Steklo i keramika [Glass and ceramics]. 1995. No. 9. Pp. 13–16. (in Russian)
3. Maslenikova G.K., Zhekishewa S.Zh., Koneshova T.I. *Keramicheskie materialy na osnove vollastonita [Ceramic materials based on wollastonite]*. Steklo i keramika [Glass and ceramics]. 1995. No. 4. Pp. 25–27. (in Russian)
4. Tyul'nin V.A., Tkach V.R., Eyrikh V.I., Starodubtsev N.P. *Vollastonit – unikal'noe mineral'noe syre mnogotselevogo naznacheniya [Wollastonite is an unique multi-purpose mineral raw]*. Moscow, Izdatel'skiy dom «Ruda i metally», 2003. 144 p. (in Russian)
5. Stolboushkin A.Yu. *Vliyanie dobavki vollastonita na formirovanie struktury stenovyykh keramicheskikh materialov iz tekhnogenного i prirodnogo syr'ya [Influence of wollastonite additives by the structure of ceramic materials from technogenic and natural raw materials]*. Stroitel'nye materialy [Building materials]. 2014. No. 8. Pp. 13–17. (in Russian)
6. Ciullo R., Robinson S. *Wollastonite – versatile functional filler*. Paint and Coatings Industry. 2009. No. 11. P. 50.

7. Balkevich V.L., Kogos A.Yu. Spekanie keramicheskikh mass s prirodnym i sintezirovannym wollastonitom [Sintering of the ceramic materials with natural and synthesized wollastonite]. Steklo i keramika [Glass and ceramics]. 1988. No. 1. Pp. 19–21. (in Russian)
8. Shahov S.A., Nikolaev N.Yu. Vliyanie mineral'nykh dobavok raznogo genezisa i morfologii na strukturno-mekhanicheskie svoystva formovochnykh mass [Influence of the mineral additives of different genesis and morphology by the structure and mechanical properties of the molding compounds]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2016. No. 7. Pp. 11–22. (in Russian)
9. Pat. No. 2581588 Rossiyskaya Federatsiya, MPK S04/V33/02, Shikhta dlya izgotovleniya keramicheskikh izdeliy [The charge for the manufacture of ceramic production] / S.A. Shahov, T.L. Rudaya; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO SGUPS. (in Russian)
10. Shahov S.A., Rudaya T.L., Kozhemyachenko A.S. Izuchenie vozmozhnosti primeneniya osadka vodoochistki v proizvodstve stroitel'noy keramiki [Studying the possibility of using water purification sediment in the production of building ceramics]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2013. No. 1. Pp. 54–61. (in Russian)
11. Praktikum po tekhnologii keramiki i ogneuporov [Workshop by the technology of ceramics and refractories materials]. Pod red. D.N. Poluboyarinova i R.Ya. Popil'skogo. Moscow, Stroyizdat, 1972. 352 p. (in Russian)
12. Il'in A.P., Prokof'ev V.Yu. Upravlenie strukturno-mekhanicheskimi svoystvami formovochnykh mass pri poluchenii ekstrudirovannykh nositeley i katalizatorov [Management of structural and mechanical properties of the molding compounds in the preparation of extruded supports and catalysts]. Kataliz v promyshlennosti [Catalysis in Industry]. 2002. No. 6. Pp. 45–51. (in Russian)
13. Briscoe B.J., Ozkan N. Characterization of Ceramic Pastes by an Indentation Hardness Test. J. European Ceramic Society. 1997. Vol. 17, 14. Pp. 1675–1683.
14. Danforth S.C., Tsao I.K., Kwart S. Rheological Behavior of Injection Molding Ceramic-ceramic Composite Formulations. CIM Bull. 1989. D2, No. 926. P. 88.
15. Il'in A.P., Prokof'ev V.Yu. Fiziko-khimicheskaya mekhanika v tekhnologii katalizatorov i sorbentov: monografiya [Physico-chemical mechanics of catalysts and adsorbents technologies: monograph]. Ivanovo: Ivan. gos. khim. tekhnol. un-t, 2004. 316 p. (in Russian)
16. Doraiswamy D., Tsao I.K., Danforth S.C. Analysis of the Rheological Behavior of Concentrated Ceramic Suspensions. Ceram. Mater. and Compon. Engines. 1989. Pp. 380–398.
17. Ozkan N., Oysu C., Briscoe B.J., Aydin I. Rheological analysis of ceramic pastes. J. European Ceramic Society. 1999. Vol. 19, 16. Pp. 2883–2891.
18. Metodologiya planirovaniya eksperimenta: metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam [The methodology of experimental design: guidelines for laboratory work]. Sost. T.P. Abomelik. Ul'yanovsk: Ul'yanovsk: Ul'yanovsk, 2011. 38 p. (in Russian)
19. Zal'mai G. Fiziko-khimicheskie osnovy keramiki [Physical and chemical base of ceramics]. Moscow, Gosstroyizdat, 1959. 310 p. (in Russian)
20. Kruglytskiy N.N. Fiziko-khimicheskie osnovy regulirovaniya svoystv dispersiv glinistykh materialov [Physical and chemical base of regulation properties of clay materials dispersions]. Kiev, Naukova dumka, 1968. 244 p. (in Russian)

УДК 691.16 : 665.775

С.В. КОТОВ, Б.Ю. СМИРНОВ, В.А. ПОГУЛЯЙКО, Л.В. ЗИНОВЬЕВА,
О.С. ФАЛИНА

ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ СЕРОБИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Использование серы в технологии стройиндустрии и дорожном строительстве в настоящее время становится все более и более выгодным. Для производства дорожных одежд в настоящее время используется серобитумное вяжущее (СБВ), получаемое на основе товарного окисленного битума и элементной серы. Механическое перемешивание битума и серы при повышенной температуре обеспечивает образование эмульсии и инициирует реакцию химического взаимодействия этих компонентов. Установлено, что при содержании серы в битумном вяжущем до 5–10 мас. % происходит пластификация битума. Введение серы в этом количестве приводит к повышению пенетрации при 25 °C. Одновременно кривые температуры размягчения по кольцу и шару и зависимости предельного напряжения сдвига СБВ от содержания в нем серы также проходят через минимум в области 5–10 мас. %, что связано, очевидно, с растворением и химическим взаимодействием серы с масляными компонентами органического вяжущего. Растворимость СБВ при 25 °C монотонно постоянно снижается с повышением концентрации серы в вяжущем во всей области концентраций (до 30 мас. %). Использование битумов марок БНД 90/130 и 130/200 при модификации серой в концентрации 10 мас. %, а также марки БНД 60/90 5 мас. % серы позволяет получить СБВ, соответствующее требованиям ГОСТ 22245–90, что открывает широкие перспективы использования СБВ в дорожном строительстве РФ.

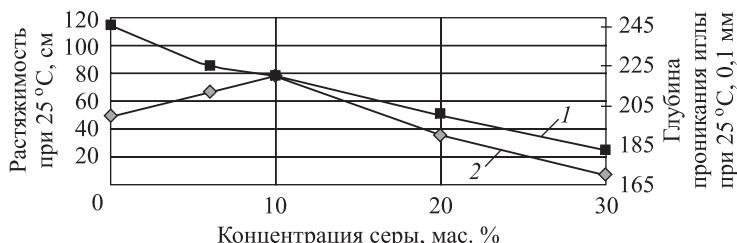
Ключевые слова: сера, битум, серобитумное вяжущее, реология, пенетрация, растворимость, дорожное строительство.

Введение. Мировой рынок серы в настоящее время имеет устойчивую тенденцию превышения производства серы над ее сбытом. Это связано с более глубокой очисткой попутных газов, продуктов нефтепереработки, расширением разработки серосодержащих газовых и нефтяных месторождений, очисткой топочных газов. Поэтому сегодня становится более выгодным использовать серу в технологии стройиндустрии и дорожном строительстве [1–4]. Для производства дорожных одежд в ряде стран используется серобитумное вяжущее (СБВ), получаемое на основе товарного окисленного битума и элементной серы [1, 4]. В России также ведется большой объем работ по повышению качества получаемого окисленного дорожного битума [5, 6]. Однако получаемое СБВ оказывается дешевле окисленного нефтяного битума, имеющего сопоставимые параметры в рамках технических требований стандартной марки битума, соответствующей действующему ГОСТ 22245–90. Кроме того, известно [7], что СБВ обладают лучшим комплексом эксплуатационных характеристик по сравнению с битумом, на основе которого их изготавливают, в результате чего дорожное покрытие на основе СБВ обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным на базе битума.

Введение в битум серы является возможной альтернативой повышения качества битумов путем введения дорогостоящих полимеров [8].

Объекты и методы исследования. Введение серы в битум возможно двумя способами. При первом мелкие частицы серы (5 мкм) вводят в горячий битум при непрерывном перемешивании, причем сера плавится. При втором способе расплавленную серу добавляют в горячий битум при интенсивном перемешивании. В обоих случаях перемешивание обеспечивает образование эмульсии и инициирует реакцию химического взаимодействия этих компонентов. Процесс перемешивания продолжался при температуре 140 °C в течение 4,0 ч при вращении мешалки 750 об./мин. Полученные образцы СБВ на базе серы с битумами (марки БНД 60/90, 90/130 и 130/200 производства Новокуйбышевского НПЗ (НК НПЗ) и Сызранского НПЗ (СНПЗ)) в обоих способах смешения имели примерно одинаковый уровень качества. Однако в дальнейшем использовалась технология получения СБВ введением расплавленной серы, поскольку она позволяет сократить время получения модифицированного вяжущего, снизить энергопотребление и повысить экологическую безопасность за счет снижения газовых выбросов. Исследования СБВ на соответствие требованиям ГОСТ 22245–90 проводились по заложенным в этом стандарте методикам определения пенетрации и растяжимости при температурах 25 и 0 °C, а также кольцу и шару при 25 °C. Исследования реологических свойств СБВ проводились в Лаборатории высококонцентрированных дисперсных систем ИФХЭ РАН, в которой на ротационных вискозиметрах HAAKE RS-1, Реотест 2 были получены зависимости вязкости образцов СБВ от скорости сдвига в температурном интервале от 80 до 140 °C в диапазоне скоростей от 0,6 до 437 с⁻¹. На прецизионном ротационном вискозиметре HAAKE RS-1 с целью получения большей информации о реологических свойствах для ряда СБВ получены зависимости модулей накопления и потерь от частоты деформирования при температурах 60 и 80 °C при фиксированной амплитуде деформации 10 мин в диапазоне частот от 0,5 до 500 с⁻¹. Предельное напряжение сдвига в температурном интервале от 0 °C до 80 °C определяли на автоматическом коническом пластометре МП-2С.

Результаты и обсуждение. На начальном этапе исследований для получения СБВ в качестве основы использовался дорожный битум с высокой пенетрацией марки БНД 130/200. Зависимость пенетрации и растяжимости при 25 °C от концентрации серы в дорожном битуме марки БНД 130/200 СНПЗ представлена на рис. 1.



*Рис. 1. Зависимость пенетрации и растяжимости при 25 °C от концентрации серы в битуме марки БНД 130/200 СНПЗ
1 – растяжимость при 25 °C; 2 – глубина проникания иглы при 25 °C*

Из результатов исследований (рис. 1) видно, что кривая пенетрации проходит через максимум, а растяжимость при 25 °C постоянно монотонно снижается с повышением серы в СБВ.

В целом аналогичные зависимости были получены в ходе получения СБВ на основе битума марки БНД 90/130 СНПЗ (рис. 2).

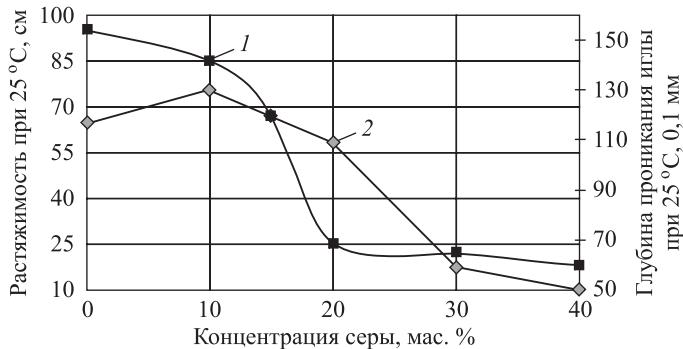


Рис. 2. Зависимость пенетрации и растяжимости при 25 °C от концентрации серы в битуме марки БНД 90/130 завода СНПЗ

1 – растяжимость при 25 °C; 2 – глубина проникания иглы при 25 °C

Максимум на кривой зависимости пенетрации от содержания серы в СБВ также соответствует примерно 10 мас. %.

Температура размягчения по кольцу и шару образцов СБВ, полученных на основе вышеуказанных марок битума, проходит через минимум, соответствующий содержанию серы в СБВ около 3 % (рис. 3).

Очевидно, что при содержании серы в вяжущем до 10 мас. % происходит пластификация битума. Повышение пенетрации при 25 °C происходит за счет увеличения объема дисперсионной среды, при растворении серы масляными компонентами органического вяжущего. При этом снижаются температура размягчения и растяжимость при 25 °C. При дальнейшем повышении содержания серы в вяжущем, за счет увеличения объема высокомолекулярных комплексов, входящих в дисперсную фазу, и большего упорядочения дисперсионной среды происходит повышение температуры размягчения, снижение пенетрации и растяжимости.

Из результатов исследований было установлено, что при введении в битум марки БНД 90/130 до 10 мас. % технической газовой серы и перемешивании

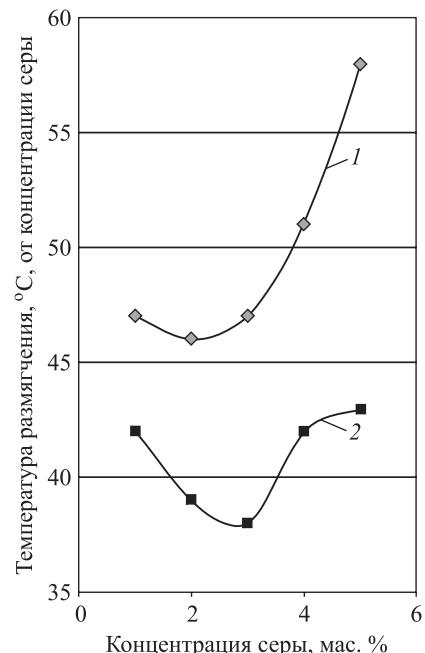


Рис. 3. Зависимость температуры размягчения, °C, от концентрации серы в СБВ на базе битумов марок БНД 90/130 (1) и 130/200 (2) производства завода СНПЗ

в течение 4 ч СБВ соответствует требованиям ГОСТ 22245–90. При введении в вяжущее более высокой концентрации серы, до 30 мас. %, полученное СБВ перестает соответствовать требованиям ГОСТ 22245–90 практически по всем показателям. После прогрева в жестких условиях при температуре 163 °C качество такого СБВ значительно ухудшается. Растворимость при 25 °C после прогрева снижается с 72 до 22 см, температура хрупкости повышается с –19 до –13 °C, глубина проникания иглы при 25 °C составляет от 59–31 % (от первоначальной величины). На основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что введение в битум марки БНД 90/130 более 10 мас. % серы приводит к ухудшению качества битумов.

Необходимо отметить, что качество СБВ также зависит от качества битума, используемого для компаундинга с серой. Чем выше качество исходного битума, тем выше качество СБВ.

Из результатов исследований СБВ, полученных на основе битума марки БНД 60/90 и технической газовой серы, можно предположить, что при введении в битум марки БНД 60/90 до 5 мас. % технической газовой серы происходит химическое взаимодействие серы с компонентами битума. Такое СБВ соответствует требованиям ГОСТ 22245–90. После прогрева качество такого СБВ остается на высоком уровне, глубина проникания иглы при 25 °C составляет от 61–75 % (от первоначальной величины), а растворимость 75–102 см, что выше требований ГОСТ на исходный битум. При введении в вяжущее от 6 до 10 мас. % серы происходит пластификация битума, пенетрация битума повышается до 97 · 0,1 мм. После этого продукт должен соответствовать требованиям марки БНД 90/130, но его низкотемпературные свойства (пенетрация и растворимость при 0 °C) не соответствуют требованиям марки БНД 90/130 ГОСТ 22245–90. После прогрева при температуре 140 °C ухудшаются практически все показатели, растворимость снижается до 36 см, температура хрупкости составляет –15 °C, а остаточная пенетрация 43 %. На основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что введение в битум марки БНД 60/90 более 5 мас. % вызывает ухудшение качества вяжущего, что приводит к получению продукта, не соответствующего требованиям ГОСТ.

Были исследованы реологические свойства лабораторных образцов СБВ и образцов битума, которые являлись основой для получения СБВ. Композиции вяжущего отличались как типом базового битума, так и содержанием в нем серы (наибольшее значение – 25 мас. %). Были изучены зависимости вязкости указанных композиций от скорости сдвига в температурном интервале от 80 до 140 °C в диапазоне скоростей от 0,6 до 437 с^{–1}.

Установлено, что поведение СБВ в температурном интервале от 80 до 140 °C в широком диапазоне скоростей сдвига соответствует ньютоновским жидкостям. В этом случае ее поведение описывается законом Ньютона, постулирующим линейную зависимость напряжения сдвига τ от скорости сдвига γ :

$$\tau = \eta \times \gamma,$$

где коэффициент пропорциональности η является вязкостью.

Показано, что введение серы в битумные композиции сопровождается снижением вязкости без изменения характера течения.

С целью получения большей информации о реологических свойствах для ряда СБВ получены зависимости модулей накопления и потерь от частоты деформирования при температурах 60 и 80 °С при фиксированной амплитуде деформации и времени в широком диапазоне частот. Характер зависимости составляющих динамического модуля указывает на то, что при температурах 60 и 80 °С в исследованном интервале частот СБВ находятся в вязкотекучем состоянии.

Зависимость предельного напряжения сдвига для исследованных композиций СБВ от содержания серы при 0 °С представлена на рис. 4.

Экстремальный характер зависимостей (рис. 4) предельного напряжения сдвига от содержания серы коррелирует с результатами определения пенетрации для СБВ, опубликованными в работе [9].

Для образцов СБВ (рис. 4, кривая 1) на основе битума БНД 90/130 СНПЗ с концентрацией серы от 5 до 15 мас. % при температуре 0 °С при содержании серы 5 мас. % наблюдается значительное снижение показателя предельного напряжения сдвига.

При 0 °С характер зависимости предельного напряжения сдвига от содержания серы для образцов СБВ на основе битума БНД 60/90 СНПЗ с концентрацией с 5 до 10 мас. % и СБВ на основе битума БНД 90/130 СНПЗ с концентрацией серы 5 до 15 мас. % похожи (рис. 4, кривая 1, 2). Наблюдаемые различия следует в первую очередь объяснить более высокой вязкостью СБВ на основе битума БНД 60/90 СНПЗ в сравнении с СБВ на основе битума БНД 90/130 СНПЗ. При 0 °С оба битума находятся в пластичном состоянии, поэтому в обоих случаях уже 5 мас. % серы оказывается достаточным для разрушения структуры и снижения значения предельного напряжения сдвига.

Показатель предельного напряжения сдвига для СБВ на основе битума БНД 60/90 НК НПЗ (рис. 4, кривая 3) с концентрацией серы от 5 до 25 мас. % практически не зависит от содержания серы. Это наблюдается как при 0 °С, так и при 20 °С. При более высоких температурах (от 30 °С и выше) величину предельного напряжения сдвига определить не представлялось возможным, поскольку образцы переходили в вязкотекучее состояние.

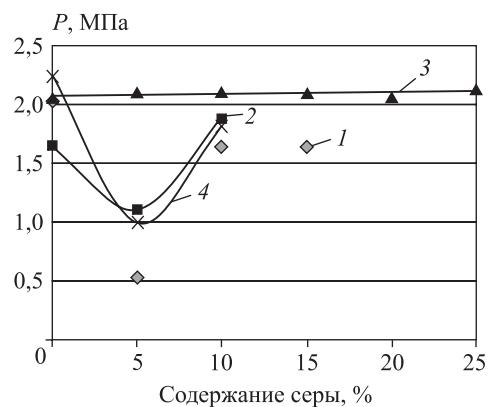


Рис. 4. Зависимость предельного напряжения сдвига для исследованных композиций СБВ от содержания серы при 0 °С
1 – СБВ на основе битума БНД 90/130 СНПЗ с концентрацией серы от 5 до 15 мас. %;
2 – СБВ на основе битума БНД 60/90 СНПЗ с концентрацией серы от 5 до 10 мас. %;
3 – СБВ на основе битума БНД 60/90 НК НПЗ с концентрацией от 5 до 25 мас. %;
4 – СБВ на основе гудрона СНПЗ с концентрацией от 5 до 10 мас. %

Изменение предельного напряжения сдвига для СБВ на основе гудрона СНПЗ при 0 °C (рис. 4, кривая 4) аналогично СБВ на основе битума БНД 90/130 и 60/90 СНПЗ (рис. 4, кривые 1, 2).

Наблюдаемые сходства и отличия изменения предельного напряжения сдвига от содержания серы для СБВ на основе битума БНД 60/90 СНПЗ, БНД 60/90 НК НПЗ и СБВ на основе битума БНД 60/90, а также гудрона СНПЗ, в котором присутствует меньше окисленных компонентов, следует связать с отличием как структурно-групповых составов, так и различной вязкости битумных основ.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что введение серы в количестве 5–10 мас. % приводит к повышению пенетрации при 25 °C. Одновременно кривые температуры размягчения по кольцу и шару и зависимости предельного напряжения сдвига СБВ от содержания в нем серы проходит через минимум в области 5 мас. %. Это связано, очевидно, с растворением и химическим взаимодействием серы с масляными компонентами органического вяжущего. Использование битумов марок БНД 90/130 и 130/200 при модификации серой в концентрации 10 мас. %, а также марки БНД 60/90 и 5 мас. % серы позволяет получить СБВ, соответствующее требованиям ГОСТ 22245–90, что открывает широкие перспективы использования СБВ в дорожном строительстве РФ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галдина В.Д. Серобитумные вяжущие. Омск: СибАДИ, 2011. 124 с.
2. Кутин Ю.А., Теляшев Э.Г., Везир ов Р.Р., Викторова Г.Н. Об использовании элементарной серы в производстве дорожных битумов. Нефтепереработка и нефтехимия / сб. науч. трудов. Уфа: Изд. ИП НХП, 2001. Вып. 33. С. 40–42.
3. Dah-yiinn L. Modificatoin of asphalt and asphalt paving mixtures by sulfur additives // Ind. And. Eng. Chem. Proc. Res and Develop. 1975. No. 3. Pp. 171–177.
4. Фомин А.Ю. Применение серы в производстве дорожно-строительных материалов // Стройт. материалы. 2009. № 11. С. 20–22.
5. Попов Ю.В., Пушкарев Ю.Н., Макаров А.К., Белов О.А., Тыщенко В.А., Плещакова Н.А., Котов С.В. Программа развития ОАО «Сызранский НПЗ» // Нефтепереработка и нефтехимия. 2012. № 7. С. 12–18.
6. Тыщенко В.А., Котов С.В., Погуляйко В.А., Зиновьева Л.В., Фалина О.С. Получение дорожных битумов улучшенного качества на ОАО «СНПЗ» // Нефтепереработка и нефтехимия. 2012. № 7. С. 23–26.
7. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980. 319 с.
8. Котов С.В., Зиновьева Л.В., Тюкилина П.М., Фалина О.С., Погуляйко В.А. Получение высококачественных полимерно-битумных вяжущих // Нефтепереработка и нефтехимия. 2013. № 8. С. 34–37.
9. Иваньски М., Урьев Н.Б. Асфальтобетон как композиционный материал. М.: Техполиграфцентр, 2007. 668 с.

Котов Сергей Владимирович, д-р хим. наук, проф.; E-mail: kotovs@svniinp.ru
ПАО «Средневолжский НИИ по нефтепереработке», г. Новокуйбышевск
Самарский государственный технический университет

Смирнов Борис Юрьевич, канд. хим. наук, доц.; E-mail: boris_s57@mail.ru
Самарский государственный технический университет

Погуляйко Владимир Анатольевич, канд. хим. наук;

E-mail: pogulyaykova@svniinp.ru

ПАО «Средневолжский НИИ по нефтепереработке», г. Новокуйбышевск

Зиновьева Людмила Владимировна, инж.; E-mail: zinovievvlv @svniinp.ru

ПАО «Средневолжский НИИ по нефтепереработке», г. Новокуйбышевск

Фалина Олеся Сергеевна, инж.; E-mail: falinaos @svniinp.ru

ПАО «Средневолжский НИИ по нефтепереработке», г. Новокуйбышевск

Получено 22.11.16

Kotov Sergey Vladimirovich, DSc, Professor; E-mail: kotovsv@svniinp.ru

Middle Volga Research Institute of Oil Refining, Novokuybyshevsk, Russia

Samara State Technical University, Russia

Smirnov Boris Yur'evich, PhD, Ass. Professor; E-mail: boris_s57@mail.ru

Samara State Technical University, Russia

Pogulyayko Vladimir Anatol'evich, PhD; E-mail: pogulyaykova@svniinp.ru

Middle Volga Research Institute of Oil Refining, Novokuybyshevsk, Russia

Zinov'eva Lyudmila Vladimirovna, Engineer; E-mail: zinovievvlv @svniinp.ru

Middle Volga Research Institute of Oil Refining, Novokuybyshevsk, Russia

Falina Olesya Sergeevna, Engineer; E-mail: falinaos @svniinp.ru

Middle Volga Research Institute of Oil Refining, Novokuybyshevsk, Russia

INFLUENCE OF COMPOSITION SULFUR ASPHALT BINDERS ON THEIR PHYSICO-CHEMICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES

Using the technology of sulfur in the construction industry and road construction is now becoming increasingly more profitable. To produce pavements currently used containing sulfur asphalt binder (SAB), obtained based on commodity oxidized bitumen and elemental sulfur. Mechanical mixing of sulfur and bitumen emulsion provides education and initiates reaction of the chemical interaction of these components. It is found that when the sulfur content of the bituminous binder to 5–10 % wt. bitumen plasticization occurs. Introduction of sulfur at this increases the amount of penetration at 25 °C. At the same time, the curves of the softening temperature for the ring and ball and the dependence of the limiting shear stress SAB on its sulfur content also passes through a minimum in the region of 5–10 % by weight. That is evidently associated with the dissolution and chemical interaction with sulfur oil components of the organic binder. Elongation at 25 °C SAB monotonically decreases continuously with increasing the concentration of sulfur in the binder in the entire range of concentrations (up to 30 %). The use of bitumen brand 90/130 and 130/200 in the modification of sulfur in a concentration of 10 % wt., and the 60/90 5 % by weight. sulfur, SAB possible to obtain, per the requirements of GOST 22245–90, which opens up broad prospects for use in road construction.

К e y w o r d s: sulfur, bitumen, sulfur asphalt binder, rheology, penetration, elongation, road construction.

