

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№9



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

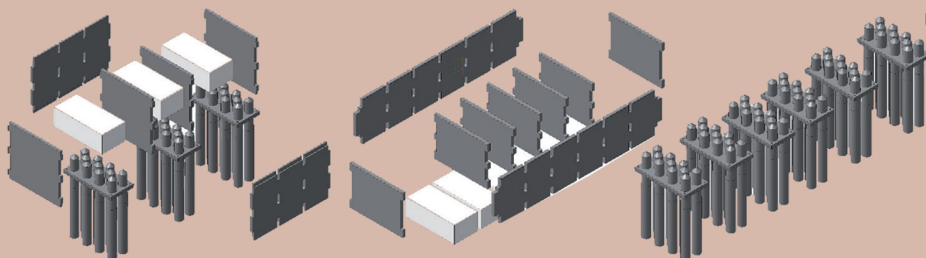
WWW.RIFSM.RU

СЕНТЯБРЬ 2014 г. (717)



В. Кашоид, «Уголок старой Пензы»

СМ 152, 294, 816
СМ 1085 СМК 491
РА-550
BSP 500, 600, 700
WKP 600 WKP 750
АКД 0537
Донпрессмаш
Besser



прессы Masa-Henke
HDP DORSTENER
VIKING
HF HAIYUAN
DRAGON
FUKAI
прессы LASCO
KSP KSE



Высокоизносостойкие пластины для кирпичных заводов

www.firmavizo.ru

www.vizogroup.ru

Учредитель журнала:
 ООО Рекламно-издательская
 фирма «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
 Журнал зарегистрирован
 Министерством РФ по делам
 печати, телерадиовещания
 и средств массовой информации
 ПИ №77–1989
Входит в Перечень ВАК
 и государственный
 проект РИНЦ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№9

Основан в 1955 г.

(717) сентябрь 2014 г.

Главный редактор:

ЮМАШЕВА Е. И.,
 инженер-химик-технолог,
 почетный строитель России

Редакционный совет:

РЕСИН В. И.,
 председатель, д-р экон. наук,
 профессор, академик РААСН (Москва)

БАРИНОВА Л. С.,
 канд. хим. наук, вице-президент
 Российского союза строителей (Москва)

БУРЬЯНОВ А. Ф.,
 д-р техн. наук, директор Правления
 гипсовой ассоциации (Москва)

БУТКЕВИЧ Г. Р.,
 канд. техн. наук, член правления
 Ассоциации «Недра» (Москва)

ВАЙСБЕРГ Л. А.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РАН
 (Санкт-Петербург)

ВЕРЕЩАГИН В. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Томск)

ГОРИН В. М.,
 канд. техн. наук, президент Союза
 производителей керамзита и
 керамзитобетона (Самара)

ЖУРАВЛЕВ А. А.,
 Президент Ассоциации «Недра» (Москва)

КОРОЛЕВ Е. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Воронеж)

КРИВЕНКО П. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Украина, Киев)

ЛЕОНОВИЧ С. Н.,
 д-р техн. наук, профессор (Беларусь)

ЛЕСОВИК В. С.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РААСН (Белгород)

ОРЕШКИН Д. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

ПИЧУГИН А. П.,
 д-р техн. наук, профессор
 (Новосибирск)

ПУХАРЕНКО Ю. В.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РААСН
 (Санкт-Петербург)

ФЕДОСОВ С. В.,
 д-р техн. наук, профессор,
 академик РААСН (Иваново)

ФИШЕР Х.-Б.,
 доктор-инженер (Германия)

ХЕЛМИ Ш. С.,
 канд. техн. наук (Египет)

ХОЗИН В. Г.,
 д-р техн. наук, профессор (Казань)

ЧЕРНЫШОВ Е. М.,
 д-р техн. наук, профессор,
 академик РААСН (Воронеж)

ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.,
 канд. техн. наук (Омск)

ЯКОВЛЕВ Г. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Ижевск)

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 журнал «Строительные материалы»®, 2014

Технология производства извести

- А.А. СЕМЕНОВ**
Российский рынок извести: тенденции и перспективы развития 3
- В.И. ЗУЕВ, А.Е. МИКАЛУЦКИЙ, В.Д. КОЖЕВНИКОВ, И.В. БАРСКИЙ**
Усовершенствование шахтных противоточных известеобжиговых печей 8
- Gebr. Pfeiffer SE – 150 лет прогресса и традиций (Информация)**..... 14
- Б.А. ФЕТИСОВ**
Энерготехнологическая эффективность производства тонкодисперсной извести ... 18
- А.Н. МАМАЕВ, О.В. БОЙКО**
Модернизация шахтных пересыпных печей обжига известняка 22
- А.Б. ЛИПИЛИН, Н.В. КОРЕНЮГИНА**
Ударно-центробежные мельницы в производстве строительной извести..... 25
- А.В. АРТАМОНОВ, М.С. ГАРКАВИ, Е.В. КОЛОДЕЖНАЯ**
Свойства извести центробежно-ударного измельчения 28

Силикатные строительные материалы

- И.А. ГАЛЕЕВ**
Оптимизация производственного процесса изготовления силикатного кирпича на примере завода в Калуге 31
- Износостойкая оснастка европейского уровня от российского производителя (Информация)** 36
- Г.В. КУЗНЕЦОВА, Р.М. НУГМАНОВ**
Роль технологических факторов в формировании цвета силикатного цветного кирпича 37

Материалы и конструкции

- Е.И. ЮМАШЕВА**
Уникальное техническое решение для реализации самого восточного инвестиционного проекта компании «КНАУФ» 42
- Г.Р. БУТКЕВИЧ**
Взгляд на будущее промышленности нерудных строительных материалов 48
- В.Ю. ЧУХЛАНОВ, О.Г. СЕЛИВАНОВ, Т.А. ТРИФОНОВА**
Поливинилацетатные связующие материалы, модифицированные алкоксисиланом 52

Кадры для отрасли

- В.С. ГРЫЗЛОВ**
Компетентностно-модульный подход при подготовке бакалавров строителей... 55

Результаты научных исследований

- С.В. ФЕДОСОВ, В.Г. КОТЛОВ, Р.М. АЛОЯН, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ, М.В. БОЧКОВ**
Моделирование теплопереноса в системе газ – твердое при нагельном соединении элементов деревянных конструкций Часть 3. Динамика и кинетика влагопереноса 63
- В.И. КАЛАШНИКОВ, М.Н. МОРОЗ, О.В. ТАРАКАНОВ, Д.В. КАЛАШНИКОВ, О.В. СУЗДАЛЬЦЕВ**
Новые представления о механизме действия суперпластификаторов, совместно размолотых с цементом или минеральными породами 70

Адрес редакции: Россия, 127434, Москва,
 Дмитровское ш., д. 9, стр. 3
Тел./факс: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru **http://www.rifsm.ru**

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка и воспроизведение статей, рекламных и иллюстративных материалов возможны лишь с письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

Founder of the journal:
«STROYMATERIALY»
Advertising-Publishing Firm, OOO

The journal is registered
by the RF Ministry of Press,
Broadcasting and Mass
Communications,
PI № 77-1989

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROITEL'NYE MATERIALY® No. 9

Founded in 1955

(717) September 2014 r.

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,
engineer-chemist-technologist,
Honorary Builder of Russia

Editorial Board

RESIN V.,
Chairman, Doctor of Sciences (Economy),
Professor (Moscow)

BARINOVA L.,
Candidate of Sciences (Chemistry), Vice-
President of the Russian Union of Builders
(Moscow)

BUR'YANOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering), Director
of the Russian Association of gypsum
(Moscow)

BUTKEVICH G.,
Candidate of Sciences (Engineering),
member of the Board of Association
«Nedra» (Moscow)

VAYSBERG L.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding Member of RAS
(St. Petersburg)

VERESHCHAGIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Tomsk)

GORIN V.,
Candidate of Sciences (Engineering),
President of the Union of Haydite and
Haydite Concrete Producers (Samara)

ZHURAVLEV A.,
President of the Association «Nedra»
(Moscow);

KOROLEV E.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Moscow)

KRASOVITSKY Yu.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Voronezh)

LEONOVICH S.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Belarus, Minsk)

LESOVIK V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding Member of RAACS
(Belgorod)

ORESHKIN D.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Moscow)

PICHUGIN A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Member of the Russian Academy
of Natural Sciences (Novosibirsk),

PUKHARENKO Yu.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (St. Petersburg)

FEDOSOV S.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Academician of RAACS (Ivanovo)

KHOZIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Kazan)

CHERNYSHOV E.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Academician of RAACS
(Voronezh)

SHLEGEL I.,
Candidate of Sciences (Engineering),
OOO «INTA-Stroy» (Omsk)

YAKOVLEV G.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Izhevsk)

FISHER H.-B.,
Doctor-Engineer (Germany, Weimar)

KHELMI Sh. S.,
Candidate of Sciences (Engineering)
(Egypt, Cairo)

Technology of lime manufacture

A.A. SEMYONOV

Russian Market of Lime: Trends and Prospects..... 3

V.I. ZUEV, A.E. MIKALUTSKY, V.D. KOZHEVNIKOV, I.V. BARSKY

Improvement of Shaft Counterflow Lime-Burning Kilns..... 8

Gebr. Pfeiffer SE: 150 years of progress and traditions (Information).....14

B.A. FETISOV

Energy-Technological Efficiency of Fine Lime Production.....18

A.N. MAMAEV, O.V. BOYKO

Modernization of Shaft Mixed Feed Kilns for Limestone Burning.....22

A.B. LIPILIN, N.V. KORENYUGINA

Impact-Centrifugal Mills in Production of Building Lime.....25

A.V. ARTAMONOV, M.S. GARKAVI, E.V. KOLODEZHAYA

Properties of Lime of Centrifugal-Impact Grinding.....28

Silicate building materials

I.A. GALEEV

**Optimization of Production Process of Silicate Brick on the Example
of the Factory in the City of Kaluga.....31**

Wear-Resistant Equipment of European Level from Russian Manufacturer.....36

G.V. KUZNETSOVA, R.M. NUGMANOV

Role of Technological Factors in Formation of Colour of Silicate Coloured Brick.....37

Materials and structures

E.I. YUMASHEVA

**Unique Technical Solution for Realization of the Easternmost Investment Project
of «KNAUF» Co.....42**

G.R. BUTKEVICH

View of the Future of Non-Metallic Building Materials Industry.....48

V.Yu. CHUKHLANOV, O.G. SELIVANOV, T.A. TRIFONOVA

Polyvinyl-Acetate Binding Materials Modified with Alkoxysilane.....52

Personnel for the industry

V.S. GRYZLOV

Competency-Module Approach in the Course of Training of Bachelor-Builders.....55

Results of scientific research

S.V. FEDOSOV, V.G. KOTLOV, R.M. ALOYAN, F.N. YASINSKI, M.V. BOCHKOV

**Simulation of Heat-Mass Transfer in the Gas-Solid System at Dowel Joints
of Timber Structures Elements. Part. 3 Dynamics and kinetics of moisture
transfer during moisture condensation and evaporation.....63**

V.I. KALASHNIKOV, M.N. MOROZ, O.V. TARAKANOV, D.V. KALASHNIKOV, O.V. SUZDALTSEV

**New Ideas about Action Mechanism of Superplasticizers Grinded Jointly
with Cement or Mineral Rocks.....70**

УДК 631.821.1

А.А. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор (info@gs-expert.ru)

ООО «ГС-Эксперт» (125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., 18, оф. 207)

Российский рынок извести: тенденции и перспективы развития

Проанализировано состояние рынка извести в России. Приведены данные о товарной структуре производства, реализуемых инвестиционных проектах в отрасли, а также рейтинги производителей извести. Показано, что на долю 10 крупнейших производителей товарной извести приходится около 70% от общего объема производства. Также проанализирована отраслевая структура потребления извести в России. На основе прогнозов развития основных потребляющих отраслей приведен прогноз развития рынка извести на период до 2018 г.

Ключевые слова: известь, товарная известь, технологическая известь.

A.A. SEMYONOV, Candidate of Sciences (Engineering), General Manager (info@gs-expert.ru)
«GS-Expert», ООО (18, office 207, the 1st Tverskoy-Yamskoy Lane, 125047, Moscow, Russian Federation)

Russian Market of Lime: Trends and Prospects

The state of the lime market in Russia is analyzed. Data on the commodity structure of production, investment projects being realized in the industry as well as ratings of lime manufacturers are presented. It is shown that the 10 largest producers of commercial lime manufacture about 70% of total production. The branch structure of lime consumption in Russia is also analyzed. On the basis of forecasts of development of the main consuming industries, the forecast of the lime market development for the period up to 2018 is presented.

Keywords: lime, commercial lime, technological lime.

Российский рынок извести можно охарактеризовать как вполне сформировавшийся. Производство данной продукции в настоящее время осуществляют свыше 150 предприятий, расположенных во всех федеральных округах.

По итогам 2013 г. объем производства извести в стране составил 10,9 млн т, что все еще существенно ниже докризисного уровня (рис. 1). При этом в минувшем году впервые с 2008 г. отмечено сокращение объемов производства извести в стране. По итогам года ее выпуск снизился на 0,4% по сравнению с 2012 г., что во многом обусловлено снижением спроса со стороны металлургов. За первое полугодие 2014 г., по данным Росстата, производство извести выросло на 2,5% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Таким образом, при сохранении данных темпов роста объем производства извести в России в текущем году может составить около 11,2 млн т. Однако, по нашему мнению, наиболее вероятно сохранение объемов производства на уровне, близком к уровню предыдущего года, — около 10,9 млн т.

Как уже неоднократно отмечалось в предыдущих публикациях, данные официальной статистики по выпуску извести не вполне точны, так как не учитывают (или не учитывали в отдельные периоды) целый ряд предприятий. Более того, традиционное деление этой продукции Росстатом на строительную, в основном поставляемую

на рынок, преимущественно производителям строительных материалов, и технологическую, используемую для внутренних технологических нужд предприятий, преимущественно в металлургической и химической промышленности, также не вполне корректно.

Например, в товарной группе «известь строительная», включающей товарные группы «известь негаше-

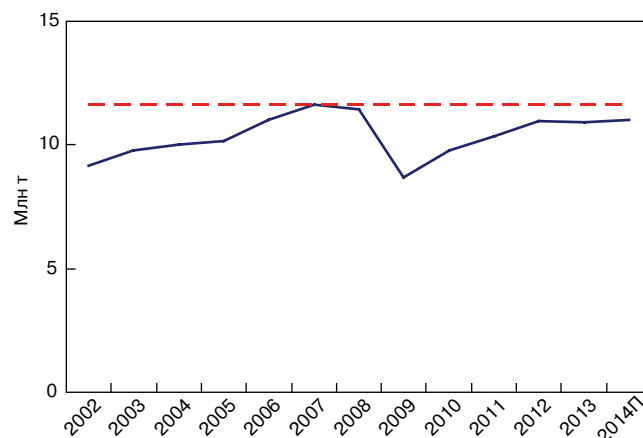


Рис. 1. Объемы производства извести в России в 2002–2014 гг.
Источник: оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата

Темпы роста объемов производства извести в 2012–2014 гг. *

Таблица 1

	2012		2013		2014 (6 мес)	
	Росстат	«ГС-Эксперт»	Росстат	«ГС-Эксперт»	Росстат	«ГС-Эксперт»
Известь строительная (известь товарная при оценке «ГС-Эксперт»), % к аналогичному периоду предыдущего года	116,3	110,9	106,7	99,4	105,1	107,3
Известь технологическая, % к аналогичному периоду предыдущего года	103,3	104,6	97,8	99,7	101,8	101,3
Известь всего, % к аналогичному периоду предыдущего года	105,8	105,8	99,6	99,6	102,5	102,5

* Источник: Росстат, оценка «ГС-Эксперт»

Рейтинг производителей извести по объемам производства в 2013 г.*

Место в 2013 г.	Изменение по сравнению с 2012 г.	Предприятие
1	–	ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (Липецкая обл.)
2	↑ 1	ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (Челябинская обл.)
3	↓ 1	ОАО «Сода» (Республика Башкортостан)
4	–	ОАО «Северсталь» (Вологодская обл.)
5	–	ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» (Кемеровская обл.)
6	–	ООО «Мечел-Материалы» (Челябинская обл.)
7	↑ 1	ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» (Белгородская обл.)
8	↓ 1	ОАО «Березниковский содовый завод» (Пермский край)
9	–	ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат» (Челябинская обл.)
10	–	ОАО «Солигаличский известковый комбинат» (Костромская обл.)

* Источник: оценка «ГС-Эксперт»

ная» и «известь гидратная (гашеная)», учитываются данные по выпуску гидратной извести сахарными заводами, а также некоторыми химическими и металлургическими комбинатами, которые используют эту продукцию только для внутреннего потребления, т. е. фактически эта продукция должна учитываться в товарной группе «известь технологическая». Некорректный учет ведет к существенному (более чем двукратному) завышению объемов производства гидратной извести как в отдельных регионах, так и в целом по стране.

Если учитывать только выпуск товарной извести, то темпы роста ее производства в последние годы будут существенно отличаться от данных, публикуемых Росстатом (табл. 1).

Среди предприятий – производителей извести безусловными лидерами по объемам производства на протяжении последних лет остаются металлургические и химические предприятия (табл. 2), к которым относятся 9 из 10 представленных в таблице компаний. Выпускаемая известь практически в полном объеме используется для собственных нужд предприятий, т. е. относится к категории «технологическая известь».

Объемы производства товарной извести у крупнейших производителей не превышают 200 тыс. т в год. При этом на долю 10 крупнейших предприятий из более чем 50 действующих приходится около 70% от общего объема производства товарной извести.

Несмотря на достаточно сложную ситуацию в отечественной экономике, в отрасли продолжается реализация целого ряда проектов по модернизации действующих и созданию новых известковых производств.

Бельгийская компания *Lhoist (Луаст)* в сентябре 2011 г. подписала соглашение с Трубно-металлургической компанией (ТМК) о создании совместного производства высококачественной извести в Свердловской области на базе Южно-Михайловского месторождения известняков. Строительство завода начнется в 2014 г., ввод в эксплуатацию первой очереди предприятия мощностью 300 тыс. т в год предварительно запланирован на 2016 г.

Группа компаний «Терекс» в 2014 г. планирует начать строительство завода по производству высококачественной извести мощностью до 300 тыс. т в год (две очереди – 200 тыс. т + 100 тыс. т) в Тульской области.

ООО «Каббалжипс» (Кабардино-Балкарская Республика) планирует в 2014 г. создать собственное производство извести для выпуска сухих строительных смесей. Производственная мощность составит около 50 тыс. т в год.

ООО «Рускальк» (Ростовская обл.) в 2014 г. начнет строительство четвертой печи обжига мощностью 200 т/сут. Ввод в эксплуатацию запланирован на 2015 г.

ОАО «Урализвесть» (Свердловская обл.) в 2014 г. планирует завершить модернизацию цеха производства гидратной извести.

Группа компаний «ГРАС» планирует в 2014–2015 гг. начать строительство завода по производству извести «Грас-Огорь» в Калужской области мощностью 200 тыс. т.

ООО «Евротраст» планирует в 2015 г. начать строительство нового известкового завода в Брянской области.

Администрация Кузнецкого района Пензенской области ведет поиск инвесторов для создания комплексного многопрофильного производства строительных материалов, в том числе завода по производству извести мощностью 100 тыс. т в год вблизи ОАО «Яснополянский строительные материалы», которое должно стать основным потребителем продукции нового известкового завода (годовой объем потребления около 36 тыс. т).

ОАО «Первоуральский новотрубный завод» (Свердловская обл.) планирует в 2014 г. ввести в эксплуатацию печь обжига извести PFR Maerg мощностью 300 т/сут.

ОАО «Металлургический завод им. Серова» (Свердловская обл.) в 2014–2015 гг. планирует ввести в эксплуатацию две новые печи обжига извести итальянского производства мощностью по 60 т/сут каждая.

ОАО «Известковый завод» (Республика Башкортостан) в 2014 г. планирует провести реконструкцию известкового производства. В частности, будут реконструированы две печи обжига, построено помольное отделение, приобретено дробильно-сортировочное устройство и трехсекционная мельница с устройством дозации, а также будет реконструирован склад готовой продукции. Инвестиции в проект составят около 290 млн р.

ООО «ПК «Синтезим» (Республика Башкортостан) планирует в 2014 г. закончить реконструкцию производства извести в п. Мурсалимкино (Салаватский р-н) с увеличением производства до 40 тыс. т в год. Объем инвестиций составит 45 млн р.

Администрация Караидельского муниципального р-на и ОАО «Корпорация развития РБ» (Республика Башкортостан) планируют привлечь инвестора для строительства завода по выпуску извести мощностью 35 тыс. т в год в д. Красный Урюш Караидельского района. Строительство планируется начать в 2014 г.

ООО «Буйнакский известковый завод» (Республика Дагестан) в 2012 г. начало работы по реконструкции

Рейтинг производителей товарной извести по объемам производства в 2013 г. *

Место в 2013 г.	Изменение по сравнению с 2012 г.	Предприятие
1	↑ 1	ОАО «Солигаличский известковый комбинат» (Костромская обл.)
2	↑ 4	ООО «Фельс Известь» (Калужская обл.)
3	↓ 2	ООО «Придонхимстрой Известь» (Воронежская обл.)
4	–	ЗАО «Елецкий известковый завод» (Липецкая обл.)
5	–	ЗАО «Клинцовский силикатный завод» (Брянская обл.)
6	↑ 1	ООО «Уральское карьероуправление» (Свердловская обл.)
7	↓ 4	ОАО «Угловский известковый комбинат» (Новгородская обл.)
8	↑ 2	ООО «Интеринвест-Э» (Воронежская обл.)
9	–	ЗАО «Известь Сысерти» (Свердловская обл.)
10	↑ 2	ЗАО «Известняк «Джегонасский карьер» (Карачаево-Черкесская Республика)

* Источник: оценка «ГС-Эксперт»

печи обжига. Завершение работ было запланировано на август 2013 г., однако в дальнейшем перенесено на 2014 г. После реконструкции предприятие сможет производить до 100 тыс. т извести.

Спрос на известь на отечественном рынке практически полностью удовлетворяется за счет внутреннего производства. Доля импортной продукции в последние годы не превышала 1,5%. Однако на отдельных региональных рынках доля импортной товарной извести довольно высока. Основной объем поставок извести в Россию традиционно приходится на долю Белоруссии. По итогам 2013 г. объем импорта из этой страны вырос почти на 70% и превысил 64 тыс. т. По итогам первого полугодия текущего года объемы поставок увеличились еще на 27%. Столь высокие результаты обусловлены ценовой политикой белорусских производителей, реализующих известь высокого качества по ценам существенно ниже, чем цены российских производителей. Как результат, белорусская известь в последние годы поставлялась в большинство регионов европейской части России, включая Астраханскую, Свердловскую и Челябинскую области. Даже транспортировка на столь значительные расстояния позволяет белорусской извести успешно конкурировать с продукцией отечественных производителей.

Основной объем извести в России потребляется предприятиями черной металлургии, при этом доля отрасли в структуре потребления начиная с 2012 г. имеет тенденцию к сокращению. Так, если в 2010–2011 гг. на долю предприятий черной металлургии приходилось более 54% от общероссийского потребления извести, то по итогам 2013 г. на долю этой отрасли, по оценкам «ГС-Эксперт», пришлось около всего 53% (рис. 2). Необходимо отметить, что большинство предприятий этой отрасли самостоятельно производят известь. Однако в последние годы наблюдается тенденция роста спроса предприятий черной металлургии, прежде всего электросталеплавильных заводов, на высококачественную товарную известь, используемую в качестве флюсов.

Второе место по объемам потребления извести по итогам 2013 г. заняли предприятия промышленности строительных материалов. На долю этой отрасли в докризисные годы приходилось порядка 20% потребления извести в стране. Однако начиная с 2009 г. доля предприятий этой отрасли в общероссийском потреблении извести имела тенденцию к сокращению. Рост потребления извести как в абсолютном, так и в относительном выражении начался только в 2012 г. В 2013 г.

на долю этой отрасли пришлось 17% общероссийского потребления извести (около 2 млн т). Несмотря на наличие значительного числа предприятий, которые производят известь для собственных нужд (как правило, для производства силикатного кирпича), эта отрасль является крупнейшим потребителем товарной извести.

Третье место по итогам 2013 г. занимают предприятия химической промышленности. При этом около 80–85% потребностей отрасли в извести удовлетворяются ее непосредственными потребителями за счет наличия собственных производственных мощностей. Крупными потребителями товарной извести являются только производители минеральных удобрений.

Перспективы дальнейшего развития российского рынка извести во многом зависят от состояния основных потребляющих отраслей.

По нашим оценкам, рост спроса на высококачественную известь для металлургии и промышленности строительных материалов в среднесрочной перспективе будет одним из основных факторов, обуславливающих рост производства извести в стране.

Рост спроса в металлургии связан с увеличением доли электросталеплавильного производства (основной потребитель извести) в структуре выплавки стали. Многие действующие известковые заводы уже начали или планируют осуществлять поставки своей продукции металлургам. Однако высокие требования к актив-



Рис. 2. Отраслевая структура потребления извести в России в 2013 г. Источник: оценка «ГС-Эксперт»

ности извести и стабильности ее характеристик существенно ограничивают число потенциальных поставщиков и объясняют стремление ряда металлургических заводов обеспечивать себя известью самостоятельно. При этом стоит отметить, что спрос со стороны металлургов на качественную товарную известь, несмотря на наличие собственных производственных мощностей, все же будет стабильно возрастать. По оценкам экспертов, поставки товарной извести металлургическим заводам за последние четыре года выросли примерно в 4,5 раза и данная тенденция роста объемов поставок (с меньшими темпами) сохранится и в среднесрочной перспективе.

Однако стоит отметить, что начиная с 2013 г. производство стали в России сокращается, что сказывается на объемах потребления извести. Согласно оптимистическому сценарию развития ситуации в отрасли рост объемов производства стали в стране возобновится только в 2015 г. Пессимистический сценарий предполагает возобновление роста объемов производства стали не ранее 2016 г.

Еще один сдерживающий фактор развития черной металлургии — дефицит сырья для электрометаллургического производства. В настоящее время наблюдается рост численности «малых» инвестиционных проектов (электросталеплавильных мини-заводов), рассчитанных на переработку местных ресурсов лома черных металлов. Ввод в строй электросталеплавильных цехов предполагает до 100% использование металлического лома в качестве сырья. Однако уже в настоящее время предприятия, использующие лом черных металлов, испытывают сложности при производстве продукции (нехватку, перебой в снабжении металлолома в отдельных регионах страны). Ситуация будет усугубляться в связи с объективными процессами, протекающими в сталеплавильном комплексе. Таким образом, отрасль неизбежно столкнется с проблемой дефицита лома черных металлов. Так, в 2013 г. в стране суммарно было введено в эксплуатацию около 5,7 млн т мощностей по выплавке электростали.

В химической промышленности основной объем потребления извести приходится на производство кальцинированной соды, минеральных удобрений, а также некоторых других продуктов — карбида кальция, хлорной извести и пр.

По оценкам экспертов, в 2014–2015 гг. будет наблюдаться снижение объемов производства кальцинированной соды в стране не менее чем на 2–4% в год. Некоторая стабилизация в объемах производства вероятна не ранее 2016 г.

В сегменте производства минеральных удобрений в среднесрочной перспективе темпы роста производства сохранятся на уровне 2–4%.

С учетом перспектив развития других сегментов потребления технологической извести в среднесрочной перспективе прогнозируется рост спроса, а соответственно и производства, в данном сегменте на уровне не более 1,5% в год. В краткосрочной перспективе вероятна стагнация и даже незначительное снижение этих показателей.

Промышленность строительных материалов, как уже отмечалось выше, является крупнейшим потребителем товарной извести. В наибольшей степени известь используется в производстве силикатного кирпича, блоков из ячеистого бетона, а также сухих строительных смесей, бетона и товарных растворов. При этом производство этих видов строительных материалов практически полностью ориентировано на внутренний рынок и зависит от объемов строительства. Остановимся более подробно на рассмотрении перспектив развития сегментов силикатного кирпича и блоков из ячеистого бетона.

После стабильного многолетнего роста в 2009 г. объем выпуска силикатного кирпича, по данным Росстата, снизился на 47,3% по отношению к 2008 г., до уровня менее 2,6 млрд шт. усл. кирпича, что является достаточно сильным падением по сравнению с показателями по многим видам прочей продукции, при производстве которой используется известь. Это может быть объяснено тем, что для силикатного кирпича существует только один основной рынок сбыта — возведение новых строительных объектов, где в этот период наблюдалась весьма неблагоприятная ситуация. Рост объемов производства силикатного кирпича возобновился только в 2011 г. При этом, по данным Росстата, в 2012–2013 гг. темпы роста производства этой продукции превышали 10% в год. По итогам I полугодия 2014 г. темпы роста производства в отрасли также сохранились на достаточно высоком уровне — более 9% к аналогичному периоду предыдущего года.

Некоторые производители силикатного кирпича сами выпускают известь; так, в число наиболее крупных предприятий по производству извести входит ЗАО «Клинцовский силикатный завод» (Брянская обл.), ОАО «Стройматериалы» (Белгородская обл.) и др. Однако значительное число производителей силикатного кирпича являются достаточно крупными потребителями товарной извести (ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов», ОАО «Липецкий комбинат силикатных изделий», ЗАО «Павловский завод», Ленинградская обл., ООО «Комбинат строительных материалов», Тюменская обл., ОАО «Ярославский завод силикатного кирпича» и др.).

Дальнейшая тенденция развития рынка силикатного кирпича, безусловно, связана с динамикой ввода строительных объектов и усиливающейся конкуренцией со стороны продуктов-заменителей — блоков из ячеистых бетонов, керамического кирпича и блоков. В целом на протяжении последних лет доля силикатного кирпича в структуре потребления штучных стеновых материалов остается достаточно постоянной и составляет около 22%. По оценкам экспертов, в среднесрочной перспективе темпы роста производства силикатного кирпича не превысят 4–8% в год, что обеспечит устойчивый спрос на товарную известь.

Ячеистые бетоны являются одним из самых активно растущих сегментов рынка стеновых строительных материалов. В последние годы темпы роста производства в отрасли стабильно превышают 10% в год. Так, по данным НААГ, в 2013 г. объем производства автоклавного газобетона в стране увеличился на 13,8% и составил 11,3 млн м³. По итогам I полугодия 2014 г., по данным Росстата, темпы роста производства составили 12,6%.

При этом в ближайшие несколько лет в случае сохранения положительной динамики объемов жилищного строительства спрос на блоки из ячеистого бетона будет стабильно возрастать, однако темпы его роста будут несколько ниже по сравнению с предыдущими периодами.

Воссоединение Крыма с Россией весной текущего года не оказало существенного влияния на состояние российского рынка извести. На территории Крыма в настоящее время известь производит только ОАО «Крымский содовый завод». При этом вся продукция используется для собственных потребностей предприятия — выпуск кальцинированной соды. За последние три года объемы производства извести КСЗ снизились на 23%, до 430 тыс. т в 2013 г. В первом полугодии текущего года снижение объемов производства составило около 20% к аналогичному периоду 2013 г.

Помимо Крымского содового завода крупные потребители извести в регионе отсутствуют. Здесь нет ни ме-

таллургических предприятий, ни производителей силикатного кирпича и автоклавного газобетона. С началом активизации строительных работ в регионе вероятно создание на полуострове новых производственных мощностей по выпуску автоклавного газобетона (сейчас в регионе действует только несколько малых предприятий, выпускающих пенобетонные блоки), что приведет к росту спроса на товарную известь. Однако, по нашим оценкам, ранее 2016–2017 гг. ожидать существенных изменений на рынке строительных материалов региона не приходится.

По оценкам «ГС-Эксперт», в ближайшие годы существующая тенденция равенства производства и внутреннего потребления извести в России сохранится, а рост объемов ее потребления будет определяться темпами роста спроса со стороны основных потребляющих отраслей. В среднесрочной перспективе сохранится тенденция увеличения спроса на товарную известь темпами, опережающими темпы роста потребления технологической извести. В целом объем потребления извести в стране к 2018 г. может увеличиться до 12,5–13 млн т при сохранении доли импортной продукции на уровне не более 1–1,5%.

При этом в течение ближайших пяти лет отраслевая структура потребления извести в стране, очевидно, претерпит изменения. В прогнозном периоде будет отмечаться снижение доли потребления извести в черной металлургии и химической промышленности на фоне роста доли ее потребления в промышленности строительных материалов, цветной металлургии. При этом доля потребления извести в промышленности строительных материалов к 2018 г. может достичь 20% от общего объема потребления.



Специализируется на проведении маркетинговых исследований и мониторинге рынков в области строительных материалов и минерального сырья в России и ряде стран СНГ.

Осуществляет постоянный мониторинг и всесторонний анализ текущей ситуации и основных тенденций на рынках исследуемой продукции, включая анализ данных о ее производстве и потреблении, экспортно-импортных поставках, сырьевой базе, состоянии ведущих участников рынка, а также законодательства, касающегося этих отраслей.

Предлагаем готовые аналитические обзоры рынков, проведение исследований по вашим индивидуальным заказам, а также услуги по мониторингу цен и объемов поставок продукции (внутренние поставки и анализ ВЭД) на ежемесячной или ежеквартальной основе.

Выполнены работы по:

- минеральному сырью: гипсовому камню, полевому шпату, различным видам глин, стекольным и формовочным пескам, карбонатным породам (доломиту, мелу, известняку), кварцу, бентониту, волластониту, диатомиту и др.;
- строительным материалам: цементу, извести, гипсу, листовому стеклу, щебню, гравии, теплоизоляционным и кровельным материалам, архитектурному профилю из алюминиевых сплавов и ПВХ, кирпичу, ячеистому бетону и др.

125047, Москва,

1-й Тверской-Ямской пер., д. 18, оф. 230

Тел: (499) 250-48-74, (916) 507-83-77

Факс: (499) 250-48-74

www.gs-expert.ru E-mail: info@gs-expert.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Рынок автоклавного газобетона в первом полугодии 2014 г.

Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (НААГ) подвела предварительные итоги развития подотрасли в первом полугодии 2014 г. Общая установленная мощность предприятий по выпуску АГБ по итогам рассматриваемого периода составила 15,9 млн м³, что на 2,9% выше показателя 2013 г. Рост производственных мощностей обусловлен запуском новых заводов: за первые шесть месяцев текущего года было введено в эксплуатацию три предприятия по выпуску АГБ. Таким образом, на конец полугодия в России действовал 71 завод, производящий автоклавный газобетон.

Производители АГБ	Количество предприятий по состоянию	
	на 31 декабря 2013 г.	на 30 июня 2014 г.
Действующие	67	71
Остановленные	3	2
Всего	70	73

Общий выпуск АГБ в России в первом полугодии 2014 г. составил 5,58 млн м³. При этом почти половина из указанного объема выпущена заводами-членами НААГ (23 завода) – 2,79 млн м³.

В сравнении с аналогичным периодом 2013 г. выпуск АГБ увеличился на 7,8%. Рост объемов производства главным образом обусловлен вводом новых мощностей (2013–2014 гг.). Увеличение выпуска на действующих производствах оценивается на уровне 2,2%.

В отчетный период автоклавный газобетон выпускался, главным образом с марками по плотности D500 и D600 (в сумме 88%). Доля теплоэффективного газобетона марки D400 составляет 11%. Усредненный показатель плотно-

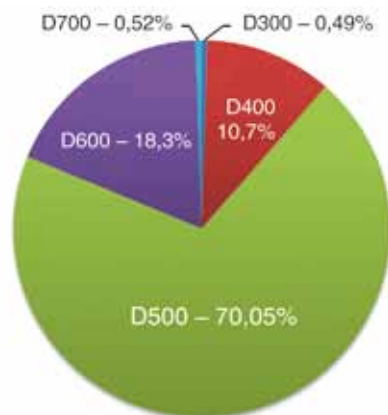


Диаграмма распределения марок по плотности изделий из АГБ в первом полугодии 2014 г.

сти всех изделий из АГБ, произведенных в первом полугодии 2014 г., составил 509 кг/м³.

Таким образом, выпуск АГБ в России продолжает увеличиваться. При сохранении позитивной динамики, зафиксированной в отчетный период, можно ожидать, что выпуск газобетона в 2014 г. превысит 12 млн м³. Тенденция роста производства АГБ, отмечаемая в последние 10 лет, сохранится и в 2014 г.

**Материалы предоставлены Национальной Ассоциацией производителей автоклавного газобетона.
Подготовил А. Вишневский**

УДК 621.365.31:66.041.44

В.И. ЗУЕВ¹, генеральный директор (izvesta@inbox.ru), А.Е. МИКАЛУЦКИЙ¹, начальник технологического отдела; В.Д. КОЖЕВНИКОВ², инженер-технолог; И.В. БАРСКИЙ³, генеральный директор

¹ Фирма «Известа» (394019, г. Воронеж, ул. 9 Января, 231)

² ОАО «Ашинский металлургический завод» (456010, Челябинская обл., г. Аша, ул. Мира, 9)

³ ООО «Сибирский Строитель» (633208, Новосибирская область, г. Искитим, мкр. Южный, 100)

Усовершенствование шахтных противоточных известеобжиговых печей

На основе анализа работы эксплуатируемых устройств, а также результатов многочисленных испытаний на моделях для круглых и кольцевых печей, работающих под давлением, была разработана и запатентована новая конструкция загрузочно-распределительного устройства. По сравнению со всеми применяемыми аналогами оно позволяет наиболее равномерно распределять шихту по крупности кусков в шахте печи независимо от ее диаметра. Описана новая разработка компании – периферийные фурмы с уменьшенным диаметром до 90–125 мм и заглублением в слой материала до 800 мм. Запатентована схема установки длинных и коротких фурм в печи. Установку и замену фурм можно производить вручную без применения механизмов. Для охлаждения корпусов вместо технической воды было предусмотрено применять охлаждающую жидкость ОЖ-40.

Ключевые слова: шахтные печи, известь, загрузочно-распределительное устройство, фурмы.

V.I. ZUEV¹, General Director (izvesta@inbox.ru), A.E. MIKALUTSKY¹, Chief of Technological Department;

V.D. KOZHEVNIKOV², Engineer-Technologist; I.V. BARSKY³, General Director

¹ "Izvesta" Firm (231, 9 Yanvarya Street, 394019, Voronezh, Russian Federation)

² OAO "Ashinsky Metallurgic Plant" (9, Mira Street, Asha, 456010, Chelyabinsk Region, Russian Federation)

³ OOO "Sibirsky Stroitel" (100, Yuzhny Microdistrict, Iskitim, 633208, Novosibirsk Oblast, Russian Federation)

Improvement of Shaft Counterflow Lime-Burning Kilns

On the basis of the analysis of exploited units operation as well as on the basis of results of many model tests, a new design of charging-distributing device for round and circular kilns operating under the pressure has been developed and patented. In comparison with all analogues used now it makes it possible to uniformly distribute the charge according to the size of a piece of charge in the kiln's shaft regardless of its diameter. A new design of the company – peripheral tuyeres with the diameter reduced up to 90–125 mm and the weight reduced up to 50–70 kg – is described. For cooling casings it is provided to use the cooling liquid OZh-40 instead of technical water.

Keywords: shaft kilns, lime, charging-distributing device, tuyeres.

Шахтные противоточные печи с давних пор широко используются для получения извести. Обусловлено это тем, что они имеют простую конструкцию, а затраты на их строительство минимальны. В тех случаях, когда потребители устраивает известь невысокого качества (2-й и 3-й сорта), альтернативы по эффективности применения этим печам нет. В большинстве старых конструкций противоточных печей получать известь с высокой степенью обжига весьма сложно из-за образования сваров. При повышении качества извести значительно увеличивается удельный расход топлива, а производительность печи снижается. Наилучшие результаты по качеству обжига удается получать на печах малой производительности – 50–100 т/сут. Ввиду обострения конкуренции на рынке сбыта и повышения спроса на высококачественную известь улучшение работы противоточных печей, особенно большой производительности, становится все более актуальным.

Инжиниринговая фирма «Известа» на протяжении более 20 лет специализируется на разработке технологий и агрегатов для производства извести. За последние годы создан ряд новых конструкций технологических узлов и систем отопления, предназначенных для использования в шахтных противоточных печах с целью повышения эффективности их работы, а также получения разной по назначению высококачественной извести.

Показатели противоточной шахтной печи главным образом зависят от равномерности распределения по крупности кусков шихты и топлива по сечению обжиговой шахты.

На основе анализа работы эксплуатируемых устройств, а также результатов многочисленных испытаний на моделях для круглых и кольцевых печей, рабо-

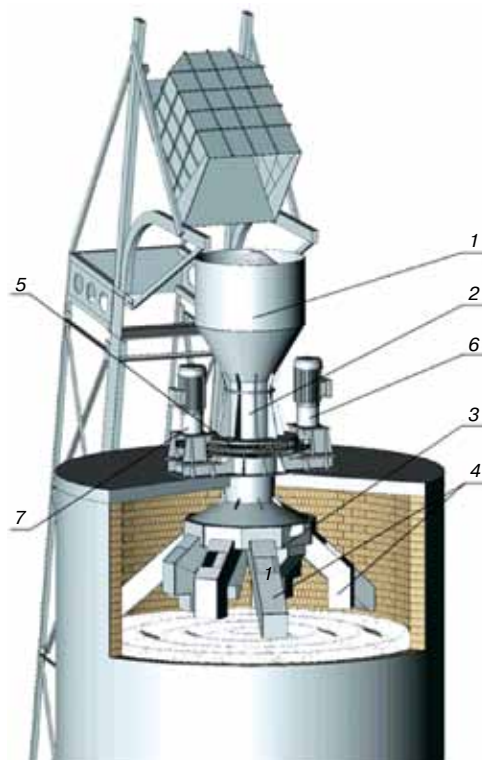


Рис. 1. Загрузочно-распределительное устройство шахтной печи: 1 – бункер загрузочный; 2 – течка загрузочная; 3 – питатель тарельчатый; 4 – течки распределительные; 5 – подшипники опорные; 6 – привод вращения тарельчатого питателя; 7 – привод вращения загрузочного бункера

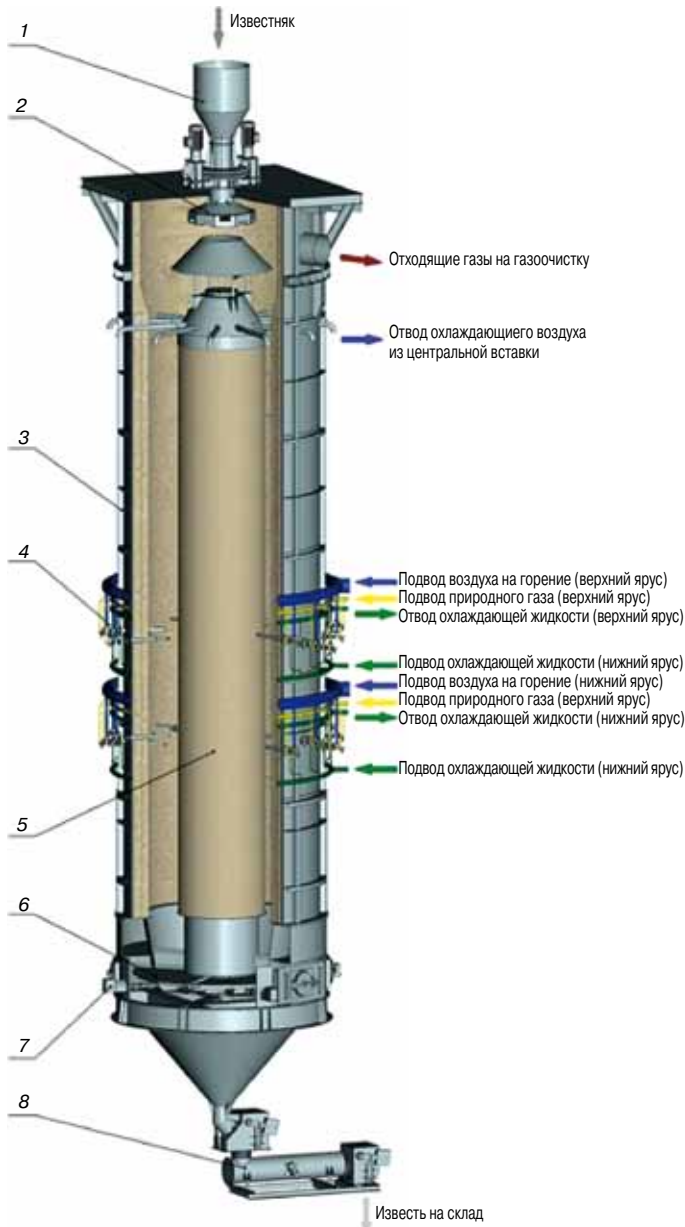


Рис. 2. Общий вид противоточной шахтной кольцевой печи для получения мягкообожженной извести: 1 – бункер загрузочный; 2 – питатель тарельчатый; 3 – корпус печи; 4 – формы периферийные; 5 – вставка огнеупорная; 6 – стол выгрузочный секторный; 7 – гидроцилиндры привода выгрузочного стола; 8 – тамбурная система выгрузки

тающих под давлением, была разработана и запатентована [1] новая конструкция загрузочно-распределительного устройства. По сравнению со всеми применяемыми аналогами оно позволяет наиболее равномерно распределять шихту по крупности кусков в шахте печи независимо от ее диаметра.