REFERENCES

1. Gal'dina V.D. Serobitumnye vyazhushchie [Sulfur asphalt binders]. Omsk, SibADI, 2011. 124 p. (in Russian)
2. Kut'in Yu.A., Telyashhev E.G., Vezirov R.R., Viktorova G.N. Ob ispol'zovanii elementarnoy sery v proizvodstve dorozhnykh bitumov. Neftepererabotka i neftekhimiya. Sbornik nauchnykh trudov [The use of elemental sulfur in the production

- of road bitumen. Refining and Petrochemicals. Coll. scientific. Proceedings]. Ufa, Izd. SP NHP, 2001. Issue, 33. Pp. 40–42. (in Russian)
3. D a h - y i n n L. Modificatoin of asphalt and asphalt paving mixtures by sulfur additives. Ind. And. Eng. Chem. Proc and Develop. 1975. No. 3. Pp. 171–177.
4. F o m i n A.Yu. Primenenie sery v proizvodstve dorozhno-stroitel'nykh materialov [The use of sulfur in the production of road-building materials]. Stroitel'nye materialy [Construction materials]. 2009. No. 11. Pp. 20–22. (in Russian)
5. P o p o v Yu.V., P u s h k a r e v Yu.N., M a k a r o v A.K., B e l o v O.A., T y s h c h e n k o V.A., P l e s h a k o v a N.A., K o t o v S.V. Programma razvitiya OAO «Syzranskiy NPZ» [OJSC «Syzran Refinery» Development Programme]. Neftepererabotka i neftekhimiya [Refining and petrochemicals]. 2012. No. 7. Pp. 12–18. (in Russian)
6. T y s h c h e n k o V.A., K o t o v S.V., P o g u l y a y k o V.A., Z i n o v ' e v a L.V., F a l i n a O.S. Poluchenie dorozhnykh bitumov uluchshennogo kachestva na OAO «CNPZ» [Receiving traffic improved quality of bitumen by JSC «Saratov Refinery】. Neftepererabotka i neftekhimiya [Refining and petrochemicals]. 2012. No. 7. Pp. 23–26. (in Russian)
7. U r ' e v N.B. Vysokokontzentrirovannye dispersnye sistemy [Highly concentrated dispersions]. Moscow, Chemistry, 1980. 319 p. (in Russian)
8. K o t o v S.V., Z i n o v ' e v a L.V., T y u k i l i n a P.M., F a l i n a O.S., P o g u l y a y k o V.A. Poluchenie vysokokachestvennykh polimerno-bitumnykh vyazhushchikh [Obtaining high quality polymer-bitumen binders]. Neftepererabotka i neftekhimiya [Refining and petrochemicals]. 2013. No. 8. Pp. 34–37. (in Russian)
9. I v a n ' s k i M., U r ' e v N.B. Asfal'tobeton kak kompozitsionnyy material [Asphalt as a composite material]. Moscow, Tekhpoligraftsentr, 2007. 668 p. (in Russian)
-

УДК 691.004.8

В.Ф. ПАНОВА, С.А. ПАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ В СТРОЙИНДУСТРИИ

Представлены результаты исследования отходов обогащения железной руды. Даны усредненные показатели гранулометрического, вещественного, химического и минерального составов рудных «хвостов» Абагурской обогатительной фабрики г. Новокузнецка. Показаны методики, позволяющие определять минералогический состав полиминеральных отходов рентгеновским и термогравиметрическим способами. Отражены результаты исследования по использованию «хвостов» для получения строительных материалов, например, как опудриватель для производства керамзита, керамического и силикатного кирпича, мелкого заполнителя. Составы материалов защищены патентами. Показана модель переработки рудных «хвостов» как сырья для стройиндустрии, показывающая последовательность исследования, обогащения, производственного внедрения с разработкой технологического регламента на каждый вид строительных материалов.

Ключевые слова: рудные «хвосты», отходы обогащения железных руд, отвал, опудриватель, добавка, мелкий заполнитель.

Природное сырье приходит к истощению, часть его является некондиционным и требует обогащения. На смену последнего должны быть изучены и применены техногенные породы, например, железорудные отходы. В настоящей работе приведены результаты исследования железорудных «хвостов» обогатительной фабрики для выявления в них глинистых составляющих, железистых остатков, карбонатных и других примесей с целью получения заполнителя и обжиговых строительных материалов. Известно, что железорудные отходы могут быть применены для производства керамического стенового материала в качестве основного сырья или добавки в шихту [1, 2].

Отходы обогащения железных руд образуются методом мокрой магнитной сепарации (MMC) и сухой магнитной сепарации (CMC) предварительно измельченных горных пород. Магнитная часть руды поступает на агломерацию и далее используется в металлургической промышленности, минеральная часть гидротранспортом подается в отвал, окруженный дамбой. Из отвала вода через дренажный колодец поступает в канал, окружающий отвал. Водная суспензия в канале называется шламистой частью, она содержит до 12 % илистых и глинистых примесей, наличие которых определялось по методу Б.И. Рудковского [3]. Обезвоженные отвальные «хвосты» имеют мелкозернистый состав и представляют собой мелкий песок с модулем крупности 0,64...1,7 [4].

Исследования осуществлялись на примере железорудных отходов Абагурской обогатительной фабрики г. Новокузнецка. Площадь отвала занимает около 35 га, накоплено более 50 млн м³, это влияет на экологию г. Новокузнецка. Хранение «хвостов» обходится дорого. Эксплуатационные расходы по содержанию отвала (%) распределяются следующим образом: зара-

ботная плата обслуживающего персонала – 6,3; эксплуатационные расходы – 1,6; электроэнергия – 82,1; текущий ремонт – 5,5; прочие расходы – 5,5 [5].

Результаты химического анализа показали, что рудные «хвосты» содержат как кислотные оксиды (SiO_2 , Al_2O_3), так и основные (CaO , MgO), а также примеси (табл. 1). Они относятся к группе «кислых», модуль основности (Mo) – 0,34 [4].

Минералогический состав и идентификация железосодержащих и глинистых составляющих «хвостов» определялась рентгенофазовым и термогравиметрическим анализом (рис. 1, 2). Пробы, полученные измельчением в фар-

Таблица 1. Химический состав рудных «хвостов»

Наименование пробы	Содержание в % на сухое вещество										
	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	SO_3	K_2O	MnO	TiO_2	П.п.п.
Общая часть	41,2	8,6	5,8	12,14	8,0	11,0	2,8	2,17	0,45	0,28	7,56
Шламистая часть	40,45	8,5	7,84	11,8	—	13,9	1,47	4,8	0,44	0,4	10,4

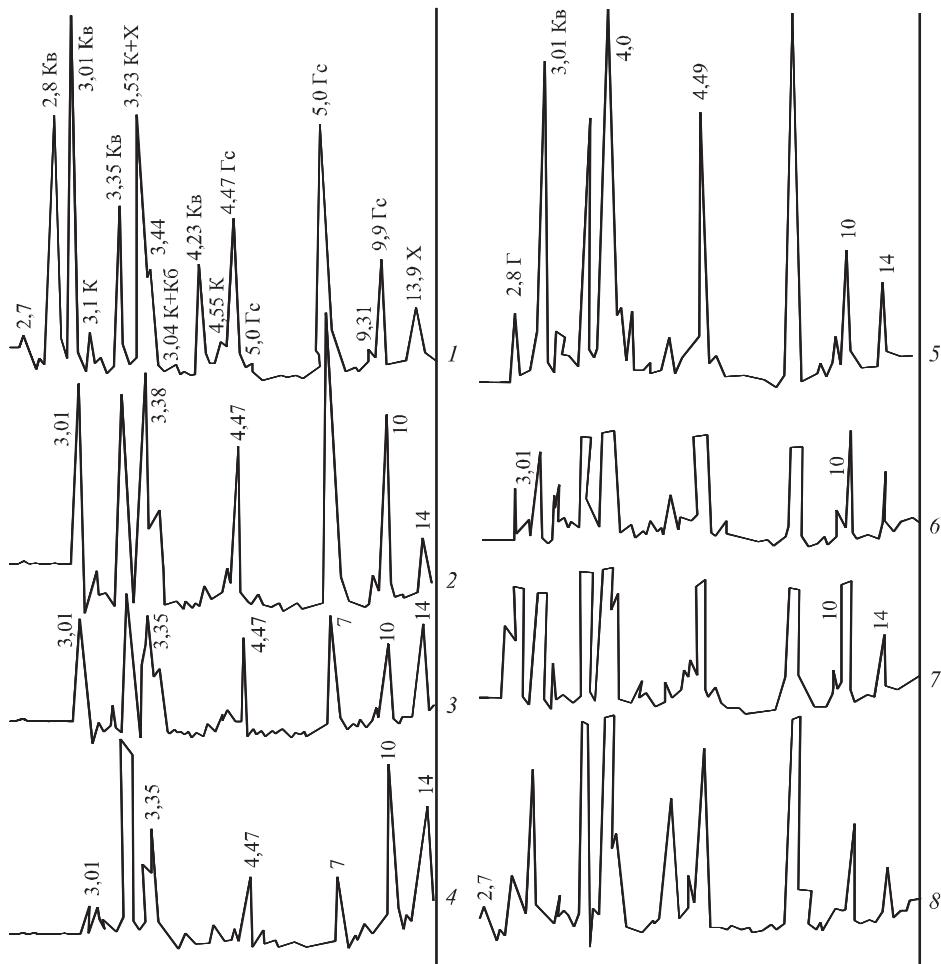


Рис. 1. Дифрактограмма отходов обогащения железной руды

1 – необработанная проба; обработанные: 2 – 350 °C; 3 – 550; 4 – 700 °C; 5 – HCl , 30 мин; 6 – HCl , 2 ч; 7 – NH_4Cl ; 8 – глицерином.

Кв – кварц; ПШ – полевой шпат; Кб – карбонаты; Гс – гидрослюдя; Х – хлорит; К – каолинит

форовой ступке путем раздавливания пестиком, просеивались через сито № 008. Исследование составляющих техногенной породы осуществлялось по разработанной и проверенной методике [4]. Для уточнения вида железистого минерала, содержащегося в продукте, производилась тепловая обработка и обработка пробы теплым раствором H_2SO_4 в течение 30 мин с последующим фильтрованием, промывкой 0,5Н раствором соляной кислоты и дистиллированной водой. Минерал типа $Fe_3O_4 \cdot Fe_2O_3 \cdot FeO$ в этом случае разрушается, характерный дифракционный максимум 2,7 Å исчезает, оставшаяся часть пика, характерная для исследуемых отходов (16 %), отнесена к гидрослюдде (см. рис. 1, кривая 8). Данный вид обработки позволил определить в материале минерал $Fe_3O_4 \cdot Fe_2O_3 \cdot FeO$ [6, 7].

Обработка глицерином пробы проводилась для подтверждения присутствия набухающих минералов (монтмориллонита, нонtronита, хлорита набухающего). В исследуемом материале набухающие минералы, для них характерные пики 16 Å и 17,8 Å...18 Å слабо выражены, поэтому на рис. 1 не отражены. Содержание глинистых в отходах незначительно, шламистая часть, как показано выше, содержит их до 12 %, а в пробе из отвала – до 4 % (табл. 2). Смешанослоистые представлены каолинитом и хлоритом.

Таблица 2. Гранулометрический состав отходов мокрой магнитной сепарации на стадии обогащения

Стадия обогащения	Выход, %					
	>1,6	1,6...0,5	0,5...0,2	0,2...0,1	0,1...0,07	<0,07
I	4,6	25,3	27,6	11,7	6,2	24,6
II	0,1	3,4	23,3	21,9	12	39,3
III	–	0,6	6,3	13,3	11,5	68,3
IV	–	–	0,3	3,7	9,7	86,3
Проба из отвала	3,5	19,9	25,7	13,6	7,5	29,8

Установлено наличие кварца, вермикулита, а также небольшое количество карбонатных включений, последние нашли отражение в термограмме (см. рис. 2).

Дифрактограммы проб отходов, подвергнутых термообработке, показывают, что основные изменения минералов начинаются при повышенной температуре 500...700 °C. Диссоциируют карбонаты, железистые компоненты, разлагаются глинистые минералы, полевые шпаты, гидрослюдда, которые обеспечивают образование газообразных веществ. Определение наличия

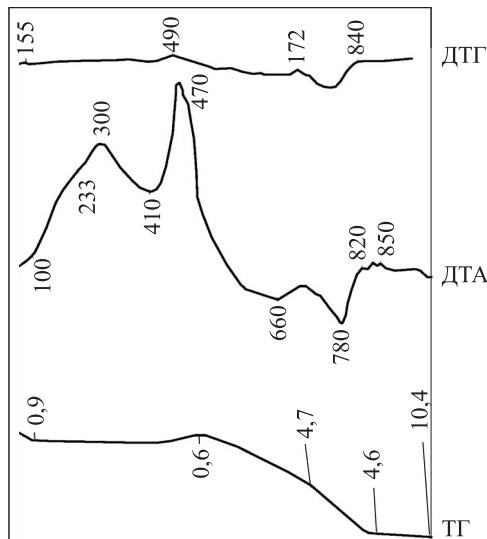


Рис. 2. Дериватограмма отходов обогащения железной руды Абагурской обогатительной фабрики (магнитная часть)

газообразующих минералов бывает важно знать при исследовании отходов, которые могут быть применены в сырье для производства обжиговых строительных материалов, например, для получения керамзита. Приведенное в работе рентгеновское исследование позволило определить минералогический состав глинистой и железосодержащей составляющей наличия примесей, а также некоторые технологические особенности отхода (тугоплавкость, газовыделение при термообработке, реакцию на химические воздействия).

Термогравиметрические исследования подтвердили наличие оксидов железа и органических примесей (эндотермический эффект при $t = 410$ °C, экзотермический эффект при $t = 470$ °C) (см. рис. 2). Установлено, что процессы восстановления железа сопровождаются потерями по массе. Диссоциация карбонатов отмечена эндоэффектом при $t = 780$ °C, алюмосиликатов – 500...700 °C, который наблюдается при разрушении кристаллической решетки гидрослюды, хлоридов, установленных рентгеноструктурным анализом. Наличие органических примесей отмечается эндоэффектом при $t = 410$ °C, переходящим в экзоэффект при 470 °C. Основная потеря по массе (около 90 %) происходит в области повышенных температур, начиная с 500 до 1000 °C, связанная с диссоциацией минеральных составляющих [8].

Установлено, что основными минералами, слагающими отходы обогащения железных руд, являются хлориты, полевые шпаты, биотит, небольшое количество кальцита, магнетит, небольшое количество смешанослойных глинистых минералов.

Остаточное магнитное железо неравномерно распределено по фракциям. В крупных фракциях «хвостов» содержание общего железа не превышает 14,58 %, а магнитного – 7,54 % (табл. 3).

Таблица 3. Распределение железа по фракциям в «хвостах» Абагурской аглофабрики, г. Новокузнецк

Вид работы		Содержание Fe, %			
		0,63	0,63...0,315	0,315...0,14	<0,14
Общая проба	общее	14,58	18,55	40,35	26,53
	магнитное	7,54	11,98	54,11	26,36
Магнитная часть пробы	общее	15,68	22,09	33,42	28,81
	магнитное	14,79	16,82	47,47	20,93

Установлено, чем мельче проба, тем выше содержание общего и магнитного железа, а именно во фракциях 0,315...0,14 мм. Железосодержащие отходы рекомендовано применять после дополнительного отмагничивания в металлургии, а минеральную часть с небольшой примесью железа после гомогенезации – использовать в производстве керамических строительных материалов (рис. 3).

Устройство, разработка отвала на примере хвостохранилища Абагурской обогатительной фабрики, направления применения их в строиндустрии. Объект относится к равнинному отвалу. Он огражден дамбой, ширина ее должна обеспечивать движение автотранспорта, который завозит материал для наращивания. Дорога должна быть освещена. Минеральные породы

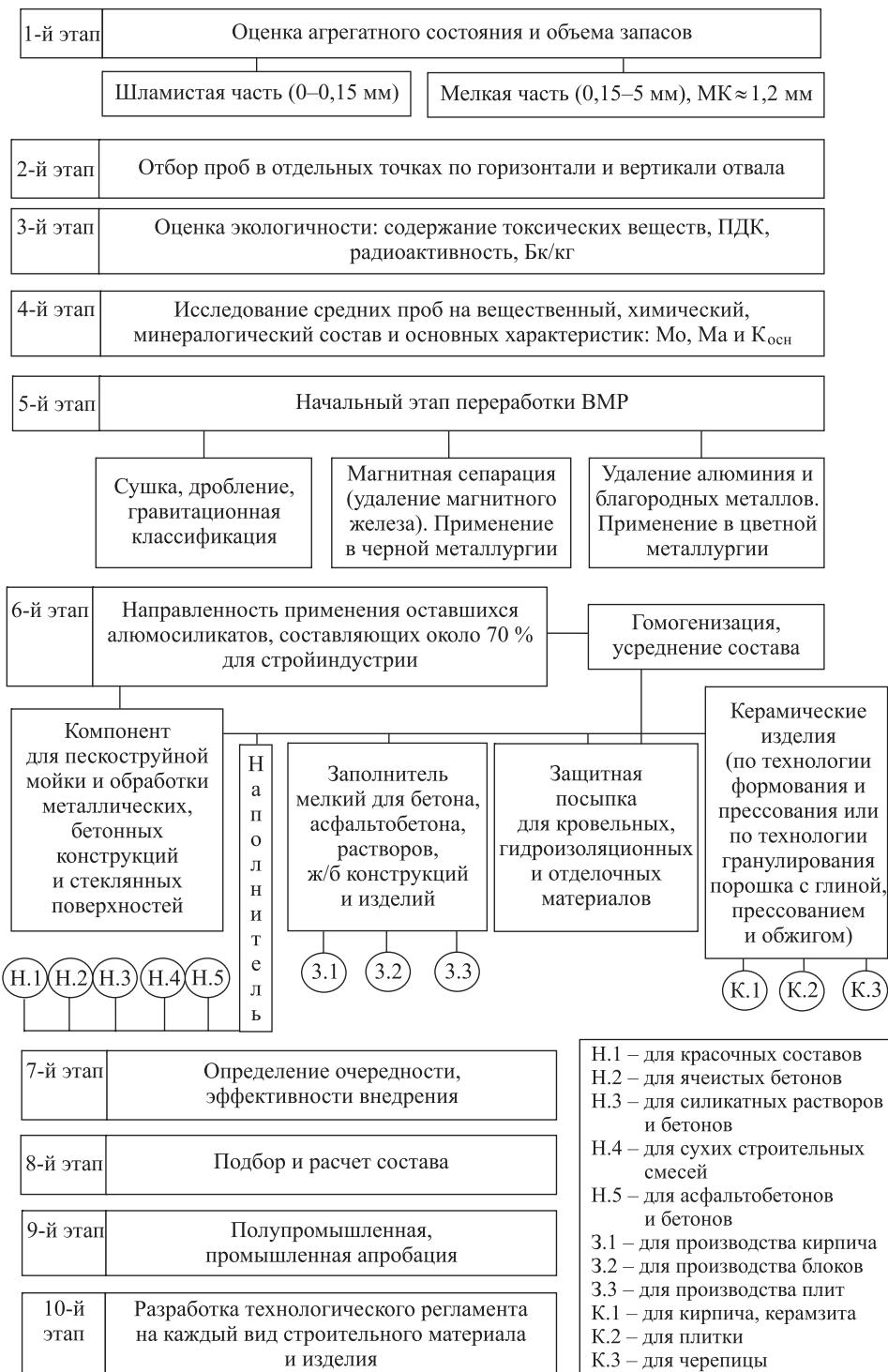


Рис. 3. Модель переработки и использования рудных отходов как вторичных минеральных ресурсов (BMP) в стройиндустрии

после измельчения и многократного отмагничивания (до 5 стадий) гидротранспортом под давлением подаются в систему, установленную по периметру отвала, и выбрасываются через специальные выпуски. В центральной части отвала располагается несколько дренажных колодцев, через которые вода в виде суспензии по дренажным трубам, уложенным по основанию отвала, отводится в канал, который окружает систему. При высушивании шлама образуется тонкодисперсный порошок с содержанием глинистых веществ 10...12 %. Шлам как добавка был применен в керамическую шихту и как опудриватель при производстве керамзита. Результаты этих исследований запатентованы (А.с. № 2853532/29-33; Пат. № 2844913/29-33; Пат. № 2957643/29-33) и прошли успешную апробацию на заводе.

Технологическая схема разработки отвала должна выбираться с учетом способа его заполнения и оптимального усреднения добываемого материала. Разработку рекомендуется осуществлять уступами с применением различных механизмов многоковшовым экскаватором, драглайном, бульдозером и др. Фронт работ следует располагать вдоль наибольшей оси разрабатываемой зоны. Для усреднения состава техногенные породы должны перелопачиваться и складываться вначале в бурт, а далее в конус, из которого они загружаются в автотранспорт и увозятся для переработки и применения. На зимний период следует создавать запас как в отвале, так и на заводе. Запас породы в конусах необходимо утеплять, применяя различные укрывные материалы. Влажность сырья не должна превышать 30 %. Эффективно разработку вести летом. Отвалы, не предназначенные для повторного использования, должны быть рекультивированы. В состав горностроительных работ по добыче «хвостов» следует включать вскрышные работы на площади, обеспечивающей запас сырья сроком на 8 мес; строительство заезда на кровлю отвала; строительство подъездных путей; работы по добыче и созданию запасов сырья в конусе в объеме, обеспечивающем месячную потребность карьера в осенний период и 8-месячную для расхода зимой; комплекс электроснабжения и водоснабжения. Учитывая мелкозернистый состав рудных «хвостов», с целью обессыливания при работе и перевозке, необходимо проводить следующие мероприятия: орошение разрабатываемой площадки с применением оросительно-вентиляторных установок, автомобили для перевозки отходов должны иметь специальные укрывные тенты [9, 10].

Рудные «хвосты», имея дисперсный состав, могут применяться как мелкий заполнитель. Технология получения песка из рудных «хвостов» достаточно проста и не требует больших затрат. Пульпа текущего выхода обогатительной фабрики поступает на классификатор, где происходит отбор крупной фракции (0,14 мм) и обезвоживание ее до 16...18 %. Песок транспортируется на склад готовой продукции [9].

Мелкая фракция отходов после доизвлечения железа может использоваться для получения плотных автоклавных и безавтоклавных бетонов как отощитель и плавень для получения керамического кирпича, как компонент для силикатных изделий. Лучшим сырьем для получения силикатных изделий из «хвостов» ММС являются отходы, полученные с применением анионоактивных флотореагентов (при флотационном способе обогащения). Из исследованных флотореагентов повышенные результаты по прочности

силикатных изделий дает добавка талового масла в расчете 0,04 % при всех режимах тепловой обработки. Получен кирпич М150...250. Отвальные, лежалые «хвосты» позволяют получить меньшую марку стенового строительного материала М100, так как в процессе долгого хранения эффект флотореагентов снижается, в результате выветривания и удаления последнего.

Рудные «хвосты» были исследованы как опудриватель гранул и добавка в керамическую шихту при производстве керамзитового заполнителя [11]. Были исследованы несколько видов добавок: рудные «хвосты», опилки, графит, масляная окалина, поверхностное активное вещество. Определялось влияние добавок к суглинку на их температурный интервал действия. Полученные кривые ДТГ шихт с добавками поочереди совмещались с началом и концом кривой ДТГ шихты без добавок. В результате вырисовывалась площадь между этими кривыми, точки пересечения которых позволили определить температурный интервал влияния добавки [4]. Установлено, что при добавке опилок эта область составляет 300...500 °C; графита – 700...900 °C. Оба вещества имеют локальное действие, чем и объясняется их меньшее влияние на поризацию керамзита по сравнению с третьим видом добавок – ПАВ, для которых область влияния составила 200...650 °C. Шихта с добавкой ПАВ + железорудные «хвосты» имела самый широкий интервал влияния 200...800 °C. Керамзит, полученный из последней шихты, был в 1,5 раза легче. Железорудная минеральная добавка в составе керамической шихты позволяет снизить среднюю плотность керамзита до 0,43 г/см³ и получить марку 400...450 из некондиционного суглинистого сырья.

Установлено, что рудные отходы не обладают пластичностью, поэтому для получения стенового керамического материала с использованием «хвостов» эффективно применять технологию полусухого прессования. В лабораторных условиях использовался следующий режим изготовления образцов: влажность пресс-порошка – 8...12 %, давление прессования – 10...25 МПа, формировались изделия диаметром 50 мм и высотой 56...67 мм с последующей их сушкой и обжигом при 1000 °C. Результаты экспериментальных исследований показывают, что из шихты, состоящей из 70 % отходов обогащения железной руды и 30 % суглинка, получен стеновой материал марки М100...150.

Разработана модель и последовательность переработки рудных «хвостов» как сырья для стройиндустрии. На первом этапе предложено оценить агрегатное состояние и объем запасов породы. «Хвосты» встречаются в виде шламистой и песчаной части. Установлено, что в стройиндустрии можно применять и те, и другие. Необходимо оценить экологичность отходов (радиоактивность, токсичность), их вещественный, химический и минеральный состав, для этого нужно взять средние пробы в отдельных точках по горизонтали и вертикали отвала, т.е. изучить усредненную пробу, чем будет обеспечена достоверность результатов. На начальном этапе переработки необходимо выделить ценные составляющие: цветные, черные и другие металлы, которые возможно и необходимо использовать в черной и цветной металлургии, оставшуюся минеральную часть применить в стройиндустрии. Заключительные этапы – это определение очередности, эффек-

тивности получения того или иного строительного материала. Необходимо сделать подбор и расчет состава шихты и далее провести полупромышленную, промышленную апробацию. Последний этап – это разработка технологического регламента на каждый вид строительного материала и изделия, внедрение в производство (см. рис. 3).

Итак, результаты исследования рудных «хвостов» показали, что они относятся к группе «кислых», их модуль основности составляет 0,34. Вещественный состав: минеральная кварцевая составляющая, содержание примесей глинистых, железорудных веществ, небольшое количество карбонатных, полевошпатных компонентов.

Эти отходы содержат ряд ценных компонентов, поэтому их необходимо предварительно дообогащать с выделением черных и цветных металлов, а оставшуюся минеральную часть использовать как сырье для строительной индустрии.

Предложено разработку отвала вести уступами с применением различных механизмов: многоковшовый экскаватор, драглайн, бульдозер. Для выравнивания состава необходимо осуществлять перелопачивание, для этого вначале создавать бурт, а потом из него конус с последующей его отгрузкой в автотранспорт. В работе необходимо предусматривать мероприятия по обеспыливанию при проведении технологических операций: разработки, отгрузки и транспортировки.

Исследования показали, что отходы обогащения железной руды можно использовать в качестве мелкого заполнителя в бетоны и растворы; опудривателя и добавки в керамзитовую шихту; как компонент для производства силикатного и керамического кирпича.

Разработана модель переработки и использования отходов обогащения железной руды как вторичного минерального ресурса (ВМР), которая отражает последовательность исследования и переработки рудных отходов для использования в металлургии после дополнительного отмагничивания и переработки, минеральную часть для получения строительных материалов и изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Столбушкин А.Ю., Сайбулатов С.Ж., Стороженко Г.И. Технологическая оценка шламистой части отходов обогащения железных руд АОАФ как сырья для промышленности керамических строительных материалов //Комплексное использование минерального сырья. 1992. № 10. С. 67–72.
2. Никифорова Э.М., Еромасов Р.Г., Васильева М.Н., Симонова Н.С. Утилизация отходов переработки железных руд в производстве керамического кирпича пластического формования // Обогащение руд. 2016. № 4 (364). С. 61–66.
3. Книгина Г.И., Вершинина Э.Н., Тацки Л.Н. Лабораторный практикум по искусственным пористым заполнителям и керамике. М.: Стройиздат, 1980. 208 с.
4. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии. Новокузнецк, 2009. 287 с.
5. Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология: учеб. пособие. М.: АСБ, 1994. 264 с.

6. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов / М.Я. Гуревич. М.: Мир, 1965. 458 с.
7. Бриндли Г.В. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. М., 1965. С. 45–63.
8. Горшков В.С. Термография строительных материалов. М.: Стройиздат, 1968. 584 с.
9. Лесовик Р.В., Альфимова Н.И. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов. 2008. 300 с.
10. Storozhenko G., Stolboushkin A. Ceramic bricks from industrial waste // Ceramic & Sakhteman. Seasonal magazine of Ceramic & Building. Winter. 2010. No. 5. Pp. 2–6.
11. Kryukova G.N., Simonov P.A., Storozhenko G.I., Boldyrev G.V. Producing clay-coated quartz powders for semidry pressing of wall ceramics // Symposium proceeding: Nanostructured Powders and Their Industrial Application. San Francisco, USA. 1998. Vol. 520. Pp. 233–238.