Загрузочно-распределительное устройство для пересыпных и газовых шахтных противоточных печей круглого сечения представлено на рис. 1. Оно состоит из двух основных узлов: загрузочного бункера, соединенного с вертикальной запорной точкой, и тарельчатого питателя с множеством прикрепленных к нему распределительных наклонных течек разной длины и направленности. Тарельчатый питатель расположен с зазором непосредственно под запорной точкой. Загрузочный бункер и тарельчатый питатель оснащены автономными приводами вращения и опираются на охватывающие запорную точку подшипники, размещенные над сводом печи. Шихта периодически загружается в загрузочный



Рис. 3. Действующая шахтная кольцевая печь на ОАО «Ашинский металлургический завод»

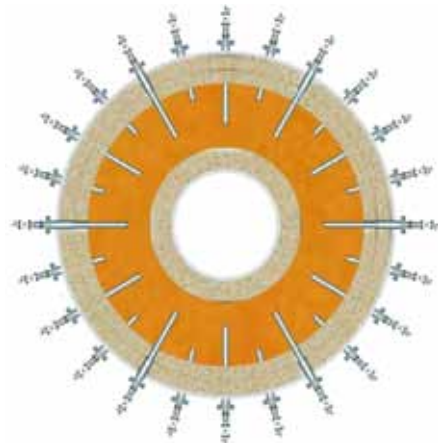


Рис. 4. Расположение фурм в шахте кольцевой печи

бункер, уровень заполнения которого контролируется уровнем и поддерживается в заданных пределах. Постоянный слой материала в запорной точке в значительной мере препятствует подосу воздуха в полость шахты печи. При низком разрежении на колошнике (20–100 Па) подсосы составляют практически неощутимую долю к объему отходящих из печи газов. Выгрузка шихты в печь по запорной точке осуществляется при вращении в разные стороны тарельчатого питателя и бункера. С периферии тарельчатого питателя шихта поступает в распределительные точки и по множеству концентрических окружностей равномерно распределяется по сечению обжиговой шахты. Благодаря вращению бункера во время выгрузки в распределительные точки поступает одинаковый по составу крупных и мелких кусков материал. При использовании данного устройства в шахтных пересыпных печах неравномерное перемешивание кусков сырья и топлива, загружаемых в скип, а также эффект сегрегации при загрузке в загруз-



Рис. 5. Установка периферийных фурм снаружи корпуса действующей кольцевой печи

зочный бункер не влияют на равномерность распределения шихты по сечению обжиговой шахты. Количество распределительных течек для каждой печи выбирается индивидуально в зависимости от ее типа и диаметра, а конструкция и размеры всех остальных элементов и узлов устройства не изменяются.

Данное загрузочно-распределительное устройство было использовано на новых газовых печах, работа которых в настоящее время характеризуется показателями, превышающими проектное задание. Фирма «Известа» применяет это устройство во всех печах собственной конструкции. Оно с успехом может быть использовано при реконструкции действующих печей и наиболее эффективно служит при оснащении им шахтных пересыпных печей, работа и показатели которых всецело зависят от равномерности распределения топлива и сырья по сечению шахты.

Для ввода топлива в газовых шахтных противоточных печах, как правило, применяются периферийные горелки, устанавливаемые на одном или нескольких ярусах. Для более равномерного распределения топлива по сечению шахты горелки оснащают укрытиями из жаропрочной стали, которые позволяют вводить его в слой обжигаемого материала на расстоянии до 300 мм от внутренней поверхности футеровки. Однако со временем укрытия из-за воздействия высокой температуры прогорают и топливо практически вводится в слой материала непосредственно у поверхности футеровки.

В ранних разработках для решения этой проблемы фирма «Известа» применяла водоохлаждаемые периферийные горелки наружным диаметром 300–500 мм с подачей в них воздуха от вентиляторов и частичным сжиганием топлива с целью лучшего смешивания и большего проникновения продуктов горения в слой материала. При этом конструкции воздушных коллекторов и самих горелок были громоздкими, что создавало неудобство при обслуживании.

С применением высоконапорных воздуховодов для подачи воздуха на горение диаметр периферийных фурм был уменьшен до 90–125 мм, а вес снижен до 50–70 кг. Установку и замену такой фурмы стало возможно производить вручную без применения механизмов в течение получаса. Для охлаждения корпусов вместо технической воды было предусмотрено применять охлаждающую жидкость ОЖ-40. С помощью насосов она циркулирует по замкнутому контуру и охлаждается вентиляторами в трубчатом теплообменнике.

С целью равномерного распределения топлива и свободного прохода между фурмами обжигаемого материала была разработана и запатентована [2] специаль-



Рис. 6. Установка периферийных фурм внутри корпуса действующей кольцевой печи

ная схема установки длинных и коротких фурм. Все фурмы жестко, без возможности перемещения с помощью фланцевого соединения крепятся к корпусу печи. На практике были испытаны и находятся в эксплуатации фурмы с заглублением на 650 мм. Разработана конструкция фурмы для заглубления на 800 мм. Из-за высоких скоростей топливно-воздушной смеси проводящие центральные каналы не засоряются обжигаемым материалом и хорошо просматриваются через гляделки снаружи. Для получения мягкообожженной извести фурмы необходимо устанавливать в разных уровнях на двух и более ярусах. Систему отопления с использованием подобных фурм без существенных затрат и времени можно установить на действующих печах. Для этого не требуется разбирать футеровку. Отверстия для прохода высверливаются со стороны кожуха печи.

С использованием вышеописанных разработок было построено несколько печей для получения высококачественной извести.

На Ашинском металлургическом заводе (Челябинская обл.) с целью обеспечения потребности в мягкообожженной извести электросталеплавильного цеха в начале 2013 г. введена в эксплуатацию кольцевая печь проектной производительностью 200 т/сут (рис. 2 и 3). Примененная в ней концепция изначально была рассчитана для реконструкции эксплуатируемых на многих металлургических комбинатах большегрузных печей с балочными горелками внутренним диаметром около 4,3 м, которые имеют высокий расход топлива (170–190 кг усл. топлива/т) и производят низкую по качеству известь. Сущность этой концепции заключалась в том, что внутри шахты по оси устанавливается огнеупорная кольцевая вставка, а для ввода и равномерного распределения топлива в кольцевой обжиговой шахте, образованной стенками вставки и футеровкой печи, используются только заглубленные в слой материала периферийные фурмы (рис. 4). Футеровка вставки выполнялась с использованием стандартных огнеупоров и скользящих анкеров, закрепленных на ее внутреннем кожухе.

Для возможности форсирования и обеспечения стабильности режимных параметров при использовании сырья с разными и меняющимися свойствами печь должна была работать при избыточном давлении. Равномерное распределение известняка обеспечивало вышеописанное загрузочно-распределительное устройство. Ввиду узкой ширины сечения кольцевой шахты (около 1 м) распределительные течи решено было не применять. Некоторые неполадки в работе этого первого промышленного образца загрузочно-распределительного устройства были вызваны разогревом и пуском

Рис. 7. Общий вид противоточной шахтной печи для получения жесткообожженной извести: 1 – загрузочно-распределительное устройство; 2 – корпус печи; 3 – фурма центральная; 4 – фурмы периферийные; 5 – корпус узла выгрузки; 6 – гидроцилиндры выгрузочного стола; 7 – тамбурная система выгрузки

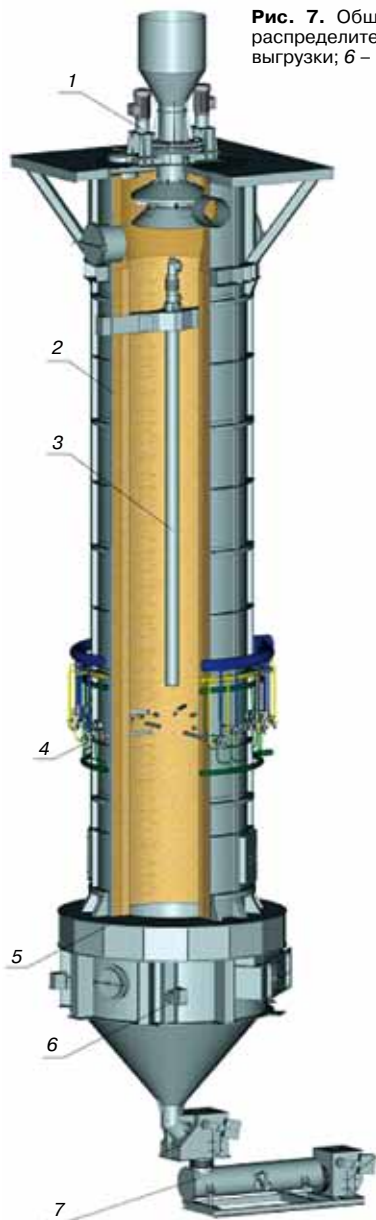


Таблица 1

Основные показатели печи на ОАО «Ашинский металлургический завод»

Параметры печи	Показатели	
	проектные	достигнутые при гарантийных испытаниях
Производительность, т/сут	200	235
Размер исходного материала, мм	40–80	40–80
Вид топлива	Газ природный	Газ природный
Удельный расход топлива, кг усл. топлива/т (ккал/кг) • на тургорском известняке • на сибайском известняке	Не более 145 (1015) –	141 (987) 135 (945)
Удельный расход электроэнергии на обжиг, кВт/т	–	19
Массовая доля CaO+MgO в извести, %	Не менее 92	95,1
Массовая доля CO ₂ в извести, %	Не более 5	2–3
Реакционная способность, мин	Не более 2	Менее 1
Запыленность газов после газоочистки, мг/нм ³	Не более 10	Менее 3,5



Рис. 8. Действующие шахтные печи на ООО «Сибирский Строитель»



Рис. 9. Вращающийся выгрузочный стол с гидроприводом шахтной печи

печи без газоочистки, что привело к перегреву опорных подшипников из-за избыточного давления на колошнике печи. Для снижения удельного расхода топлива была предусмотрена утилизация тепла отходящих печных газов в выносном трубчатом рекуператоре путем нагрева воздуха, подаваемого в фурмы. Периферийные фурмы (48 шт.) располагались на двух ярусах (рис. 5, 6).

Выгрузка извести производилась с помощью четырех секторных столов возвратно-поступательного перемещения с гидроприводом на каждый стол. Для герметизации печи при выгрузке применена новая конструкция тамбурной системы, состоящей из поочередно закрывающихся клапанов и виброжелоба. В зоне подгрева и обжига проходное сечение выполнено расширяющимся книзу с целью исключения подвисания шихты.

Очистка отходящих из печи газов осуществлялась в рукавном фильтре. Основные технические показатели печи представлены в табл. 1. Со времени запуска прошло около 1,5 лет и существенных недостатков в работе печи не выявлено. Были отработаны режимы для работы печи на разной производительности начиная от 150 т/сут. Из-за ограничений, связанных в основном

с низкой потребностью в извести на заводе, определить максимально возможную производительность печи не удалось. В табл. 2 представлены балансы массы и тепла при номинальной производительности печи. Расчеты показывают, что за счет увеличения теплоизоляции центральной вставки и применения вместо охлаждаемой жидкости диатермического масла можно снизить удельный расход топлива примерно на 3%.

К настоящему времени завершена разработка аналогичной конструкции печи производительностью 300 т/сут, строительство которой планируется начать в 2015 г. на Красносулинском металлургическом заводе (Ростовская обл.).

По заказу ООО «Сибирский Строитель» (г. Искитим, Новосибирская обл.) фирмой «Известа» были разработаны и в конце 2013 г. введены в эксплуатацию две шахтные газовые печи проектной производительностью по 100 т/сут каждая для получения жесткообожженной извести, используемой в собственном производстве газобетона (рис. 7, 8). Следует отметить, что до этого высококачественная жесткообожженная известь промышленно в шахтных газовых печах на территории СНГ не производилась.



Рис. 10. Тамбурная система выгрузки извести шахтной печи

Для обжига используются местные известняки с непостоянным химическим составом и мраморизированными включениями. Используемое загрузочно-распределительное устройство оснащено четырьмя распределительными точками, направленными к оси печи. Периферийные фурмы (24 шт.) располагались в одном ярусе.

Учитывая специфические свойства известняка, склонного к растрескиванию и спеканию, было решено установить дополнительно одну центральную подвесную фурму, с тем чтобы ограничить заглубление периферийных фурм. Подобные водоохлаждаемые центральные фурмы ранее успешно использовались на других печах для улучшения качества обжига в приосевой области печи. Они в отличие от устанавливаемых в зоне обжига массивных центральных горелок не создают препятствий для схода обжигаемого материала. Особенностью конструкции данных печей является применение для выгрузки извести новой конструкции вращающегося стола, выполненного в виде тарельчатого питателя и оборудованного гидроприводом (рис. 9). Часть воздуха, подаваемого на охлаждение извести, вводилась через центральный керн, вращающийся вместе со столом. Данная конструкция стола была выбрана с целью обеспечения равномерной выгрузки извести по сечению шахты и беспрепятственного схода сваров. Недостатков в работе выгрузочного устройства не наблюдалось. Для герметизации печи при выгрузке была применена также тамбурная система (рис. 10) по аналогии с кольцевой печью на Ашинском металлургическом заводе.

Опыт показал, что при работе печи с низкой производительностью обожженный материал в обжиговой шахте уплотняется и сходит неравномерно. Печь значительно стабильнее работает при форсировании режима обжига. Учитывая то, что потребность в извести на предприятии после пуска часто менялась и практически не превышала проектной производительности печей, было решено для обеспечения надежности самые длинные фурмы, заглубленные в слой материала на 450 мм, временно демонтировать. Несмотря на это, проектные показатели печи на испытаниях были достигнуты (табл. 3). Время гашения извести в пределах 4–15 мин можно регулировать изменением режимных параметров. Работы по оптимизации режимов обжига для использования сырья планируется продолжить. По оценкам специалистов-разработчиков, потенциальные возможности печи данной конструкции значительно выше достигнутых.

С использованием накопленного опыта, а также новых и опробованных технических решений для получения жесткообожженной извести фирмой «Известа» разработана шахтная печь производительностью 200 т/сут.

Таблица 2

Баланс тепла на печи ОАО «Ашинский металлургический завод»

Статьи прихода и расхода тепла	Величина	
	ккал/кг	%
Приход тепла		
Сырье	5	0,5
Воздух на охлаждение извести	3,7	0,4
Воздух на горение на боковые фурмы	24,3	2,4
Физическое тепло топлива	0,8	0,1
Химическое тепло топлива	986,5	96,7
Всего	1020,3	100
Расход тепла		
Известь	10,5	1
Пыль	2,5	0,3
Отходящие газы	163,	16
Диссоциация	768,3	75,3
Потери корпусом печи	22,5	2,2
Охлаждение фурм	53	5,2
Всего	1020,3	100

Таблица 3

Основные показатели печей на ООО «Сибирский Строитель»

Наименование параметра печи	Величина
Производительность, т/сут	70–105
Размер обжигаемого известняка, мм	40–80
Вид топлива	Газ природный
Удельный расход топлива, кг усл. топлива/т ккал/кг	150–165 1050–1155
Удельный расход электроэнергии на обжиг, кВт/т	22
Массовая доля CaO+MgO в извести, %	92–96
Активность извести, %	87–92
Массовая доля CO ₂ в извести, %	2–5
Реакционная способность, мин	4–15
Запыленность газов после газоочистки, мг/нм ³	Не более 10

Строительство такой печи планируется осуществить на ОАО «Силикат» (г. Гулькевичи Краснодарского края).

Все построенные печи были оснащены современной АСУ, которую разработало и поставило ЗАО «АСК», г. Екатеринбург.

Список литературы

1. Патент РФ №2525957. *Загрузочно-распределительное устройство шахтной печи для обжига кускового материала* / Зуев В.И. Заявл. 20.09.2013. Опубл. 20.08.2014 г. Бюл. № 23.
2. Патент РФ №144271. *Шахтная печь для обжига кускового материала* / Зуев В.И. Заявл. 31.03.2014. Опубл. 20.08.2014 г. Бюл. № 23.

References

1. Patent RF 2525957. *Zagruzochno-raspredelitel'noe ustroystvo shakhtnoi pechi dlya obzhiga kuskovogo materiala* [The loading distributing device of the mine kiln for roasting of lumpy material] / Zuev V.I. Declared 20.09.2013. Published 20.08.2014. Bulletin No. 23. (In Russian).
2. Patent RF 144271. *Shakhtnaya pech' dlya obzhiga kuskovogo materiala* [The mine kiln for roasting of a lumpy material] / Zuev V.I. Declared 31.03.2014. Published 20.08.2014. Bulletin No. 23. (In Russian).

Южно-Африканская Республика 2013

Завод по производству негашеной извести
производительностью **1100 т/сут**



Один поставщик

... от единичного оборудования
до готового известкового завода...

- Печи для обжига извести мощностью свыше 600 т/сут
- Оборудование для гашения извести до 40 т/ч

CIM-MICROSEP

FMWgroup
Industrial Machinery Group Ltd.

CIMPROGETTI
LIME TECHNOLOGIES

Cimprogetti S.p.A. | (I) 24044 Dalmine | Via Pasubio, 5
tel. +39 035 4550 111 | fax +39 035 4550 335 | email: inform@cimprogetti.com



ГЕБР. ПФЕЙФЕР

ГЕБР. ПФЕЙФЕР SE – 150 ЛЕТ ПРОГРЕССА И ТРАДИЦИЙ

Gebr. Pfeiffer SE является частной немецкой компанией среднего размера, созданной в 1864 г. Головной офис Gebr. Pfeiffer SE находится в г. Кайзерслаутерне, там же расположена тестовая лаборатория и уникальное производственное оборудование, включая литейный цех. Дочерние предприятия фирмы находятся в Индии, Китае и США, представительство компании – в Объединенных Арабских Эмиратах, их дополняет сеть коммерческих агентов по всему миру.

С момента своего создания 150 лет назад компания внесла огромный вклад в развитие технологий переработки материалов. Главными разработками фирмы является специализированное оборудование для размола, сушки, сепарации, гидратации и кальцинации. Поставки продукции производятся по всему миру на цементные заводы, заводы по переработке извести, гипса и керамики.



Оборудование Gebr. Pfeiffer для известковой промышленности

Линейка продукции Gebr. Pfeiffer SE включает вертикальные мельницы MPS и сепараторы типа SLV или SUV/SUT с возможностью переработки до 100 т/ч входящего материала; сушилки TRT с производительностью до 200 т/ч; гидраторы извести KLV до 60 т/ч, а также шаровые мельницы с мощностью на приводе до 1000 кВт.

Тройная сушилка тип TRT

Тройная трехкамерная сушилка тип TRT используется для сушки мела, известнякового песка и гравия.

Гидратор извести тип KLV

Гидраторы извести используются для производства гашеной извести из белой тонкой извести или комовой извести.

Шаровые мельницы тип MRD

Шаровые мельницы используются для сухого помола известняка или крупки гидрата извести.

Вертикальные валковые мельницы тип MPS

Вертикальные валковые мельницы MPS используются для помола негашеной комовой извести, для производства белой тонкой извести и для помола-сушки известняка при производстве порошкообразного известняка. Тонина помола устанавливается в широких пределах. Известковая крупка может выводиться из помольного процесса для производства известнякового песка.

Высокоэффективный сепаратор тип SLV и воздушный сепаратор-распределительный стол тип SUV / SUT

Сепараторы используются для обеспыливания молотого известнякового песка и для производства известняковых наполнителей, белой тонкой извести и гидрата извести.

Высокоэффективные сепараторы используются для тонкой сепарации и производства материалов высокой тонины помола.



MPS вертикальная валковая мельница

SLV высокоэффективный сепаратор

SUV распределительный стол

MRD шаровая мельница

KLV гидратор извести

TRT сушилка

ГЕБР. ПФЕЙФЕР SE
 Barbarossastraße, 50–54
 P.O. Box 3080 67618 Kaiserslautern
 Phone: +49-631-4161-0 Fax: +49-631-4161-290
 e-mail: kv-p@gebr-pfeiffer.com
 www.gebr-pfeiffer.com

Представительство в России и странах СНГ
 ООО «Инконтрейд»
 Ленинский проспект, 38, офис 1312
 119334, Москва
 Тел.: +7-495-930-2926; +7-985-762-16-56
 e-mail: info@incontrade.ru

PFEIFFER.

**ЗАДАВАЯ СТАНДАРТЫ.
С 1864.**



GEBR. PFEIFFER

Progress is our tradition



От идеи одного человека до самой большой мельницы в мире

Когда в Европе началась индустриализация, Якоб Пфайффер видел перспективы в размоле минерального сырья в большом масштабе. Мы, как семейная компания, вдохновленная его энергией и энтузиазмом, воплощаем его идею и делаем это на протяжении 150 лет. И сегодня, как технологический лидер, работающий по всему миру, мы продолжаем задавать новые стандарты в промышленности. За все этим лежит инженерная работа, как производство искусства: «сделано в Германии» и особое качество производства на нашем собственном предприятии, гарантирующее высокую надежность и долгий срок службы. Якоб Пфайффер был бы горд.

www.gpse.de



1864

Якоб и Карл Пфайффер создали мезенжескую и литейное производства Пфайффер

1890

Первый воздушный separator в цементной промышленности

1894

Первый размер цемента в мельнице Пфайффер

1925

Самая большая центральная мельница в мире

1956

Первая мельница MPS для размолу сырьевого материала и угля

1979

Первая вертикальная мельница для размолу цемента

1994

Запуск серии MPS B с улучшенными показателями

2006

Первая мельница MVR для размолу цемента

2007

Первая вертикальная мельница с приводом MultiDrive

2014






Самая большая вертикальная мельница для цемента в стадии монтажа

SibBuild








место проведения МВК «Новосибирск Экспоцентр»



Неделя архитектуры и строительства

-  Оконные технологии
-  Ворота и автоматика
-  Строительные материалы
и оборудование. Строительство
-  Инструменты и крепёж
-  Кровли и фасады

Неделя отделочных материалов и интерьерных решений

-  Отделочные материалы
-  Двери и замки
-  Краски. Сухие строительные смеси
-  Керамика. Сантехника
-  Декоративный свет. Электрика
-  Ткани в интерьере
-  Натуральный и искусственный камень

www.SibBuild.com



Организатор ITE Сибирь
ул. Станционная, 104, тел.: +7 (383) 363 00 63
e-mail: sibbuild@sibfair.ru, www.ite-siberia.ru

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



тел/факс в Челябинске: (351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14
 в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58
 e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru
 www.stroypribor.ru

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03
ударно-импульсный

автоматическая обработка измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное прозвучивание



частота 60...70 кГц
диапазон 10...2000 мкс

ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д / ПОС-50МГ4 "Скол"

отрыв со скалыванием и скалывание ребра



предельное усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа

ПОС-2МГ4 П

испытание прочности ячеистых бетонов



предельное усилие вырыва 2,5 кН

ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ

ПДУ-МГ4 "Удар"

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

определение динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог методом штампа, диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
5...300 МН/м² ("Импульс")



Прессы испытательные малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4

с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича
 ■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН
 ■ масса 70 / 120 / 180 кг



ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности сцепления в каменной кладке



предельное усилие отрыва 15 кН

АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности сцепления покрытия с основанием



предельная нагрузка 1 / 2,5 / 5 / 10 кН

ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01
анемометр-термометр

диапазон 0,1...20 (1...30) м/с
-30...+100 °С



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

3...5, 10 и 100-канальные регистраторы



диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины
диапазон 1...45 %



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм
диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер (до 20 модулей в комплекте)
зондовые / контактные
1...2-канальные
диапазон -40...+100 / 250 °С



ДИНАМОМЕТРЫ

ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4
эталонные

сжатия / растяжения
предельная нагрузка 1...1000 кН



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых усилий 2...120 кН



диаметр арматуры 3...12 мм

ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр арматуры 3...32 мм



диапазон 100...1800 МПа

ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

Б.А. ФЕТИСОВ, канд. техн. наук (b.a.fetisov@urfu.ru)

Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19)

Энерготехнологическая эффективность производства тонкодисперсной извести

Расчетным путем с помощью математической модели проанализированы наиболее рациональные схемы организации процесса обжига карбонатного сырья и рециклинга извести в циклонных каскадных печах при различном составе и уровне влажности исходного сырья с учетом требований к экономичности, качеству готовой продукции и возможности управления тепловой работой агрегата. Выбор наиболее рациональной конструкции осуществлялся методом направленного усовершенствования теплотехнологической схемы, что в процессах обжига и рециклинга извести для каждого уровня содержания свободной влаги позволило определить оптимальные по критерию тепловой экономичности конструкцию и тепловой режим агрегата. Результаты математического моделирования показывают, что оптимальная топология рабочего пространства циклонных каскадных печей определяется составом и влажностью карбонатного сырья. Циклонные каскадные печи не уступают по тепловой экономичности и техническим свойствам получаемой извести шахтным печам и при этом менее требовательны к качеству используемого сырья.

Ключевые слова: известь, циклонные каскадные печи, обжиг карбонатного сырья, печи обжига извести.

B.A. FETISOV, Candidate of Sciences (Engineering) (b.a.fetisov@urfu.ru)

The Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (19, Mira Street, 620002, Yekaterinburg, Russian Federation)

Energy-Technological Efficiency of Fine Lime Production

The most rational schemes of the organization of process of carbonate raw burning and lime recycling in cyclone cascading kilns at various compositions and moisture levels of the parent stock with due regard for cost-saving and quality of finished products and possibility of control over the thermal performance of the unit are analyzed by calculation with the help of a mathematical model. The choice of the most rational design was made using the method of directional improvement of the thermal-technological scheme that in the process of lime burning and recycling for each level of free moisture content made it possible to define the design and thermal behavior of the unit which are optimal according to the criterion of heat efficiency. Results of the mathematical simulation show that the optimal topology of the operating space of cyclone cascading furnaces is determined by the composition and moisture content of the carbonate raw. Cyclone cascading kilns are not inferior to shaft kilns for thermal efficiency and technical properties of the lime obtained and at that less demanding to the quality of raw materials used.

Keywords: lime, cyclone cascading kilns, carbonate raw burning, lime burners.

Широко используемую в технологии строительных материалов дисперсную известь традиционно производят помолом комовой, получаемой главным образом в шахтных или вращающихся печах. Наибольшее распространение как в нашей стране, так и за рубежом получили шахтные печи, поскольку они достаточно просты в эксплуатации, не требуют больших капитальных затрат на строительство, экономичны в теплотехническом отношении. Основным недостатком шахтных печей являются повышенные требования к качеству исходного сырья: как правило, размер кусков известняка должен быть не менее 40 мм, и лишь в печах специальной конструкции можно обжигать куски известняка размером 10–20 или 20–40 мм. Шахтные печи непригодны также и для обжига легкоистирающегося сырья — мела, ракушечника. Получаемая комовая известь имеет большую неравномерность технических свойств как по толщине куска, так и в пределах партии, что обусловлено особенностями протекающих процессов теплообмена и высокой неравномерностью полей температуры, концентрации и скорости газов в поперечном сечении шахты. Получаемый продукт в отечественной практике обычно характеризуется низкой активностью (около 60%) и редко достигает 80–85% (в основном при обжиге в печах иностранного происхождения).

Вращающиеся печи менее требовательны к качеству исходного сырья и дают возможность обжигать мелкие фракции, а также мягкие породы и шламы и получать мягкообожженную известь с более высокой, чем в шахтных печах, активностью благодаря перемешиванию и, как следствие, более равномерному нагреву сырья [1]. Недостатком вращающихся печей по сравнению с шахтными является повышенное потребление топлива, запыленность отходящих газов, что требует установки пы-

леуловителей, большой расход металла на 1 т мощности, повышенные капиталовложения, значительный расход электроэнергии.

В последнее время ведется разработка других способов обжига, предназначенных для получения извести из мелкокускового и пылевидного материалов в кипящем слое и дисперсном газовом потоке [2]. Представляется перспективным использование для обжига карбонатсодержащих материалов каскадных печей [3]. Обжиг сырья мелких фракций при правильной организации процесса позволяет добиться более полного завершения процессов теплообмена, чем в шахтных печах, и тем самым обеспечить более высокую энергоэффективность производства. Высокая равномерность полей температуры и концентрации газов в дисперсном потоке обеспечивает высокую однородность технических свойств получаемой продукции. Технологическая и экологическая целесообразность связана с наличием большого количества скопившихся в отвалах известняковых карьеров мелких фракций известняка и возможностью исключить экологически вредный и энергоемкий этап помола извести, заменив его при необходимости помолом известняка.

Первая каскадная печь производительностью 500 т/сут построена в 2004 г. на Уральском алюминиевом заводе в г. Каменск-Уральском Свердловской области как опытно-промышленная установка. Технологическое назначение печи — кальцинация (дегидратация гидрата) глинозема. Научные и технологические решения, заложенные в конструкцию печи, позволили получать в промышленных объемах глинозем с техническими свойствами (содержание корунда 3–6%), ранее недоступными для отечественной промышленности; при этом в 1,5 раза снизился удельный расход топлива по

сравнению с вращающимися печами, работающими на том же сырье. Первоначально достигнутый уровень удельного расхода топлива 96–98 кг усл. топлива [3] в процессе освоения достиг 95 кг усл. топлива на т глинозема, что существенно ниже, чем в зарубежных циклонных печах аналогичного технологического назначения. Более чем десятилетний опыт эксплуатации печи полностью подтвердил правильность заложенных в конструкцию решений.

Теоретической предпосылкой использования каскадных печей для тепловой обработки технологических материалов, сопровождающейся ступенчатым протеканием физико-химических превращений, является наличие определенного порога температуры, соответствующего началу протекания процесса. В случае равновесного изобарного процесса этот температурный уровень определяется условием: $\Delta G_{p,T}=0$, причем реакция возможна только в сторону уменьшения величины энергии Гиббса реакции образования. Вторым необходимым условием является обеспечение необходимой скорости протекания физико-химического процесса. Большинство реакций дегидратации и декарбонизации в печах для обработки сыпучих материалов протекает на поверхности раздела фаз. В соответствии с принципом Ле Шателье гетерогенное химическое равновесие, как и гомогенное, смещается под действием температуры и концентрации (парциального давления) в сторону, противоположную направлению внешнего воздействия. Из двух факторов (температура и давление) для интенсификации эндотермических процессов обратимых реакций декарбонизации и дегидратации предпочтение, очевидно, должно быть отдано второму, так как повышение температурного уровня процесса нежелательно по технологическим соображениям, поскольку приводит к ухудшению технических свойств получаемого продукта (в приведенных примерах: к нежелательному увеличению содержания α -фазы глинозема; снижению скорости гашения, вплоть до получения «мертвообожженной» извести) и неизбежно связано с увеличением тепловых потерь и созданием условий для образования оксидов азота. Влияние общего давления в системе также подчиняется принципу Ле Шателье, в связи с чем для реакций дегидратации и декарбонизации снижение общего давления способствует сдвигу равновесия в сторону прямой реакции. Удельная величина поверхности раздела фаз возрастает с уменьшением размера частиц материала, что также способствует интенсификации процесса.

Тепловой расчет агрегата основывается на решении системы нелинейных (с учетом зависимости теплоемкости от температуры) алгебраических уравнений сопряженных тепловых балансов. Мощности источников и стоков тепла определяются тепловыми эффектами превращений, протекающих в твердой и газообразной фазах на расчетной ступени теплообмена. Поскольку расходы и состав компонентов потока дисперсной среды определяются характером протекающих физико-химических процессов, система балансовых уравнений дополняется условиями, определяющими их полное или неполное протекание. Решение системы уравнений с использованием метода динамического программирования сводится к отысканию целевой функции, представляющей собой массив параметров, характеризующих конструкцию и тепловую работу отдельных элементов и агрегата в целом, причем в ходе решения проводится оптимизация конструкции и теплового режима.

Использование математической модели позволило для циклонной каскадной печи кальцинации глинозема разработать алгоритмы управления печью не только в штатных режимах, включая режимы пуска и остановки, но и при возникновении нештатных и аварийных ситуа-

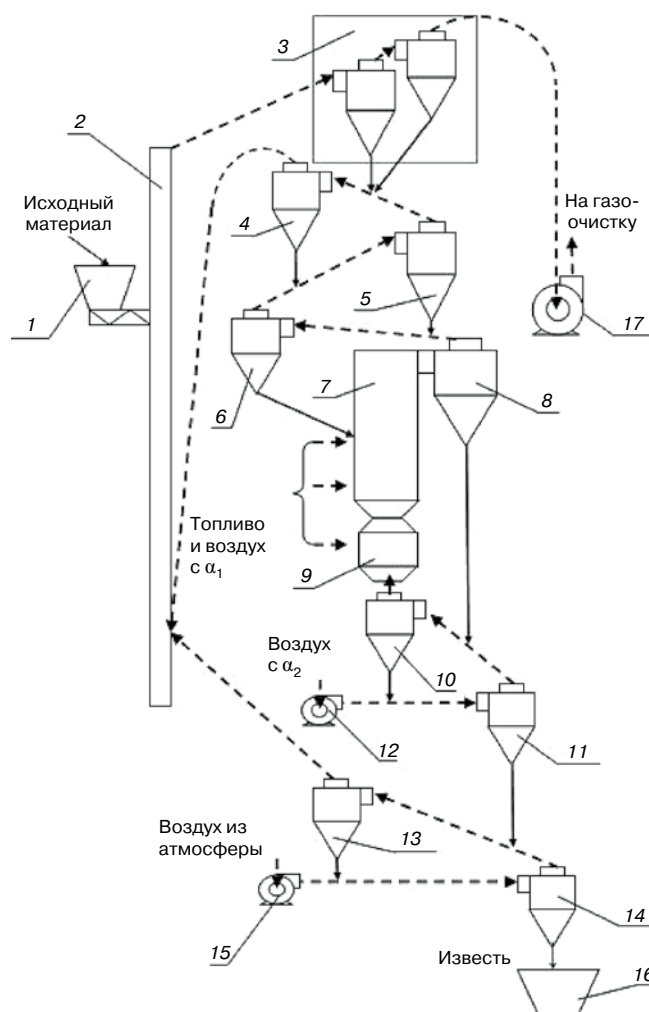


Рис. 1. Теплотехнологическая схема циклонной каскадной печи производства тонкодисперсной извести: 1 – питатель; 2 – труба-сушило; 3 – мультициклон; 4, 5, 6 – циклоны-подогреватели 1-й, 2-й и 3-й ступеней; 7 – кальцинатор; 8 – циклон-осадитель кальцинатора; 9 – форкамера; 10, 11 – циклоны-охладители 1-й и 2-й ступеней холодильника; 12 – вентилятор холодильника; 13, 14 – циклоны-охладители 1-й и 2-й ступеней доохладителя; 15 – вентилятор доохладителя; 16 – приемный бункер извести; 17 – дымосос

ций, что позволило максимально сократить продолжительность периода пуска-наладки и освоения печи обслуживающим персоналом.

Ниже приводятся некоторые предварительные результаты математического моделирования тепловой работы циклонных каскадных печей обжига карбонатного сырья и рециклинга извести. Топология рабочего пространства печи определяется в ходе математического моделирования и зависит от состава сырья и его влажности.

Теплотехнологическая схема циклонной каскадной печи обжига карбонатного сырья заданного состава (98% CaCO_3 на сухую массу) представлена на рис. 1. При влажности сырья $W=7\%$ расчетный удельный расход теплоты составил $q_M=4771,3$ кДж/кг; удельный расход топлива $b_{y.t.}=0,1628$ кг усл. топлива/кг извести с расчетной величиной активности 100%. В пересчете на известь с активностью 85%, характерной для наиболее экономичных шахтных печей, удельный расход теплоты составит $q_M=4055,6$ кДж/кг, удельный расход топлива $b_{y.t.}=0,1384$ кг усл. топлива/кг. Удельный расход воздуха на охлаждение извести от температуры обжига $t_M^{\max}=895^\circ\text{C}$ до температуры выгружаемой в бункер извести $t_M^{\text{кон}}=60^\circ\text{C}$ составил $d_o=2,38$ кг/кг, в том числе 1,325 кг/кг в холодильнике и 1,059 кг/кг в доохладителе.

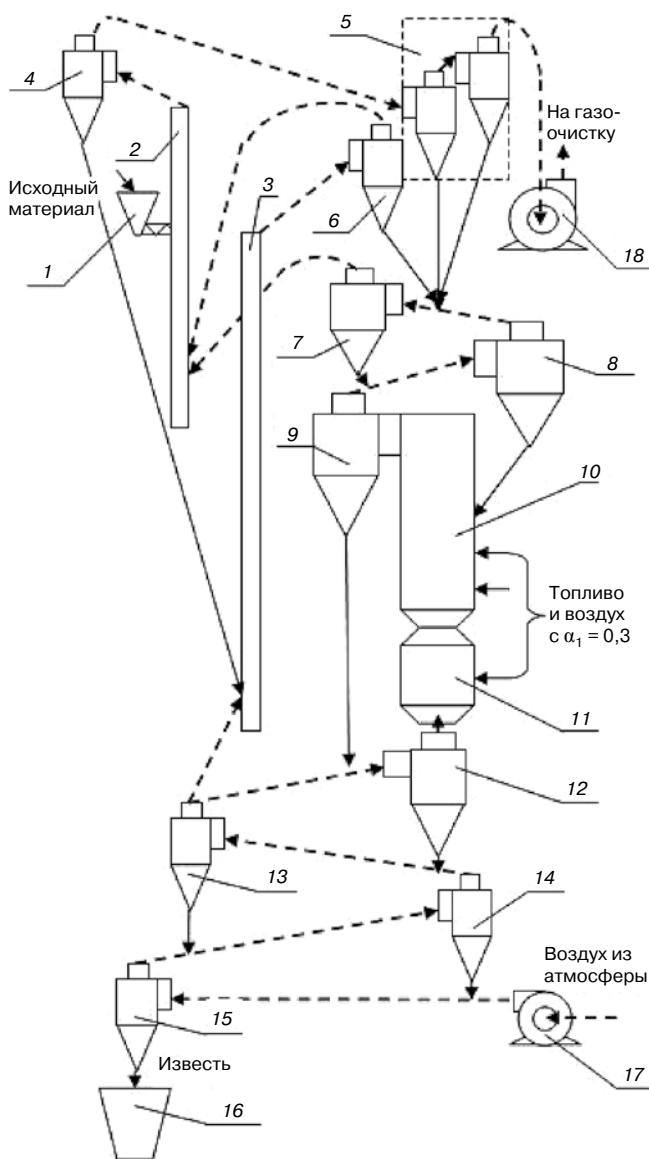


Рис. 2. Теплотехнологическая схема циклонной каскадной печи рециклинга извести: 1 – питатель; 2 – труба-сушило 1-й ступени; 3 – труба-сушило 2-й ступени; 4 – циклон-осадитель 1-й ступени сушки; 5 – мультициклон; 6 – циклон-осадитель 2-й ступени сушки; 7, 8 – циклоны-подогреватели 1-й и 2-й ступеней; 9 – циклон-осадитель кальцинатора; 10 – кальцинатор; 11 – форкамера; 12, 13, 14, 15 – циклоны-охладители 1-й, 2-й, 3-й и 4-й ступеней холодильника; 16 – бункер извести; 17 – вентилятор; 18 – дымосос

При более низкой начальной влажности сырья ($W=2\%$) расчетный удельный расход теплоты составил $q_M=4760,2$ кДж/кг извести с активностью 100%, или $q_M=4046,2$ кДж/кг извести в пересчете на известь с активностью 85%. Удельный расход топлива $b_{y.t.}=0,1625$ кг усл. топлива/кг извести с активностью 100%, или $0,1381$ кг усл. топлива/кг в пересчете на известь с активностью 85%. Таким образом, снижение удельных затрат тепла при уменьшении начальной влажности с 7 до 2% составило около 2,3%. Расчетный удельный расход воздуха на охлаждение извести от температуры обжига $t_M^{\max}=895^\circ\text{C}$ до температуры выгружаемой в бункер извести $t_M^{\text{кон}}=60^\circ\text{C}$ составил $d_g=2,3834$ кг/кг, в том числе $1,322$ кг/кг в холодильнике и $1,062$ кг/кг в доохладителе. Незначительное изменение удельных расходов воздуха при неизменном перепаде температуры обожженной извести является следствием некоторого перераспределения расходов воздуха между холо-

дильником и доохладителем технологического материала, связанным с соответствующим изменением расхода топлива при переходе на более низкую исходную влажность сырья.

Сопоставление тепловых балансов показало, что эффект, достигаемый снижением затрат на испарение влаги при переходе на более низкую исходную влажность сырья, существенно нивелируется возросшими потерями из-за увеличивающейся при этом температуры отходящих дымовых и технологических газов. Снижение начальной влажности мела с 7 до 2% для рассматриваемой теплотехнологической схемы приводит к возрастанию расчетной температуры отходящих дымовых и технологических газов от 226 до 292°C .

На рис. 2 представлена наиболее рациональная теплотехнологическая схема циклонной каскадной печи технологического процесса рециклинга извести, полученная в результате математического моделирования. Проблема переработки карбонатных отходов актуальна для технологии производства глинозема по методу Байера, в производстве целлюлозы и для ряда других технологических процессов, в которых образуются карбонатсодержащие отходы. Принятый в расчетной модели химический состав исходного сырья характеризуется следующими данными: CaCO_3 89–90%, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10%, небольшое количество Na_2O (менее 1%).

При исходной влажности $W=15\%$ и температуре выгружаемого продукта 60°C расчетный удельный расход теплоты составил $q_M=4314$ кДж/кг, удельный расход условного топлива $b_{y.t.}=0,147$ кг усл. топлива/кг CaO с активностью 100%, или $0,125$ кг усл. топлива/кг CaO в пересчете на активность 85%. Коэффициент расхода воздуха в кальцинаторе $\alpha_\Sigma=1,1$; коэффициент расхода воздуха на дымососе $\alpha_{\text{общ}}=1,263$. Охлаждение извести от 896 до 60°C в четырехступенчатом противоточном холодильнике с отводом избыточного воздуха ($\alpha_{\text{общ}} - \alpha_\Sigma$) на сушку достигается при удельном расходе атмосферного воздуха на охлаждение $b_B=1,119$ кг/кг извести.

При более высокой исходной влажности шлама ($W=20\%$) технологически оправданное повышение избытка воздуха при рециклинге извести возможно благодаря наличию условий для утилизации тепла дымовых и технологических газов в подогревателе, где протекает реакция дегидратации. Снижение с ростом избытка воздуха в кальцинаторе парциального давления диоксида углерода от $P_{\text{CO}_2}=0,0263$ МПа при $\alpha_\Sigma=1,1$ до $P_{\text{CO}_2}=0,0231$ МПа при $\alpha_\Sigma=1,3$ способствует сдвигу равновесия реакции декарбонизации вправо и, как следствие, повышению выхода активной извести при одинаковой температуре процесса. Повышенный избыток воздуха способствует также полноте процесса дегидратации в подогревателе. При увеличении коэффициента расхода воздуха от $\alpha_\Sigma=1,1$ до $\alpha_\Sigma=1,3$ в рассматриваемых условиях парциальное давление водяного пара ($P_{\text{H}_2\text{O}}$) снижается с $0,0174$ до $0,0156$ МПа. Увеличение избытка воздуха также благоприятно сказывается на условиях сушки исходного сырья в трубе-сушиле, так как снижение относительной влажности и рост температуры сушильного агента способствуют снижению равновесной влажности материала на выходе из сушила.