Панова Валентина Феодосьевна, канд. техн. наук, проф.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Панов Сергей Александрович, канд. техн. наук, доц.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Получено 17.11.16

Panova Valentina Feodos'evna, PhD, Professor

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Panov Sergey Alexandrovich, PhD, Ass. Professor

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

THE STUDY AND USE OF IRON ORES TAILINGS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

The results of the study of iron ore tailings are presented in the article. There are given averages granumetricha, material, chemical and mineral composition of the ore «tails» of Abagurskaya concentrating factory in Novokuznetsk. Techniques to determine the mineralogical composition of the waste polymineral by X-ray and thermogravimetric methods are shown in this article. The results of studies on the use of «tails» for building materials, such as for the production of opudrivatel of expanded clay, ceramic and silicate bricks, fine aggregate are reflected in this work. Composition of materials is protected by patents. A model of processing of ore «tails» as raw materials for the construction industry, showing a sequence of research, enrichment, production implementation of the development of technological rules for each type of building materials are shown in the article.

К e y w o r d s: ore «tails», waste of enrichment of iron ore, dump, opudrivatel, additive, fine aggregate.

REFERENCES

1. Stolboushkin A.Yu., Saybulatov S.Zh., Storozhenko G.I. Tekhnologicheskaya otsenka shlamistoy chasti otkhodov obogashcheniya zheleznykh rud AOAF kak syr'ya dlya promyshlennosti keramicheskikh stroitel'nykh materialov [Technological assessment of a shlamisty part of waste of enrichment of the AOAF iron ores as raw materials for the industry of ceramic construction materials]. Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo sir'ya [Complex use of mineral raw materials]. 1992. No. 10. Pp. 67–72. (in Russian)

2. Nikiforova E.M., Eromasov R.G., Vasileva M.N., Simonova N.S. Utilizatsiya otkhodov pererabotki zheleznykh rud v proizvodstve keramicheskogo kirkpicha plasticheskogo formovaniya [Waste recycling of conversion of iron ores in production of a ceramic brick of plastic forming]. Obogashchenie rud [Mineral processing]. 2016. No. 4 (364). Pp. 61–66. (in Russian)
3. Knigina G.I., Vershinina E.N., Tatski L.N. Laboratornyy praktikum po iskusstvennym poristym zapolnitelyam i keramike [Laboratory workshop on artificial porous aggregates and ceramics]. Moscow, Stroyizdat, 1980. 208 p. (in Russian)
4. Panova V.F. Tekhnogennye produkty kak syre dla stroyindustrii [Anthropogenic products as raw material for construction industry]. Novokuznetsk, 2009. 287 p. (in Russian)
5. Bozhenov P.I. Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya i ekologiya: uchebnoe posobie [Complex use of mineral raw materials and the environment: proc. manual]. Moscow, ASB, 1994. 264 p. (in Russian)
6. Rukovodstvo po rentgenovskomu issledovaniyu mineralov [Manual x-ray study of minerals]. M.Ya. Gurevich. Moscow, Mir, 1965. 458 p. (in Russian)
7. Brindli G.V. Rentgenovskie metody izucheniya i struktura glinistykh mineralov [X-ray study methods and structure of clay minerals]. Moscow, 1965. Pp. 45–63. (in Russian)
8. Gorshkov V.S. Termografiya stroitel'nykh materialov [Thermography of building materials]. Moscow, Stroyizdat, 1968. 584 p. (in Russian)
9. Lesovik R.V., Alfimova N.I. O vozmozhnosti ispol'zovaniya tekhnogennykh peskov v kachestve syr'ya dla proizvodstva stroitel'nykh materialov [On the possibility of the use of technogenic Sands as raw material for manufacture of building materials]. 2008. 300 p. (in Russian)
10. Storozhenko G., Stolboushkin A. Ceramic bricks from industrial waste. Ceramic & Sakhteman. Seasonal magazine of Ceramic & Building. Winter. 2010. No. 5. Pp. 2–6.
11. Kryukova G.N., Simonov P.A., Storozhenko G.I., Boldyrev G.V. Producing clay-coated quartz powders for semidry pressing of wall ceramics. Symposium proceeding: Nanostructured Powders and Their Industrial Application. San Francisco, USA. 1998. Vol. 520. Pp. 233–238.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА



УДК 69.003:658.012.2

В.В. ГЕРАСИМОВ, Г.Б. САФАРЯН, Н.В. СВЕТЫШЕВ, С.В. ИВАНОВ

СТОХАСТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ

Планирование строительных работ на практике осуществляется в соответствии с нормативами в детерминированном виде. Это снижает достоверность плановых документов и как результат невыполнение объемов и сроков работ. В этих условиях требуется оптимизация работ и ресурсов организаций в планах и прогнозах с учетом случайных вероятностных факторов проведения работ. Задача оптимизации решается известными методами стохастического программирования, при которых вероятностные значения задаются экспертной системой. В этом случае организация ресурсов и работ определяется в расчетном порядке и не обеспечивает достоверности соответствия фактическим параметрам производства. Последние учитывают три состояния: детерминированное – без учета вероятностных факторов, нормативное стохастическое – с учетом нормативов вероятностных факторов, расчетное стохастическое – с учетом оптимизированных нормативов вероятностных факторов. Предложен методический подход по разработке параметров планирования в форматах строительных работ с учетом фактора вероятностной характеристики параметров работ, на основе которого осуществляется последовательный процесс включения нормативов надежности в процессы и структуры с оценкой уровней безопасности выполнения работ.

Ключевые слова: совершенствование, стохастический подход, надежность, методика, ремонтно-строительные работы, планирование.

Опыт показывает, что использование плановых документов для строительных работ с учетом стохастических факторов затруднено из-за отсутствия нормативно-методической базы планирования. Особую сложность учета этих факторов представляет пакет планирования, включающий планы строительства, ресурсов, механизации и бюджета. В составе этих планов формируется квант средств, необходимых для получения результата – объекта.

Особенность производства строительных работ обусловлена большим объемом жилого фонда, неопределенностью оценки при выборе приоритета и структуры объектов работ, необходимостью формирования архитектуры потоков объектов, ресурсов, работ.

Существующая практика планирования не регламентирует порядок учета надежности, что снижает достоверность плановых документов. Это

становится важной задачей в практике планирования и управления строительными работами объектов.

В практике жилой застройки города используются типовые форматы застройки – город, административный район, жилой район, микрорайон, градостроительный комплекс, объект. Необходимость изучения безопасности реализации этих форматов зависит от множества факторов, недоучет которых приводит к ущербу деятельности строительных организаций. Причиной такого положения является недоучет в системе планирования факторов надежности как оценки работоспособности объекта и риска как оценки потери результата.

Планирование строительных работ представляет собой систему планов, в которых отображается три уровня решений – долгосрочного, среднесрочного и оперативного планирования. На долгосрочном и среднесрочном уровнях решения носят вероятностный характер, что требует учета факторов неопределенности и риска. При этом долгосрочные решения имеют задачу формирования основного направления и ресурсного обеспечения в диапазонах, соответствующих ожидаемым вероятностям их реализации. Значения неопределенности из-за сложности нахождения вычисляются качественными методами с помощью экспертного анализа. Для каждого из них требуется применение специальных методов по повышению достоверности решений – технологии непрерывного планирования, ситуационного управления и др. Главная задача применения таких методов – сужение диапазона отклонений параметров системы и повышение достоверности параметров долгосрочных планов. Такой подход осуществляется в рамках маркетингового анализа и мониторинга параметров планов и их корректировок.

Среднесрочные планы строительства ориентированы на формирование ресурсных потребностей для создания базовых группировок объектов – отдельных зданий и их комплексов, осуществляемых на среднесрочном уровне. Такие планы отвечают за эффективное использование ресурсов и могут быть вычислены количественными методами с использованием статистических методов, что повышает достоверность оценки безопасности решений планирования.

Оперативные планы не требуют корректировки параметров, а случайные факторы регулируются в рамках оперативного управления.

Динамика процесса в планах может быть представлена моделью последовательной переработки в блоках системы объекта ресурсов на основе их эффективного использования. Последовательность такого процесса основана на четырех решениях – организации объемов объекта или его частей во времени, планировании материальных ресурсов, обеспечении мощностями и денежными ресурсами по обеспечению реализации объекта. С позиции работоспособности в этой системе формируются четыре области опасностей: организационная – технологическая по снижению работоспособности структур объектов и процессов выполнения работ; планирования – по снижению работоспособности ресурсного обеспечения планируемых объемов работ объектов; бюджетирования – по снижению уровня денежных потоков; управления – по снижению мощности производства по проведению планируемых объемов работ.

Использование этих системных положений позволяет:

- осуществлять определение локальных надежностей и их системного интегрирования в объекте;
- повышать эффективность планирования ресурсов за счет дифференциации ресурсов с учетом надежности производственных процессов по обеспечению строительных работ;
- осуществлять оценку эффективности и безопасности по кумулятивному процессу формирования результата.

Опыт показывает, что использование плановых документов для строительных работ с учетом стохастических случайных факторов затруднено из-за отсутствия нормативно-методической базы планирования. Особую сложность учета этих факторов представляет пакет планирования: планы строительства, ресурсов, механизации, бюджета. План строительства ориентирован на формирование потоков объемов объектов и работ, план ресурсов – на формирование потоков материальных и трудовых ресурсов, план механизации – на поток механизмов, план бюджета – на денежный поток.

Основные задачи в оценке факторов, определяющих опасности выполнения работ планирования, представляются тремя их видами: для долгосрочного планирования – неопределенности внешних трендов состояния ресурсов; для среднесрочного планирования – риск использования ресурсов внутренних трендов долгосрочного планирования; для оперативного планирования – локальные отклонения использования ресурсов, регулируемых за счет выполнения специальных мероприятий [1].

Эффективность в области анализа и синтеза опасностей при планировании строительства объектов определяется ростом неопределенности параметров планов в соответствии с ростом масштаба и горизонта планирования; возможностью количественных оценок неопределенности и риска для среднесрочного планирования; представлением риска как проблемной ситуации в трех состояниях: «опасность–ущерб–безопасность», которые требуют специальных исследований.

Анализ практики планирования в условиях неопределенности и риска позволяет сформулировать следующие положения:

- планирование осуществляется в различных функциональных областях строительства объектов, имеет различную архитектуру и ориентировано на единый результат;
- требуется разработка технологии модулирования риска – формирования надежности плановых решений в зависимости от классов типов и видов объектов;
- должна составляться координатная схема действий, обеспечивающих безопасность решений плана на каждом уровне стохастического планирования;
- области безопасности ресурсного потока в планах должны осуществляться скоординированно.

Разработка системы надежности планирования должна включать принципы: системности – обеспечивающей взаимосвязь факторов всех уровней планирования; комплексности – учета всех ресурсов по результату разных

масштабов группировки объектов в портфеле строительной организации; эффективности – безопасности, ориентированной на результат локального образования ресурсов типа квантов.

Проблема повышения достоверности плановых решений строительства объектов должна включать решение задач параметрирования блоков системы объектов; формирования системы опасностей; формирования и оценки системы безопасности планирования объектов. Параметрирование блоков системы планирования основано на координации параметров системы по блокам, которая позволяет связывать динамику параметров плана по параметрам системы; формирование системы опасностей – обеспечивает координацию опасностей и механизма взаимодействия параметров системы; формирование безопасности – интегрированную систему безопасности на основе целенаправленного процесса мониторинга и регулирования отклонениями параметров системы планирования.

Для решения приведенных задач проведены исследования проектных материалов и исполнительских документов строительства объектов и установлено следующее:

- плановые документы строительства объектов разрабатываются для детерминированных условий, а оптимизация ресурсной динамики оценивается конечными результатами;
- методические положения плановых стандартов не ориентированы на оптимизацию ресурсов по результатам;
- надежность реализации плановых заданий не ориентирована на механизм взаимодействия проектных решений различных уровней планирования;
- критерии оценки эффективности управления безопасностью решений в плановом процессе объектов не имеют методической поддержки.

Ниже приведен методический подход и результаты исследований по разработке системы безопасности плановых решений жилых объектов на основе системного подхода системы комплексного строительного процесса среднесрочного планирования.

Основой подхода являются такие положения, как разработка классификации параметров по блокам системы планирования объекта строительства; разработка классификации опасностей по блокам системы планирования объекта строительства; разработка модели оценки и выбора системы безопасности объектов строительства.

Модельный комплекс системы стохастического планирования объектов включает модели, методы и инструменты, приведенные ниже.

Формирование системы представлено логико-информационной моделью вида [2].

Классификация «блоки – параметры системы»

$$CO = (\cup BC \times \cup PC), \quad (1)$$

где CO – параметры объекта; BC – блоки системы; PC – параметры системы.

В работе принято понятие системы объекта как архитектуры четырех составляющих: объекта-организатора фрагментов объекта в пространстве и времени, которыми формируется функциональный результат

в форме введенной жилойплощади; объекта-планирования ресурсов по обеспечению реализации результата; объекта-бюджетирования ресурсов денежными средствами; объекта-управления тремя объектами средствами регулирования (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что обеспечение условия расчетной реализации объекта обусловлено необходимостью выполнения требований взаимосоответствия параметров в системе.

Классификация опасностей по блокам системы планирования объекта строительства имеет вид:

$$CO = (UBC_i * UPC_j), \quad (2)$$

$$\{\Delta BCI_i * \Delta PCI_j\} \Rightarrow \Delta CO, \quad (3)$$

где * – индекс сопряжения элементов объекта; i -й – элемент объекта; j -й – элемент параметра; Δ – отклонения параметров.

В работе принято понятие системы отклонений объекта как архитектуры вариантов сочетания отклонения параметров, которыми формируется множество различных последствий отклонений, создающих области опасности недовыполнения объекта. Последние могут иметь различные функциональные, социальные и экономические последствия в форме ущерба (табл. 2–5).

Таблица 2. Схема распределения ресурсов по блокам системы СП

Параметры	Блоки СП				Характеристика СП	
	ОР	ПЛ	БЖ	УР	Управляющие модели	Эффективность параметров
Дн		+	+	+	Дн = $f(Dn_i, Dn = 3, Dn = Msh)$	Едн = Дн/3
Mш		+		+	Mш = $f(Ob, 3)$	Емш = Mш/3
Pс		+		+	Pс = $f(Pc_i, Msh)$	Ерс = Pс/3
Об	+	+	+	+	Об = $f(Dn_i, Msh_i, Pс_i)$	Еоб = Об/3

Примечание: З – затраты работ; Едн, Емш, Ерс, Еоб – соответственно удельная эффективность параметров системы СК.

Согласно табл. 2–5, расчетная реализация объекта должна учитывать структуру формирования отклонений параметров в системе.

Оценка и выбор системы безопасности объектов строительства имеет вид:

$$Нд(БС) = \Sigma Нд(БС)_{ij}, \quad (4)$$

$$Ущ = \Delta Ob(\Delta Z, \Delta T), \quad (5)$$

Таблица 3. Варианты формирования механизма передачи опасностей системы СП

№ вариантов	Ресурсы системы СП			Целевые модели
	Дн	Мш	Рс	
B1	-Δ	(-)	(-)	$P_3(OB)_1 = f(Dn, Msh, Ps)$
B2	-Э	-Δ	(-)	$P_3(OB)_2 = f(Msh(Dn, Ps))$
B3	-Э	-Э	-Δ	$P_3(OB)_3 = f(Ps(Dn, Msh))$
...
Bn	-Δ	-Δ	-Δ	$P_3(OB)_n = f(Dn, Msh, Ps)$

Примечания: (-) – индекс действия отклонения параметров; -Э – индекс эффекта работ; Рз – результат работ.

Таблица 4. Характеристика схемы формирования надежности объекта системы СП

Параметры	Блоки СП				Характеристика СП	
	ОР	ПЛ	БЖ	УР	Управляющие модели	Эффективность параметров
Нд(ОР)	+(ОР)	+(ОР)	+(ОР)	+(ОР)	$O_b = f(Dn_i, Msh_i, Ps_i)$	$Eob = O_b/3$
Нд(ПЛ)		+(ПЛ)	+(ПЛ)	+(ПЛ)	$O_b = f(Dn_i, Msh_i, Ps_i)$	$Eob = O_b/3$
Нд(БЖ)			+(БЖ)	+(БЖ)	$O_b = f(Dn_i, Msh_i, Ps_i)$	$Eob = O_b/3$
Нд(Ур)				+(УР)	$O_b = f(Dn_i, Msh_i, Ps_i)$	$Eob = O_b/3$
КНд				ΣH_d	$O_b = f(Dn_i, Msh_i, Ps_i)$	$Eob = O_b/3$

Примечания: Нд – надежность состояния работ объекта; Еоб – эффективность объектов работ.

Таблица 5. Характеристика схемы формирования надежности для различных комплексов жилых объектов

Комплексы объектов	Оценки надежностей по блокам СП				Характеристика РСП
	ОР	ПЛ	БЖ	УР	
КОт ₁	0,98	0,91	0,93	0,95	$H_d(JKD) = f\{(\Delta B), (Dn, Msh, Ps)\}_{Jd}$
КОт ₂	0,89	0,86	0,89	0,91	$H_d(KJD) = f\{(\Delta B), (Dn, Msh, Ps)\}_{Kjd}$
КОт ₃	0,77	0,81	0,84	0,87	$H_d(GSK) = f\{(\Delta B), (Dn, Msh, Ps)\}_{Gsk}$

Примечание. КОт₁ – комплекс объекта первого типа – один тип одного жилого дома.

$$\begin{aligned} Y(Pk): H_d \Rightarrow Pk(1 - H_d) \Rightarrow Ush (\Delta Ob \times \varphi_{ob}) \Rightarrow, \\ \{Mp(Ush) < Z_{ush}\} \Rightarrow \varphi_{mp} = (Z_{mp} + \varphi_{Empr})/Z_m > 1, \end{aligned} \quad (6)$$

где Нд(БС) – надежность блоков системы СКО; i-й – элемент объекта и j-й – элемент параметра; Уш – ущерб от снижения надежности; ΔОб – отклонение параметра объема; ΔЗ, ΔТ – соответственно отклонения затрат и продолжительности работ; У(Рк) – индекс управления риском; Рк – риск снижения результата; Цоб – цена объема работ объекта; Mp(Уш) – мероприятие по снижению ущерба; Зуш – затраты по снижению ущерба; Эмр – эффективность мероприятий по снижению ущерба; Змр – затраты по мероприятию по снижению ущерба;

приятиям снижения ущерба; ЭЭмр – экономический эффект от мероприятий снижения ущерба; Зм – затраты на мероприятие по снижению ущерба.

Рассмотрим типы объектов:

$$Ндт_1 = Нд\{(\Delta \times В)^*(\cup_{Пр})\}, \quad (7)$$

$$Ндт_2 = Ндт_1 \times a, \quad (8)$$

$$Ндт_3 = Ндт_2 \times b, \quad (9)$$

где t_1, t_2, t_3 – соответственно один объект, группа однотипных объектов, группа разнотипных объектов; * – оператор распределения надежности по параметрам объекта; a – коэффициент снижения надежности за счет со-пряженного эффекта взаимодействия объектов; b – коэффициент снижения надежности за счет сопряженного эффекта взаимодействия различных типов объектов.

Приведенный подход позволяет [3, 4]:

- проводить корректировки плановых документов комплекса строительных объектов в соответствии с рекомендуемыми нормативами надежности;
- создавать нормативную базу для различных типов и видов объектов с использованием реализации строительных процессов жилого фонда;
- использовать типовые модули надежности для последующих процессов планирования развития строительного комплекса;
- для оценки и выбора решений управления безопасностью строительных работ использовать экспертные, аналоговые методы и методы, основанные на критериях стохастического программирования.

Информационная база модулей надежности может быть рекомендована для разработки автоматизированных систем управления проектированием и планированием жилой застройки города.

Выводы. 1. Методическая база планирования строительных объектов не учитывает факторы неопределенности и риска, что снижает достоверность принимаемых решений в прогнозах, среднесрочных и оперативных планах.

2. Планирование в практике проведения строительных работ выполняет функцию организации множества ресурсов, качество которой отображается эффективностью использования параметров строительства в условиях. Сбивка архитектуры параметров вызывает снижение работоспособности и как оценку – надежность и как следствие – появление риска потери результата – ввода объектов.

3. Предложенный подход предусматривает использование инструментов стохастического программирования системы планирования на основе типовых квантов – объектов жилых зданий различных типов на уровне среднесрочного планирования как основного периода планирования.

4. Предложенный подход позволяет формировать нормативную базу типовых модулей квантов строительных работ и использовать их в формате «объект – надежность – план» для формирования автоматизированной системы управления жилой застройки города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Г е р а с и м о в В.В., И к о н н и к о в В.В. Управление эффективностью материальных ресурсов инвестиционных проектов // Стройсиб-2016. Ресурсы и ресурсо-сберегающие технологии в строительном материаловедении: межд. сб. науч. тр. Новосибирск: НГАУ, 2016. С. 284–289.
2. Г е р а с и м о в В.В., К о р о б о в а О.А., И к о н н и к о в В.В. Управление эксплуатационной стоимостью проектов жилых объектов // Стройсиб-2015. Строительные материалы – 4с: состав, структура, состояние, свойства: межд. сб. науч. тр. Новосибирск: НГАУ, 2015. С. 299–393.
3. Общая теория национальной безопасности: учебник / под общ. ред. А.А. Прохожева. Изд. 2. М.: Изд-во РАГС, 2005. С. 21.
4. Безопасность социально-экономических систем / В.Л. Шульц, В.В. Цыганов, Р.Ф. Идрисов, Н.Н. Терехов [отв. ред. В.Л. Шульц]; Рос. акад. наук, Центр исслед. проблем безопасности. М.: Наука, 2009. 271с.

Герасимов Виталий Владимирович, д-р техн. наук, проф.;

E-mail: gvv2050@yandex.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Сафарян Геворг Борисович, асп.; E-mail: gevorg-safaryan@rambler.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Светышев Назар Владиславович, асп.; E-mail: nazarsvetyshev@mail.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Иванов Степан Витальевич, асп.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Получено 14.11.16

Gerasimov Vitaliy Vladimirovich, DSc, Professor; E-mail: gvv2050@yandex.ru

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Safaryan Gevorg Borisovich, Post-graduate Student;

E-mail: gevorg-safaryan@rambler.ru

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Svetyshev Nazar Vladislavovich, Post-graduate Student;

E-mail: nazarsvetyshev@mail.ru

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Ivanov Stepan Vital'evich, Post-graduate Student

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

STOCHASTIC PLANNING CONSTRUCTION OF THE COMPLEX RESIDENTIAL PROPERTIES

Planning construction works in practice is carried out in accordance with the regulations in the deterministic form. This reduces the accuracy of planning documents and as a result of failure to comply with the volumes and terms of works. In these conditions, the required optimization work and resources in plans and forecasts with the random probabilistic factors of the work. The optimization problem is solved by known methods of stochastic programming in which the probability values are specified by the expert system. In this case, the organization of resources and activities is determined in the design procedure and does not ensure the reliability of compliance of the actual parameters of production. Last consider three States: deterministic – without taking into account probabilistic factors, regulatory, stochastic, subject to the regulations of probability factors, calculated stochastic, given the optimized ratios of the probability factors. The proposed

methodological approach for the development of the planning parameters in the following formats construction works with consideration of probabilistic characteristics of the parameters of the work, on the basis of which is a successive process of incorporating the standards of reliability in processes and structures with the assessment of security levels of performance.

K e y w o r d s: improvement, stochastic approach, reliability, methodology, maintenance and construction work, planning.

REFERENCES

1. Gerasimov V.V., Ikonnikov V. V. Upravlenie effektivnost'yu material'nykh resursov investitsionnykh proektov [Efficiency management of material resources investment projects]. Stroysib-2016. Resursy i resursosberegayushchie tekhnologii v stroitel'nom materialovedenii: mezhd. sb. nauch. tr. [Stroysib-2016. Resources and resources-saving technologies construction materials: international collection of scientific proceedings]. Novosibirsk, NGAU, 2016. Pp. 284–289. (in Russian)
2. Gerasimov V.V., Korobova O.A., Ikonnikov V.V. Upravleniye ekspluatatsionnoy stoymost'yu proektov zhilykh ob'ektov [Management of operating cost of the projects of residential facilities]. Stroysib-2015. Stroitel'nye materialy – 4s: sostav, struktura, sostoyanie, svoystva: mezhd. sb. nauch. tr. [Stroysib-2015. Building materials – 4s: composition, structure, condition and properties: international collection of scientific proceedings]. Novosibirsk, NGAU, 2015. Pp. 299–393. (in Russian)
3. Obshchaya teoriya natsional'noy bezopasnosti: uchebnik [The general theory of national security: tutorial]. Pod obshch. red. A.A. Prokhozheva. Izd. 2. Moscow, Izd-vo RAGS, 2005. 21 p. (in Russian)
4. Bezopasnost' sotsial'no-ekonomicheskikh sistem [Security socio-economic systems]. V.L. Shul'ts, V.V. Tsyanov, R.F. Idrisov, N.N. Terekhov [otv. red. V.L. Shul'ts]. Ros. acad. nauk, Tsentr issled. problem bezopasnosti. Moscow, Nauka, 2009. 271 p. (in Russian)

САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА



УДК 628.34

Г.И. ПУШКАРЕВА

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КСАНТОГЕНАТОВ

Изучена возможность очистки сточных вод от ксантогенатов с использованием марганцевых руд четырех месторождений Сибири. Полученные данные показывают, что низкосортные марганцевые руды после предварительной подготовки проявляют окислительные свойства по отношению к ксантогенатам в водной среде и могут использоваться в системах очистки сточных вод от ксантогенатов и других загрязняющих веществ.

Ключевые слова: ксантогенаты, марганцевые руды, окисление, очистка, сточные воды.

Введение. Ксантогенаты – соли ксантогеновых кислот. В зависимости от числа углеводородных групп в радикале ксантогенат называют соответственно этиловый, бутиловый и т.д. Ксантогенаты применяются как флото-реагенты для извлечения сульфидов тяжелых металлов из руд. Ксантогенаты целлюлозы используют при производстве вискозного волокна и целлофана. Они применяются также для получения гербицидов, инсектицидов и фунгицидов, в качестве ингибиторов в азотных удобрениях. Токсическое действие ксантогенатов связано с образованием из них в организме CS_2 . Ксантогенаты воздействуют на окислительно-восстановительные процессы в организме, ингибируют ряд ферментов. Концентрации ксантогенатов в загрязненных сточных водах могут колебаться от тысячных долей до нескольких миллиграмм в кубическом дециметре. При повышении содержания ксантогенатов ухудшаются органолептические свойства воды, что выражается в появлении неприятного запаха и вкуса. Способность ксантогенатов окисляться нарушает газовый режим водоема, увеличивая биохимическое потребление кислорода, ухудшает его санитарное состояние. По отдельным веществам установлены нормативы в воде водоемов: для этилксантогената калия ПДКв – 0,1 мг/дм³, для изоамил- и изобутилксантогената калия – 0,005 мг/дм³. ПДК* бутилксантогената в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0,001 мг/дм³, в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения – 0,03 мг/дм³.

* РД 52.24.390–2009. Массовая концентрация ксантогенатов в водах. Методика выполнения измерений экстракционно-фотометрическим методом.

Возникает необходимость очистки сточных вод от ксантогенатов, особенно в регионах с длительным периодом отрицательных температур воздуха.

Ксантогенаты эффективно действуют в щелочных средах, в кислых средах они разлагаются с образованием сероуглерода и спирта. Одним из методов очистки сточных вод от ксантогенатов является их разложение в кислой среде при $\text{pH} \leq 4$, с последующей доочисткой от образующихся сульфидов и сернистого ангидрида [1]. Данный метод приемлем в том случае, если в сточных водах нет цианистых соединений. Более эффективным и распространенным является метод окисления ксантогенатов «активным» хлором или озоном. Сера в ксантогенатах «активным» хлором при его избытке окисляется до сульфатов, а при недостатке до элементарной серы [2]. Эти методы требуют специального оборудования для получения озона или гипохлорита.

Известно, что сильным природным окислителем является диоксид марганца. В работах [3, 4] приведены результаты исследований по очистке подземных и сточных вод от ионов железа (II), марганца (II) и соединений мышьяка с использованием низкосортных марганцевых руд Сибири, содержащих диоксид марганца. Доказана высокая окислительная способность марганцевых руд по отношению к этим загрязнителям.

В работе [5] приведены значения окислительно-восстановительных потенциалов ксантогенатов для реакции окисления их до диксантогенидов, эти значения находятся в диапазоне $-0,013 \div -0,027$ В. Из таблиц стандартных электродных потенциалов известно, что для восстановительного процесса: $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ величина стандартного электродного потенциала $\phi_{\circ} = +1,23$ В. Следовательно, MnO_2 может быть окислителем по отношению к ксантогенатам при соответствующих условиях.

Цель нашего исследования – изучить возможность очистки сточных вод от ксантогенатов с использованием низкосортных марганцевых руд Сибири, имеющих в своем составе MnO_2 и обладающих окислительными и сорбционными свойствами.

Методы исследования и обсуждение результатов. Исследования проводили на модельных растворах бутилового ксантогената калия. Рабочие растворы готовили на водопроводной воде с концентрацией ксантогената 1–5 мг/дм³. Для очистки использовали марганцевые руды месторождений Сибири: Усинского, Порожинского, Селезеньского и Дурновского. Главным рудным минералом Дурновского и Селезеньского месторождений является псиломелан, присутствуют пиролюзит, мanganит, криптомелан и др. Порожинское месторождение характеризуется наличием оксидных и карбонатных руд. Основные оксидные рудные минералы – пиролюзит, мanganит, псиломелан; карбонатные – родохрозит. Карбонатные руды Усинского месторождения представлены несколькими разновидностями, различающимися минеральным составом и содержанием марганца: родохрозитовые, мanganокальцитовые, кремнисто-карбонатные и карбонатно-силикатные. Окисленные руды представлены псиломелановыми, вернадитовыми и пиролюзитовыми минеральными разновидностями [6].

Образцы рудных материалов были отмыты водой от песчано-глинистой составляющей, высушены, измельчены до размера частиц 0,5–3,0 мм

и 10–100 мкм. Подготовленные таким образом пробы рассматривались как исходные. Руды Усинского и Порожинского месторождений были термически обработаны при температуре 600 °С в течение 1 ч с целью разложения карбонатов. После такой обработки структура минералов плохо окристаллизована, несовершена, характеризуется высоким содержанием активных центров и, следовательно, высокой сорбционной и окислительной способностью. Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что происходит практически полное разрушение структуры минералов и образование окислов Mn: гаусманит (Mn_3O_4), биксбейт ($b\text{-Mn}_2O_3$), а также обнаружаются следы хлорита железа и якосита ($MnFe_2O_4$). Руды Дурновского и Селезеньского месторождений обогащали методом магнитной сепарации в магнитном поле напряженностью 955 000 А/м. В руде Дурновского месторождения концентрацию марганца повысили с 16,36 до 36,53 %, в руде Селезеньского – с 21,25 до 26,71 % (табл. 1). Все исследования по очистке водных сред от ксантогенатов проводили на термически обработанных и обогащенных рудах.

Таблица 1. Элементный состав исходных и обработанных марганцевых руд

Марганцевая руда	Элементный состав, вес. % (основные компоненты)								
	Si	Mn	Fe	Ba	Al	Ca	Mg	K	P
<i>Усинское месторождение</i>									
Исходная	8,03	20,08	3,41	0,33	1,04	30,12	3,61	0,16	0,07
Термически обработанная	6,70	22,23	3,40	0,37	0,88	30,08	3,69	0,15	0,07
<i>Порожинское месторождение</i>									
Исходная	6,02	47,04	3,74	0,30	2,92	6,73	1,28	0,89	0,8
Термически обработанная	5,77	47,00	3,77	0,18	3,05	7,50	1,54	0,86	0,91
<i>Дурновское месторождение</i>									
Исходная	21,43	16,36	11,46	5,91	2,29	2,44	0,74	0,36	–
Обогащенная	7,08	36,53	17,13	8,19	1,64	0,59	0,51	0,2	0,02
<i>Селезеньское месторождение</i>									
Исходная	15,36	21,25	23,23	1,36	1,25	0,13	0,24	0,57	0,10
Обогащенная	13,04	26,71	21,8	1,52	1,2	0,14	0,23	0,64	0,11

В статических условиях были изучены зависимость степени очистки от расхода руды, концентрации ксантогената, pH среды; кинетика процесса; влияние дополнительной аэрации; влияние УЗ поля.

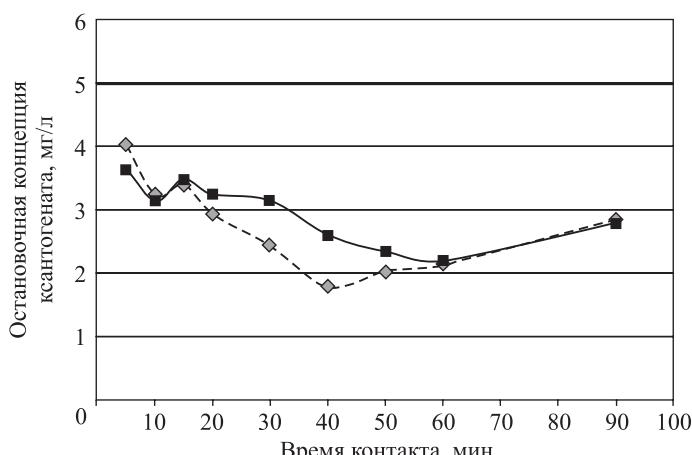
Установлено, что существенное влияние на степень очистки раствора от ксантогенатов оказывает расход руды и содержание марганца в руде (табл. 2).

При концентрации ксантогената 5 мг/дм³ оптимальный расход марганцевой руды Порожинского месторождения (руды с высоким содержанием марганца – 46–47 %) составил 3,0 г/дм³, степень очистки – 95 %. Повышение расхода руды не приводит к заметному увеличению степени очистки от ксантогената. При указанном расходе руды Дурновского и Селезеньского месторождений степень очистки значительно ниже. Марганцевая

руды Усинского месторождения проявляет низкие показатели очистки от ксантогенатов, так как создает щелочную среду. Значение показателя pH среды оказывает существенное влияние на степень очистки от ксантогената, при pH = 5,3 она составляет 95 % (руды Порожинского месторождения), при pH = 9,0 уменьшается до 51 %. Более низкие значения pH не рассматривались, потому что в кислой среде происходит разложение ксантогенатов. Учитывая полученные результаты, дальнейшие исследования проводили на руде Порожинского месторождения с высоким содержанием марганца.

Было исследовано влияние дополнительной аэрации на качество очистки воды от ксантогенатов с использованием марганцевых руд. Установлено, что аэрация воздухом раствора ксантогената ($5 \text{ мг}/\text{дм}^3$) с использованием флотационной машины в течение 30 мин ($\text{pH} = 6,0$) практически не изменяет концентрацию ксантогената в воде. После добавления марганцевой руды Порожинского месторождения ($3,0 \text{ г}/\text{дм}^3$) и аэрации в течение 30 мин, степень извлечения – 82,4 %. Аналогичные результаты получены при обработке растворов ксантогенатов в УЗ поле. Обработка раствора ксантогената ($6,4 \text{ мг}/\text{дм}^3$) в течение 30 с в УЗ поле с частотой 20 кГц не изменяет концентрацию ксантогената. Обработка при таких же условиях раствора с добавлением марганцевой руды ($3,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$) приводит к снижению концентрации ксантогената до $0,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

Время контакта ксантогената с марганцевыми рудами определяется кинетикой процесса окисления и составляет 40 мин. На рисунке приведены кинетические кривые очистки раствора бутилового ксантогената калия ($5 \text{ мг}/\text{дм}^3$) с использованием руды Порожинского месторождения с расходом 2,0 и $2,5 \text{ г}/\text{дм}^3$. Исследования проводились по стандартной методике [7].



Кинетическая кривая окисления бутилового ксантогената калия на марганцевой руде Порожинского месторождения.

Расход руды: $\diamond 2,0 \text{ г}/\text{дм}^3$; $\blacksquare 2,5 \text{ г}/\text{дм}^3$

Перемешивание осуществлялось на магнитных мешалках со скоростью 800 об./мин.

На основании приведенных выше результатов исследований, полученных в статическом режиме, были проведены исследования в динамическом режиме. Марганцевая руда Порожинского месторождения крупностью 0,5–2,5 мм была помещена в колонку, внутренний диаметр – 16 мм, высота загрузки – 450 мм, вес – 100 г. Концентрация ксантогената в модельном растворе составляла 5 мг/дм³. Значение pH раствора поддерживалось в диапазоне 5,6–6,5. Скорость пропускания рассчитывалась на основании результатов определения скорости реакции окисления (необходимое время контакта 40 мин). Пропущено количество раствора, эквивалентное 25 объемам загрузки, остаточные концентрации ксантогената были на уровне чувствительности прибора, меньше 0,001 мг/дм³.

Сравнительный анализ ИК-спектров марганцевой руды исходной и из колонки после завершения процесса очистки показал, что на поверхности руды отсутствуют сорбированные вещества, т.е. процесс очистки происходит по механизму окисления и разложения ксантогената. Нам не удалось определить полный состав органических соединений, образующихся в результате окисления ксантогенатов на марганцевых рудах, но установлено, что присутствуют спирты и соединения типа монотиокарбоната. Выполнение более полного анализа входит в программу дальнейших исследований.

Если в сточной воде, содержащей ксантогенаты, присутствуют вещества, способные сорбироваться на поверхности руды, в том числе ионы тяжелых цветных металлов, то одновременно происходит сорбция металлов и окисление ксантогената. Поэтому необходимо периодически регенерировать поверхность марганцевой руды 2–3%-м раствором серной кислоты, что требует организации реагентного хозяйства, нейтрализации и очистки отработанных растворов. Периодичность регенерации будет зависеть от концентрации и вида сорбируемых веществ в сточной воде. Так, например, сорбционная емкость марганцевой руды по отношению к меди составляет 22 мг/г, никелию – 5, свинцу – 20, цинку – 4 мг/г. Потери руды в процессе регенерации составляют 0,5–1,0 %, в основном за счет вымывания примесей. Окислительные свойства руды после регенерации кислотой полностью восстанавливаются. Результаты экспериментов, выполненных на реальном флотационном стоке (медно-никелевая руда), показали аналогичный результат, но необходимо было периодически, при увеличении остаточной концентрации более чем 0,001 мг/дм³, проводить регенерацию поверхности руды. Через описанную выше колонку было пропущено 6 дм³ флотационного стока, содержащего 1 мг/дм³ бутилового ксантогената, суммарная концентрация катионов металлов (кальций, медь, никель, железо и др.) составляла 45–50 мг/дм³. Было выполнено две регенерации после пропускания 2,5 и 5,0 дм³. Регенерацию проводили методом рециркуляции 150 мл 2%-го раствора серной кислоты и промывкой 150 мл дистиллированной воды. Удельный расход 2%-го раствора серной кислоты составил 1,66 для данного эксперимента. Степень извлечения осажденных примесей составила ~98 %.

Выводы. Полученные в результате исследований данные показывают, что низкосортные марганцевые руды после предварительной подготовки проявляют окислительные свойства по отношению к ксантогенатам, которые зависят от концентрации марганца в руде и формы его соединений.

Для практического применения рекомендуется использовать динамический режим обработки стоков на марганцевых рудах, так как в отличие от статического при динамическом режиме обработки происходит наиболее полное разложение ксантогенатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Милованов Л.В. Очистка и использование сточных вод предприятий цветной металлургии. М.: Металлургия, 1971. С. 169.
2. Лурье Ю.Ю. и др. Результаты исследований поведения ксантогенатов и дитиофосфатов в водоемах (в лабораторных условиях и в хвостохранилищах). М.: Изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1960.
3. Пушкирева Г.И., Скитер Н.А. Возможность использования марганцевых руд при водоподготовке // ФТПРПИ. 2002. № 6. С. 103–107.
4. Бочкарёв Г.Р., Пушкирева Г.И., Коваленко К.А. Извлечение мышьяка из природных вод и технологических растворов с использованием природного сорбента и катализатора // ФТПРПИ. 2010. № 2. С. 102–108.
5. Степанов Б.А., Кацковский И.А., Серебрякова Н.В. Окислительно-восстановительные потенциалы ксантогенатов // Химия и хим. технология. Науч. докл. высш. шк. 1959. № 2. С. 277–279.
6. Нохрина О.И., Рожина И.Д. Марганцевые руды России и возможные пути их применения. Новокузнецк: СибГИУ, 2006.
7. Методические рекомендации № 15. Сорбционное извлечение ценных компонентов из природных вод и технологических растворов / Разраб. И.А. Клименко и др. М.: ВИМС, 1981.

Пушкирева Галина Ивановна, ст. науч. сотр.; E-mail: galinapush@mail.ru
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск

Получено после доработки 25.11.16

Pushkareva Galina Ivanovna, Senior Researcher; E-mail: galinapush@mail.ru
Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

XANTHOGENATES REMOVAL FROM WASTE WATERS

Under investigation is the feasibility to remove xanthogenates from waste waters by using manganese ores originated from four Siberian deposits. The research data enable to infer that pre-treated low-grade manganese ores exhibit oxidizing properties to xanthogenates in aqueous media and can be utilized in the water treatment facilities to remove xanthogenates and other pollutants from waste waters.

К e y w o r d s: xanthogenates, manganese ores, oxidation, water treatment, waste waters.

REFERENCES

1. Milovanov L.V. Ochistka i ispol'zovanie stochnykh vod predpriyatiy tsvetnoy metallurgii [Treatment and Utilization of Waste Waters at Nonferrous Metal Plants]. Moscow, Metallurgia, 1971. P. 169. (in Russian)

2. Lur'e Yu.Yu. et al. Rezul'taty issledovaniy povedeniya ksantogenatov i ditiofosfatov v vodoemakh (v laboratornykh usloviyakh i v khvostokhranilishchakh) [Research Evidence on Behavior of Xanthogenates and Dithiophosphates in Water Basins (at Laboratories and Tailing Ponds)]. Moscow, VNII VODGEO, 1960. (in Russian)
 3. Pushkareva G.I., Skiter N.A. Vozmozhnost' ispol'zovaniya margantsevykh rud pri vodopodgotovke [Possibility of Manganese Ore Use in Water Treatment]. J. Min. Sci. 2002. Vol. 38. No. 6. Pp. 618–621. (in Russian)
 4. Bochkarev G.R., Pushkareva G.I., Kovaleenko K.A. Izvlechenie mysh'yaka iz prirodnykh vod i tekhnologicheskikh rastvorov s ispol'zovaniem prirodnogo sorbenta i katalizatora [Natural Sorbent and Catalyst to Remove Arsenic from Natural and Waste Waters]. J. Min. Sci. 2010, Vol. 46. No. 2. Pp. 197–202. (in Russian)
 5. Stepanov B.A., Kakovsky I.A., Serebryakova N.V. Okislitel'no-vosstanovitel'nye potentsialy ksantogenatov [Redox Potentials of Xanthogenates]. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. Nauchnye doklady vysshey shkoly [Chemistry and Chemical Technology. Scientific reports of higher school]. 1959. No. 2. Pp. 277–279. (in Russian)
 6. Nokhrina O.I., Rozhikhina I.D. Margantsevye rudy Rossii i vozmozhnye puti ikh primeneniya [Manganese Ores in Russia and Possible Ways of their Utilization]. Novokuznetsk, SibGIU, 2006. (in Russian)
 7. Metodicheskie rekomendatsii No. 15. Sorbtionnoe izvlechenie tsennyykh komponentov iz prirodnykh vod i tekhnologicheskikh rastvorov. Razrab. I.A. Klimentko i dr. [Recommended Practice no. 15, Recovery of Valuable Components by Sorption from Natural Waters and Processing Medium]. Development of I.A. Klimentko et al. Moscow, VIMS, 1981. (in Russian)
-

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ



УДК 621.542.001

Ю.Э. МАЛЫШЕВА, Д.Э. АБРАМЕНКОВ, А.С. ДЕДОВ, М.С. МАЛЫШЕВ,
Э.А. АБРАМЕНКОВ

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ-ЭЛЕМЕНТЫ УДАРНИКА-ПОРШНЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Рассматриваются предложения по классификационным признакам-элементам для ударников-поршней применительно к пневматическим механизмам машин ударного действия любого многоцелевого назначения.

Ключевые слова: ударник, поршень, камеры ударника, воздухоподвод, воздухоотвод, силовой импульс.

Введение. В данной работе конструктивные признаки-элементы ударников (поршней) рассмотрены в хронологическом порядке официального появления и ранее не применяемого, характеризующего новое качество для ударника и пневматического ударного механизма (ПУМ), в котором он выполняет функции ударника (соударение с хвостовиком инструмента и передача ему кинетической энергии) или поршня (сжатие воздуха совместно с ударником для процессов всех средств, указанных в классификациях ПУМ и его признаков [1]), или в подавляющем большинстве технических решений выполняет одновременно функции ударника и поршня.

При рассмотрении ПУМ использованы патентные материалы и другие публикации по затронутой тематике, например [1, 2].

Несмотря на значительный охват источников информации, предложенная классификация признаков-элементов ударников-поршней не претендует на ее полноту, хотя рассмотрение включало клапанные, золотниковые, дроссельные, струйные воздухораспределения ПУМ.

Исходные причины для рассмотрения ПУМ. В работе [1] конструктивный признак-элемент указывает на расположение средств впуска, наддува, перепуска, задержки, форсажа, вытеснения, продувки, выпуска и отмечен сочетанием «в (на) ударнике», что не является достаточным для выбора конкретного признака-элемента для применения в определенном ПУМ машины с заданными условиями эксплуатации.

© Малышева Ю.Э., Абраменков Д.Э., Дедов А.С., Малышев М.С., Абраменков Э.А.,
2016

При рассмотрении принципиальных схем ПУМ обнаруживается значительное количество признаков-элементов, присущих ударнику, которые существенно влияют на процессы, протекающие в рабочих камерах. Отдельные признаки-элементы и их комбинации оказывают различное влияние на процессы в ПУМ, проявляя существенное воздействие на качественные и количественные характеристики: энергетические, экономические, вибрационные, шумовые, силовые и др., которые проявляются в конкретных условиях применения ПУМ.

Оригинальные конструктивные решения и влияние их применения в ПУМ. Применение в ПУМ тех или иных средств [1, 2] для реализации эффективного рабочего процесса зависит от конструктивного исполнения и размещения камер соответствующего назначения, что предопределяет различия цилиндров-корпусов. При этом необходимо учитывать соответствующее конструктивное исполнение ударника-поршня. Таким образом, ударник-поршень не только передает хвостовику инструмента силовой импульс, сформированный камерами цилиндра-корпуса, но обеспечивает также качественно и количественно формирование силового импульса, обусловленного формой индикаторной диаграммы давления воздуха баро- и хородинамического процесса ПУМ.

Отметим также со ссылкой на издание [1], что в золотниковых и клапанных воздухораспределениях пневматических ударных механизмов гладкие и сплошные ударники известны с 1870 г., в дроссельных ПУМ сплошные ударники известны с 1969 г., а в струйных – с 1971 г.

В техническом решении 1877 г. [3] в ПУМ применены признаки-элементы для ударника-поршня: ступенчатый ударник, в поршневой части которого выполнена выточка-ресивер; штоковая часть образует камеру атмосферного давления; на поршневых участках выполнены кольцевые выточки.

Вариант исполнения ступенчатого ударника-поршня [3] содержит только один поршневой участок, снабженный кольцевыми выточками. Такое решение обусловливает выполнение кольцевой камеры сетевого давления с функциями камеры холостого хода.

В техническом решении 1883 г. [4] ступенчатый ударник-поршень ПУМ содержит в штоковой части коленчатый канал перепуска воздуха между радиальной кольцевой камерой сетевого воздуха в цилиндре и кольцевой камерой холостого хода и каналом впуска-выпуска отработавшего воздуха в камере рабочего хода. Применение канала впуска-выпуска обусловило выполнение в цилиндре радиальной кольцевой камеры выпуска и дополнительно камеры атмосферного давления со стороны хвостовика инструмента.

В техническом решении 1889 г. [5] в ПУМ применены признаки-элементы для трехступенчатого ударника-поршня: штоковая часть с большим диаметральным размером расположена со стороны хвостовика инструмента; штоковая часть с меньшим диаметральным размером расположена со стороны камеры сетевого воздуха и управляет впуском воздуха в кольцевую камеру холостого хода, образованную в цилиндре между поршневой и штоковой частями ударника. Такое решение обусловило кольцевую камеру со стороны

штока с меньшим диаметральным размером постоянно сообщаться с атмосферой, и камеру сетевого воздуха выполнять функции камеры рабочего хода.

В техническом решении 1902 г. [6] в ПУМ ступенчатый ударник-поршень выполнен с выточкой, что обусловило увеличить объем выточки за счет кольцевой камеры сетевого воздуха в цилиндре, а отсекающие кромки выточек наделить функциями впуска воздуха в камеры рабочего и холостого ходов.

В техническом решении ПУМ 1902 г. [7] ступенчатый ударник-поршень содержит: со стороны хвостовика инструмента на штоковой части две радиальные проточки, чем образовано две камеры пневматического буфера и одна управляемая кольцевая камера холостого хода; в поршневой части каналы впуска воздуха из сети посредством трубки, входящей в центральный канал ударника; каналы впуска-выпуска в кольцевую камеру рабочего хода из центрального канала в ударнике посредством трубки, в зависимости от его положения относительно выточки с каналом впуска воздуха из сети.

В техническом решении ПУМ 1907 г. [8] ступенчатый ударник-поршень содержит: со стороны хвостовика инструмента на штоковой части две радиальные проточки, чем образовано две камеры пневматического буфера и одна управляемая кольцевая камера холостого хода; поршневая часть ударника снабжена каналом-пазом сообщающим, в зависимости от положения ударника, посредством перепускных кольцевых камер и каналов перепуска кольцевой камеры холостого и рабочего ходов с кольцевой камерой сетевого воздуха в цилиндре. Такое решение обусловило выполнение трех кольцевых камер и каналов впуска и выпуска в стенке цилиндра.

В техническом решении ПУМ 1908 г. [9] ступенчатый ударник-поршень бесканальный с кольцевой камерой сетевого воздуха. Такое решение обусловило управление впуском воздуха в камеру рабочего хода отсекающей кромкой поршневой части ударника посредством канала в стенке цилиндра, а выполнение кольцевой камеры сетевого воздуха и камеры атмосферного давления с дополнительными кольцевыми объемами в цилиндре.

В техническом решении ПУМ 1908 г. [9] ступенчатый ударник-поршень выполнен с разносторонними штоковыми частями и содержит штоковую часть со стороны хвостовика инструмента и со стороны управляемой камеры рабочего хода и камеры с частичным вытеснением воздуха. Каналы впуска, перепуска и выпуска-вытеснения выполнены в поршневой и штоковой частях ударника. Такое исполнение ударника обусловило выполнение шести кольцевых камер в цилиндре.

В техническом решении ПУМ 1909 г. [10] цилиндрический ударник-поршень выполнен в виде стакана с объемом-камерой, в которой размещена трубка-стержень с проточкой и каналами постоянного впуска и выпуска, в зависимости от положения ударника. Хвостовик инструмента пропущен через осевой канал в трубке и в конце рабочего хода ударник своим дном наносит удар по хвостовику. Ударник с трубкой-стержнем образуют кольцевую камеру рабочего хода за счет проточки в ударнике и трубке-стержне на ее

боковой поверхности. Камера холостого хода образована окончанием трубки-стержня и дна ударника с ее стороны. Такое исполнение ударника обуславливает выполнение камеры атмосферного давления со стороны дна стакана и кольцевой камеры атмосферного давления со стороны основания трубки-стержня, посредством которой осуществляется подвод сетевого воздуха в выточку между ударником и трубкой-стержнем.

В техническом решении ПУМ 1957 г. [11] ударник-поршень выполнен цилиндрическим с выточкой и центральным тупиковым каналом, исполняющим функции камеры сетевого воздуха и камеры рабочего хода. Такое исполнение ударника обусловило применение трубчатого воздухоподвода, выполнение канала впуска из камеры сетевого воздуха в выточку и канала перепуска в перешейке ударника со стороны камеры холостого хода и камеры атмосферного давления со стороны трубчатого воздухоподвода, а также канала дренажа со стороны перешейка ударника, соединяющего постоянно кольцевую камеру в выточке на ударнике с камерой атмосферного давления.

В техническом решении ПУМ 1967 г. [12] ударник-поршень выполнен ступенчатым, подобно [3], при двух кольцевых проточках с различными диаметральными размерами и штоковая часть с меньшим диаметральным размером образует с цилиндром камеру атмосферного давления со стороны хвостовика инструмента.

В техническом решении ПУМ 1969 г. [13] ударник-поршень выполнен ступенчатым с разнонаправленными штоковыми частями со стороны камеры сетевого воздуха и хвостовика инструмента с каналом для продувки. Поршневые части ударника разделены выточкой и на каждой из них выполнены по два перепускных канала-паза, причем выточка и перемычка цилиндра разделяют ударник, функционально образующий два узла, формирующих силовые импульсы. Ударник выполнен с каналом внутри, выполняющим функции впуска, и каналом, осуществляющим выпуск воздуха через продувочный канал в штоке и хвостовике инструмента.

В техническом решении ПУМ 1970 г. [14] ударник-поршень включает каналы впуска для камер рабочего и холостого хода, при этом он выполнен с замкнутой полостью. Такое исполнение обеспечивает существенное снижение массы ударника.

В техническом решении ПУМ 1970 г. [15] ступенчатый ударник-поршень выполнен в виде винта с двумя штоковыми частями, каждая из которых содержит лыску для впуска в камеры рабочего входа и лыску для выпуска в камеру продувки посредством канала в хвостовике инструмента. Такое исполнение ударника обусловило выполнение цилиндра с винтовыми камерами. Винтовые камеры холостого хода сообщены с камерой сетевого воздуха, она же дополнительно выполняет функции камеры рабочего хода посредством канала в стенке цилиндра.

В техническом решении ПУМ 1971 г. [16] ударник-поршень выполнен пустотелым с подводом воздуха из камеры сетевого воздуха, снабжен двумя штоковыми частями, причем штоковая часть ударника со стороны хвостовика инструмента снабжена проточкой. В зависимости от положения ударника воздух из полости ударника поступает в камеры рабочего и холостого

хода посредством кольцевых выточек и каналов в стенке цилиндра. Такое исполнение ударника обуславливает выполнение в цилиндре со стороны хвостовика камеры пневматического буфера и камеры атмосферного давления, а рабочая площадь ударника практически соответствует площади диаметрального размера поршневой части ударника.