Увеличение начальной влажности сырья с 15 до 20% при неизменной температуре в кальцинаторе и температуре охлажденного продукта приводит к увеличению затрат теплоты и топлива на 6,5%. Расчетный удельный расход теплоты для теплового режима с начальной влажностью шлама 20% при коэффициенте расхода воздуха в кальцинаторе и подогревателе $\alpha_\Sigma=1,3$ составил $q_M=4650,9$ кДж/кг извести; удельный расход топлива $b_{y.t.}=0,159$ кг усл. топлива/кг извести с активностью 100%, или $b_{y.t.}=0,135$ кг усл. топлива/кг в

пересчете на активность извести 85%. Коэффициент расхода воздуха на дымососе $\alpha_{\text{общ}}=1,399$. Охлаждение извести от 896 до 40°C в четырехступенчатом противоточном холодильнике с отводом избыточного воздуха ($\alpha_{\text{общ}} - \alpha_2$) на сушку достигается при удельном расходе атмосферного воздуха на охлаждение $b_b=1,522$ кг/кг извести.

Увеличение избытка воздуха от $\alpha_2=1,3$ до $\alpha_2=1,4$, технологически оправданное улучшением условий процессов декарбонизации, дегидратации и удаления свободной влаги, связано с некоторым ухудшением тепловой экономичности: удельный расход теплоты и топлива для теплового режима с начальной влажностью шлама 20% при коэффициенте расхода воздуха в кальцинаторе и подогревателе $\alpha_2=1,4$ увеличивается на 4,6% до $q_m=4862,8$ кДж/кг извести; удельный расход топлива до $b_{y.t.}=0,166$ кг усл. топлива/кг извести, или 0,141 кг усл. топлива/кг в пересчете на активность извести 85%. Коэффициент расхода воздуха на дымососе увеличивается до $\alpha_{\text{общ}}=1,461$. Охлаждение извести от 896 до 34°C в четырехступенчатом проти-

воточном холодильнике с отводом избыточного воздуха ($\alpha_{\text{общ}} - \alpha_2$) на сушку достигается при удельном расходе атмосферного воздуха на охлаждение $b_b=1,522$ кг/кг извести.

Результаты математического моделирования, а также более чем десятилетний отечественный опыт промышленного использования в технологии глинозема указывают на перспективность применения циклонных каскадных печей для обжига карбонатного сырья мелких фракций и переработки карбонатсодержащих отходов других производств. Рациональная топология рабочего пространства каскадной печи определяется характером протекающих физико-химических процессов, зависит от состава и влажности сырья. Тепловая работа каскадных циклонных печей обжига карбонатсодержащих материалов характеризуется высокой температурой отходящих газов, особенно при низкой влажности сырья; их энтальпия не может быть эффективно использована в технологическом процессе обжига, поэтому печи этого типа должны оборудоваться котлами-утилизаторами.

Список литературы

1. Монастырев А.В., Галиахметов Р.Ф. Печи для производства извести. Воронеж: Истоки, 2010. 392 с.
2. Монастырев А.В. Состояние и перспективы применения циклонных печей для производства кальциевой и магнезиальной (доломитовой) извести // *ALITINFORM*. 2010. № 6. С. 33–46.
3. Фетисов Б.А. Каскадные печи. *Творческое наследие Б.И. Китаева. Труды Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009. С. 480–485.

References

1. Monastayrev A.V., Galiakhmetov R.F. *Pechi dlya proizvodstva izvesti [Kilns for production of lime]*. Voronezh: Istoki. 2010. 392 p.
2. Monastayrev A.V. State and prospects of use of cyclonic kilns for production of calcic and magnesian (dolomitic) lime. *ALITINFORM*. 2010. No. 6, pp. 33–46. (In Russian).
3. Fetisov B.A. *Cascade kilns. B.I. Kitayev's creative heritage. Works of the International scientific and practical conference*. Ekaterinburg: UGTU–UPI. 2009, pp. 480–485. (In Russian).



Российские сушилки кипящего слоя «Активатор»

- * Малые габариты, промышленная производительность (от 1 до 10 т/час)
- * Контролируемая температура материала при сушке
- * Контроль времени пребывания материала в зоне сушки
- * Интенсивный влагосъем до 2 т влаги с 1 м² решетки
- * Использование любого топлива (газ, мазут, соляра, уголь)
- * Удаление пыли во время сушки
- * Совмещение сушки и охлаждения
- * Электронный контроль сушки



www.activator.ru

Машиностроительный Завод «Активатор»
Новосибирская обл., р.п. Дорогино,
630056, Новосибирск 56, а/я 141
Факс: +7 (38345) 710-61
Тел.: +7 913 942 94 81
e-mail: belyaev@activator.ru

Реклама

УДК 66.041.44:691.51

А.Н. МАМАЕВ, технический директор (lsp48@mail.ru), О.В. БОЙКО, генеральный директор
ОАО «Липецкстальпроект» (398059, г. Липецк, ул. Калинина, 1)

Модернизация шахтных пересыпных печей обжига известняка

Рассматривается модернизация шахтной пересыпной печи обжига известняка на основе современных методов обжига известняка и конструкций печи. Шахтные пересыпные печи обжига известняка, построенные в XX веке, имеют много недостатков, в области футеровки, газоплотности, дозирования, газоочистки, автоматизации. Указанные недостатки удалось преодолеть путем изменения конструкции печи, применением современных материалов и автоматизации. Приложен чертеж печи.

Ключевые слова: обжиг известняка, шахтные пересыпные печи, получение извести.

A.N. MAMAEV, Technical Director (lsp48@mail.ru), O.V. BOYKO, General Director
OAO «Lipetskstalproekt» (1, Kalinina Street, 398059, Lipetsk, Russian Federation)

Modernization of Shaft Mixed Feed Kilns for Limestone Burning

Modernization of a shaft mixed feed kiln for limestone burning on the basis of modern methods of limestone burning and kiln designs is considered. Shaft mixed feed kilns for limestone burning built in the XX century have a lot of shortcomings in the field of lining, gas tightness, dozing, gas purification, and automation. These shortcomings have been overcome by modifying the design of the kiln, the use of modern materials and automation. The kiln drawing is attached.

Keywords: limestone burning, shaft mixed feed kilns, lime producing.

Более 75% общего производства извести в РФ приходится на шахтные печи. Широкое распространение шахтных печей обусловлено простотой их конструкции и эксплуатации, относительно низкими капитальными затратами на строительство, высокой тепловой эффективностью.

В пересыпных печах, работающих на твердом кусковом топливе в пересыпку с известняком, производится более 30% всей выпускаемой в РФ и странах СНГ извести. В пересыпной печи образуется минимальный объем газообразных продуктов обжига на единицу продукции, благодаря чему концентрация CO_2 в сухих отходящих газах достигает 40–42% (по объему) и его утилизация становится экономически целесообразной.

На предприятиях по производству кальцинированной соды и сахара, использующих содержащуюся в печных газах углекислоту, отходящие газы очищают от механических примесей, охлаждают и при помощи компрессоров транспортируют в технологические цеха. Поэтому в содовой и сахарной промышленности эксплуатируются только шахтные пересыпные печи.

Известь, производимая в шахтных пересыпных печах, в силу различного уровня технологического обслуживания оборудования и технологической дисциплины, а также уровня установленного оборудования имеет разное качество, но, как правило, относится по содержанию активных оксидов $\text{CaO}+\text{MgO}$ ко II и III сортам негашеной кальциевой комовой извести, а с учетом непогасившихся зерен известь относится преимущественно к III сорту по ГОСТ 9179–77.

Причины невысокого качества извести широко известны:

- использование для обжига некачественного сырья: карбонатных пород с содержанием глинистых примесей более 3%, нерационального гранулометрического состава, при котором разброс размеров кусков обжигаемой в шахтной печи фракции составляет I : (3–8) вместо I : (2–2,5), со значительными колебаниями химического состава карбонатов кальция и магния;
- использование при обжиге в шахтных печах пересыпным способом некондиционного твердого то-

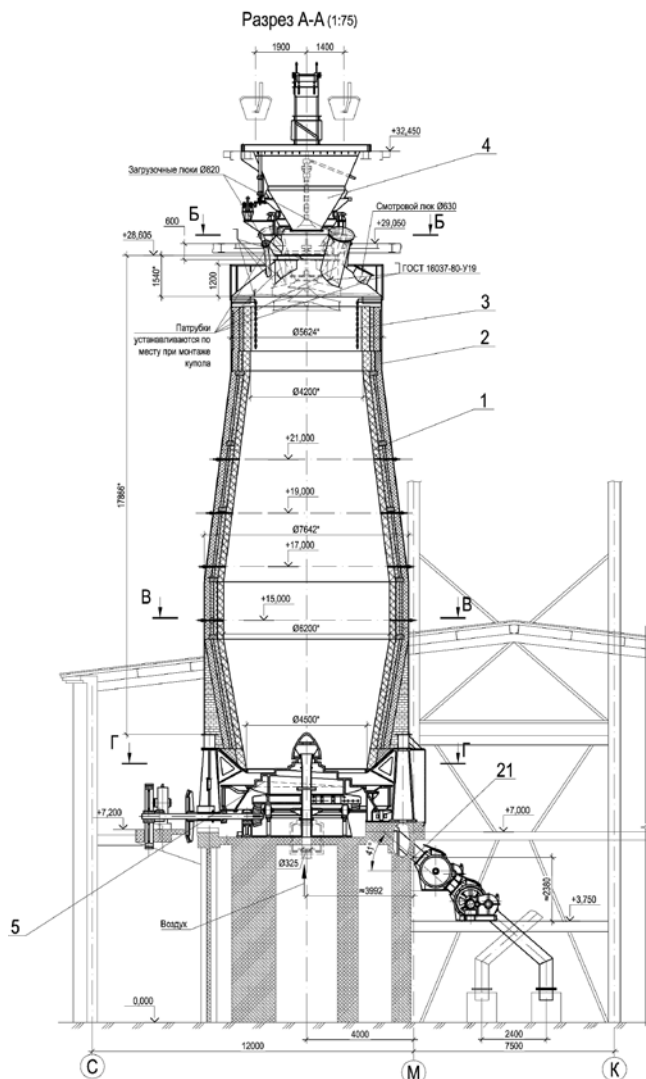
плива: каменных углей марок АС, АРШ, АШ, ГР, Ж с зольностью более 12%, высоким содержанием влаги и летучих веществ;

- отсутствие на большинстве шахтных печей весовой дозировки топлива и сырья, что сопровождается одновременно перерасходом топлива и затрудняет подбор оптимального режима обжига;
- использование для футеровки шахтных печей низкокачественных огнеупоров, а также шамотного кирпича общего назначения, что приводит к частым остановкам печей на ремонт из-за прогара футеровки. Применение огнеупорного кирпича низкого качества не позволяет также поддерживать в зоне обжига печи температуру 1150–1250°C, необходимую для получения извести I и II сорта.
- низкий уровень автоматизации производства извести в печных агрегатах: отсутствие автоматических приборов для определения в печных газах содержания CO , CO_2 и O_2 , а также качества загружаемого в печь сырья и выгружаемой из печи извести; отсутствие на большинстве печных агрегатов автоматических систем, стабилизирующих загрузку шихты в печь и режим обжига печи.

Проанализировав указанные причины, специалисты ОАО «Липецкстальпроект» разработали документацию на модернизацию шахтной пересыпной печи обжига известняка производительностью 215 т/сут по извести (см. рисунок), а также модернизировали конструкцию и технологию обжига. Высота шахты печи составляет 18 м, внутренний диаметр 6,2 м. Печь смонтирована на фундаменте высотой 6 м от нулевой отметки.

В верхней части печи расположено загрузочное устройство, состоящее из приемного бункера, верхнего и нижнего запорных конусов, обеспечивающих шлюзование при загрузке шихты в печь и промежуточной емкости между конусами. Равномерное распределение шихты по сечению шахты обеспечивается с помощью вращающегося спиралеобразного конуса с отбойником.

В нижней части печи для выгрузки извести расположен вращающийся под, представляющий собой массивную чугунную плиту со спиральными витками в виде улиты. Сверху под закрыт колпаком. Частота вращения



«улиты» регулируется в пределах 15–30 об/сут (частота вращения улиты определяется по частоте вращения вала электродвигателя привода улиты, число оборотов которого составляет от 0 до 1500 об/мин).

Во время эксплуатации шахта печи постоянно заполнена материалом, который непрерывно движется вниз. Сверху, при помощи загрузочного устройства, в печь загружается шихта. Загрузка шихты происходит автоматически.

В нижнюю часть печи дутьевыми вентиляторами подается воздух под улитку и под колпак, необходимый для горения топлива. Шихта, продвигаясь вниз по шахте печи, проходит три теплообменные зоны.

I зона – подогрев. Здесь происходит подсушка и нагревание шихты до температуры начала разложения карбоната кальция за счет тепла отходящих газов, движущихся навстречу из зоны обжига.

II зона – обжиг, где происходит горение топлива и разложение карбоната кальция с получением извести и диоксида углерода.

III – зона охлаждения извести и нагревание воздуха.

Для повышения качества получаемой извести необходимо загружать в печь фракционированный известняк. Для отделения мелочи перед загрузкой известняка в печь, необходимо установить виброгрохот контрольного грохочения, а также обеспечить весовое дозирование и хорошее перемешивание известняка и угля.

Технология обжига в пересыпных печах предусматривает работу под давлением, поэтому печь необходимо загерметизировать как со стороны выгрузки, так и загрузки, а также устранить все возможные зазоры и отверстия в печи.

Выгрузка готовой извести из печи должна быть постоянной, с заданной скоростью, т. е. весь столб материала в печи должен «шевелиться» и понемногу выгружаться. Такой режим работы положительно сказывается на качестве обжига и предотвращает образование настылей («козлов»).

Воздух на горение в пересыпную печь подается под давлением 5–8 кПа при помощи дутьевого вентилятора под конус, а также под систему выгрузки извести (улитку). Расход и давление воздуха регулируется.

Регулирование процесса обжига известняка ведется на основании замеров температурного режима на четырех отметках по высоте печи. На каждой отметке по четыре термомпары по диаметру. В печи под системой загрузки выполняются четыре отверстия по диаметру для отвода дымовых газов и подачи их на газоочистку. Газоочистка выполняется в составе циклон – рукавный фильтр – дымосос – сбросная труба. Дымососом с частотным преобразователем регулируется давление в шахте печи, тем самым определяя уровень зоны обжига.

Печь включает в себя шахту, футерованную в высокотемпературной зоне огнеупорными изделиями шпинелидно-периклазовыми марки ШПТ, низкотемпературных зонах – изделиями муллитокремнеземистыми марки МКРВЦ. Арматурный слой выполняется из шамотного кирпича марки ШКУ. Теплоизоляционный слой – из материала муллитокремнеземистого рулонного марки МКРР-130 и шамота-легковеса ШЛ-1,0.

В нижней части печи для придания кладке диаметра, равного диаметру зоны обжига, и обеспечения большей механической прочности после шамота-легковеса ШЛ-1,0 выкладывается слой керамического кирпича.

Футеровка шахтной печи должна обладать сроком службы не менее четырех лет и обеспечивать небольшие теплопотери в окружающую среду.

На срок службы футеровки в разных зонах печи влияют разные факторы. В зонах загрузки и подогрева футеровка работает при температуре не выше 900–950°C, химическое воздействие любого вида огнеупоров с оксидом кальция весьма незначительно и практически не сказывается на сроке службы. Основной причиной интенсивного износа футеровки в этих зонах является механическое истирание огнеупоров материалом. Соответственно основными требованиями к рабочему слою этих зон являются высокая прочность, плотность и устойчивость к истиранию. Поэтому для футеровки рабочего слоя этих зон выбраны изделия муллитокремнеземистые марки МКРВЦ. Далее зона футеруется слоем шамота ШКУ и шамота легковеса ШЛ-1,0. Для исключения разрушения футеровки во время разогрева и службы, а также сокращения теплопотерь между слоем ШЛ-1,0 и кожухом печи прокладывается слой муллитокремнеземистой ваты МКРР-130 с уплотнением ее в 1,5 раза. Для исключения растрескивания футеровки по высоте предусмотрен зазор 50–80 мм между крышкой печи и футеровкой, который забивается рулонной ватой на жидком стекле плотностью 1,32–1,35 г/см³.

В зоне обжига температура достигает 1000–1200°C, в связи с этим износ футеровки обусловлен, прежде всего, химической эрозией огнеупора в результате его взаимодействия с оксидом кальция с образованием легкоплавкого стекла. Поэтому для футеровки рабочего слоя были выбраны шпинелидно-периклазовые термостойкие огнеупоры марки ШПТ, отличающиеся

высокой химической устойчивостью при повышенной термостойкости. Износ футеровки происходит равномерно, в основном за счет истирания и незначительной химической эрозии. Стекловидные налипы и подрезы на футеровке отсутствуют. После ШПТ выкладываются слои шамота ШКУ и шамота-легковеса ШЛ-1,0. Для повышения прочности кладки и исключения расслаивания ШПТ и ШКУ по всей высоте зоны обжига предусмотрены стыковочные узлы из муллитокремнеземистых изделий марки МКРКП-45. Для сокращения тепловых потерь через футеровку между слоями ШКУ и ШЛ-1,0 предусмотрен слой муллитокремнеземистой ваты МКРР-130.

Температура в зоне охлаждения и выгрузки извести в начале зоны охлаждения не превышает 850°C, при выгрузке извести не более 450°C. Химической эрозии в этой зоне практически не наблюдается, износ огнеупоров происходит за счет истирания. Для футеровки рабочего слоя этих зон выбраны изделия муллитокремнеземистые марки МКРВЦ, следующим слоем для придания большей механической прочности и газоплотности кладки выкладывается шамот ШКУ. Кладка ведется по конусу прямыми и трапецеидальными изделиями. Конструкция футеровки обеспечивает относительно равномерный износ всех участков рабочего слоя и обеспечивает срок службы до 7 лет.

В печи предусмотрены автоматический контроль и регулирование с установкой новых датчиков и приборов Автоматический контроль:

- температуры в шахте печи по высоте (четыре уровня) по четыре термопары;
- температуры извести на выходе из печи;
- давление воздуха после вентиляторов;
- расхода воздуха, подаваемого под колпак улиты;
- температуры воздуха перед дымососом;
- уровня шихты в шахте печи;
- концентрации CO, CO₂, O₂ в дымовых газах;
- частоты вращения вала электродвигателя привода улиты;
- количества загруженных скипов, в том числе цикл загрузки шихты в печь;
- работы приводов механизмов печи и дутьевых вентиляторов.

Автоматический контроль параметров режима печи осуществляется:

- **температуры** – преобразователями термоэлектрическими ТПРТ 01.21 В, КТХК 01.06, ТХК Метран 202 и термопреобразователями сопротивления ТСМ Метран 204 ПГ «Метран» и ПК «Тесей» в комплекте с измерительными модульными преобразователями ИПМ 0399 НПП «Элемер», преобразующими сигнал от термопреобразователей сопротивления в унифицированный токовый сигнал 4–20 мА;
- **давления** – датчиками избыточного давления Метран-150СГ ПГ «Метран»;
- **расхода** – диафрагмами камерными с датчиками разности давления Метран-150СД ПГ «Метран»;
- **уровня** – радарными уровнемерами VEGAPULS PS68 фирмы Vega;

непрерывный контроль концентрации CO, CO₂, O₂ в газе после печи стационарной газоаналитической системой в комплекте с газоанализатором ГАММА-100 ФГУП «Аналитприбор».

Все приборы и средства автоматизации, принятые в проекте, выпускаются отечественной промышленностью и зарубежными фирмами; сертифицированы Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, внесены в Государственный реестр средств измерения РФ; имеют класс точности, позволяющий контролировать параметры измеряемых величин с допустимой погрешностью.

- Предусмотрены следующие системы регулирования:
- автоматическое поддержание расхода воздуха, подаваемого в печь под колпак и под систему выгрузки;
 - расход воздуха, скорость выгрузки от температуры извести на выходе из печи;
 - расход воздуха, скорость выгрузки и количество загруженных скипов (цикл загрузки шихты в печь) от температуры дымовых газов на выходе из печи;
 - количество загруженных скипов (цикл загрузки шихты в печь) от температуры дымовых газов на выходе из печи и уровня шихты в шахте печи.

Предусмотрены необходимые аварийные сигнализации и блокировки.

Управление печью производится с автоматизированного рабочего места (АРМ) с помощью АСУ ТП. Целью создания АСУ ТП печи являлось:

- создание системы дистанционного автоматизированного управления технологическим процессом с АРМ;
- обеспечение оптимальной технологии обжига известняка и получения высококачественной извести;
- оптимизация теплообмена в технологическом процессе.

Автоматизированная система управления технологическим процессом обжига известняка представляет собой распределенную многопроцессорную информационно-управляющую систему открытого типа с модульным построением аппаратных средств, имеющую стандартные интерфейсы и программное обеспечение. Предлагаемая система предназначена также для сбора, накопления и обработки информации о состоянии основных параметров печи, создания и ведения архивов баз данных по каждому параметру, с возможностью обеспечения быстрого доступа к просмотру сохраняемых величин. Данная автоматизированная система может быть использована для решения аналогичных задач на производствах требующих отслеживания в реальном масштабе времени состояния объекта и поддержания каких-либо параметров в заданных пределах.

Организация структуры АСУ ТП представляет собой двухуровневую иерархическую систему:

- «Уровень 1» выполняет функции сбора и обработки информации о технологическом процессе, слежения за режимом работы, передачи данных на «Уровень 2» и реализован с использованием программируемого контроллера;
- «Уровень 2» выполняет функции автоматизированного управления, визуализации, накопления и архивирования данных и реализован в виде автоматизированного рабочего места управления системой (АРМ) и инженерной станции на базе персональных компьютеров.

ОАО «Липецкстальпроект» выполнило проектные работы по предлагаемой технологии и конструкции для печи обжига известняка ОАО «Березниковский содовый завод». В настоящее время проведен авторский надзор за выполнением футеровки печи, производятся работы по дооборудованию печи, установке датчиков, системы управления, КИП и АСУ ТП.

ОАО «Липецкстальпроект»

<http://proekt.lipetsk.ru/>

e-mail: lsp48@mail.ru

Тел./факс: (4742) 77-54-42

УДК 666.92:621.926

А.Б. ЛИПИЛИН, генеральный директор, Н.В. КОРЕНЮГИНА (tpribor@mail.ru), главный технолог
Завод «ТЕХПРИБОР» (301246, Тульская область, г. Щекино, ул. Пирогова, 43)

Ударно-центробежные мельницы в производстве строительной извести

Известно, что молотая негашеная известь как вяжущее вещество имеет ряд преимуществ по сравнению с гашеной известью. Достижению улучшения технологических процессов производства строительных материалов и изделий, повышения качества готовой продукции способствует высокая дисперсность негашеной извести. Благоприятным критерием тонкости помола негашеной извести является отсутствие остатка на сите № 02 и небольшой остаток на сите № 008 (не более 4–6%). Проведено сравнение технико-экономических характеристик шаровой двухкамерной мельницы 1456А и ударно-центробежной мельницы «ТРИБОКИНЕТИКА», даны схемы помольных установок с шаровой и ударно-центробежной мельницами.