В техническом решении ПУМ 1971 г. [17] представлен ступенчатый ударник-поршень с двумя штоковыми и тремя поршневыми частями, разделенными выточками. В камеры рабочего хода воздух из камеры сетевого воздуха подается посредством канала впуска в штоковой части, в зависимости от положения ударника. Также воздух подается из камеры сетевого воздуха в камеры холостого хода посредством канала в цилиндре с отбором его по пути в каждую камеру холостого хода. Штоковая часть ударника со стороны хвостовика инструмента образует с цилиндром выпускную камеру, сообщающуюся в зависимости от положения ударника выпускными каналами в цилиндре с камерами рабочего хода посредством объединенного канала и постоянно посредством канала в хвостовике с призабойным пространством.

В техническом решении ПУМ 1976 г. [18] ступенчатый ударник-поршень содержит: поршневую часть с каналом впуска-перепуска между кольцевой камерой рабочего хода и камерой холостого хода со стороны хвостовика инструмента; штоковую часть с каналом перепуска воздуха между камерой сетевого воздуха и кольцевой камерой рабочего хода; кольцевую камеру атмосферного давления в штоковой части ударника со стороны камеры сетевого воздуха. Такое решение обусловило выполнение ударника с одной поршневой и двумя штоковыми ступенчатыми частями.

В техническом решении ПУМ 1977 г. [19] бесступенчатый ударник-поршень содержит: на боковой поверхности поперечные лыски с переменной глубиной прорези, в зависимости от положения ударника, с уменьшающейся площадью сечения в сторону камеры, в которую осуществляется впуск воздуха из сети; паз на ударнике с фиксатором в цилиндре, препятствующие повороту ударника.

В техническом решении ПУМ 1988 г. [20] ударник-поршень выполнен в виде стакана с отверстием в дне для пропуска трубки впуска сетевого воздуха в камеру холостого хода, протяженность которой ограничена величиной хода ударника и хвостовиком инструмента, входящим в камеру холостого хода. Стенки ударника снабжены каналом впуска воздуха из камеры холостого хода в кольцевую камеру рабочего хода. Боковая поверхность ударника снабжена наклонными каналами-пазами для выпуска отработавшего воздуха из камеры рабочего хода. Такое исполнение ударника обусловило выполнение со стороны хвостовика кольцевой камеры атмосферного давления.

В техническом решении ПУМ 1989 г. [21] ударник-поршень выполнен в виде стакана с внутренней полостью с функциями камеры холостого хода, сообщенную с кольцевой камерой сетевого воздуха в цилиндре посредством яруса радиальных каналов, выходящих в полость канала-лыски ударника. В зависимости от положения ударника воздух из кольцевой камеры посред-

ством канала в ударнике поступает в камеру рабочего хода. Такое исполнение ударника обусловило выполнение кольцевой камеры атмосферного воздуха и установку во внутренней полости ударника свободно перемещающегося стержня с опиранием на хвостовик инструмента. Перемещение стержня ограничено перемещением ударника.

Для ПУМ 1999 г. [22] возможно выполнение ударников-поршней ступенчатой формы с винтовыми пазами, взаимодействующими с гладкими поверхностями или с поверхностями с винтовыми пазами в цилиндрах, а также во втулке цилиндра, взаимодействующих со штоковыми частями ударника. Винтовые пазы на поршневых и штоковых частях ударника, а также в цилиндрах и их втулках могут иметь одинаковую или различную направленности.

Такие исполнения признаков-элементов позволяют получить закрученные турбулентные потоки и повысить интенсивность наполнения рабочих камер воздухом.

Об ударниках-поршнях с амортизирующими слоями краткая информация приведена в [23].

Принципиальные различия технических решений ударника-поршня в рассмотренных ПУМ [3–23] позволяют представить их оригинальные решения в виде конструктивных уточняющих признаков-элементов с добавлением им подобных, представленным в таблице.

Классификационные конструктивные признаки-элементы ударника-поршня

Код	Конструктивный признак-элемент				
	средства передачи силового импульса	код	конструктивный признак	код	уточняющий конструктивный признак-элемент
1	2	3	4	5	6
3 [1, 2]	Ударник-поршень	1*	Бесступенчатый*	a*	Каналы с выходом на торцы
				b*	Каналы с выходом на боковую поверхность
				c*	Каналы прямые
				d*	Каналы наклонные
				e*	Каналы ступенчатые
				f*	Каналы конические
				g*	Каналы коленчатые
				h*	Канал-паз прямой
				i*	Канал-паз наклонный
				j*	Канал винтовой однозаходный
				k*	Канал винтовой многозаходный
				l*	Канал-паз ступенчатый
				m*	Канал-паз криволинейный
				n*	Канал постоянного сечения
				p*	Канал переменного сечения

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6
				q^*	Канал-лыска прямая
				r^*	Канал-лыска наклонная
				s^*	Канал-ласка с кривизной
				t^*	Канал-лыска ступенчатая
				u^*	Канал сквозной
				w^*	Канал тупиковый
				x^*	
	2*	Ступенчатый			То же a^*-w^*
	3*	Полый			То же a^*-w^*
	4*	С осевым сквозным каналом			То же a^*-w^*
	5*	С осевым тупиковым каналом			То же a^*-w^*
	6*	С ярусом выточек на боковой поверхности			То же a^*-w^*
	7*	С одной выточкой на боковой поверхности			То же a^*-w^*
	8*	С ярусом выточек в осевом канале			То же a^*-w^*
	9*	С одной выточкой в осевом канале			То же a^*-w^*
	01*	С цилиндрической проточкой с одного торца			То же a^*-w^*
	02*	С цилиндрической проточкой с обоих торцов			То же a^*-w^*
	03*	С конической проточкой с одного торца			То же a^*-w^*
	04*	С конической проточкой с обоих торцов			То же a^*-w^*
	05*				

Некоторые рекомендации по применению тех или иных признаков-элементов. Менее предпочтительны ступенчатые ударники-поршни со штоковыми частями, с камерами, отверстиями сквозными или несквозными с частичным взаимным контактом со стержнем или трубкой либо в контакте, в зависимости от положения ударника.

Менее предпочтительны бесступенчатые ударники, содержащие каналы и выточки.

С позиции прочности ударника переходы каналов-пазов и каналов-лысок предпочтительны углы переходов более 90° , так как углы менее 90° могут оказывать из-за большей концентрации напряжений в металле ударника влияние на образование трещин. Для овальных форм сечений каналов-пазов предпочтительны переходы, образованные глубиной не более радиуса овала (круга). Овальная форма поперечного сечения канала-паза

предпочтительна для выполнения их как на боковой поверхности, так и внутри ударника.

Предложенные рекомендации не являются принципиальными и их применение будет зависеть от условий работы, материала и технологии изготовления ударника-поршня.

Выводы. 1. Предложен расширенный вариант уточняющих классификации конструктивных признаков-элементов ударника-поршня, позволяющий определиться во всем многообразии значительных его свойств изменять направления качественного процесса ПУМ и машины на его основе.

2. Структура классификации не разрушает архитектуры предыдущих классификаций [1, 2], что позволяет применять весь комплекс средств и свойств процессов при совершенствовании ПУМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А б р а м е н к о в Э.А., А б р а м е н к о в Д.Э. Пневматические механизмы машин ударного действия: дроссельные, струйные, беззолотниковые, бесклапанные: справ. пособие. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1993. 430 с.
2. К у т у м о в А.А., А б р а м е н к о в Д.Э., А б р а м е н к о в Э.А. Навесные пневматические молоты для разработки мерзлых грунтов: монография. Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2008. 376 с.
3. Pat. 1057 DE. Stenerungvorrichtung an Gesteinbohrmaschinen / I. Darlington. Publ. 1877.
4. Pat. 22901 DE. Neuerung an Gesteinbohrmaschinen ohne Schternermechanismus / R. Mayer. Publ. 1883.
5. Pat. 48541 DE. Gesteinbohrmaschine mit stofson dem Werzlug für gasformige Betreibenslöslichkeit / A.B. Drautz. Publ. 1889.
6. Pat. 133792 DE. Ventilloser Gesteinbohrer mit besonderen Ein-und Auflatbesöffnungen an jedem Cylinderende und einer gemeinsamen Eintrittsöffnung an beide Cylinderenden / Rand Drill Co. Publ. 1902.
7. Pat. 711859 USA. Pneumatictool / W.M. Holden. Publ. 1902.
8. B a r i l M.A. Note surles frappeurs pneumatigis // Revue de Mecanique. 1907. Vol. 20. Pp. 5–20.
9. B a r i l M.A. Note surles frappeurs pneumatigis // Revue de Mecanique. 1908. Vol. 22. Pp. 421–436.
10. Pat. 214243 DE. Druckluftwerkzeuge bei welchen der Cylinder die Schläge ausführt / The Konomax, Rock Drill, Syndicate Lim. Publ. 1909.
11. Pat. 1000310 DE. Mit Druckluftbetriebene Bohrreinigung insbesondere für Tiefbohrungen / W. Herbold, W. Seipel. Publ. 1957.
12. Pat. 1497551 FR. Perfectionnements aux marteaux pneumatiques / G. Cuturi. Publ. 1967.
13. Беляев Н.А., Есин Н.Н., Зиновьев А.А., Чернилов Э.Г. Новые двухкамерные пневмопробойники // Пневмогидравлические силовые импульсные системы. Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1969. С. 17–21.
14. Pat. 1938560 DE. Pneumatichs arbeitende Vorrichting zum Erzeugen von Vibrationen / W. Chulds, A. Lake. Publ. 1970.
15. А.с. 269100 СССР. Пневматический ударный механизм / Г.И. Суксов, Ж.Г. Мухин, О.И. Бобров и др.; заявл. 18.03.1969; опубл. 17.04.1970, Бюл. № 15.
16. Pat. 2053335 DE. Schlagenrichting / W. Andrejewski, M. Honke. Publ. 1971.

17. А.с. 299648 СССР. Многокамерный пневмоударник / Ж.Г. Мухин, Г.И. Суксов, В.Г. Россов, О.И. Бобров; заявл. 03.11.1969; опубл. 26.03.1971; Бюл. № 12.
18. А.с. 504857 СССР. Пневматическое устройство ударного действия для проходки скважин в грунте / Х.Б. Ткач, А.Д. Костылев, К.К. Тупицин; заявл. 27.01.1972; опубл. 28.02.1976, Бюл. № 8.
19. А.с. 554405 СССР. Пневматическая машина ударного действия / Э.А. Абраменков, Д.Г. Суворов, Т.Ф. Тимофеев, Н.Д. Устинкин; заявл. 06.12.1973; опубл. 15.04.1977, Бюл. № 14.
20. А.с. 1445937 СССР. Пневматический молоток / Д.Э. Абраменков, Э.А. Абраменков; заявл. 23.09.1986; опубл. 23.12.1988, Бюл. № 47.
21. А.с. 1527410 СССР. Пневматический молоток / Д.Э. Абраменков, Э.А. Абраменков; заявл. 04.01.1988; опубл. 07.12.1989, Бюл. № 45.
22. А б р а м е н к о в Д.Э., А б р а м е н к о в Э.А., М а л ы ш е в С.А., Н а д е и н А.А., П р у ш к о в с к и й К.В., С е р о х в о с т о в С.А. Динамические и конструктивные признаки средств выпуска в пневмоударных механизмах // Изв. вузов. Строительство. 1999. № 7. С. 132–141.
23. А б р а м е н к о в Д.Э., А б р а м е н к о в Э.А., С м и р н ы х И.В., Ч и ч к а - н о в В.В. Ударники пневматических ручных машин ударного действия // Изв. вузов. Строительство. 2003. № 1. С. 74–78.

Малышева Юлия Эдуардовна, ведущий инж.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Абраменков Дмитрий Эдуардович, д-р техн. наук, проф.

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Дедов Алексей Сергеевич, канд. техн. наук, доц.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Малышев Максим Сергеевич, инж.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Абраменков Эдуард Александрович, д-р техн. наук, проф.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Получено 10.11.16

Malysheva Yuliya Eduardovna, Leading Engineer

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Abramenkov Dmitriy Eduardovich, DSc, Professor

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

Dedov Alexey Sergeevich, PhD, Ass. Professor

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Malyshev Maksim Sergeevich, Engineer

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Abramenkov Eduard Alexandrovich, DSc, Professor

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

CLASSIFICATION FEATURES ELEMENTS

DRUMMER-PISTON PNEUMATIC HAMMER MECHANISM

The article discusses classification criteria elements for the drummers-of the pistons with respect to the pneumatic mechanisms of impact machines of any multi-purpose.

К e y w o r d s: drummer, the piston chambers of the drummer, intake, exhaust, power boost.

REFERENCES

1. A b r a m e n k o v E.A., A b r a m e n k o v D.E. Pnevmaticheskie mekhanizmy mashin udarnogo deystviya: drossel'nye, struynye, bezzolotnikovye, besklapannye: sprav. posobie [Pneumatic mechanisms of impact machines: throttle, jet, bussolotto, valveless: handbook]. Novosibirsk, Publishing house of Novosibirsk State University, 1993. 430 p. (in Russian)
2. K u t u m o v A.A., A b r a m e n k o v D.E., A b r a m e n k o v E.A. Navesnye pnevmaticheskie moloty dlya razrabotki merzlykh gruntov: monografiya [Mounted pneumatic hammers for the development of frozen soils: monograph]. Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2008. 376 p. (in Russian)
3. Pat. 1057 DE. Stenerungvorrichtung an Gesteinbohrmaschinen. I. Darlington. Publ. 1877.
4. Pat. 22901 DE. Neuerung an Gesteinbohrmaschinen ohne Schternermechanismus. R. Mayer. Publ. 1883.
5. Pat. 48541 DE. Gesteinbohrmaschine mit stofson dem Werzlug für gasformige Betreibensflüssiakeit. A.B. Drautz. Publ. 1889.
6. Pat. 133792 DE. Ventilloser Gesteinbohrer mit besonderen Ein-und Auf-lattbesöffnunden an jedem Cylinderende und einer gemein-sammen Eintrittsöffnung an beide Cylinderenden. Rand Drill Co. Publ. 1902.
7. Pat. 711859 USA. Pneumatictool. W.M. Holden. Publ. 1902.
8. Baril M.A. Note surles frappeurs pneumatigs. Revue de Mecanigue. 1907. Vol. 20. Pp. 5–20.
9. Baril M.A. Note surles frappeurs pneumatigs. Revue de Mecanigue. 1908. Vol. 22. Pp. 421–436.
10. Pat. 214243 DE. Druckluftwerkzenge bei welchen der Cylinder die Schläge ausführt. The Konomax, Rock Drill, Syndicate Lim. Publ. 1909.
11. Pat. 1000310 DE. Mit Druckluftbetriebene Bohreinichtung insbesondere für Tiefbohrungen. W. Herbold, W.Seipel. Publ. 1957.
12. Pat. 1497551 FR. Perfectionnements anx marteaux pneumatiques. G. Cuturi. Publ. 1967.
13. Belyaev N.A., Esin N.N., Zinov'ev A.A., Chernilov E.G. Novye dvukhkamernye pnevmoproboyniki [New double-chamber pneumatic punches]. Pnevmodravlicheskie silovye impul'snye sistemy [Pneumatic-hydraulic power pulse systems]. Novosibirsk: IGD SO AN USSR, 1969. Pp. 17–21. (in Russian)
14. Pat. 1938560 DE. Pneumatichs arbeitende Vorrichting zum Erzeugen von Vibrationen. W. Chulds, A. Lake. Publ. 1970.
15. A.s. 269100 USSR. Pnevmaticheskiy udarnyy mekhanizm [Pneumatic hammer mechanism]. G.I. Suksov, Zh.G. Mukhin, O.I. Bobrov i dr.; appl. 18.03.1969; publ. 17.04.1970, Bull. No. 15. (in Russian)
16. Pat. 2053335 DE. Schlagenrichting. W. Andrejewski, M. Honke. Publ. 1971.
17. A.s. 299648 USSR. Mnogokamernyy pnevmoudarnik [Multi-air hammer]. Zh.G. Mukhin, G.I. Suksov, V.G. Rossow, O.I. Bobrov; appl. 03.11.1969; publ. 26.03.1971, Bull. No. 12. (in Russian)
18. A.s. 504857 USSR. Pnevmaticheskoe ustroystvo udarnogo deystviya dlya prokhodki skvazhin v grunte [Pneumatic percussion device for sinking wells in soil]. Kh.B. Tkach, A.D. Kostylev, K.K. Tupitsin; appl. 27.01.1972; publ. 28.02.1976, Bull. No. 8. (in Russian)
19. A.s. 554405 USSR. Pnevmaticheskaya mashina udarnogo deystviya [Air Machine Impact]. E.A. Abramenkov, D.G. Suvorov, T.F. Timofeev, N.D. Ustinkin; appl. 06.12.1973; publ. 15.04.1977, Bull. No. 14. (in Russian)
20. A.s. 1445937 USSR. Pnevmaticheskiy molotok [Pneumatic hammer]. D.E. Abramenkov, E.A. Abramenkov; appl. 23.09.1986; publ. 23.12.1988, Bull. No. 47. (in Russian)

21. A.s. 1527410 USSR. Pnevmaticheskiy molotok [Pneumatic hammer]. D.E. Abramakov, E.A. Abramakov; appl. 04.01.1988; publ. 07.12.1989, Bull. No. 45. (in Russian)
 22. Abramakov D.E., Abramakov E.A., Malyshев S.A., Nadein A.A., Prushkovskiy K.V., Serokhvostov S.A. Dinamicheskie i konstruktivnye priznaki sredstv vypuska v pnevmodarnykh mekhanizmakh [Dynamic and structural characteristics of the means of production in pneumatic impact mechanisms]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 1999. No. 7. Pp. 132–141. (in Russian)
 23. Abramakov D.E., Abramakov E.A., Smirnykh I.V., Chichkanov V.V. Udarniki pnevmaticheskikh ruchnykh mashin udarnogo deystviya [Drummer pneumatic manual machines percussion]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2003. No. 1. Pp. 74–78. (in Russian)
-

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ И ЭКОЛОГИИ



УДК 725.38

Н.А. АНУФРИЕВА

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ В ПРИГРАНИЧНОЙ ЗОНЕ РФ

Рассматриваются принципы организации архитектурного пространства комплексных предприятий, расположенных в зонах транспортных узлов по границе РФ. Исследование выявило пять основных принципов архитектурно-пространственной организации комплексов, среди которых принципы средовой интеграции, инфраструктурного развития, модульности, уникальности и автономности. Принцип средовой интеграции рассмотрен с учетом транспортной (логистической), городской и природной сред организации пространства. Принципы формируются на основе закономерностей, характерных пространству. Рассмотрение принципов организации архитектурного пространства проводится с учетом уровней: «регион», «город», «комплекс» и «подкомплекс». Выделены особенности организации архитектурного пространства на каждом из уровней.

Ключевые слова: принципы организации архитектурного пространства, комплексные предприятия приграничного транспортного узла, уровень организации пространства.

С 2000 г. ведется активное проектирование и строительство предприятий, расположенных в зонах транспортных узлов по границе РФ. В качестве транспортных узлов, согласно «Концепции таможенного оформления и таможенного контроля товаров в местах, приближенных к государственной границе Российской Федерации», приняты участки с предприятиями обслуживания, организованные для пересечения автомобильным транспортом границы РФ [1–3]. В состав комплексных предприятий входят: основное предприятие по пропуску автомобилей через границу РФ – автомобильный пункт пропуска (АПП), предприятия или комплексы придорожного сервиса (КПС) и таможенно-логистические терминалы (ТЛТ), при необходимости в состав входят зоны для временного или постоянного проживания [1, 4]. Инфраструктурная организация комплексного предприятия на базе транспортного узла в приграничной зоне РФ включает в себя объекты основного и вспомогательного назначения [4].

Определение принципов организации архитектурного пространства проводится с учетом их распределения по уровням: «регион», «город», «комплекс» и «подкомплекс» (комплекс, здание или сооружение). Особенности

организации архитектурного пространства выделены на каждом из уровней (рис. 1).

В процессе исследования архитектурно-планировочной организации комплексных предприятий на базе автомобильных пунктов пропуска (АПП) определены пять основных принципов организации их архитектурного пространства (рис. 1):

– принцип средовой интеграции – указывает на взаимодействие объекта с внешней средой (транспортной, городской и природной), при этом является активным ее элементом в качестве условий пространственной организации;

– принцип инфраструктурного развития – указывает на создание пространства комплексного предприятия, состав которого имеет ступенчатое развитие или уровни организации;

Принцип	Регион	Город	Комплекс	Подкомплекс (здание или сооружение)
Средовой интеграции	Транспортная среда (логистическое пространство) 	Сеть предприятий на границе РФ 	Предприятие 	Конгломерат
	Городская среда 	Особая зона 	Оптимальность (расположение) 	Объект: один или группа
	Природная среда 	Зональность 	Ткань 	Ландшафт
Инфраструктурного развития	География размещения 	Соответствие 	Локальность 	Современность
Модульности (основной) 	Сеть комплексов на границе РФ 	Мобильный 	Оптимальный модуль 	Типовой модуль
Уникальности 	Достопримечательность 	Акцент 	Особый 	Единичный
Автономности 	Градообразующие предприятия 	Независимый район 	Самодостаточность 	Самообеспечение

Рис. 1. Принципы организации архитектурного пространства приграничных автомобильных постов

– принцип модульности – указывает на использование типовых модулей в качестве основных архитектурно-планировочных элементов организации пространства комплексных предприятий;

– принцип уникальности – указывает на восприятие объекта как единичного (исключительного) в своем плане;

– принцип автономности – указывает на восприятие архитектурного объекта (предприятия) как единого автономного пространства, включающего один или несколько объектов, по возможности или необходимости преобразованный в рабочий поселок (муниципальное образование) или являющийся независимым периферийным районом городского пространства. Рассмотрим каждый из принципов в отдельности.

Принцип средовой интеграции – один из самых сложных принципов, участвующих в организации пространства комплексов, так как рассматривает объект в трех средах: транспортной, городской и природной. В условиях транспортной среды архитектурное пространство комплексных предприятий в приграничной зоне РФ формируется:

– на уровне «регион» сетью объектов (предприятий), зачастую имеющих свои собственные особенности, в отличие от других архитектурных объектов;

– на уровне «город» комплексные предприятия в некоторых случаях являются градообразующими объектами, вокруг которых формируется пространство муниципального образования, например, Ивангород, г. Кяхта, г. Советск, п.г.т. Забайкальск и т.д. (рис. 2, 3);

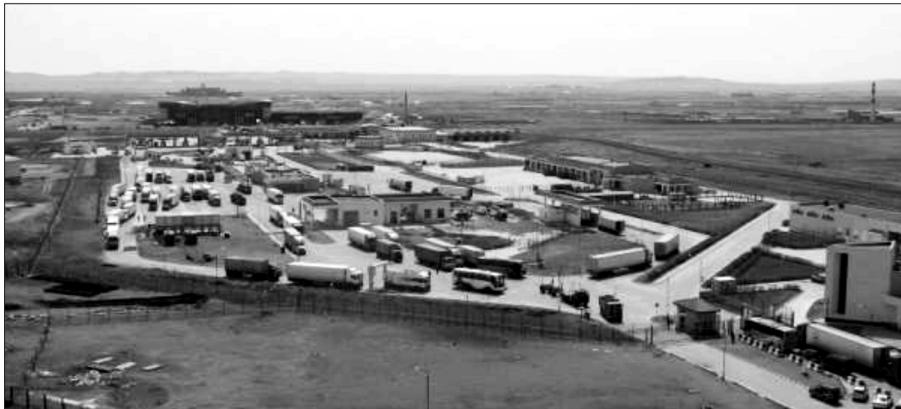


Рис. 2. Общий вид МАПП Забайкальск (Забайкальский край), Сибирский ФО, пропускная способность 2000 авт. в сутки

– на уровне «комплекс» – посты являются конгломератами, сочетающими различные направления деятельности и функции (производственную, общественную, жилую), каждое направление имеет свою архитектурно-пространственную организацию как в планировочном, так и в объемно-планировочном решении;

– на уровне «подкомплекс» части комплексного предприятия являются фрагментами архитектурного пространства.

В условиях городской среды архитектурное пространство комплексных предприятий в приграничной зоне РФ формируется:

– на уровне «регион» с учетом того, что комплексное предприятие – осо-бая зона, организующая мощные потоки пассажиров и грузов, что в пригра-



Рис. 3. Общий вид МАПП Советск (Калининградская обл.), Северо-Западный ФО, пропускная способность 2000 авт. в сутки

ничной зоне организует крупные пространства на уровне муниципальных образований, данный принцип можно наблюдать по всей приграничной зоне РФ, но в Северо-Западном ФО особенно развит;

- на уровне «город» комплексные предприятия требуют оптимального расположения в городской среде – периферийно, как предусмотрено в г. Кяхта, п.г.т. Забайкальск и т.д.;
- на уровне «комплекс» – посты являются одним объектом или группой объектов, которые представляют часть городской среды;
- на уровне «подкомплекс» части комплексного предприятия являются элементами городской среды, которые вносят в городскую среду дополнительные функции.

В условиях природной среды архитектурное пространство комплексных предприятий в приграничной зоне РФ формируется:

- на уровне «регион» с учетом того, что комплексное предприятие располагается в разнохарактерных зональных типах местности, таким образом, архитектурно-пространственная организация предприятий Северо-Кавказского и Сибирского ФО имеет ряд особенностей по причине различных природных условий расположения объектов (рис. 2, 4);
- на уровне «город» взаимодействие природной среды и пространства комплекса создает особое решение – ткань, насыщенную элементами благоустройства и застройки;
- на уровне «комплекс» – архитектурно-планировочное решение постов одновременно учитывает и формирует ландшафт участка строительства;



Рис. 4. Общий вид МАПП Верхний Ларс (Республика Северная Осетия – Алания), Северо-Кавказский ФО, пропускная способность 400 авт. в сутки

– на уровне «подкомплекс» части комплексного предприятия являются контрастной средой относительно природно-ландшафтной среды.

Основной закономерностью, влияющей на выделение принципа средовой интеграции, является условие взаимодействия объекта со средой.

К основным принципам организации архитектурного пространства комплексных предприятий на границе РФ можно отнести *принцип инфраструктурного развития*. Его особенностью является постоянный мониторинг предприятий на соответствие пропускной способности и удовлетворительного состояния заявленных территорий потребностям времени.

Инфраструктурное развитие комплексных предприятий в приграничной зоне РФ формируется:

– на уровне «регион» в зависимости от географии размещения объекта, потребность развития обусловлена факторами формирования архитектурного пространства [1];

– на уровне «город» по степени соответствия заявленным территориям и расположению объекта в городском пространстве, в связи с чем рассматривается инфраструктурное развитие и необходимость в средовых объектах;

– на уровне «комплекс», предприятия являются локальными объектами независимо от расположения в городе или вне городской среды, комплексные предприятия включают в свое решение всю необходимую для организации пространства инфраструктуру, степень развития которой определяется мощностью (пропускной способностью);

– на уровне «подкомплекс» инфраструктурное развитие предприятия должно отвечать современности и постепенно насыщаться новыми элементами или обновляться на уровне элементов (рис. 5).

Основная закономерность, влияющая на выделение принципа инфраструктурного развития, – условие постепенного функционального расширения или насыщения элементами пространства, в этом случае они могут являться как простейшими элементами пространства – уличная мебель и т.д., так и крупными объектами на уровне предприятий.