Ключевые слова: негашеная молотая известь, ударно-центробежная мельница, шаровая мельница, ударное измельчение, помол извести.

A.B. LIPILIN, General Director, N.V. KORENYUGINA (tpribor@mail.ru), Chief Technologist
«TECHPRIBOR» Plant (43, Pirogova Street, 301246 Shchyokino, Tula Oblast, Russian Federation)

Impact-Centrifugal Mills in Production of Building Lime

It is known that ground quicklime, as a binder, has a number of advantages in comparison with slaked lime. High dispersion of quicklime favours the improvement of technological processes of building materials and products manufacturing, improvement of the quality of finished products. Favorable criterion of grinding fineness of quicklime is the absence of residue on the sieve № 02 and a small residue on the sieve № 008 (not more than 4–6%). A comparison of the technical-economic characteristics of the ball two-chamber mill 1456A and the impact-centrifugal mill "TRIBOKINETIKA" is made; schemes of grinding plants with ball and impact-centrifugal mills are given.

Keywords: ground quicklime, impact-centrifugal mill, ball mill, impact grinding, lime grinding.

С тех пор как лауреат Сталинской премии И.В. Смирнов предложил применять для приготовления растворов и бетонов негашеную известь в тонкоизмельченном виде, а Б.В. Осин разработал основные технологические приемы ее использования, тонкоизмельченная негашеная известь как вяжущее вещество получила целый ряд преимуществ перед известью гашеной. Например, молотая негашеная известь имеет более низкую водопотребность, чем гашеная, поэтому требуемую удобоукладываемость смеси на негашеной извести можно получить при меньшем расходе воды. Снижение водопотребности растворов и бетонных смесей способствует увеличению их прочности при твердении. Кроме того, негашеная известь, гидратируясь в уже уложенных растворах и бетонах, связывает большее количество воды, переходящей в твердую фазу, что способствует получению растворов, бетонов повышенной плотности и прочности по сравнению с полученными на гашеной извести.

При гидратном твердении молотой негашеной извести выделяется значительное количество теплоты, поэтому изделия на такой извести при температуре ниже нуля твердеют более плавно и имеют лучшие показатели прочности, так как окружающие условия способствуют быстрому отводу теплоты и уменьшению термических напряжений.

Улучшению технологических процессов производства строительных материалов и изделий, повышению качества готовой продукции способствует высокая дисперсность негашеной извести. Благоприятным критерием тонкости помола негашеной извести является отсутствие остатка на сите № 02 и небольшой остаток на сите № 008 (не более 4–6%).

Обычно для помола комовой извести применяют шаровые мельницы, реализующие способ измельчения ударом и преимущественно истиранием. Однако порошки, полученные с использованием шаровых мельниц, характеризуются очень нестабильным гранулометрическим составом. Даже высококачественная

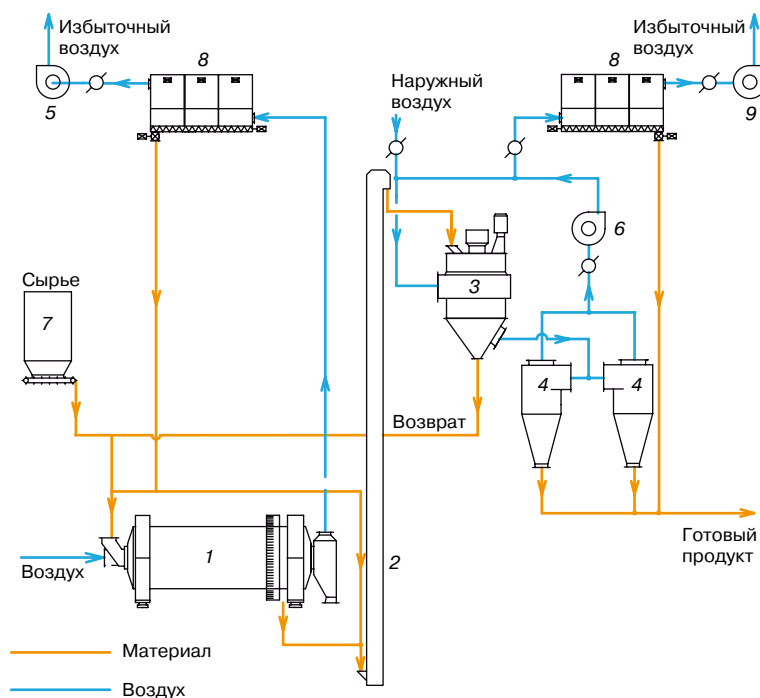


Рис. 1. Схема помольной установки с шаровой мельницей: 1 – шаровая мельница 1456А (электродвигатель основного привода 132 кВт); 2 – элеватор; 3 – воздушный сепаратор; 4 – циклон-разгрузитель; 5 – вентилятор мельницы; 6 – вентилятор сепаратора; 7 – бункер исходного сырья; 8 – фильтр; 9 – вентилятор фильтра

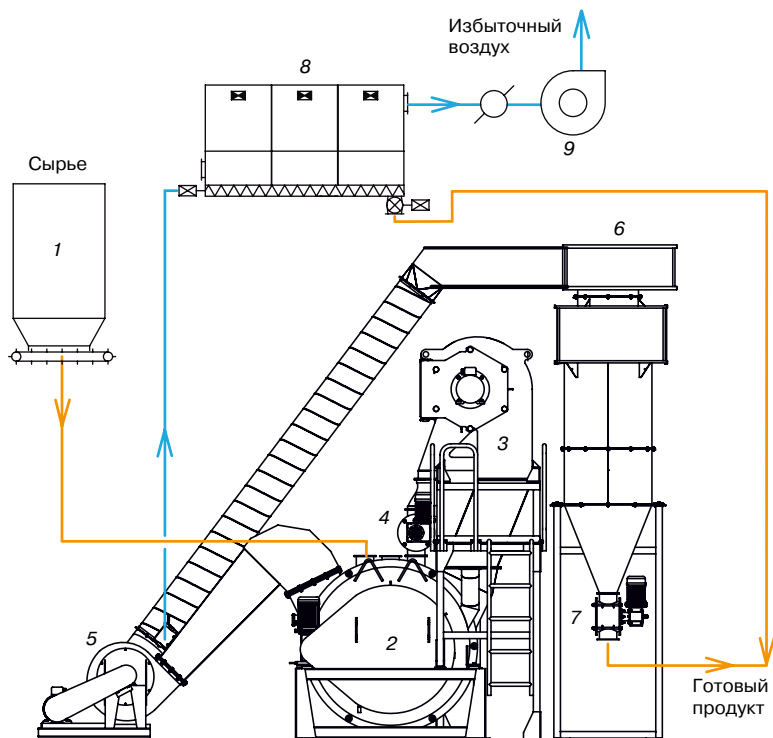


Рис. 2. Схема помольной установки с ударно-центробежной мельницей: 1 – бункер исходного сырья; 2 – ударно-центробежная мельница (электродвигатель основного привода 30 кВт); 3 – воздушный сепаратор; 4 – шлюзовой затвор сепаратора; 5 – вентилятор мельницы; 6 – циклон-разгрузитель; 7 – шлюзовой затвор циклона; 8 – фильтр; 9 – вентилятор фильтра



Рис. 3. Ударно-центробежная мельница «ТрибокINETИКА» на ЗАО «ККСМ», 2010 г. ввода в эксплуатацию

молотая негашеная известь с удельной поверхностью в 3000–5000 см²/г обычно имеет остаток на сите № 008 около 15–20%. При затворении водой эти частицы превращаются в 10–15% непогасившегося остатка или инертный балласт. Таким образом, при широко используемом способе помола как минимум 10% высококачественной молотой негашеной извести не используется по своему прямому назначению и попросту теряется. Для того чтобы только приблизиться к 50% содержанию в порошке частиц оптимальных размеров, шаровой мельнице необходимо дополнительно измельчить 30% материала, только тогда содержание крупных зерен не превысит 20%. Но если энергозатраты мельниц на получение частиц размерами -80 мкм обычно не превышает 20–30 кВт на тонну продукта, дополнительное измельчение до размеров в 10 мкм требует уже 150–200 кВт энергии. Увеличению энергозатрат при помоле в шаровых мельницах также способствует склонность частиц извести к агрегации.

Ударное измельчение не имеет подобных недостатков. Свободный удар на скоростях >50 м/с обеспечивает наивысший выход частиц требуемого размера — до 90% с минимальным остатком на сите № 008. Это значит, что мельницы ударного типа в принципе более эффективны для помола такого материала, как негашеная известь.

В качестве примера проведем сравнение технико-экономических характеристик шаровой двухкамерной мельницы 1456А и ударно-центробежной мельницы «ТрибокINETИКА».

Крупность питания шаровой мельницы составляет 30 мм, значит, комовая известь проходит предварительное дробление. Корпус мельницы, в которую загружено 11 т мелющих тел, приводится во вращение

двигателем мощностью 132 кВт. Общая масса агрегата составляет 38,5 т. Помольную установку, включающую помимо самой мельницы эксгаустер с циклонами и вентилятором обслуживают четыре человека.

Производительность шаровой двухкамерной мельницы 1456А при получении порошка негашеной извести с остатком на сите № 008 15–20% составляет 4 т/ч (рис. 1). Соответственно расход энергии только на помол 1 т материала без учета работы вентилятора эксгаустера (дополнительно 7,5 кВт на каждую тонну продукта) превышает 32 кВт.

Установленная мощность ударно-центробежной мельницы «ТрибокINETИКА» составляет 63 кВт. Данный агрегат является модулем высокого уровня готовности. На общей раме помимо самой динамической мельницы также установлен воздушный классификатор, циклон со шлюзовым затвором выдачи продукта помола, вентилятор, полный комплект воздуховодов, система аспирации. Крупность питания мельницы «ТрибокINETИКА» — куски размерами до 50 мм включительно.

Производительность мельницы по получению порошка негашеной извести с остатком на сите № 008 менее 2% составляет 3,2 т/ч. Расход энергии, включающий также и периферийное оборудование (вентилятор, шлюзовые затворы), не превышает 22 кВт, что в 1,5 раза меньше энергозатрат шаровой мельницы. Полная масса ударно-центробежной мельницы «ТрибокINETИКА» составляет 3,5 т, агрегат работает в автоматическом режиме, для его эксплуатации и обслуживания требуются два работника (рис. 2).

В процессе работы мельницы исходный материал непрерывным потоком подается в центр ротора-ускорителя, разгоняется и выбрасывается в простран-

ство помольной камеры. Частицы материала разрушаются при ударе об отражательные плиты статора и воздушным потоком выносятся из помольной камеры в корпус воздушного классификатора, где частицы, достигшие требуемых размеров, поступают в циклон и выводятся из агрегата через шлюзовую затвор. Принцип измельчения материала свободным ударом, реализуемый в ударно-центробежной мельнице «ТРИБОКИНЕТИКА», позволяет исключить из процесса шары, цильпесы и др., а мелющими телами выступают крупные зерна извести, которые разбивают собой более мелкие, т. е. обрабатываемый материал измельчает сам себя.

Принцип получения молотой негашеной извести свободным ударом не является чем-то новым. Существует большая номенклатура динамических измельчителей, способных перерабатывать данный материал. Но известные образцы аэробильных, струйных, стержневых и прочих мельниц ударного действия хотя и отличаются сравнительно низким энергорасходом, по показателям надежности серьезно проигрывают шаровым мельницам.

В настоящее время развитие техники ударного измельчения сдерживают два основных противоречия: необходимость увеличения скорости удара, с одной стороны, и снижение ресурса рабочих органов — с другой.

Модель самоизмельчения хрупких материалов, реализуемая в ударно-центробежной мельнице «ТРИБОКИНЕТИКА», позволяет разрешить эти противоречия наиболее рациональным образом. Все узлы и детали мельницы, взаимодействующие с частицами извести, ими же и защищаются от износа. В частности, конструкция ротора-ускорителя мельницы «ТРИБОКИНЕТИКА» предусматривает футеровку разгонных лопастей самим измельчаемым материалом. После образования «подкладочного» слоя частицы извести движутся по каналам ротора-ускорителя, практически не соприкасаясь с разгонными лопастями и соответственно не вызывая их износ, ведь назначение ротора-ускорителя — это разгон частиц, а не удар по ним. Поэтому лопасти ротора расположены не перпендикулярно движению потока материала, а практически параллельно ему. Такое техническое решение позволяет не только эффективно измельчать негашеную известь, получая продукт более высокого качества с меньшим расходом энергии, но и делать это с минимальными затратами на обслуживание помольного агрегата.

Хотя влияние типа помольного агрегата на качество получаемой извести известно давно, такая прекрасная возможность серьезного улучшения полезных свойств продукта на фоне снижения его себестоимости в настоящее время используется очень слабо. Вместе с тем именно тонкий помол является одной из самых дорогих операций в многотоннажном производстве. Учитывая объемы производства, даже относительно небольшое повышение эффективности работы измельчительного агрегата может дать значительный экономический эффект.

По словам директора ЗАО «Копанищенский комбинат строительных материалов» В.С. Афанасова, мельница «ТРИБОКИНЕТИКА» позволяет перерабатывать известь более качественно и отправлять потребителям не сырье, а готовый продукт. Помол извести доводится до 80 мкм. Известь такого отменного качества поставляется на «Лискигазосиликат». Благодаря мельнице себестоимость тонны продукции становится в два раза меньше при меньших затратах электроэнергии, угля и рабочей силы (Источник: Газета «Коммуна», № 92, 21.06.11 г.) (рис. 3).

Есть Такая Система



Группа компаний
«Единая Торговая Система»

20 ЛЕТ НА РЫНКЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

WWW.UTSRUS.COM

УДК 631.821.1

А.В. АРТАМОНОВ, канд. техн. наук (aav@uralomega.ru), М.С. ГАРКАВИ, д-р техн. наук,
Е.В. КОЛОДЕЖНАЯ, канд. техн. наук

ЗАО «Урал-Омега» (455037, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр-т Ленина, 89, стр. 7)

Свойства извести центробежно-ударного измельчения

Разработана технология получения технологической (флюидизированной) извести для десульфурации чугуна перед конвертерной плавкой. Нанесение при помоле извести специально разработанного жидкого гидрофобизатора по методу молекулярного наслаивания обеспечивает получение готового продукта с высокой текучестью и гидрофобностью.

Ключевые слова: негашеная известь, центробежно-ударная мельница, флюидизированная известь, гидрофобизатор.

A.V. ARTAMONOV, Candidate of Sciences (Engineering) (aav@uralomega.ru), M.S. GARKAVI, Doctor of Sciences (Engineering),
E.V. KOLODEZHNYAYA, Candidate of Sciences (Engineering)
ZAO "Ural-Omega" (89, Structure 7, Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455037, Chelyabinsk Oblast, Russian Federation)

Properties of Lime of Centrifugal-Impact Grinding

The technology of production of technological (fluidized) lime for desulphuration of cast iron before converter melting has been developed. Putting a specially developed liquid hydrophobisator according to the method of molecular layering in the course of lime grinding ensures the production of a ready-made product with high fluidity and hydrophobicity.

Keywords: quicklime, centrifugal-impact mill, fluidized lime, hydrophobisator.

Применение центробежно-ударных мельниц позволяет получать молотую негашеную известь заданной тонкости помола, не склонную к агрегации и с частицами изометричной формы.

В последнее время предприятия стройиндустрии наряду с комовой стали увеличивать производство и других видов извести, в том числе молотой негашеной. Эта известь пользуется стабильным спросом, что обусловлено широкой областью ее применения. Наиболее крупными потребителями данной продукции являются черная металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность, химическая промышленность, сельское хозяйство, сахарная промышленность. Также в значительных количествах известь используется для охраны окружающей среды (нейтрализация сточных вод и дымовых газов). При этом возрастают и требования к качеству готовой продукции.

Помимо химического состава основным показателем, характеризующим качество негашеной извести, является тонкость помола. При этом особое значение имеет зерновой состав измельченного материала и его однородность. Молотая негашеная известь, полученная с применением традиционных мельниц (шаровых, валковых, вибрационных и др.), имеет неоднородный гранулометрический состав, что отражается на ее строительно-технических свойствах. Неизометричная форма частиц молотой извести, полученной в указанных измельчителях, предопределяет их склонность к образованию агрегатов, что также негативно отражается на свойствах как самой извести, так и изделий на ее основе.



Рис. 1. Измельчительный комплекс КИ для изготовления молотой негашеной извести

Подобных недостатков лишены продукты ударного измельчения, для которых характерен узкий зерновой состав и кубовидная форма частиц. Реализация ударного измельчения в наилучшей степени обеспечивается при использовании центробежно-ударных мельниц в составе измельчительных комплексов КИ (рис. 1).

Измельчение в центробежно-ударных мельницах основано на механическом разгоне твердых частиц и осуществляется путем высокоскоростного свободного удара частиц о неподвижную преграду, а также возможного взаимного соударения частиц (рис. 2).

За счет изменения скорости и направления движения воздушных потоков в зоне измельчения и класси-

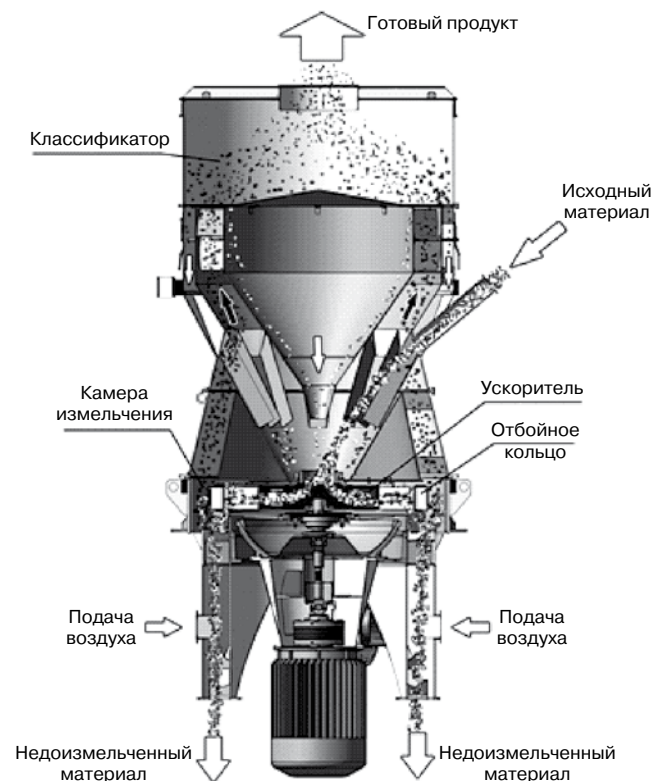


Рис. 2. Схема измельчения материала в центробежно-ударной мельнице

Таблица 1

Зерновой состав молотой негашеной извести

Производитель	Остаток на сите с ячейкой, мм, %		
	0,2	0,008	дно
ООО «Инвест-силикат-стройсервис»	0,4	3,2	96,4
ООО «Комбинат стеновых материалов Кубани»	–	2,4	97,6
ЗАО «Известь Сысерти»	–	5,1	94,9

Таблица 2

Технические характеристики негашеной извести

Наименование показателя	Значение показателя для извести		Требования ГОСТ 9179
	молотая	комовая	
Суммарное содержание активных CaO+MgO, %	91,7	91,3	Не менее 90 (для 1-го сорта)
Содержание непогасившихся зерен, %	–	3,1	Не более 7 (для 1-го сорта)
Скорость гашения извести, мин	2,1	5,4	Не более 8 (для быстрогасящейся)
Температура гашения, °C	95	91	Более 70 (для высокоэкзотермичной)

фикаторе можно в достаточно широких пределах регулировать размер частиц получаемого материала.

Следует отметить существенную особенность продуктов центробежно-ударного измельчения. Помол материала в центробежно-ударной мельнице протекает в высокоскоростном потоке воздуха в камере помола (скорость движения порядка 100 м/с), что обеспечивает «завоздушенность» готового продукта и предотвращает агрегацию его частиц, т. е. обеспечивается получение монодисперсной молотой негашеной извести.

Результаты измельчения извести различных производителей в лабораторном измельчительном комплексе КИ-0,36 (производительность до 500 кг/ч) свидетельствуют о получении монодисперсного продукта (табл. 1).

Технические характеристики молотой негашеной извести, полученной при центробежно-ударном измельчении комовой извести известково-доломитового производства ОАО «ММК» (г. Магнитогорск, Челябинская обл.), приведены в табл. 2.

Опыт эксплуатации с 2011 г. измельчительного комплекса КИ-1,6 на ЗАО «Известь Сысерти» показал его высокую эффективность при изготовлении молотой негашеной извести.

Как известно, по назначению известь делится на строительную и технологическую, причем основной объем технологической извести в России (более 48%) потребляется предприятиями черной металлургии. Модернизация сталеплавильного производства, направленная на увеличение выпуска высокосортной стали, включает процессы внепечной подготовки и десульфурации жидкого чугуна перед конвертерным переделом. При этом необходима обеспеченность технологического процесса базой реагентов, таких как известь, карбид кальция и магний.

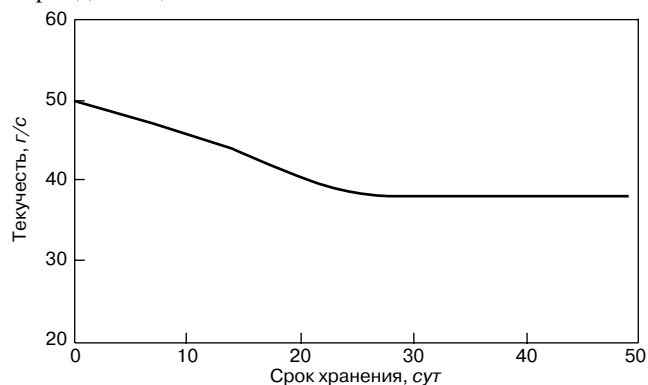


Рис. 3. Влияние срока хранения на текучесть извести

При десульфурации применяется высококачественная порошковая известь, для получения которой создается, как правило, новое специализированное производство молотого порошка с регламентированным фракционно-дисперсным составом извести, высоким (более 95%) содержанием CaO, низкой величиной (<1,5%) потерь при прокаливании и отсутствием других примесей. Помол и приготовление этих порошков осуществляются в условиях исключения увлажнения и с добавкой специальных ПАВ для обеспечения высокой текучести извести. В настоящее время на российском рынке доминирует флюидизированная известь, которая производится по технологии фирмы Almamet GmbH (Германия) с использованием в качестве ПАВ дорогостоящего силиконового масла.

Отличительной особенностью центробежно-ударных мельниц является их высокая энергонапряженность (более 10 кВт/кг), что предопределяет осуществление в них процесса механохимической активации измельчаемого материала, т. е. создание структурных микродефектов и активных поверхностных центров. Эти структурные дефекты и активные центры характеризуются избыточной свободной энергией, следовательно, обладают высокой адсорбционной способностью, поэтому именно на них и будет происходить закрепление ПАВ.

В ЗАО «Урал-Омега» разработана энергосберегающая технология изготовления флюидизированной извести в центробежно-ударной мельнице с применением специально разработанного ассортимента жидких гидрофобных добавок. К сожалению, в России не существует стандартной процедуры определения текучести этой извести, поэтому в ЗАО «Урал-Омега» разработана собственная методика. Она основана на определении скорости истечения фиксированной навески материала из металлической воронки с калиброванным выходным отверстием (аналог прибора Холла по ГОСТ 20899). На рис. 3 приведено изменение текучести флюидизированной извести, изготовленной в центробежно-ударной мельнице и хранившейся в закрытой таре в течение 45 сут.

Как следует из приведенных данных, полученная известь в течение срока хранения, определяемого технологическими требованиями (не менее 30 сут), сохраняет текучесть, необходимую для ее транспортирования по транспортным магистралям (38–40 с).

Важным технологическим показателем флюидизированной извести является содержание в ней гидратной влаги, которое не должно превышать 2,5 мас. %, что может быть обеспечено за счет высокой гидрофоб-

ности полученного тонкодисперсного продукта. Получение флюидизированной извести с принципиально новыми характеристиками связано с использованием физико-химических приемов формирования поверхности ее частиц заданного химического состава и строения, в частности за счет создания поверхностных наноструктур в результате применения химических гидрофобизаторов.

Формирование наноструктур на поверхности частиц извести позволяет не только стабилизировать их состояние за счет образования прочных химических связей модификатора с материалом, но и придавать им необходимые функциональные свойства. При использовании жидких гидрофобизаторов в высокоскоростном потоке воздуха в камере помола центробежно-ударной мельницы (скорость движения порядка 100 м/с) его раствор превращается в аэрозоль. За счет равномерного его распределения на поверхности каждой частицы и высокой степени сопряжения компонентов достигается закрепление добавки на негашеной извести, которое реализуется по механизму молекулярного наслаивания.

Реализация изложенных принципов при изготовлении флюидизированной извести позволила обеспечить содержание не более 1,6% гидратной влаги по массе. После двух лет хранения в закрытой таре содержание гидратной влаги в ней возросло до 1,84 мас. %, что соответствует технологическим требованиям по применению этой извести. Следует отметить, что при этом сохранилась высокая текучесть порошка – 36 г/с (по методике ЗАО «Урал-Омега»).

Таким образом, применение центробежно-ударных мельниц позволяет получать как строительную, так и технологическую молотую негашеную известь с заданными характеристиками.

Новое производство в Калининградской области

Завод по производству газосиликатного блока мощностью 300 тыс. м³ в год открыт в начале августа в Гурьевском районе Калининградской области на территории особой экономической зоны. ООО «Техносервис» вложило в строительство завода более 800 млн р. собственных средств. На оборудование фирмы Wehrhahn (Германия) затрачено 10 млн евро. На предприятии создано 60 новых рабочих мест. ООО «Техносервис» завершает процедуру регистрации в качестве резидента Калининградской ОЭЗ.

Запуск нового завода позволит увеличить мощности Калининградской области по производству газосиликатного блока (одного из главных строительных материалов в жилищном строительстве региона) в 2,5 раза. Строительные компании станут импортировать меньше аналогичной продукции из Латвии, Литвы и Польши. В компании намерены заместить 100% импорта газосиликатного блока в регион, т. е. около 240 тыс. м³.

Одновременно инвестор заложил первый камень в основание еще двух заводов, которые расположатся на этой же площадке. Это производство силикатного кирпича мощностью 70 млн шт. усл. кирпича в год и производство сухих строительных смесей мощностью 26 тыс. т в год. В строительство этих линий инвестор вложит еще 800 млн р.

По материалам агентства АСН-Инфо

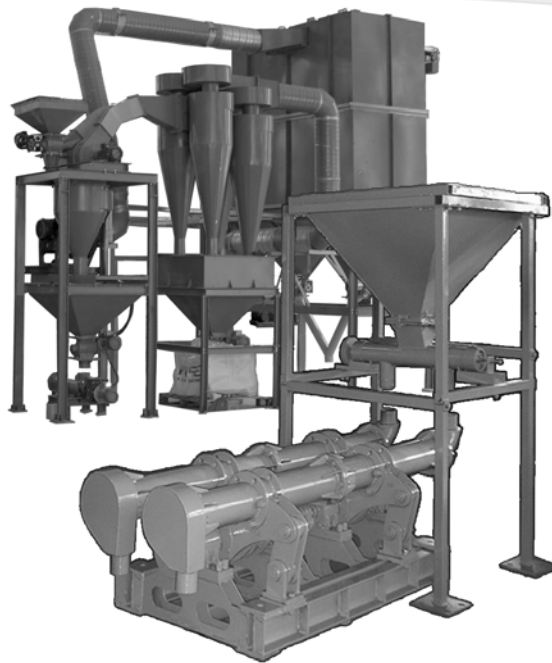
Справка:

По данным ООО «СМПРО», в первой половине 2014 г. производители нарастили выпуск силикатного кирпича в России на 15,4% – до 1,79 млрд шт. усл. кирпича. В июне 2014 г. среднемесячная цена силикатного кирпича упала на 0,6% – до 5,9 р. за усл. кирпич без НДС и доставки. Отгрузка строительного кирпича средними и крупными предприятиями в первой половине 2014 г. увеличилась на 6,3% к аналогичному периоду 2013 г. – до 4,8 млрд шт. усл. кирпича. В сегменте силикатного кирпича отгрузка готовой продукции средними и крупными предприятиями с начала текущего года выросла более чем на 15%.



Российские промышленные помолыно - классификационные комплексы «Активатор»

	АПК 100	АПК 500	АПК 1000	АПК 5000
производительность	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
граница разделения	1-10 мкм	3-20 мкм	5-50 мкм	5-70 мкм
потребляемая мощность	11 кВт/ч	22 кВт/ч	45 кВт/ч	130 кВт/ч



Реклама

www.activator.ru

Машиностроительный Завод «Активатор»
Новосибирская обл., р.п. Дорогино,
630056, Новосибирск 56, а/я 141
Факс: +7 (38345) 710-61
Тел.: +7 (913) 942 94 81
e-mail: belyaev@activator.ru

УДК 666.965.2

И.А. ГАЛЕЕВ, генеральный директор (abcdw@mail.ru)
 ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» (454119, г. Челябинск, ул. Нахимова, 20)

Оптимизация производственного процесса изготовления силикатного кирпича на примере завода в Калуге

ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» специализируется на изготовлении и поставке оборудования для заводов силикатного кирпича. Новым шагом в развитии компании стало строительство «под ключ» технологической линии на Калужском заводе строительных материалов (производительность 100 млн усл. кирпича в год). При выполнении данного проекта инженеры компании ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ опирались на более чем 20-летний опыт проектирования заводов по производству силикатного кирпича и другого технологического оборудования. В результате была разработана технологическая линия, которая по всем основным параметрам превосходит традиционные технологические схемы, проектируемые в настоящее время. Одним из наиболее важных преимуществ новой технологической линии является ее компактность, что позволяет реализовать глубокую автоматизацию с использованием передаточных мостов с относительно небольшими габаритами, удешевляя этим стоимость линии, упрощая обслуживание и снижая эксплуатационные расходы.

Ключевые слова: силикатный кирпич, оборудование, автоматизация, смеситель, пресс, технологическая линия.

I.A. GALEEV, General Director (abcdw@mail.ru)
 ООО "INVEST-TECHNOLOGY" (20, Nakhimova Street, 454119, Chelyabinsk, Russian Federation)

Optimization of Production Process of Silicate Brick on the Example of the Factory in the City of Kaluga

ООО "INVEST-TECHNOLOGY" is specialized in the manufacture and supply of equipment for silicate brick factories. A new step in the company's development is the turn-key construction of a production line at Kaluga building materials factory (productivity of 100 mil. conventional bricks per year). In the course of executing this project, the engineers of "INVEST-TECHNOLOGY" Co. are based on the more than 20 year experience in designing silicate brick factories and other technological equipment. As a result, a technological line, main parameters of which exceed traditional technological schemes designed at present, has been developed. One of the most important advantages of the new technological line is its compactness that makes it possible to realize the profound automation with the use of transmission bridges of relatively small overall dimensions; it reduces the price, simplifies the maintenance and reduces the operating costs.

Keywords: silicate brick, equipment, automation, mixer, press, technological line.

ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» специализируется на изготовлении и поставке оборудования для заводов силикатного кирпича. Специалистами компании разработан пресс нового поколения серии VIKING, являющийся сердцем технологии. Новый шаг в развитии компании — строительство под ключ технологической линии на Калужском заводе строительных материалов.

На стадии проектирования завода Калуге разработчиками проекта изначально ставились задачи по оптимизации всех производственных процессов, сокращению количества выполняемых операций и уменьшению габаритов технологической линии (рис. 1, 2). При выполнении данной работы инженеры компании

ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ опирались на более чем 20-летний опыт проектирования заводов по производству силикатного кирпича и другого технологического оборудования. В результате была разработана технологическая линия, которая по всем основным параметрам превосходит традиционные технологические схемы, которые проектируются и строятся в настоящее время (см. таблицу).

В таблице рассматриваются современные традиционные технологические схемы, в которых вагонетки с кирпичом перемещаются внутри цеха по замкнутому контуру без выезда за пределы производственного цеха.

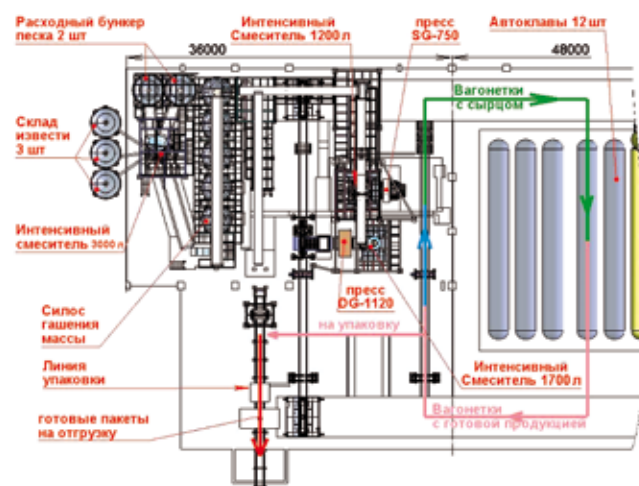


Рис. 1. План технологической линии в Калуге производительностью 100 млн шт. усл. кирпича в год

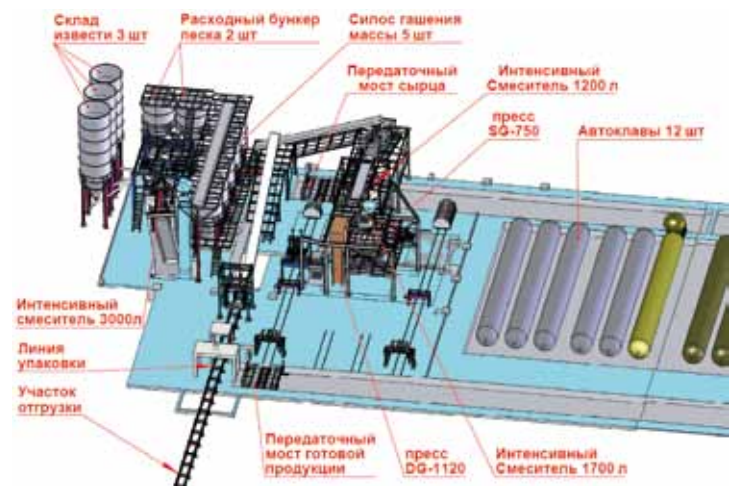


Рис. 2. Технологическая линия в Калуге производительностью 100 млн шт. усл. кирпича в год, аксонометрия

Наименование участка или оборудования	Технологическая линия в Калуге производительностью 100 млн шт. усл. кирп. в год	Традиционные технологические схемы производительностью 100 млн шт. усл. кирп. в год
Общий строительный объем массоприготовительного, прессового, автоклавного и упаковочных участков, м ³	27 000	от 40000 до 50000
Количество прессов, необходимых для обеспечения производительности 100 млн шт. усл. кирп. в год, шт.	2	3–4
Высота массоприготовительного участка, м	12	23–25
Высота элеватора для подачи массы в силосы гашения массы, м	13	≈23
Количество операций по перемещению вагонеток передаточными мостами за один рабочий цикл	2	Как правило, 4 операции (в некоторых схемах 3 операции)
Габариты передаточных мостов, м: длина ширина	4,5 3	Как правило, не менее 15 Как правило, не менее 4
Длина среднего пути, который проходит вагонетка за один цикл, м	130	Как правило, более 200



Рис. 3. Запатентованная система подвижной пресс-формы с гидравлическим управлением позволяет перед прессованием принудительно поднимать пресс-форму и исключить зазоры между контрштампом и пресс-формой. Благодаря этому изделия получаются с практически идеальными гранями. После прессования пресс-форма возвращается вниз, зазоры восстанавливаются и каретка с контрштампом легко, без сопротивления, а значит, и без лишнего износа и лишних потерь энергии перемещается из положения прессования в положение выталкивания изделий



Рис. 4. Смеситель серии IMG

Рис. 1, 2, а также данные таблицы показывают, что одним из важных преимуществ новой технологической линии является компактность. Движение вагонеток и передаточных мостов выполнено по кратчайшему прямоугольному замкнутому контуру, что позволяет легко реализовать глубокую автоматизацию технологической линии с использованием передаточных мостов с относительно небольшими габаритами, что удешевляет стоимость линии, упрощает ее обслуживание и снижает эксплуатационные расходы.

Приготовление силикатной массы

Процесс приготовления силикатной массы полностью автоматизирован и позволяет подбирать рецепты из двух различных видов песка и нескольких видов молотой извести.

Оператор по приготовлению массы в зависимости от активности молотой извести назначает соответствующие пропорции по каждому виду песка и извести, а также требуемую влажность силикатной массы. Далее весь процесс выполняется в полностью автоматическом режиме: влажность каждого



Рис. 5. Главные и вспомогательные гидравлические цилиндры изготовлены с использованием самых высококачественных уплотнений и направляющих ведущих мировых производителей, обеспечивающих надежное уплотнение и долгий срок службы



Рис. 6. Захваты для кирпича на гидравлических прессах серии VIKING выполнены по принципу «один кирпич – один захват с отдельным пневмоприводом». Это означает, что один захват рассчитан всегда на один кирпич, а не на группу, что позволяет максимально бережно перемещать силикатные изделия и при этом не травмировать их



Рис. 7. Передаточный мост сырца в полностью автоматическом режиме производит откатку вагонеток от прессы и загружает в назначенный оператором автоклав



Рис. 8. Самоходная тележка передаточного моста готовой продукции обеспечивает выкатку вагонеток из автоклава и их погрузку на передаточный мост в автоматическом режиме



Рис. 9. Передаточный мост готовой продукции с загруженной самоходной тележкой

вида песка измеряется микроволновыми датчиками влажности, и с учетом фактической влажности песка и активности молотой извести система автоматики дозирует в интенсивный смеситель необходимое количество каждого вида песка, извести и воды с высокой повторяемостью процесса. Затем силикатная масса выдерживается в силосах для гашения и далее направляется на гидравлические прессы.

Перед подачей в бункеры прессов масса доувлажняется до формовочной влажности и перемешивается в интенсивных смесителях, которые предназначены для вторичного перемешивания и установлены над каждым бункером прессов. Влажность контролируется микроволновым датчиком.

Интенсивные смесители серии IMG (рис. 4) характеризуются высоким качеством перемешивания массы. Изготавливаются смесители предприятием «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» и могут быть адаптированы под конкретные задачи каждого заказчика.

Конструкция смесителей серии IMG отличается простотой и надежностью. Затвор открывания смесителя выполнен с пневматическим приводом, который расположен в доступном месте для удобства обслуживания.

Прессовое оборудование

По заданию заказчика на технологической линии установлены два гидравлических прессы серии VIKING: односторонний пресс с усилием прессования 750 т (рис. 3, 5, 6) и двухсторонний пресс с усилием прессования 1120 т, предназначенный для прессования изделий высотой до 500 мм.

В прессах серии VIKING впервые на гидравлических прессах реализована система, осуществляющая вращение главных насосов при помощи сервоприводов. При этом вращение главных насосов происходит только во время прессования и выталкивания изделий (в традиционной гидросистеме насосы вращаются непрерывно все время работы прессы).

Новаторская гидросистема с сервоприводом обеспечивает существенную экономию электроэнергии, сни-



Рис. 10. На мониторе системы автоматизации отображается вся необходимая информация для контроля и управления процессами приготовления массы, прессования и перемещения электропередаточных мостов и вагонеток

жая нагрев масла и увеличивая производительность прессов.

Автоматический укладчик в полностью автоматическом режиме укладывает кирпич на вагонетки и передает их на мост сырца.

Передаточные мосты

Управление движением передаточных мостов и вагонеток (рис. 7–9) осуществляется посредством системы автоматизации. Оператор вводит на мониторе (рис. 10) номер автоклава, в который следует загружать вагонетки с сырцом, номер автоклава, из которого следует забирать готовую продукцию, и система в полностью автоматическом режиме выполнит задание.

Все передвижения электропередаточные мосты выполняют очень плавно и выверенно, что исключает повреждение изделий. Стыки между рельсами передаточных мостов и цеховыми путями благодаря особой конструкции передаточных мостов составляют всего 3–4 мм, что также способствует бережной транспортировке изделий.

Упаковка и отгрузка изделий

Упаковка изделий на технологической линии состоит из следующих операций:

- устранение зазоров между изделиями в пакете (выполняется автоматически);
- перемещение пакета с изделиями с вагонетки на цепной транспортер (оператор выполняет механизированным способом при помощи гидравлического захвата);
- разделение одного большого пакета на два маленьких (выполняется автоматически);
- перемотка стрейч-лентой (выполняется автоматически);
- обвязка полипропиленовой лентой шириной 15 мм (выполняется автоматически).

Далее упакованная продукция из теплого цеха перемещается на открытый склад посредством цепного транспортера и отгружается вилочным автопогрузчиком (рис. 11).



Рис. 11. Готовая продукция выдается на склад посредством цепного транспортера, с которого производится отгрузка заказчиком или складирование на площадку завода



Подготовительная техника фирмы АЙРИХ со всеми решениями из одних рук



смешивание – сушка – гранулирование – тонкий помол

Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG
Postfach 1160, 74732 Hardheim, Germany
Phone: +49 (0) 6283 51-0, Fax: +49 (0) 6283 51-325
E-Mail: eirich@eirich.de, Internet: www.eirich.com

ООО «Айрих Машинентехник»
129343 Москва, ул.Уржумская 4, строение 2
Россия
тел: + 7 495 771 68 80
факс: + 7 495 771 68 79
эл.адрес: info@eirich.ru



EIRICH

The Pioneer in Material Processing

masa

Milestone to your success.

Производство силикатного кирпича и фигурных элементов

Качественное оборудование под заказ



www.masa-group.com

Masa GmbH
Masa-Str. 2
56626 Andernach
Germany
Phone +49 2632 9292 0
Service Hotline +49 2632 9292 88

Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Germany
Phone +49 5731 680 0

Маса-Москва
Ср. Титинский пер., 28, офис 220
123557 РФ, Москва
Тел. +7 495 23251 27
Факс +7 495 23251 28
info@masa.ru

info@masa-group.com
service@masa-group.com
www.masa-group.com

Masa - made in Germany.



Износостойкая оснастка европейского уровня от российского производителя



ООО «ЕвроДеталь» в течение многих лет занимается производством и поставкой оснастки для прессов формования силикатного кирпича и зарекомендовала себя как надежный поставщик, обеспечивающий высокое качество продукции.

Компания предлагает полный спектр оснастки для любых прессов европейского производства (PA 550, BSP 500, BSP 600, BSP 700, WKP 600, WKP 750, MASA, Dorstener, Lasco, KSP, KSE), а также азиатских производителей.

Оснастка изготавливается по оригинальным чертежам производителей прессов, по чертежам, поступившим непосредственно от заказчиков оснастки, или выполненным совместно с технологическим отделом компании «ЕвроДеталь». При этом учитываются все особенности производства.

Номенклатура оснастки включает секционные, боковые пластины формы, плиты-толкатели, пуансоны; плиты стола пресса; планки боковые и уплотнительные для закрепления формы в корзине пресса; пустотообразователи (керны).

Оснащенность предприятия современным высокотехнологичным оборудованием с ЧПУ позволяет серийно производить детали оснастки любых размеров. Максимальные габаритные размеры деталей

типа «пластина» могут достигать **650×1450 мм**, деталей типа «кern» до **∅100×500 мм**.

В 2014 г. парк оборудования ООО «ЕвроДеталь» дополнен двумя современными обрабатывающими центрами: токарным центром с приводным инструментом, позволяющим изготавливать детали типа «кern» со сверлением и расточкой штифтовых отверстий без переустановок и фрезерным 4-координатным станком, позволяющим фрезеровать пазы пластин сразу с трех торцов.

При изготовлении пластин применяется отлично зарекомендовавшая себя классическая технология, аналогичная той, которую используют производители оснастки и оборудования в странах Западной Европы. Это позволяет максимально приблизиться по стойкости к пластинам, поставляемым вместе с оборудованием.

ООО «ЕвроДеталь» предлагает:

- персональную разработку технологии под требования заказчика;
- выезд представителя на производство;
- сопровождение заказа от заявки и запуска в производство до сборки и установки на пресс.

Мы гарантируем высокое качество продукции, взаимозаменяемость и проверку на собираемость каждой партии деталей.