Следующими принципами организации архитектурного пространства комплексных предприятий на границе РФ являются принцип модульности и принцип уникальности, позволяющие формировать объекты в двух

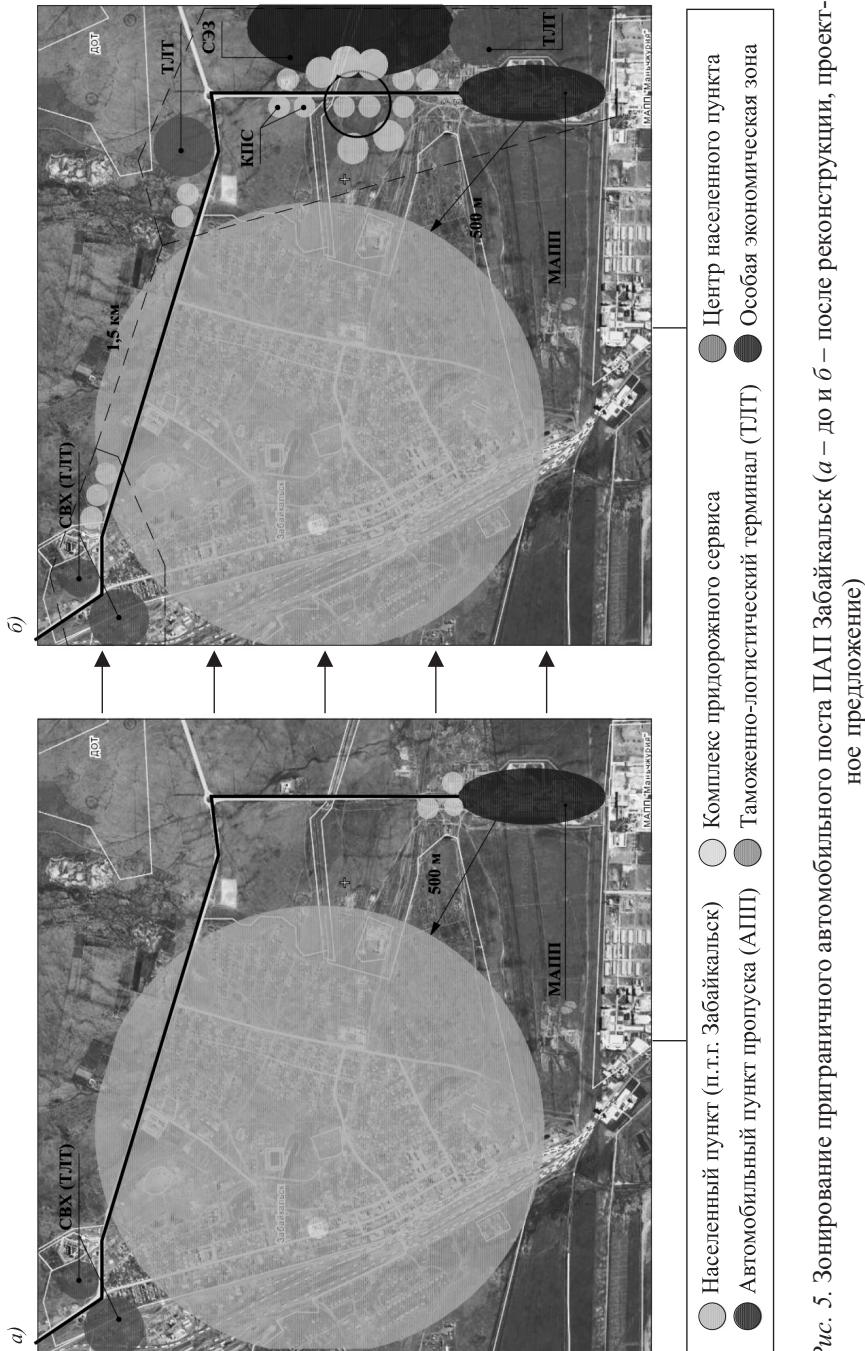


Рис. 5. Зонирование приграничного автомобильного поста ПАП Забайкальск (а – до и б – после реконструкции, проектное предложение)

противоположных направлениях. Принцип модульности имеет свои особенности и позволяет создавать архитектурное пространство с участием типовых модулей – быстро, функционально и экономично. Особенность принципа уникальности – более продолжительные сроки и завышенная стоимость строительства. Плюс принципа – уникальный или исключительный характер архитектуры, что соответствует единичным объектам и выводит предприятие на более высокий уровень восприятия.

Архитектурное пространство транспортных узлов в приграничной зоне РФ формируется по *принципу модульности* в следующих случаях:

– на уровне «регион» – учитывая то, что комплексные предприятия являются сетью объектов со схожими мощностями, которые можно определить в четыре основные группы по пропускной способности;

– на уровне «город» с учетом того, что территория муниципального образования для расположения комплексного предприятия может формироваться по типу конструктора, согласно минимальным срокам и требованиям к мобильной среде, переходя по необходимости из одного образования в другое;

– на уровне «комплекс» с учетом того, что комплексное предприятие будет являться оптимальным модулем, среда которого может быть типовой для одновременно нескольких предприятий, расположенных в схожих условиях;

– на уровне «подкомплекс» в условиях автономного расположения части комплексного предприятия располагаются с учетом полного инженерного и технического самообеспечения одного предприятия (рис. 6).

Основной закономерностью, влияющей на выделение принципа модульности, является условие использования типовых модулей в архитек-



Рис. 6. Проект повторного применения. Общий вид

а – МАПП Донецк (Ростовская обл.), Южный ФО, пропускная способность 1000 авт. в сутки,
б – МАПП Матвеев Курган (Ростовская обл.), Южный ФО, пропускная способность 1000 авт.
в сутки

турно-пространственной организации. На данный момент времени это наиболее распространенный принцип.

Архитектурное пространство транспортных узлов по *принципу уникальности* формируется:

- на уровне «регион», если объект является достопримечательностью регионального значения и на его базе формируется туристический кластер;
- на уровне «город» как акцент в городской инфраструктуре, учитывая особенности населенного пункта;
- на уровне «комплекс» как особый тип комплекса, имеющий достаточную инфраструктуру для организации туристической зоны;
- на уровне «подкомплекс» как единичный – уникальный объект или часть уникального объекта.

Основной закономерностью, влияющей на выделение принципа уникальности, является условие исключительного восприятия пространства.

Также одним из важных принципов организации архитектурного пространства комплексных предприятий на границе РФ является *принцип автономности*, который лежит в основе создания объектов, размещаемых вне городской среды. Данный принцип учитывается при создании архитектурного пространства, имеющего полное независимое инженерное обеспечение.

Архитектурное пространство транспортных узлов в приграничной зоне РФ формируется по принципу автономности в следующих случаях:

- на уровне «регион», если комплексное предприятие располагается в отдаленных и труднодоступных приграничных районах, также данный принцип учитывается при организации населенного пункта на базе комплекса с течением времени;
- на уровне «город» – территория комплексного предприятия может рассматриваться как самостоятельный район, имеющий независимые от города источники инженерного обеспечения, и как особая городская зона;
- на уровне «комплекс» – данные предприятия могут являться самодостаточными объектами, независимо от расположения в городе или вне городской среды, в данном случае комплексные предприятия включают в свое решение всю необходимую для функционирования инфраструктуру, степень развития которой определяется мощностью (пропускной способностью) объекта;
- на уровне «подкомплекс», в условиях автономного расположения, части комплексного предприятия располагаются с учетом полного инженерного и технического самообеспечения одного или нескольких объектов предприятия [5].

Основной закономерностью, влияющей на выделение принципа автономности, является условие автономного расположения объекта.

Таким образом, для объектов приграничной инфраструктуры, а в частности комплексных предприятий, расположенных в зоне транспортных узлов на границе РФ, характерными будут все пять принципов организации пространства: принцип средовой интеграции, принцип инфраструктурного развития, принцип модульности, принцип уникальности и принцип автономности. Согласно принципам сформулированы основные особенности пространственной организации объектов на четырех уровнях

организации пространства. Выделение принципов архитектурно-пространственной организации необходимо для последующего составления наиболее характерных моделей предприятий, типичных для приграничной зоны РФ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А н у ф р и е в а Н.А. Структура формирования архитектурно-планировочной организации приграничных автомобильных постов. [Электронный ресурс] //Архитектор: известия вузов. 2013. № 4(44). Режим доступа: http://archvuz.ru/2013_4/4.
2. Карта автомобильных пунктов пропуска: [официальный сайт Федерального агентства по обустройству государственной границы Российской Федерации]. Условия доступа: <http://www.rosgranitsa.ru/tu/pp> (дата обращения: 10.10.2016).
3. Федеральный закон (проект федерального закона): О пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации: проект федерального закона редакция от 16.02.2011 г. [официальный сайт Федерального агентства по обустройству государственной границы Российской Федерации]. Условия доступа: <http://www.rosgranitsa.ru/tu/node/3519> (дата обращения: 10.10.2016).
4. А н у ф р и е в а Н.А. Особенности архитектурно-планировочной организации приграничных автомобильных постов. [Электронный ресурс] //Архитектор: известия вузов. 2014. № 3(47). URL: http://archvuz.ru/2014_3/8.
5. А н у ф р и е в а Н.А. Концепция инфраструктурного развития приграничного автомобильного поста на основе МАПП Забайкальск и МАПП Ташанта // Региональные архитектурно-художественные школы. 2015. № 1. С. 78–84.

Ануфриева Надежда Анисимовна, ст. препод.; E-mail: anyfrieva@ngs.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Получено 18.11.16

Anufrieva Nadezhda Anisimovna, Senior Lecturer; E-mail: anyfrieva@ngs.ru
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

THE PRINCIPLES OF THE ORGANIZATION OF ARCHITECTURAL SPACE OF TRANSPORT KNOT IN THE FRONTIER ZONE RUSSIAN FEDERATION

Article considers the principles of the organization of architectural space of the complex entities located in zones of transport hubs on border of the Russian Federation. The research revealed five basic principles of the architectural and spatial organization of complexes among which there are principles of environmental integration, infrastructure development, a modularity, uniqueness and autonomy. The principle of environmental integration is considered taking into account transport (logistic), city and the natural organizations of space of environments. The principles it is created on the basis of the regularities characteristic to space. Consideration of the principles of the organization of architectural space is carried out taking into account levels: «region», «city», «complex» and «subcomplex». Features of the organization of architectural space on each of levels are marked out.

K e y w o r d s: principles of the organization of architectural space, complex entities of the frontier transport knot, level of the organization of space.

REFERENCES

1. A n u f r i e v a N.A. Struktura formirovaniya arkhitekturno-planirovochnoy organizatsii prigranichnykh avtomobil'nykh postov. Elektronnyy resurs [Structure of formation of the architectural and planning organization of frontier automobile posts]. Arhitekton: izvestiya vuzov. 2013. No. 4(44). Available at: http://archvuz.ru/2013_4/4. (in Russian)
2. Karta avtomobil'nykh punktov propuska: [ofitsial'nyy sayt Federal'nogo agentstva po obustroystvu gosudarstvennoy granitsy Rossiyskoy Federatsii] [Map automobile checkpoints]. Available at: <http://www.rosgranitsa.ru/ru/pp> (date of access: 10.10.2016).
3. Federal'nyy zakon (proekt federal'nogo zakona): O punktakh propuska cherez gosudarstvennuyu granitsu Rossiyskoy Federatsii: proekt federal'nogo zakona redaktsiya ot 16.02.2011g. [ofitsial'nyy sayt Federal'nogo agentstva po obustroystvu gosudarstvennoy granitsy Rossiyskoy Federatsii] [About check points through frontier of the Russian Federation: the federal law draft edition of 16.02.2011]. Available at: <http://www.rosgranitsa.ru/ru/node/3519> (date of access: 10.10.2016).
4. A n u f r i e v a N.A. Osobennosti arkhitekturno-planirovochnoy organizatsii prigranichnykh avtomobil'nykh postov. Elektronnyy resurs [Features of the architectural and planning organization of frontier automobile posts]. Arhitekton: izvestiya vuzov. 2014. No. 3(47). Available at: http://archvuz.ru/2014_3/8. (in Russian)
5. A n u f r i e v a N.A. Kontseptsiya infrastrukturnogo razvitiya prigranichnogo avtomobil'nogo posta na osnove MAPP Zabaykal'sk i MAPP Tashanta [The concept of infrastructure development of a border automobile post on the basis of MAPP Zabaykal'sk and Tashant's MAPP]. Regional'nye arkhitekturno-khudozhestvennye shkoly. [Regional architecture and art school]. 2015. No. 1. Pp. 78–84. (in Russian)

УДК 711.4-112(571.1)

М.И. АКИМОВА

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ ГОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Определена роль ландшафта в генезисе Сибирского города и развития его планировочной структуры. Рассматривается взаимосвязь выбора места для строительства исторических городов Сибири с природным ландшафтом на примере Тюмени, Тобольска, Томска, Омска, Барнаула, Змеиногорска, Колывани, Новониколаевска. Проанализированы различия в характере рельефа местности каждого из исследуемых городов и их влияния на формирование архитектурного облика, планировочно-пространственной композиции исторических центров в структуре городов Западной Сибири.

Ключевые слова: природный ландшафт, природные факторы, планировочный каркас, панorama города, исторический центр, ансамбль, архитектурно-пространственная среда.

Процесс возникновения и развития городов Западной Сибири в XVII–XVIII вв. тесно связан с освоением обширных зауральских территорий Русским государством.

Присоединение современных западно-сибирских земель к России имело огромное прогрессивное значение, так как оно способствовало экономическому и культурному развитию народов, населявших этот край.

Так как районам Сибири первоначально угрожали нашествия войск хана Кучума, а позже – нападения кочевников, то и освоение этих территорий началось с возведения укрепленных городков-острогов для охраны населения. Возникшие в XVII в. городки-остроги затем были преобразованы в центры административного управления, а на рубеже XVIII – XIX столетий такие города, как Тюмень, Тобольск, Томск, Омск, Барнаул, утвердили за собой значение основных административно-политических, торгово-промышленных и культурных центров отдельных районов Сибири.

В строительстве сибирских городов выявились не только своеобразие сибирского градостроительства, но и общероссийские тенденции, т.е. связь с глубокими национальными градостроительными традициями России, осуществленная людьми, пришедшими из центрального и североевропейского российского региона, что прослеживается, начиная с выбора места и постановки многочисленных зимовых, острогов и крепостей, в строительстве городов, формировании их центров, в характере архитектуры культовых, общественных и жилых построек.

Русскими градостроителями глубоко понималось значение природного фактора в выборе места для строительства городов, которые возводились в наиболее благоприятных в ландшафтном отношении местах. Выбор места для строительства городов определялся не только стратегическими сообра-

жениями, но и благоприятными условиями для ведения сельского хозяйства, торговли и промысла, они ставились в тех местах, где водился соболь, т.е. преимущественно в северных лесных и тундровых районах и непременно там, где проживало местное население.

Ландшафт русской природы богат и многообразен, в самой природе заложены основы «ансамбля», т.е. органического единства при многообразии форм. В соответствии с этим рациональный выбор места для строительства города и его отдельных сооружений предопределял возможность гармоничного сибирского градостроительства. Многие сибирские города своей неповторимой композицией и архитектурной уникальностью обязаны природному ландшафту. Характерной чертой градостроительства Сибири является неразрывная связь природного ландшафта и архитектурно-пространственной среды. Главные элементы ландшафта – рельеф, водные магистрали, лесные массивы, климат определили местоположение первых сибирских крепостей Тюмени, Тобольска, Томска и др.

На территории Западной Сибири по берегам водных магистралей находится большое количество исторических городов (Тюмень, Тобольск, Томск, Омск и др.). Различия в характере рельефа местности каждого из исторических сибирских городов способствовали появлению индивидуальных черт в планировочно-пространственной композиции, а также архитектурном облике отдельных городов [1].

Большая часть сибирских городов связана с крупными водными артериями, первые остроги и города, как правило, возникали при слиянии двух и более рек, что определяло «многолучевую» связь с близлежащей территорией. Сибирские города-крепости располагались в труднодоступных местах: в узких перешейках речных петель (Ишим, Нерчинск); на высоких мысовых участках (Тюмень, Тобольск, Томск и др.), где посады и монастыри возводились перед крепостью или в месте впадения притока в главную реку.

Местоположение, размеры в плане и высота крепости определялись ее назначением, т.е. она должна была являться для горожан надежным укрытием в случае нападения неприятеля, что формировало художественный облик города.

Другое условие, определяющее облик города, – это его расположение у реки. Город имел тайные ходы к воде, вокруг располагались пахотные и выгонные земли, обеспечивающие все население пропитанием, также имелись необжитые территории для занятия различными промыслами. Город плавно входил в природу, которая максимально сохранялась и изменялась только в случае крайней необходимости. Все это определяло панораму городских ансамблей с далекого расстояния.

Градостроительство допетровского периода при всем разнообразии ландшафтных характеристик отличается умелым использованием особенностей природного ландшафта при строительстве каждого города. Для ранних сибирских городов была характерна в основном иррегулярная, свободная планировка и застройка, гармонично сочетавшаяся с природным окружением. Планировка соответствовала природной «логике»: улицы и проезды следовали линиям склонов, бровок, долин, берегов. Состав-

ленные в XVIII в. проекты регулярной планировки оказали небольшое влияние на своеобразие каждого из городов, так как в них существовал планировочный каркас и пространственно-планировочная структура, связанные с особенностями ландшафта и обеспечившие в дальнейшем преемственность градостроительного развития. Несмотря на изменения архитектурной среды в городах, ее структурная основа, определяемая ландшафтом, оставалась постоянной.

Ландшафт в генезисе сибирских городов всегда играл определяющую роль, выраженную в функциональной и эстетической составляющих. Функциональная составляющая проявляется в изначальном возникновении сибирских городов как городов-крепостей, расположенных в труднодоступных местах, а эстетическая – в выразительности панорамы этих городов за счет размещения их на своеобразном рельефе. Строительство сибирских городов-крепостей в очень красивых таежных местах, кроме эстетической функции, несло и функционально-экономическую пользу, ведь лес являлся основным материалом, из которого возводились города.

Большое влияние на планировочную структуру городов оказала конфигурация водных бассейнов и рельеф местности.

Сибирский город начинал свое развитие с небольшого ядра крепости и посада, размечавшихся в основном на холме или возвышенном мысу у водоема, постепенно осваивая в дальнейшем окружающие земли. Как следствие, город приобретал ярусность в построении общей композиции.

Примером влияния сложного рельефа местности на планировочную структуру и развития ее по обоим берегам рек может служить первый сибирский город *Тюмень*. На возникновение и развитие Тюмени оказали влияние удачные ландшафтные условия. Русская крепость была заложена там, где крутые берега Туры и Тюменки образовали соседний клиновидный мыс, недалеко от «Царева городища». Городской ландшафт создавался взаимосвязью речек, оврагов, р. Туры и застройки. Город стал развиваться вокруг крепости в соответствии с топографией местности и ландшафта. В сложившейся структуре Тюмени выявлялось умелое использование градостроителями ландшафтной ситуации – на самом высоком, труднодоступном вытянутом вдоль Туры мысу находилась главная крепость, посад примыкал к «городу» и получил свое развитие вдоль берега, являясь как бы его продолжением, противолежащий мыс был укреплен стенами монастыря. Расположенный юго-восточнее посада женский монастырь, а также образованная за речкой Тюменкой Ямская слобода, а за р. Турой – Татаро-бухарская, определили направление роста города линейного характера. Застройка кремля, посада, монастырей в панораме города представляла собой цепочку, выстроенную вдоль берега Туры.

Несмотря на то, что расположенный в Затюменской части ансамбль мужского монастыря обеспечивал городскому ядру центральное положение в общей панораме, всегда хорошо воспринимаемой благодаря излучине р. Туры, все же панорама так и не получила яркого композиционного центра. Городское ядро (кремль) со временем «растворилось» в застройке, так как в линии церковных сооружений, вытянутой вдоль берега, «город» являлся последним звеном.

Описывая панораму Тюмени, исследователь Сибири П.А. Словцов отметил: «Несколько каменных зданий выглядывают из-за крыш передовой линии, а по целой дуге городского берега белеются храмы...» [2].

В своей основе город представлял трехмысовую застройку, разделенную оврагами, но связанную рекой и транзитным трактом, включавшую в свою композицию излучину р. Туры, крутой берег и малые речки. Все это создало необычный образ сибирского города, а также бесконечное своеобразие видовых перспектив.

Общественный центр Тюмени первоначально располагался в крепости, впоследствии центр пространственно вышел за ее пределы и расположился по обе стороны р. Тюменки. Благовещенская церковь на территории крепости в панорамном восприятии являлась центром города и связующим звеном всех вертикальных доминант. Развитие центра на протяжении всей истории Тюмени происходило линейно. Сибирский тракт послужил той осью, которая формировала каркас города.

Интересным примером взаимосвязи природного ландшафта и структуры города служит *Тобольск*, возникший при впадении р. Тобола в р. Иртыш, на высоком прибрежном плато, которое тогда носило название Алафейской горы, дугой огибающим пойменную низменность. Такие ландшафтные особенности данной местности, как громадная терраса и пойменный луг у ее подножия, привели к возникновению двух частей города – верхней и нижней. В верхней части, на вершине Троицкого мыса, представляющего собой южную оконечность большого плато, появились укрепленная крепость и Софийский двор, позже объединенные в кремль. Нижний Тобольск сформировался перед «природным амфитеатром», образованным Троицким мысом, Паниным бугром и Чувашским мысом, разделенными между собой лишь оврагами. Южная часть берега нагорной части изрезана глубокими оврагами, которые были превращены в подъемы – взвозы. В Нижнем городе естественные возвышенности подчеркивались постановкой на них сакральных сооружений, а в случае отсутствия природных холмов их создавали и церкви, которые ставили на искусственном холме (Крестовоздвиженская церковь). Подгорный Тобольск отличается системой водных протоков, образованной многочисленными речками и ручьями, являющимися основой планировки Нижнего города и определившими направление основных продольных и части поперечных улиц. Нижний город был представлен сооружением монастыря и развивавшегося посада, подчиненных ландшафту.

На панораме города XVIII в. верхняя часть представляет собой горную гряду с силуэтом собора и высокой колокольни, а у подножия гряды, на берегу Иртыша, раскинулся город с многочисленными домами и церквями. Тобольск имел ярко выраженный городской центр, представленный каменными постройками Софийского двора, наместнического и архиерейского домов, Софийским собором с колокольней, расположенных на природном постаменте, образованном двумя огромными холмами с расщелиной взвоза между ними. Панорама Тобольска обогащена многочисленными церквями-доминантами, органично вписавшимися в ландшафт, что прослеживается

уже на гравюре XVIII в. Верхний Тобольск развивался как плоский город-холм, а Нижний как город-чаша.

Ось развития города сформировалась параллельно р. Иртыш, в нижней и верхней частях образовались по одной главной продольной улице, по несколько радиальных, направленных на кремль, и по несколько поперечных, направленных к реке. По этой же оси развивался и городской центр. Плоский рельеф Троицкого мыса способствовал осуществлению регулярной планировки, в то время как на сложном пересеченном рельефе Нижнего города это было сделать гораздо сложнее. Свообразие ландшафта повлияло на планировочную структуру Тобольска, на сложение определенной системы архитектурных доминант и создание неповторимого силуэта и панорамы, не изменившихся и после перепланировки.

Томск, как и Тобольск, является типом города, развившегося на сложном рельефе на одном берегу мощной водной артерии. Томская крепость была заложена в 1604 г. на узком и длинном мысу горы, впоследствии названной Воскресенской, над р. Томью. Место для строительства было выбрано с речной стороны, где береговая отмель переходила в крутой откос террасы, изрезанной глубокими оврагами. Эти крутые откосы возвышенности и большое болото, подходившее к ее основанию с юго-восточной стороны, создавали надежную естественную защиту от нападения извне. Первоначально осваивались нагорные территории (Воскресенская и Юрточная гора), а затем подгорные, связанные с направлением основных трактов.

Место под новый сибирский город в устье речки Ушайки на берегу Томи было удобным для транспортной связи по реке с русскими крепостями Сургутом и Тобольском.

По словам И.Э. Фишера: «Окрестные места весьма плодородны: земля тучна, черна, рыхла и никогда не требует удобрения... сия сторона изобильна лошадьми и рогатым скотом, в реках водится великое множество разных рыб, и положение города для произведения торгов с калмыками и монголами весьма выгодно» [3].

Эстетические ценности города несомненны, здесь прослеживается связь архитектурно-строительной деятельности человека с уникальной природой, осмыслившем ландшафта. Градостроители очень умело использовали рельеф для усиления значимости доминант, располагая их на возвышенных участках, размещая через существующие природные интервалы на территории города (небольшие речки, овраги, всхолмления), нередко объединяя несколько доминант для придания композиционной выразительности [4].

Омск служит примером возведения города-крепости на относительно плоском рельефе, запрограммировавшем развитие компактной веерообразной планировочной структуры. Омская крепость была основана приблизительно в 500 м от Иртыша на левом берегу р. Оми. В этом месте Омь подходила вплотную к скату верхней террасы и образовался крутой берег высотой 12–15 м [5].

Примерами организации поселений, создаваемых на основе горно-заводского производства, являются Барнаул и Змеиногорск.

Усть-Барнаульская деревня располагалась в красивой, хотя и болотистой долине р. Барнаулки, окруженной обширным сосновым бором. С юго-запада

поселение было укрыто от сильных господствующих ветров «горой» высотой свыше 50 м, поросшей лесом, круто опускающейся к реке. В устье р. Барнаулки имелся удобный подход к полноводной Оби, где береговая линия была доступна для хозяйственного использования [6]. Барнаул представляет собой городское поселение со сложной природно-ландшафтной характеристикой. С одной стороны он представлял собой место, окруженнное прекраснейшим сосновым бором, при слиянии р. Барнаулки с мощной Обью, а с другой – сильно заболоченную низменность с большим количеством озер и подтопляемых неудобиц.

Барнаул, в отличие от других городов Западной Сибири, не имел речной панорамы, так как с р. Оби его закрывала гора, однако характеризовался широкой внутренней панорамой, раскрывавшейся с нагорной части и Змеиногорского тракта.

Змеиногорск расположен на юго-западе в 435 км от Барнаула, в долине речки Корбалихи (правый приток верхней части р. Алей), в северных отрогах Колыванского хребта, где проходит стык степей Западно-Сибирской равнины и массива Алтайских гор. Город окружен низкогорным ландшафтом с крутоисклонным среднепересеченным профилем: урез берега Корбалихи 350 м, гора Караульная в пределах города имеет относительную высоту 613 м. Планировочная структура Змеиногорска связана с разработкой полиметаллической руды и окружающим ландшафтом. Змеиногорский рудник явился основой населенного пункта Змеиногорска, в котором все было подчинено требованиям производственной деятельности рудника.

Живописный ландшафт стал благодатным фоном в организации культурного городского ландшафта.

Из исторических городов Западной Сибири, основанных в XVIII в., представляет интерес Колывань, созданная в качестве крепости в южной части региона.

Колывань является примером компактной планировочной структуры, расположенной на сложном рельфе, в основе которой лежит регулярная планировочная система. Поселение находится на возвышенном месте, ограничено с востока живописным изгибом и крутым склоном р. Чаус, а с юга, запада и севера прямыми отрезками широтных и меридиональных линий, по диагонали пересекалось Московским трактом.

Самый молодой и самый крупный из исследуемых городов Западной Сибири конца XIX в. – Новониколаевск (Новосибирск) расположен на месте пересечения многоводной р. Оби с магистральной железнодорожной линией. Жизнь и облик города тесно связаны с Обью, соединяющей Новосибирск с северными и южными районами Западной Сибири. Современный город расположен на обоих берегах мощной водной магистрали, что создает выгодное и своеобразное впечатление.

Широкая гладь р. Оби и необъятные пространства Барабинских степей, упирающихся в высокий правый берег, поросший лесами, требовали в этом месте своего завершения и преодоления пассивного степного пространства в виде мощного городского организма с мостами, дымящимися заводами, куполами зданий.

Для правобережного Новосибирска характерен живописный рельеф и разнообразный ландшафт, позволивший организовать архитектурные массы, выразительные силуэты и красивые ансамбли города [7].

В силу природно-ландшафтных особенностей изначально планировочная структура Новониколаевска характеризуется расчлененностью. В 1906 г. Михайловский лог (Дом культуры им. Октябрьской революции) и глубокий овраг Каменки рассекали город на три неравные части.

При выборе места для строительства крепостей, дававших основу будущему городу, учитывалась визуально-пространственная характеристика природной среды, предопределяющая и планировочную структуру города, и его морфологию (рис. 1). Использование рельефа местности, его отдельных элементов при строительстве городов повлияло на композиционное акцентирование, сложение архитектурных ансамблей, появление ритмических архитектурных вертикалей, закрепленных естественными элементами рельефа, что можно проследить на панорамах Томска, Тобольска и др. (рис. 2).

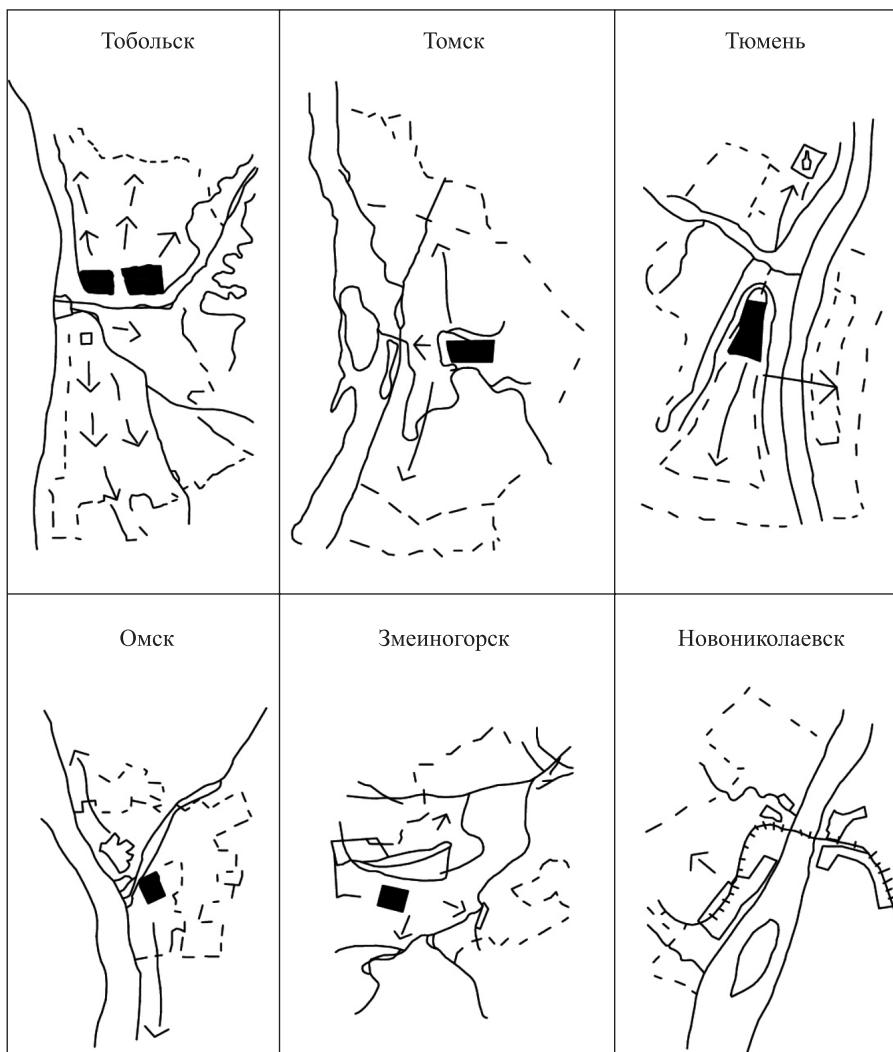


Рис. 1. Влияние ландшафта на формирование центров городов

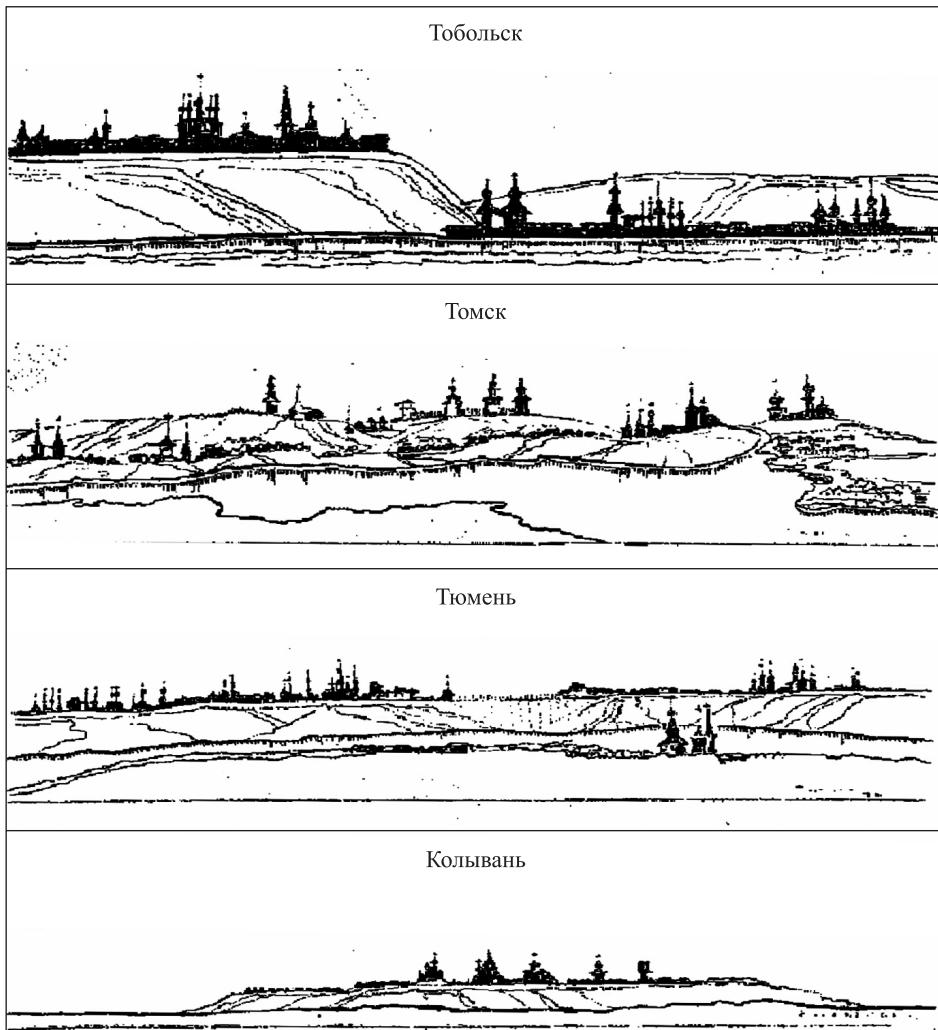


Рис. 2. Панорамы сибирских городов

В городах Сибири наиболее оптимально использовались особенности ландшафта, выступавшие и как средство гармонизации всей среды, и как средство соразмерности для отдельных архитектурных объектов (Тобольск, Тюмень) [4].

Природный ландшафт в большой степени определял местоположение крепости, влиял на размещение доминировавших, как правило, культовых зданий и на планировку улиц и площадей.

Выводы. Большую роль при выборе места для строительства городов и организации их центров играл ландшафт. Особенностью сибирского градостроительства является неразрывная связь природного ландшафта и архитектурно-пространственной среды. Будущее историческое ядро городов-крепостей было организовано, как правило, на наиболее возвышенных участках рельефа. Пересечение естественной и искусственной среды выделяло центральную часть города из всей окружающей застройки. Так, центральная часть Томска, выделялась большим количеством доминант, подчеркивающих природные возвышенности.

Центры исторических городов Западной Сибири на протяжении всей истории своего развития играли важную роль в социально-экономическом освоении этого региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А к и м о в а М.И. Формирование и развитие главной площади городов Западной Сибири (конец XVI – начало XX в.): автореф. дис. ... канд. искусствоведения. Новосибирск, 2011. 30 с.
2. С л о в ц о в П.А. Историческое обозрение Сибири. Т. 1, 2. 2-е изд. СПб.: Тип. И.Н. Скороходова, 1886. 775 с.
3. Ф и ш е р И.Э. Сибирская история с самого открытия до завоевания сей земли российским оружием. СПб., 1774. 631 с.
4. В о ль с к а я Л.Н. Градостроительное наследие Сибири. Новосибирск: НГАХА, 1996. 90 с.
5. К оч ед а м о в В.И. Омск. Как рос и строился город. Омск: Омское кн. изд-во, 1960. 112 с.
6. Б а л а н д и н С.Н. Архитектура Барнаула. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1974. 112 с.
7. К ряч к о в А.Д. Архитектура Новосибирска за 50 лет // Архитектура Сибири. Новосибирск, 1951. Июль. С. 7–28.

Акимова Мария Игоревна, канд. искусствоведения, доц.;

E-mail: amari-83@mail.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Получено 09.11.16

Akimova Mariya Igorevna, PhD, Ass. Professor; E-mail: amari-83@mail.ru
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

THE INFLUENCE OF NATURAL LANDSCAPE ON THE ORGANIZATION OF HISTORIC CENTERS OF WESTERN SIBERIA CITIES

The landscape role in genesis of the Siberian city and development of its planning structure is defined. The interrelation of the choice of the place for construction of the historical cities of Siberia with a natural landscape, on the example of Tyumen, Tobolsk, Tomsk, Omsk, Barnaul, Zmeinogorsk, Kolyvan, Novonikolayevsk is considered. Distinctions in character of a land relief of each of the explored cities and their influence on formation of architectural shape, planning and spatial composition of historic centers in structure of the cities of Western Siberia are analysed.

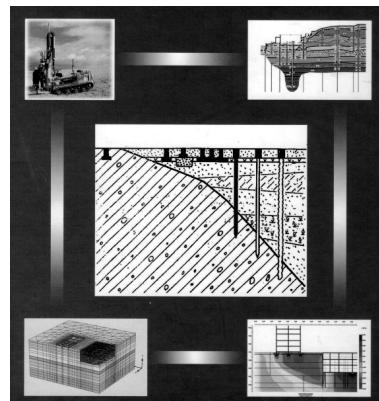
К e y w o r d s: natural landscape, natural factors, a planning framework, the panorama of the city, the historic center, ensemble, architectural and spatial environment.

REFERENCES

1. A k i m o v a M.I. Formirovanie i razvitie glavnoy ploshchadi gorodov Zapadnoy Sibiri (konets XVI – nachalo XX v.): avtoref. dis. ... kand. iskusstvovedeniya [Formation and development of the main square of the cities of Western Siberia (the end of XVI – the beginning of the 20th century): author. dis. ... PhD]. Novosibirsk, 2011. 30 p. (in Russian)
2. S l o v t s o v P.A. Istoricheskoe obozrenie Sibiri [Historical review of Siberia]. St.-Petersburg, Printing house I.N. Skorokhodova, 1886. 775 p. (in Russian)

3. Fisher I.E. Sibirskaya istoriya s samogo otkrytiya do zavoevaniya sej zemli rossiyskim oruzhiem [The Siberian history from the opening to a gain of this earth the Russian weapon]. St.-Petersburg, 1774. 631 p. (in Russian)
 4. Vol'skaya L.N. Gradostroitel'noe nasledie Sibiri [Town-planning heritage of Siberia]. Novosibirsk, Novosibirsk State Academy of Architecture and Arts, 1996. 90 p. (in Russian)
 5. Kochetkov V.I. Omsk. Kak ros i stroilsya gorod [Omsk. As the city grew and was under construction]. Omsk, Omsk book publishing house, 1960. 112 p. (in Russian)
 6. Balandin S.N. Arkhitektura Barnaula [Architecture of Barnaul]. Barnaul, Altay book publishing house, 1974. 112 p. (in Russian)
 7. Kryachkov A.D. Arkhitektura Novosibirska za 50 let [Architecture of Novosibirsk in 50 years]. Architectura Sibiri [Architecture of Siberia]. Novosibirsk, 1951. July. Pp. 7–28. (in Russian)
-

НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Д. ДАШЖАМЦ, И.М. СЕБЕЛЕВ, М.М. ТИТОВ, Н.П. КАРАСЕВ,
Э. ДУГУРСУРЭН

ЗИМНЕЕ БЕТОНИРОВАНИЕ – НАДЕЖНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ МОНГОЛИИ

В ноябре 2016 г. в г. Улан-Баторе в рамках сотрудничества Монгольского государственного университета науки и технологии (МГУНТ) и Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, НГАСУ (Сибстрин) прошла Третья международная конференция, в рамках которой на совместном монголо-российском семинаре¹ ученые двух университетов обсудили вопросы технологии зимнего бетонирования.

На конференции было отмечено, что одним из путей подъема экономики Монголии может быть интенсификация развития ее строительной отрасли, а эффективность самой строительной отрасли многократно возрастет, если строительство по всей стране будет осуществляться круглогодично.

Учитывая, что бетон – это самый распространенный и универсальный строительный материал в мире в прошлом, настоящем и в ближайшем будущем, на технологию его производства и применения необходимо обратить самое пристальное внимание. Объем потребляемого бетона в Монголии определяется во многом наличием производимого в стране цемента, благодаря введению в эксплуатацию двух новых цементных заводов, и импортом цемента из соседних стран. Однако увеличение объема выпуска бетона в первую очередь сдерживается тем, что с наступлением зимнего периода практически приостанавливается производство бетонных работ на строительных площадках. Это обусловлено отсутствием в достаточном количестве квалифицированных кадров (как ИТР, так и рабочих), частичной утратой знаний и практических навыков производства строительно-монтажных работ в зимний период. Отсутствие потребности в зимний период в бетоне,

¹ Научный семинар ученых Монголии и Российской Федерации на тему: «Технология зимнего бетонирования». Улаанбаатар хот 2016 он.

следовательно, и в цементе отрицательно сказывается на эффективности работы цементных заводов и качестве производимого цемента. Именно по этой причине цементные заводы вынуждены на зимний период резко сокращать свое производство.

Указанную выше проблему можно решить повсеместным внедрением технологии зимнего бетонирования, возможность применения и преимущества которой в зимних условиях Монголии подробно и компетентно обсуждались на семинаре в докладе проф. М.М. Титова.

Помимо традиционных методов контроля качества можно предложить более интенсивное использование не дорогих, но эффективных методик менеджмента качества. Это простые статистические инструменты, а также статистический приемочный контроль продукции (цемента и бетона) и статистическое управление процессами их производства, например, контрольные карты. Данный аспект проблемы обсуждался в докладе заместителя директора системно-аналитического центра «Стройконсалтинг» НГАСУ(Сибстрин), менеджера по системам качества ТЮФ СЕРТ Н.П. Карасева.

Успешность и надежность решения обозначенных проблем возможны лишь при условии подготовки программ и проведении обучения ИТР и рабочих: производство бетонных работ в зимний период года, контроль качества выполняемых работ, применение статистических методов в строительстве, а также при гармонизации нормативно-правовой документации России и Монголии при разработке и утверждении «Технологического регламента», в котором должны быть приведены сведения не только о методах производства работ в зимних условиях в Монголии, но и о методах контроля качества.

При этом необходимо учитывать и требования ЕС, ЕАЭС, Китая и т.д. Все эти вопросы обсуждались в докладе директора системно-аналитического центра (САЦ) «Стройконсалтинг» НГАСУ (Сибстрин) проф. И.М. Себелева.

Вопросы зимнего бетонирования в условиях Монголии входят в сферу интересов кафедры технологии и организации строительного производства НГАСУ (Сибстрин). На ее базе завершается кандидатская работа аспиранта из Монголии Д. Энхбаатара, руководитель которой с российской стороны проф. М.М. Титов, а консультант с монгольской стороны акад. Д. Дацшамц.

Таким образом, на семинаре были рассмотрены четыре очень важных момента для интенсификации строительной отрасли Монголии:

1. Необходимость распространения периода строительства на весь календарный год.
2. Возможность получения качественного бетона различных классов в достаточном количестве.
3. Наличие необходимого объема цемента, достаточного для резкого увеличения количества выпускаемого бетона.
4. Необходимость разработки и утверждения «Технологического регламента производства бетонных работ в зимний период в Монголии» и гармонизации нормативной документации России и Монголии в области строительства и строительных материалов.

Необходимо также отметить, что конференция проходила в русле программы сотрудничества двух городов: Улан-Батора и Новосибирска, которые в октябре 2015 г. стали городами-побратимами. Участники конференции отметили, что для успешной реализации этой программы необходимо более тесное взаимодействие МГУНТ и НГАСУ (Сибстрин).

В ходе обсуждения на конференции было выработано предложение: наиболее приемлемым решением обсуждаемых выше задач в сложившихся условиях было бы постепенное (step by step) внедрение технологии зимнего бетонирования в условиях Монголии. Первым шагом в этом направлении является создание международной ассоциации зимнего бетонирования в рамках подписанного на Форуме, прошедшем в конце октября 2016 г. в г. Новосибирске, договора о сотрудничестве между НГАСУ (Сибстрин) и МГУНТ. Ассоциация может начать функционировать в ближайшее время в г. Улан-Баторе на базе МГУНТ (руководитель проф. Дашибамц) и в г. Новосибирске на базе САЦ «Стройконсалтинг» (руководитель И.М. Себелев).

В задачи ассоциации входит разработка с участием Министерства строительства Монголии технологического регламента зимнего бетонирования, методических рекомендаций по его применению и профессиональных стандартов для обучения этой технологии монгольских специалистов.

В заключение необходимо отметить, что данное направление работ полностью соответствует букве и духу межправительственных соглашений, заключенных между правительствами наших стран в последнее время^{2–4}.

До конференции российская делегация посетила несколько заводов ЖБИ и строительных площадок Монголии. Члены делегации были не только удивлены, но и в какой-то степени поражены размахом преобразований в строительной отрасли. Например, на одном из крупнейших заводов (генеральный директор Эрдэнэбаатар) идет масштабное перевооружение – устанавливается самое современное европейское оборудование по производству сборных железобетонных изделий. На другом заводе (генеральный директор Burgmaa Bankhal) также идет переоснащение. Руководители заводов постоянно нацелены на улучшение качества и снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Побывав на строительных площадках (KHOS BAR LLC – генеральный директор Sharavnyam Luvsan и Incon LLC – главный инженер D. Enkhbaatar), члены делегации отметили не только применение современных материалов и технологий, но и высокое качество работ.

² Декларация о развитии стратегического партнерства между Российской Федерацией и Монголией.

³ Меморандум о взаимопонимании между Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации и Министерством строительства и градостроительства Монголии.

⁴ Меморандум о взаимопонимании по сотрудничеству в области стандартизации и метрологии между Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Российская Федерация) и Агентством по стандартизации и метрологии Монголии (Монголия).

Дашжамц Далайн, акад. Монгольской академии наук, д-р техн. наук, проф., директор геотехнического исследовательского центра;

E-mail: ddashjamts@must.edu.mn

Монгольский государственный университет науки и технологий, г. Улан-Батор

Себелев Иван Михайлович, д-р техн. наук.; E-mail: isebelev@yandex.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Системно-аналитический центр «Стройконсалтинг»

Титов Михаил Михайлович, д-р техн. наук, проф.;

E-mail: agd_tmm48@mail.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Карасев Николай Павлович, доц.; E-mail:karasevn@mail.ru

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Дугурсурэн Энхбаатар, асп.; E-mail: enkhbaatar1001@gmail.com

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

WINTER CONCRETING – THE RELIABLE WAY OF INCREASE OF EFFICIENCY OF CONSTRUCTION BRANCH OF MONGOLIA

ПАМЯТИ ЛЬВА ВАСИЛЬЕВИЧА ЕНДЖИЕВСКОГО, ВЫДАЮЩЕГОСЯ УЧЕНОГО И ТАЛАНТЛИВОГО ПЕДАГОГА



11 декабря 2016 г. на 79-м году ушел из жизни доктор технических наук, член-корреспондент РААСН, заслуженный деятель науки РФ, профессор-консультант кафедры «Строительные конструкции и управляемые системы» Сибирского федерального университета Лев Васильевич Енджиевский

Л.В. Енджиевский родился 12 апреля 1938 г. в Ленинграде. Перед войной его семья переехала в Оренбургскую область. В 1956 г. Лев Васильевич поступил в Красноярский политехнический институт (КПИ), после окончания которого с отличием он навсегда связал свою жизнь с научной работой и педагогической деятельностью в области строительства. В 1967 г. по окончании аспирантуры КПИ он защитил диссертацию на степень кандидата технических наук, в 1985 г. стал доктором наук, в 1986 г. профессором. В 1994 г. избран членом-корреспондентом РААСН, в 1999 г. – действительным членом Международной академии наук высшей школы. С 1984 г. заведовал кафедрой строительных конструкций, в 2006 г. Указом Президента РФ ему было присвоено звание заслуженного деятеля науки РФ.

Основными научными направлениями Л.В. Енджиевского с 1963 г. стали фундаментальные исследования по строительной механике, пространственным конструктивным формам, в дальнейшем он увлекся строительными конструкциями, анализом аварий и катастроф. Наряду с научной деятельностью он активно занимался и вопросами инженерной практики строительства, к нему обращались за советом и помощью многие производственники края.

Лев Васильевич проявил себя как крупный организатор науки и образования. Он один из инициаторов широкого внедрения вопросов синтеза, регулирования и оптимизации в учебные курсы строительной механики, строительных конструкций. Основатель и руководитель научной школы в области комбинированных пространственных конструкций блочного типа, магистерской подготовки в ИСИ СФУ по направлению «Строительство», он с 1995 г. был бессменным руководителем докторской диссертационного совета Д 212.099.08.

Л.В. Енджиевский проводил большую научно-общественную работу. В разные годы он являлся членом координационного совета по строительству при администрации Красноярского края, был членом диссертационных советов при Томском ГАСУ, в Челябинском политехническом институте, Новосибирском ГАСУ, Красноярском аэрокосмическом университете.

Результаты его исследований нашли отражение в более чем 170 публикациях, в том числе в трудах международных симпозиумов и конференций, в 20 монографиях и учебных пособиях, 26 изобретениях и патентах. Руководитель 15 кандидатских и двух докторских диссертаций. Научные работы, учебник и учебные пособия, соавтором которых являлся Лев Васильевич, отмечены многими наградами, в том числе премией им. академика Галеркина, дипломом и золотой медалью РААСН и др.

Профессиональная деятельность Л.В. Енджиевского была отмечена государственными и отраслевыми наградами и почетными званиями (почетный строитель РФ, почетный работник высшего профессионального образования России, лауреат профессорской премии главы г. Красноярска, медали «Ветеран труда», «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина»).

Светлая память о Льве Васильевиче Енджиевском как ученом, инженере и общественном деятеле навсегда останется в наших сердцах!

Сотрудники кафедры СКиУС ИСИ Сибирского федерального университета

УКАЗАТЕЛЬ

статей, опубликованных в 2016 г. (№ 1–12)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

- Адищев В.В., Мальцев В.В.** Численно-аналитический метод определения прогибов железобетонной балки с применением реальной нелинейной диаграммы деформирования бетона № 9
- Готман А.Л.** Экспериментальные исследования работы опор из свай-колонн для трубопроводных сооружений и их расчет № 8
- Енджеевский Л.В., Юрченко А.А., Сергиенко Ю.С.** Способы создания предварительного напряжения в стальной обойме усиления колонн № 6
- Жаданов В.И., Инжутов И.С., Украинченко Д.А., Яричевский И.И.** О неиспользуемых резервах в проектировании панельных конструкций на основе деревянного каркаса № 2
- Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В.** К оценке прочности, жесткости, момента образования трещин и их раскрытия в зоне чистого изгиба железобетонных балок с применением нелинейной деформационной модели № 3
- Митасов В.М., Стаценко Н.В.** Динамический аспект образования стохастических трещин в бетонных и железобетонных конструкциях № 8
- Пинус Б.И., Созонов П.С.** Специфика сейсмического износа железобетонных зданий № 4
- Сабуров В.Ф.** Влияние стыка кранового рельса на работу подкрановых путей промышленных зданий № 2

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

- Дукарт А.В.** К определению стационарных режимов колебаний линейной консервативной системы с двумя степенями свободы. Часть 1. Периодическое воздействие произвольного вида № 4
- Дукарт А.В.** К определению стационарных режимов колебаний линейной консервативной системы с двумя степенями свободы. Часть 2. Антисимметрическое периодическое воздействие № 5
- Дукарт А.В.** Верхняя оценка максимального отклонения линейной системы при периодическом возмущении с ограниченной энергией. Часть 1. Система без затухания № 9
- Дукарт А.В.** Верхняя оценка максимального отклонения линейной системы при периодическом возмущении с ограниченной энергией. Часть 2. Система с демпфированием № 10–11
- Миренков В.Е., Шутов В.А., Полузиков В.А.** Деформирование и разрушение тел при больших нагрузках в окрестности ослаблений № 5
- Погудалина С.В., Федорова Н.Н., Вальгер С.А.** Сопряженный расчет взаимодействия воздушного потока с упругим стержнем квадратного сечения, закрепленного на подложке № 5
- Себешев В.Г.** Расчет надежности сооружений и конструкций по обобщенным характеристикам и условиям безотказности № 6
- Тихомиров В.М., Самошкин А.С.** Математическая модель растяжения железобетонных элементов конструкций с учетом разрушения бетона № 10–11
- Царенко С.Н.** Продольно-поперечный изгиб стержней переменной жесткости № 1

Яковлева Т.В., Крылова Е.Ю., Баженов В.Г., Крысько В.А. Сложные колебания и контактное взаимодействие пластины, подкрепленной балкой с зазором между ними, в условиях экстремальных режимов нагружения № 3

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С.** Использование отходов топливно-энергетического комплекса в качестве выгорающих компонентов для снижения теплопроводности теплоизоляционных материалов № 5
- Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З.** Исследование влияния содержания нефтяного шлама на теплопроводность легковесного кирпича № 4
- Абдуллаев А.М., Межидов В.Х.** Адгезия гипса на клинкере в процессе их размола № 9
- Береговой В.А.** Моделирование структуры и прогнозирование свойств пористых композиционных материалов на стеклокристаллической матрице № 4
- Дзабиева Л.Б., Юхневский П.И.** Совершенствование методики технологического проектирования состава ячеистого бетона № 7
- Ерофеев В.Т., Ликомаскина М.А., Смирнов В.Ф., Смирнова О.Н.** Исследование биостойкости модифицированных асфальтобетонов и изучение видового состава микробиоты поверхности образцов, экспонированных в различных условиях влажного морского климата № 9
- Ильина Л.В., Бердов Г.И., Раков М.А., Гичко Н.О.** Повышение морозостойкости бетона введением дисперсных минеральных добавок № 6
- Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Тараканов О.В.** Суспензионно-наполненные бетонные смеси для порошково-активированных бетонов нового поколения № 4
- Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Тараканов О.В.** Технико-экономическая эффективность внедрения архитектурно-декоративных порошково-активированных карбонатных песчаных бетонов № 6
- Косач А.Ф., Кузнецова И.Н., Гутарева Н.А., Березкина Ю.В.** Основные свойства цементного камня из высокодисперсного торфоминерального сырья № 5
- Котов С.В., Смирнов Б.Ю., Погуляйко В.А., Зиновьева Л.В., Фалина О.С.** Влияние составов серобитумных вяжущих на их физико-химические и реологические свойства № 12
- Кучерова Э.А., Сат Д.Х., Кара-сал Б.К.** Улучшение формируемости керамической массы из грубодисперсного глинистого сырья введением цеолитсодержащей породы № 3
- Лобачев Д.А., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С.** Использование отходов нефтедобычи и межсланцевой глины в производстве теплоизоляционных материалов – приоритетное направление для развития «зеленой» экономики № 3
- Логанина В.И., Рыжов А.Д.** Оценка прочности сцепления известково-перлитовой сухой строительной смеси с применением синтезированных алюмосиликатов № 3
- Логанина В.И., Фролов М.В.** Теплоизоляционные известковые составы, наполненные стеклянными полыми микросферами № 4
- Логанина В.И., Фролов М.В.** Эффективность применения теплоизоляционной штукатурки с применением микросфер для отделки газобетонной ограждающей конструкции № 5
- Максимова И.Н., Ерофеев В.Т., Макридин Н.И., Полубарова Ю.В.** Анализ влияния суперпластификатора на фазовый состав и параметры структурной механики разрушения цементного камня разного возраста № 5
- Мардирюсова И.В., Проценко Н.А., Чернов С.А.** Добавки для асфальтобетонных смесей с пониженной температурой приготовления № 8
- Молодин В.В., Кузнецов С.М., Большаков Д.В.** Измерение прочностных и адгезионных свойств жаростойкого бетона с углетканью № 8

Указатель

- Низина Т.А., Инин А.Е., Неверов В.А.** Влияние обжига диатомита на теплофизические характеристики жидких теплоизоляционных покрытий № 1
- Панова В.Ф., Панов С.А.** Исследование и применение железорудных отходов обогащения в стройиндустрии № 12
- Панова В.Ф., Панов С.А., Карпачева А.А.** Системный подход при использовании вторичных минеральных ресурсов в производстве строительных материалов № 1
- Пименов А.Т., Игнатова О.А., Чикмарев П.А.** Зависимость адгезии защитного (отделочного) покрытия от свойств материалов слоя и основания № 4
- Пименов Е.Г., Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Денисов А.С.** Физико-химические исследования процессов снижения открытой пористости крупного заполнителя бетонов № 10–11
- Пичугин А.П., Денисов А.С., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г.** Роль микроармирования в обеспечении эксплуатационных характеристик крупнопористого легкого бетона № 12
- Полубояров В.А., Коротаева З.А., Волоскова Е.В., Горбунов Ф.К., Жданок А.А., Булгаков В.В., Гусев К.П.** Получение керамзита на основе золошлаковых отходов и силикатного вяжущего № 9
- Рахимова Н.Р., Рахимов Р.З.** Влияние химико-минералогического состава добавок известняка на свойства композиционного шлакощелочного вяжущего № 1
- Рудяк В.Я., Ильина Л.В., Хакимуллина С.А.** Влияние на прочность мелкозернистого бетона добавок микрокремнезема и диопсида различной дисперсности № 12
- Селяев В.П., Низин Д.Р., Низина Т.А., Фомин Н.Е., Юдин В.А., Чернов А.Н.** Влияние вида отвердителя на вязкость, жизнеспособность и экзотермичность составов модифицированных эпоксидных связующих № 6
- Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А.** Исследование и прогнозирование твердофазных реакций при обжиге керамических матричных композитов № 7
- Тацки Л.Н.** Двухстадийная активация – способ повышения качества кирпича пластического формования № 2
- Шахов С.А., Николаев Н.Ю.** Влияние минеральных добавок разного генезиса и морфологии на структурно-механические свойства формовочных масс № 7
- Шахов С.А., Николаев Н.Ю., Рудая Т.Л.** Влияние высокодисперсного волластонита на формуемость керамических масс из пылеватых суглинков № 12
- Шахов С.А., Рогова Е.В.** Влияние механической активации на прочностные свойства зольного цемента № 2

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- Бузырев В.В., Владимиров С.А.** Ускорение решения жилищной проблемы в Северо-Западном и Уральском регионах путем создания кластеров индустриального домостроения на инновационной основе № 8
- Герасимов В.В., Исаков А.К., Сафарян Г.Б., Иванов С.В.** Управление эффективностью технико-экономических решений объектов строительства № 3
- Герасимов В.В., Исаков А.К., Сафарян Г.Б., Иконников В.В.** Прогнозирование организационно-технологических решений строительного производства в условиях неопределенности № 2
- Герасимов В.В., Сафарян Г.Б., Светышев Н.В.** Организационно-технологическая надежность ремонтно-строительных работ жилых объектов № 9
- Герасимов В.В., Сафарян Г.Б., Светышев Н.В., Иванов С.В.** Стохастическое планирование строительного комплекса жилых объектов № 12

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- Файзиев Х., Бабакаев С.Н., Норматов М.У.** Численное решение краевой задачи неустановившейся фильтрации в грунтовых плотинах методом конечных разностей № 1

Хорошилов В.С., Кобелева Н.Н., Губонин П.Н. Математическое моделирование деформационного процесса для изучения перемещений плотины Саяно-Шушенской ГЭС на основе динамической модели (2004–2007 гг.) № 2

САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

- Гальперин Е.М.** Надежность и нормы проектирования кольцевой водопроводной сети № 1
- Гириков О.Г.** К расчету отстойников в схемах реагентной очистки сточных вод гальванических цехов № 10–11
- Жулин А.Г., Белова Л.В.** Упрощенная формула определения величины pH после дегазации подземной воды № 8
- Ким А.Н., Графова Е.О.** Особенности очистки поверхностных стоков федеральной трассы «Кола» № 10–11
- Кононова М.С.** К вопросу оценки экономии теплоты при автоматическом регулировании температуры теплоносителя в системах централизованного теплоснабжения № 7
- Кочев А.Г., Соколов М.М., Сергиенко А.С., Москава А.С., Кочева Е.А.** Особенности создания микроклимата в православных храмах № 4
- Кузнецова Н.В., Щербаков В.И., Щукина Т.В.** Проектирование биогазовых установок для утилизации органических отходов № 1
- Логачев К.И., Аверкова О.А., Логачев А.К., Толмачева Е.И.** Расчет отрывной поверхности тока при входе в круглый всасывающий канал № 4
- Осипов Е.Н., Шацкий В.П., Спиринова Н.Г.** К вопросу о перераспределении потоков воздуха в пластинчатых водоиспарительных охладителях рекуперативного принципа действия № 1
- Посохин В.Н., Зиганшин А.М., Варсегова Е.В.** К расчету потерь давления в местных сопротивлениях. С о б щ е н и е 1 № 4
- Посохин В.Н., Зиганшин А.М., Варсегова Е.В.** К расчету потерь давления в местных сопротивлениях. С о б щ е н и е 2 № 5
- Посохин В.Н., Зиганшин А.М., Варсегова Е.В.** К расчету потерь давления в местных сопротивлениях. С о б щ е н и е 3 № 6
- Пуговкин А.В., Мукашев А.М.** Влияние погрешности измерения температуры воздуха на точность вычисления тепловой энергии, отдаваемой отопительным прибором № 2
- Пушкарева Г.И.** Очистка сточных вод от ксантофенатов № 12
- Рафальская Т.А., Мансуров Р.Ш., Ефимов Д.И., Косова Е.Ю.** Проблемы энергетической эффективности систем централизованного теплоснабжения № 10–11
- Рохлецова Т.Л., Никулин С.В., Кияница Л.А.** К вопросу проектирования однотрубных систем отопления в жилых зданиях № 7
- Самарин О.Д.** О новом подходе к учету конденсации водяных паров при тепловом расчете воздухоохладителей № 2
- Самарин О.Д.** О новом подходе к поверочному расчету воздухоохладителей при учете конденсации водяных паров № 3
- Самарин О.Д.** Учет изменения свойств теплотехнических неоднородностей при определении толщины утеплителя № 5
- Уляшева В.М., Киборт И.Д.** Об оценке эффективности системы утилизации тепловой энергии удаляемого воздуха на базе теплового насоса № 8
- Шацкий В.П., Федулова Л.И., Гриднева И.В.** К вопросу о моделировании двухступенчатого водоиспарительного охлаждения № 8

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ

- Федосов С.В., Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н.** Установление приоритетности между показателями надежности геотекстильных материалов для дорожного строительства № 3

Указатель

Федосов С.В., Грузинцева Н.А., Чистякова Н.Э., Грушина Ю.С., Гусев Б.Н. Совершенствование методики формирования плана технологического контроля производства геотекстильных материалов для дорожного строительства № 2

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ

- Гаврильчик Г.Р., Чоен Олзийбаяр, Романов К.Н., Кварцхалая Т.Р., Гвоздев В.А., Абраменков Э.А.** Дроссельный пневмоударный механизм с частичным вытеснением воздуха из камеры рабочего хода посредством стержня № 9
- Дмитриев М.П., Абраменков Д.Э., Гвоздев В.А., Абраменков Э.А.** Пневматический ударный механизм молота с распределительной камерой, камерой форсажа и камерой торможения и его физико-математическое описание № 1
- Малышева Ю.Э., Абраменков Д.Э., Дедов А.С., Абраменков Э.А.** Классификационные признаки-элементы пневматических ударных механизмов с трубчатым воздухораспределением № 4
- Малышева Ю.Э., Абраменков Д.Э., Дедов А.С., Абраменков Э.А.** Классификационные признаки-элементы пневматических ударных механизмов со стержневым воздухораспределением № 5
- Малышева Ю.Э., Абраменков Д.Э., Дедов А.С., Малышев М.С., Абраменков Э.А.** Классификационные признаки-элементы ударника-поршня пневматических ударных механизмов № 12
- Малышева Ю.Э., Дмитриев М.П., Дубровский А.И., Гэндэн Баттулга, Чоен Олзийбаяр, Абраменков Э.А.** Пневмоударные механизмы с управляемыми щелевыми дросселями впуска сложной формы и физико-математическое описание их рабочих процессов № 6
- Малышева Ю.Э., Дмитриев М.П., Кутумов А.А., Абраменков Э.А.** Пневмоударные механизмы с управляемыми дросселями впуска и описание их баро- и термодинамических процессов № 2
- Малышева Ю.Э., Кварцхалая Т.Р., Дмитриев М.П., Абраменков Э.А.** Дроссели воздухораспределения в пневматических механизмах машин ударного действия № 3
- Романов К.Н., Баттулга Гэндэн, Тюменцев Е.Ю., Кварцхалая Т.Р., Гвоздев В.А., Абраменков Э.А.** Дроссельный пневмоударный механизм с частичным вытеснением воздуха из камеры рабочего хода посредством трубы № 8

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ И ЭКОЛОГИИ

- Акимова М.И.** Влияние природного ландшафта на формирование исторических центров городов Западной Сибири № 12
- Акимова М.И., Чечулина А.С.** Эволюция санитарно-эпидемиологических требований к многоэтажным жилым домам № 3
- Ануфриева Н.А.** Региональные модели инфраструктурного развития комплексных предприятий на границе РФ № 10–11
- Ануфриева Н.А.** Принципы организации архитектурного пространства транспортных узлов в приграничной зоне РФ № 12
- Бежанова М.В., Вольская Л.Н.** Основные принципы формирования и организации архитектурных ансамблей в крупных городах Сибири № 1
- Вольская Л.Н., Дьяконова С.А.** Экология жилища в культуре народа Саха № 6
- Дончук Т.В., Поляков Е.Н.** La Pedrera – доходный Дом Мила в Барселоне № 10–11
- Литвинов С.В.** Экология и архитектурно-градостроительное пространство № 7
- Меньшикова Е.П.** Науки, обслуживающие сложнейшую модель общества – город № 8
- Мжельский В.М.** К истории перепланировки общественных центров малых исторических городов России в конце XVIII – первой половине XIX в. № 5

Семикин П.П., Бацунова Т.П. Схема компоновки высотного здания «1-0-1» как вариант реализации принципа «мини-город в городе»	№ 6
Смолина О.О. Методологические аспекты информационного моделирования объектов арборскульптуры	№ 10–11
Хлыбова Ю.О., Кетова Е.В. Факторы возникновения резервных территорий в крупных городах Сибири	№ 6
Чжан Гуаньин. Опыт информационного моделирования беседок – памятников архитектуры Древнего Китая	№ 4

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Авдеев Ю.В., Кононов А.Д., Кононов А.А., Варданян Н.А. К вопросу согласования работы информационных систем при автоматическом дистанционном управлении машинами дорожно-строительного комплекса	№ 7
Атавин А.А., Дегтярев В.В., Яненко А.П. Об отдельных положениях «Актуализированной редакции СНиП 2.06.07–87»	№ 5
Букреев В.И., Дегтярев В.В., Чеботников А.В. Поверхностные гравитационные волны при вертикальных угловых колебаниях контейнера	№ 3
Высоцкий Л.И. Исследование зависимости скорости на высоте выступа шероховатости от числа Рейнольдса и относительной шероховатости при течениях в продольно-однородных потоках	№ 6
Высоцкий Л.И. Эффективное использование новой модели строения турбулентных продольно-однородных потоков при анализе их параметров. Часть I	№ 1
Высоцкий Л.И. Эффективное использование новой модели строения турбулентных продольно-однородных потоков при анализе их параметров. Часть II	№ 2
Высоцкий Л.И. Эффективное использование новой модели строения турбулентных продольно-однородных потоков при анализе их параметров. Часть III	№ 3
Данилов М.Н., Адищев В.В. Конечно-элементный анализ поведения трехслойных панелей при статических и динамических воздействиях	№ 5
Дубков В.В., Базинская А.М. Аналитическое определение параметров осцилляторно-вибрационного механизма дорожного катка	№ 8
Жаданов В.И., Нестеренко М.Ю., Столповский Г.А., Нестеренко А.М. Исследование поглощающих свойств материала строительных конструкций на примере железобетонной перемычки	№ 9
Журавлев А.А., Журавлев Д.А. Местная устойчивость тонкостенных стержней открытого профиля при осевом сжатии	№ 6
Кошелева О.Э., Логвиненко В.А. Термический анализ древесины. Часть I	№ 2
Кошелева О.Э., Логвиненко В.А. Термический анализ древесины. Часть II	№ 3
Кошелева О.Э., Паули И.А., Логвиненко В.А. Кинетика термодеструкции древесины сосны с антипиренами	№ 5
Коянкин А.А., Митасов В.М. Оценка напряженно-деформированного состояния сборно-монолитных конструкций с учетом процесса монтажа	№ 4
Логанина В.И., Круглова А.Н. Оценка достоверности контроля качества строительной продукции	№ 9
Логанина В.И., Федосеев А.А., Рыжов А.Д. К вопросу о контроле качества сухих строительных смесей	№ 10–11
Матус Е.П., Дорф В.А., Красновский Р.О., Капустин Д.Е. Неразрушающий контроль распределения волокон фибры в тонкостенных сталефибробетонных конструкциях	№ 1
Назиров Р.А., Баженов Р.В., Игнатьев Г.В. Повышение температуры в угловом сопряжении стен из бруса с учетом тепловой неоднородности древесины	№ 8
Назиров Р.А., Подковырин В.С., Подковырина К.А. Определение температуры внутренней поверхности в наружных углах здания	№ 10–11

Указатель

- Немировский Ю.В., Болтаев А.И.** Особенности деформирования и разрушения деревянных kleenых многопролетных балок. С о б щ е н и е 1 № 6
Немировский Ю.В., Болтаев А.И. Особенности деформирования и разрушения многопролетных kleenых деревянных балок. С о б щ е н и е 2 № 7
Нугужинов Ж.С., Абаканов М.С., Курохтина И.А. Вопросы технического регулирования строительной отрасли Республики Казахстан № 7
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Беляев Д.А. Определение равновесной траектории движения частицы материала в периферийной области разделения камеры помо-ла дезинтегратора № 2
Талапов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM № 4
Тарасевич В.В. Расчет распространения и трансформации возмущений в системе технологических трубопроводов АЭС № 7
Уткин В.С., Соловьев С.А. Определение несущей способности металлических ба-лок на стадии эксплуатации с учетом жесткости опорных закреплений № 3
Шапкина В.А., Огородов Л.И. Механические характеристики полиэтилена низкой плотности, используемого в противофильтрационных конструкциях № 10–11
Шиляев М.И., Хромова Е.М., Кусенинов Б.Т., Болотов К.О. Конвективное осуше-ние зернистого слоя № 9
Юдин К.А., Дегтярь А.Н., Стовпенко А.С. Двунаправленное вращательное воздей-ствие на материал в сферической смесительной камере № 7

В ЛАБОРАТОРИЯХ ВУЗОВ

- Бехер С.А., Коломеец А.О.** Экспериментальная методика измерения динамиче-ских сил, действующих на рельсы подкранового пути в реальных условиях эксплуа-тации № 3
Миряев Б.В., Толушов С.А., Сюзюмов Д.С. Экспериментальное исследование мо-дели полусферического сетчатого купола № 9
Рудзей Г.Ф., Адегова Л.А., Дубинин В.В. Расчет усталостной долговечности образцов с различными видами обработки поверхности при действии коррозионной среды № 1
Сазонова С.А., Пономарев А.Б. О некоторых результатах исследований насыпных грунтов № 2

НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Дашжамц Д., Себелев И.М., Титов М.М., Карасев Н.П., Дугурсурэн Э.** Зимнее бетонирование – надежный путь повышения эффективности строительной отрасли Монголии № 12

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

- Видный инженер-гидротехник, организатор и ученый (Аркадию Петровичу Яненко – 75 лет)** № 2
Выдающийся ученый в области теории железобетона (Валерию Михайловичу Митасову – 75 лет) № 3
Талантливый ученый-механик, изобретатель, педагог (Эдуарду Александро-вичу Абраменкову – 80 лет) № 8

-
- Выдающийся ученый, инженер, педагог – В.А. Трулль, к 100-летию со дня рож-дения (08.09.1916–17.09.1966)** № 9
Памяти Льва Васильевича Енджеевского, выдающегося ученого и талантливо-го педагога № 12

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ИЗВЕСТКОВЫЕ СОСТАВЫ, НАПОЛНЕННЫЕ СТЕКЛЯННЫМИ ПОЛЫМИ МИКРОСФЕРАМИ

В настоящее время для отделки газобетонных блоков марок D400–D600 преимущественно применяют цементные сухие строительные смеси (ССС), наполненные вспученными перлитовым и вермикулитовым песками. Высокая открытая микропористость данных наполнителей увеличивает водопотребность отделочных составов, следствием чего является их расслаивание, уменьшение прочности и водостойкости композитов из-за неравномерного распределения концентраций напряжений вокруг частиц наполнителей, имеющих сложную неизометрическую форму.

В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства для отделки газобетона разработаны теплоизоляционные известковые составы, наполненные стеклянными полыми микросферами. Использование в качестве наполнителя для ССС полых стеклянных микросфер позволяет повысить прочность и водостойкость растворных композитов за счет уменьшения водопотребности, отсутствия неравномерного распределения концентраций напряжений вокруг частиц микросфер. Из разработанного состава ССС можно получить покрытия, близкие по теплопроводности и паропроницаемости к газобетону, поэтому они отлично сочетаются с газобетонными блоками марок D400–D600. Микросфера представляют собой сыпучий белый порошок, состоящий из тонкостенных замкнутых газонаполненных оболочек. Для проведения исследований были взяты полые микросферы МС-В по ТУ 6-48-91-92. Опытным путем было установлено, что максимальная удельная прочность композита достигается при наполнении его стеклянными полыми микросферами в количестве 40 % от массы извести; рассчитан средний размер микросфер – 25 мкм; размер частицы связующей смеси – 2,6 мкм; размер ячеек защемленного воздуха не менее 2 мм. Разработана модель теплоизоляционного композита оптимальной структуры, позволяющая минимизировать расход вяжущего вещества за счет достижения максимально плотной упаковки микросфер.

Состав теплоизоляционной сухой строительной смеси: известь пушонка 2-го сорта; модифицированная добавка на основе смеси силикатов кальция; белый цемент; молотый газобетон; пластифицирующая добавка Melflux 2651 1F; редиспергируемый порошок VINNAPAS 803 1H; гидрофобизатор олеат натрия; стеклянные полые микросфера.

Разработанный состав обладает хорошей удобонаносимостью и высокой вододерживающей способностью, более 98 %, его технические характеристики соответствуют ГОСТ 9.032–74.

За консультацией можно обращаться к разработчикам.

Разработчики:

Логания Валентина Ивановна, д-р техн. наук, проф.; E-mail: loganina@mail.ru

Фролов Михаил Владимирович, асп.; E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД СВИНОКОМПЛЕКСОВ

Специалистами Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) разработаны методы удаления твердых отложений и технология очистки стоков свинокомплексов, а также способы удаления твердых отложений, образующихся в трубопроводах, арматуре, оборудовании при очистке сточных вод свинокомплексов; разработаны способы предотвращения образования твердых отложений в системах канализации свинокомплексов и методика прогнозирования процессов кристаллизации в локальных системах канализации.

Твердые отложения дестабилизируют работу локальных сооружений по очистке стоков, ухудшают качество очистки стоков и увеличивают эксплуатационные затраты. Причины их образования – высокая минерализация стоков, эпизодический сброс в канализацию отработанных дезинфицирующих средств, аммонификация стока, интенсивное перемешивание сточной жидкости. Благодаря новой технологии очистки стоков свинокомплексов повышается качество очистки стоков, снижаются эксплуатационные затраты и выплаты за сброс производственных стоков в городскую канализацию.

На разработку получены патенты РФ.

630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Email:ntio@sibstrin.ru

Internet:www.sibstrin.ru/innovation

Тел./факс: +7 (383) 266 25 27

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И РЕДАКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. Рукопись представляется в редакцию на *русском языке*. Зарубежные авторы могут присыпать статьи на *английском языке*. Возможна публикация статьи одновременно в двух вариантах — на русском и английском языках. В этом случае оформляются два текста статьи — на русском языке и точный перевод на английский. Вместе с рукописью представляются:

- *сопроводительное письмо* руководства организации, откуда исходит рукопись;
- *рекомендация* соответствующего академического (кафедры) или научного подразделения (заверенная выписка из протокола заседания подразделения);
- *экспертное заключение* о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись.

Если статья была или будет направлена в другое издание, или же была ранее опубликована, необходимо обязательно сообщить об этом редакции.

2. Рукопись должна готовиться на компьютере в редакторе Microsoft Word для Windows (версии от Word 97 до Word 10; от Windows XP до Windows 10). Текст набирают шрифтом Times New Roman Сг размером 14 пт с межстрочным интервалом 1,5, все поля — 20 мм. Обязательна нумерация страниц внизу посередине. Объем рукописи — до 12 страниц А4, включая иллюстрации, таблицы, библиографический список и сведения об авторах.

3. Состав рукописи статьи, правила и образец оформления см. на Internet-сайте журнала <http://izvuzstr.sibstrin.ru/oformlen/>

a) русскоязычная часть:

- индекс УДК — в левом верхнем углу, прописными буквами;
- инициалы, фамилии авторов;
- название статьи;
- аннотация объемом до 1/3 страницы текста (не менее 80 слов);
- ключевые слова (не менее 5);
- текст статьи:
 - следует применять физические величины и их обозначения согласно международной системе СИ;
 - аббревиатуры и сокращения расшифровываются при первом использовании;
 - ф о р м у л ы набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType, в статье должен быть необходимый минимум формул; все второстепенные и промежуточные математические преобразования выносятся в приложение к статье (для рецензента);
 - русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) набираются прямым шрифтом; латинские буквы — курсивом;
 - во избежание смещения сходных изображений прописных и строчных букв *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и др., а также трудноразличимых букв и символов *l*, *e* и *1* (цифра), *n* и *p*, *I* и *J* и т.п. пояснения выполняются простым карандашом на полях;
 - и л л ю с т р а ц и и представляются в редакцию в виде файлов, созданных в Corel Draw или Microsoft Word, записанных с разрешением 300 дпі, с расширением cdr (предпочтительно) или .doc, фотографии — TIFF или JPEG; надписи и цифры набирать шрифтом Times New Roman, иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей и должны быть выполнены так, чтобы их можно было отредактировать (изменить шрифт, исправить возможные орфографические ошибки);
 - иллюстрации распечатываются в двух экземплярах, с подписями к ним, размер иллюстрации — не более 20×30 см, их общее число, как правило, не более 4;
 - т а б л и ц ы печатаются каждая на отдельном листе, все наименования в них даются полностью, без сокращения слов;
 - б и б л и о г р а ф и ч е с к и й с п и с о к (не менее 8 ссылок), составляется по следующим правилам:
 - в список включаются только опубликованные работы, в порядке упоминания в статье, ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках, в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТов, СНиПов, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) — ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстрочных сносок, библиографический список следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5–2008 (примеры см. на сайте http://izvuzstr.sibstrin.ru/oformlen/rules_and_examples_of_design_bibliographies_list/), ссылки на интернет- сайты не допускаются;
 - для статей из зарегистрированных электронных журналов указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;
 - с в е д е н и я о б а в т о р а х: последовательно для каждого — фамилия, имя, отчество (полностью), учченая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почетные звания не указывать), наименование учреждения, в котором работает автор, e-mail автора, страна (если не Российская Федерация);

б) англоязычная часть:

- сведения об авторах — последовательно для каждого:
 - фамилия, имя, отчество полностью, транслитерированные в латинские символы по системе BGN (использовать таблицу «правила транслитерации» см. на сайте http://izvuzstr.sibstrin.ru/oformlen/BGN_PCGN_romanization/);

(Окончание правил)

- ученая степень (DSc — доктор наук, PhD — кандидат наук, MSc — магистр, без указания научного направления), ученые звания (Professor, Ass. Professor, Academician of..., Corr. Member of... — профессор, доцент, академик ...), член-корреспондент ...), другое — Senior Lecturer (ст. преподаватель), Engineer (инженер), Post-graduate Student (аспирант), Student (студент);
 - официальное англоязычное название организации (учреждения), города (если не упоминается в названии организации), страны;
 - название статьи;
 - аннотация;
 - ключевые слова (Keywords);
 - библиографический список:
 - для зарубежных источников на латинице — с сохранением оригинального описания;
 - для ссылок на русскоязычные источники — транслитерированные с русских букв на латинские символы (по системе BGN) фамилии и инициалы всех авторов и название статьи; затем в квадратных скобках — название статьи в переводе на английский язык; остальные элементы библиографического описания на английском языке, с исключением разделителей /, —, // и заменой №, с. и С. соответственно на No., p. и Pp., в конце — (in Russian).
4. Статья должна быть тщательно отредактирована и подписана всеми авторами (с указанием даты отправки статьи).
5. Рецензентов для статей редакция назначает по своему усмотрению; авторы могут сообщить редакции данные о специалистах по профилю статьи. Доработанную после рецензии статью присыпать в электронном виде.
6. Корректура статьи может предоставляться по запросу автора.
7. Гонорар за опубликование статьи не выплачивается.
8. Журнал публикует информацию о научно-технических разработках в области строительства объемом 1 с., включая 1–2 иллюстрации. Указываются разработчики: фамилия, имя, отчество полностью, звания и контактная информация. Электронная версия обязательна.
9. Рукописи, не принятые к опубликованию, авторам не высыпаются.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ****«СТРОИТЕЛЬСТВО»**

Журнал имеет разделы

- Строительные конструкции
- Теория инженерных сооружений
- Строительные материалы и изделия
- Экономика и организация строительства
- Автоматизация и технология строительного производства
- Гидротехническое строительство
- Санитарная техника

- Строительство автомобильных дорог и мостов
- Строительные и дорожные машины
- Научные проблемы архитектуры и экологии
- Научно-методический раздел
- В лабораториях вузов
- Внедрение научных достижений в производство
- Научная информация

На 2-е полугодие по каталогу «Роспечать» 2016 г.

каталожная цена за 6 месяцев — 3600 р.

цена отдельного номера — 600 р.

ББК 38
И 33
УДК 69

Научное издание

**Известия вузов
СТРОИТЕЛЬСТВО**

№ 12 (696) 2016

Научно-теоретический журнал

Редакторы: *С.М. Погудина, Н.И. Коновалова*

Технический редактор *Н.М. Макаренко*

Компьютерная верстка *Р.Г. Усова*

Корректор *Г.И. Шведкина*