ООО «ЕвроДеталь» 410086, Саратов, ул. Буровая, 26
 тел.: (8452) 79-14-70; факс: (8452) 36-44-15
 e-mail: eurodetal@gmail.ru; www.euro-detal.com

УДК 691.316

Г.В. КУЗНЕЦОВА (kuznetzowa.gal@yandex.ru), инженер, Р.М. НУГМАНОВ, студент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1)

Роль технологических факторов в формировании цвета силикатного цветного кирпича

Перевод действующей линии по производству силикатного неокрашенного кирпича на производство цветного кирпича имеет свои особенности, пренебрежение которыми влечет появление некачественной продукции. Своеобразие технологического процесса, планировка цеха, наличие сквозняков и холодное время года приводят к потере цвета на поверхности кирпича. В статье описаны результаты исследования причин образования белых потеков на кирпиче, изготовленном по технологии объемного окрашивания гашеной формовочной смеси. Показано влияние климатических условий цеховых помещений на температуру формовочной смеси и кирпича-сырца поэтапно и изменение ее во времени. Приведены результаты исследования и роль температуры цветного кирпича-сырца, извести, конденсата пара в автоклаве на первой стадии запаривания цветного кирпича-сырца.

Ключевые слова: окрашенный в массе силикатный кирпич, формовочная смесь, пигмент, кирпич-сырец, температура силикатной смеси.

G.V. KUZNETSOVA (kuznetzowa.gal@yandex.ru), Engineer, R.M. NUGMANOV, Student
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, 420043, Kazan, Russian Federation)

Role of Technological Factors in Formation of Colour of Silicate Coloured Brick

The conversion of an operating line for production of silicate non-coloured brick for producing coloured brick has its own peculiarities; neglect of them leads to the off-grade brick output. The originality of the technological process, workshop layout, the presence of draughts and cold season lead to the loss of color on the surface of the brick. The article contains the study of reasons for formation of white runs on the brick produced according to the technology of volumetric coloration of a slaked molding mix. The influence of climatic conditions in workshop premises on the temperature of the molding mix and adobe brick stage-by-stage and the temperature change during the time are shown. Results of the study and the role of temperature of colored adobe brick, lime, steam condensate in the autoclave at the first stage of steam curing of colored adobe brick are presented.

Keywords: mass-colored silicate brick, molding mix, adobe brick, silicate mix temperature.

Цветной кирпич в настоящее время широко применяется в российском строительстве [1, 2]. Увеличенный спрос на цветную продукцию привел к развитию технологии производства цветного силикатного кирпича. На первый взгляд несложная технология порой вызывает массу вопросов у технологов. Существующие линии, на которых много лет производился белый силикатный кирпич, не всегда позволяют получить хороший окрашенный цветной кирпич. Развитие технологии цветного силикатного кирпича привело многих производителей к ряду проблем, на которые при производстве обычного силикатного кирпича не обращали особого внимания. Например, после тепловой обработки вдруг обнаруживается ослабление цвета, белый налет на поверхности, внутренние и внешние слои пачки кирпича с белыми потеками (кирпич «плачет»), изменение цвета (рис. 1).

Более внимательный осмотр белого кирпича также выявляет потеки, но на белом фоне заметить это можно только при хорошем освещении, т. е. при ярком солнечном свете (рис. 2).

Первые исследовательские работы, проведенные в нашей стране по окрашиванию силикатных материалов, относятся к 1936–1939 гг. Работы эти, носившие

прикладной характер, показали возможность получения цветного силикатного кирпича при введении в массу природных красок и различных промышленных отходов. Более детальные исследования были выполнены в 1956–1962 гг. Л.Г. Гулиновой, Б.Н. Виноградовым, Е.П. Сидоровым, М.С. Шварцзайдем. Краски вводили в сырьевую смесь. В качестве красителей использовали щелочестойкие пигменты, устойчивые в условиях автоклавной обработки.

Установлено, что при увеличении удельной поверхности пигмента с 5 до 15 тыс. см²/г предельное количество пигмента для получения наиболее насыщенной окраски составляет 3,3%, для пигментов с удельной поверхностью 20 тыс. см²/г – 2,5%. Введение пигментов в количестве 1–10% повышает среднюю плотность кирпича на 1–3,5%; заметное влияние на прочность кирпича оказывает доля пигментов более 2–3%. Введение пигмента в количестве 1–5% не оказывает влияния на морозостойкость. Данные выводы не учитывают способа окрашивания смеси. Схемы введения окрашивающих материалов приведены Л.М. Хавкиным [3].

В настоящее время цветной кирпич получают способом объемного окрашивания силикатной смеси.



Рис. 1. Изменение внешнего вида цветного кирпича



Рис. 2. Изменение внешнего вида белого кирпича после автоклавной обработки

Объемное окрашивание смеси на российских заводах выполняют как до гашения, так и после гашения известково-песчаной смеси. Содержание пигмента зависит от того, на какой стадии технологического процесса его вводят в силикатную смесь, и от его красящей способности. Пигмент используют в виде порошка или водной суспензии. Практически на большинстве заводов прочно прижилась технология с использованием железоокисного пигмента-порошка.

При приготовлении формовочной смеси количество извести контролируется химическим путем. В качестве индикатора щелочной среды используется 0,1% раствор фенолфталеина красного цвета; введение пигмента в смесь затрудняет этот анализ и, как правило, его не делают на окрашенной смеси.

На заводах переход с выпуска кирпича одного цвета на другой при технологии окрашивания смеси до гашения приводит к большому объему очистных работ, большим потерям смеси и поэтому второй способ окрашивания смеси – после гашения получил большее распространение. Ликвидация переходных (очистных смесей) с силосов привела к появлению нового вида продукции – так называемого мраморного кирпича.

В технологии окрашивания гашеной смеси нет проблем с проведением химического анализа смеси и нет необходимости очищения силосов для перехода на выпуск кирпича другого цвета. Окрашивание смеси производится централизованно в стержневых смесителях и затем направляется на все прессы, либо окрашивается индивидуально перед каждым прессом в специальном смесителе.

Химические свойства пигментов определяются их химическим составом, поэтому химический состав пигментов является одним из основных показателей для оценки свойств и качества пигментов. По химическому составу к пигментам обычно предъявляют ряд требований. Прежде всего они должны быть нерастворимы в воде, свето- и щелочеустойчивы; обладать высокой красящей способностью; не должны менять окраску после автоклавной обработки и при эксплуатации; не содержать примесей, вредно влияющих на процесс автоклавной обработки. Большинство красителей – это оксид железа, и отличаются они только формой поставки. Порошковые красители поставляются в биг-бэгах или бумажных мешках по 20–25 кг [4].

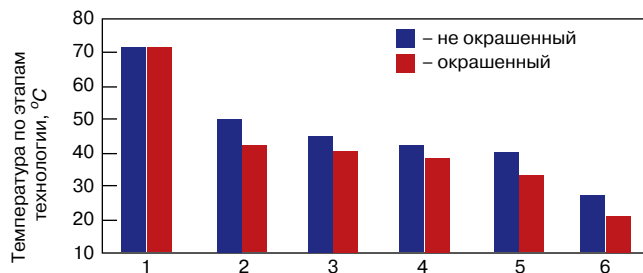


Рис. 3. Температура смеси и кирпича-сырца в точках замера: 1 – выгрузка смеси из силоса; 2 – повторная обработка (смеситель лопастной для неокрашенной смеси и смеситель стержневой для подготовки цветной смеси); 3 – смеси в питателе прессы и питателе смесителя перед окрашиванием; 4 – кирпича-сырца при снятии с прессы; 5 – кирпича-сырца верхнего ряда на запарочной вагонетке при загрузке в автоклав; 6 – кирпича-сырца нижнего ряда на запарочной вагонетке при загрузке в автоклав

В желтом железоокисном пигменте содержится 86% $\text{Fe}(\text{OH})_2$; в красном – 95% Fe_2O_3 ; в коричневом – 85% Fe_2O_3 и 14% FeO ; в черном – 72–74% Fe_2O_3 и 18–20% Fe_3O_4 [5].

Ряд пигментов производится из отходов промышленности. Присутствие в составе таких пигментов сульфатов, свидетельствующих об их невысоком качестве, положительно влияет на процесс автоклавного твердения. Изделия приобретают достаточно высокую прочность, но при этом образуется белый налет на кирпиче.

Формовочная смесь, прошедшая стадию гашения извести в силосах-реакторах с выделением тепла, характеризуется повышенной температурой, приобретенной в процессе гашения смеси. Такая смесь (50–70°C) при обычном формовании поступает в расходный бункер прессы и затем на пресс.

В технологии цветного кирпича горячая смесь после гашения смешивается с пигментом – порошком, который имеет температуру места хранения, как правило цеха, а в отдельных случаях уличную. Следует отметить, что в летнее время в прессовых цехах российских заводов, как правило, гуляет сквозняк, а в зимнее время холодно. Транспортные системы имеют очень большую протяженность (до километра). Температура в помещениях колеблется от +20°C летом до +10°C зимой. Разбавление горячей массы более холодной, даже в малом количестве, приводит к снижению температуры горячей массы. При дальнейшем транспортировании от силоса-реактора смесь поступает на участок окрашивания остывшей. Температура формовочной смеси, поступающей в расходный бункер прессы, будет зависеть от технологии изготовителя, расположения участка гашения смеси (силосов) и формовочного отделения, а также от климатических условий в цехах.

Выгружаемая горячая смесь из силосов быстро остывает, так как большую долю в смеси составляет песок. Песок обладает хорошей теплопроводностью и теплоемкостью, но малой теплоудерживающей способностью. При продвижении по технологии температура снижается с 72 до 21°C. На рис. 3 приводится график изменения температуры неокрашенной и окрашенной смеси и кирпича-сырца по технологии. Остывание зависит от температурных условий цеха.

Для экономии цветные смеси готовят на исходных смесях меньшей активности [5]. В данном случае для белого кирпича использовалась формовочная смесь активностью 7,8%, для цветного – формовочная смесь активностью 6,8%. Температура смеси с меньшим содержанием извести меньше или сразу снижается при выгрузке из силоса реактора. Время изготовления пачки кирпича-сырца зависит от конструкции прессы и количества одновременно прессуемых изделий. Как правило, это время составляет 8–20 мин. За это время нижний ряд кирпича-

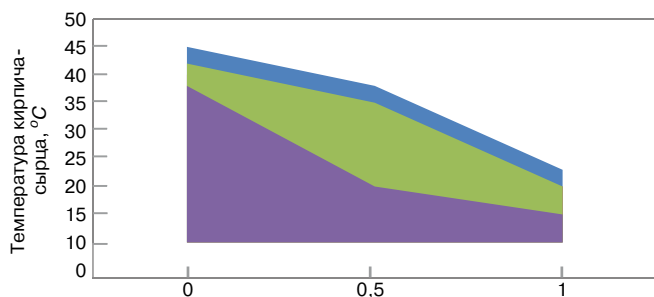


Рис. 4. Изменение температуры сырца по времени от момента формования: ■ – белый, верхний ряд; ■ – белый, нижний ряд; ■ – цветной, верхний ряд; ■ – цветной, нижний ряд

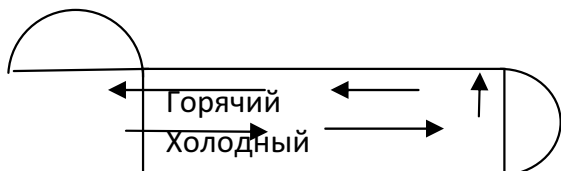


Рис. 5. Схема движения воздушного потока в открытом автоклаве

сырца остывает. Этот процесс прогрессирует со временем. Температура за время формовки меняется у неокрашенного кирпича с 45 до 40°C, через 30 мин составляет 38 и 28°C, через 1 ч – 23 и 20°C. У цветного за время формования и съема со стола пресса – с 42 до 38°C; через 30 мин – 35°C и 20°C и через 1 ч – с 20°C до 15°C. Графически данные замеры представлены на графике (рис. 4).

Процесс остывания кирпича-сырца продолжается при длительном нахождении в цехе до приобретения им температуры окружающей среды. Технология цветного кирпича предусматривает постановку кирпича в течение 30 мин в автоклав. Цветной кирпич-сырец при постановке в автоклав имеет температуру верхнего ряда 35°C, нижнего ряда 20°C. Приведенные замеры характерны для близкого расположения автоклавов к выкатным воротам, обеспечивающим протяжку холодного воздуха. Температура внутри автоклава перед запариванием колеблется в зависимости от времени года, типа автоклава, близости его расположения относительно выкатных ворот. В автоклав происходит затягивание холодного воздуха и вытеснение горячего. Проходящий поток охлаждает нижние ряды и подогревает верхние (рис. 5). Нижние ряды имеют более светлый тон или белеют совсем.

Замеры, произведенные в осеннее время года до наступления заморозков, показали, что температура верхней и нижней частей автоклава отличается и зависит от режима работы автоклава (см. таблицу).

В среднем температура автоклава составляет 65°C, температура запарочной вагонетки – 15°C [3]. Так как температура поверхности изделий на первом этапе ниже температуры водяного пара, на этом этапе развивается максимальный температурный перепад между средой и

Автоклав	Температура, °C	
	верх	низ
Пустой неработающий	13	13
Сквозной открытый	68	30
Тупиковый открытый	70	50
Закрытый с законченным циклом	112	90

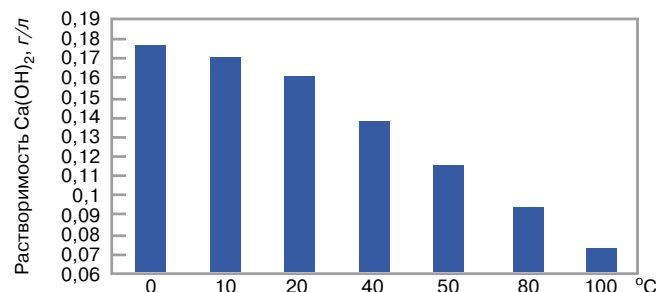


Рис. 6. Изменение растворимости гашеной извести в зависимости от температуры

поверхностью изделия, равный 30–50°C. При поступлении насыщенного пара он омывает сырец, вагонетки и стенки автоклава и смешивается с находящимся там воздухом. На этом этапе пар интенсивно отдает теплоту, и эффективность его как теплоносителя повышается по мере увеличения давления, что обусловлено ростом его теплосодержания (энтальпии).

По мере прогревания кирпича зона увлажнения будет продвигаться внутрь кирпича-сырца и послойно по рядам при плотной упаковке.

Нагрев холодного кирпича-сырца проходит по законам массообмена и конденсации пара на поверхности изделий. Количество тепла, выделяющегося при конденсации пара на элементе поверхности, соответствует количеству тепла, отводимого через пленку посредством теплопроводности. Кроме физических свойств конденсата на теплоотдачу влияет шероховатость стенки, положение ее в пространстве и размеры стенки. Теплоотдача от конденсирующегося пара осуществляется, как правило, в условиях пленочной конденсации. На вертикальной поверхности с увеличением высоты стенки пленка конденсата утолщается книзу. Стеkanie пленки (ручейки) происходит под действием силы тяжести. Чем больше разница температур сырца и теплоносителя, тем больше образуется конденсата на поверхности.

Одним из свойств пигментов является нерастворимость в воде. Растворимость извести при 20°C выше, чем при 40°C [6] (рис. 6).

Окрашенное тесто распределяется в пустотах зерен песка, а на границе с формовочными пластинами наблюдается сосредоточение большего количества теста.



Рис. 7. Поверхность прессованного образца на границе с формой, увеличение ×500

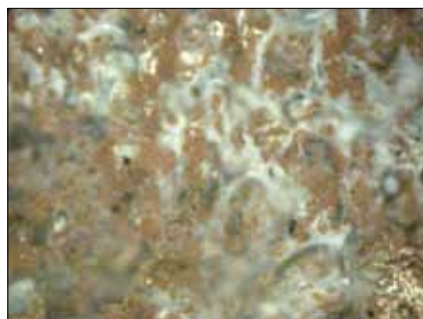


Рис. 8. Ручейки известковых потеков на цветном кирпиче, увеличение ×500





Рис. 9. Следы от конденсата и растворенной извести на поверхности кирпича

Поверхность кирпича представляет бугорки и ямки. Структура материала на границе с формой показана на рис. 7.

При повышении температуры в автоклаве соприкасающаяся с паром поверхность сырца имеет температуру паровой среды, а более глубокие слои – соответственно меньшую. При обычном процессе запаривания белого кирпича с низкой температурой конденсат вытекает из пор в виде капель или ручейков с уже растворенной известью. На цветном образце при увеличении $\times 500$ (рис. 8) на поверхности кирпича видны ручейки известковых потеков между пигментными зернами.

На образце неокрашенного кирпича явно видны следы потеков известкового раствора на вертикальной поверхности и следы лужицы из конденсата на горизонтальной поверхности (рис. 9).

Растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с повышением температуры снижается, так как процесс $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ обратимый [7]. Можно предположить дальнейший переход извести в гидросиликаты (рис. 10).

На поверхности кирпича это проявляется в виде рисунка, похожего на белый горошек, ручейки, лужи, или могут быть видны следы полного покрытия поверхности. Такие явления наблюдаются чаще в холодное время года. Чем холоднее кирпич-сырец, тем больше вероятность конденсации пара на его поверхности и,

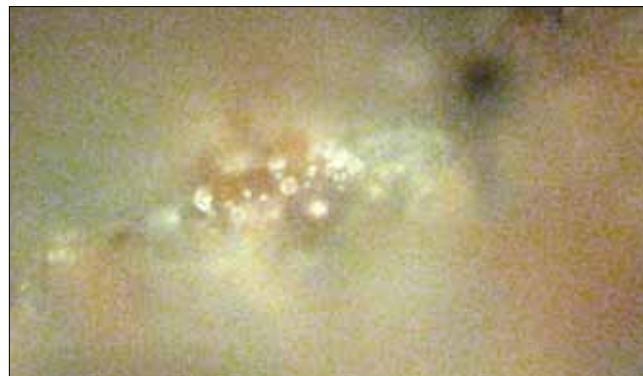


Рис. 10. Кристаллы известкового ручейка, увеличение $\times 1000$

как следствие, появление следов ручейков, луж и др. на поверхности кирпича. Как правило, такие явления отсутствуют в летнее, теплое время года.

Проведенные исследования причин и механизмов образования белых пятен и ручейков на цветном кирпиче позволяют сделать следующие выводы:

- пигменты, вводимые в формовочную смесь, приводят к снижению температуры смеси;
- температура смеси зависит от активности смеси;
- температура свежесформованного кирпича-сырца падает со временем;
- скорость снижения температуры сырца пропорциональна климатическим условиям цеха;
- холодный цветной кирпич-сырец чувствителен к нагреванию;
- чем ниже температура сырца, тем больше максимальный температурный перепад между паровой средой и поверхностью изделия;
- чем больше максимальный температурный перепад между средой и поверхностью изделия, тем больше конденсата образуется на поверхности изделия, тем больше растворимость извести в воде конденсата;
- большое количество конденсата на поверхности приводит к образованию известковых ручейков на вертикальной поверхности и слоя известкового раствора на горизонтальной поверхности.

Список литературы

1. Семенов А.А. Анализ состояния российского рынка силикатного кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 4–6.
2. Семенов А.А. Состояние российского рынка силикатных стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2013. № 12. С. 9–12.
3. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. М.: ЭКОЛИТ, 2011. 384 с.
4. Бабель А. Дозирование и подача пигментов при окрашивании силикатного кирпича на ООО «Борский силикатный завод» // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 14–21.
5. Кузнецова Г.В., Хозин В.Г. Влияние пигментов на свойства силикатной формовочной смеси при окрашивании гашеной смеси // *Строительные материалы*. 2012. № 9. С. 25–28.
6. Рабинович В.А., Хавин В.Я. Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1991. 432 с.
7. Кузнецова Г.В., Санникова В.И. Влияние условий тепловлажностной обработки на качество цветного силикатного кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 36–39.

References

1. Semenov A.A. The analysis of state of the russian silicate brick market. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 9, pp. 4–6. (In Russian).
2. Semenov A.A. State of the Russian market of silicate wall materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials] 2013. No. 12, pp. 9–12. (In Russian).
3. Khavkin L.M. Tekhnologiya silikatnogo kirpicha [Technology silicate brick]. Moscow: EKOLIT. 2011. 384 p.
4. Babel A. Dosing and delivery of pigments for dyeing of silicate brick at “Borsky Silikatny Zavod” *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 14–21. (In Russian).
5. Kuznetsova G.V., Khozin V.G. Influence of pigments on properties of slaked silicate moulding mix. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 9, pp. 25–28. (In Russian).
6. Rabinovich. V.A. Khavin V.Ya. Kratkii khimicheskii spravochnik. [Short chemical reference book]. Leningrad: Khimiya. 1991. 432 p.
7. Kuznetsova G.V., Sannikova V.I. Influence of hydrothermal treatment on quality of colored silicate brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 9, pp. 36–39. (In Russian).



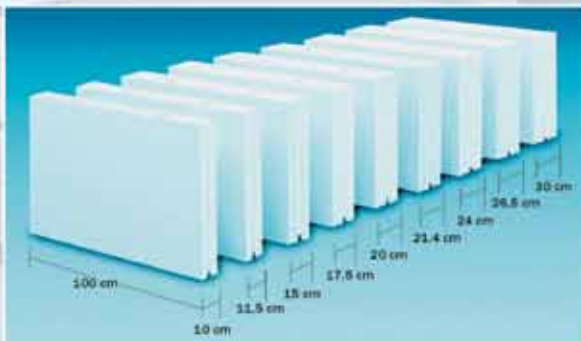
Новый формат силикатного кирпича. С .

Силикатный кирпич – натуральный и экономичный строительный материал. Новые прессы LASCO для производства силикатного кирпича и блоков любой заданной геометрии позволяют экономично выпускать кирпичи и панели высочайшего качества размерами до 1000 x 623 мм любой толщины стенки и длины.

Наряду с прессами компания LASCO является поставщиком комплектных заводов под ключ для производства этого многопланового строительного материала уникального качества.

Вы готовы к новому формату силикатного кирпича?

Мы к Вашим услугам. Испытайте нас!



**LASCO UMFORMTECHNIK
WERKZEUGMASCHINENFABRIK**



Представительство в России компания АНТОН ОЛЕРТ, 115093, Москва, 1-й Щипковский пер., 20 Тел. +7 (495) 961 20 61

LASCO Umformtechnik GmbH · Hahnweg 139 · 96450 COBURG, GERMANY
Phone +49 9561 642-0 · Fax +49 9561 642-333 · E-Mail: lasco@lasco.de · Internet: www.lasco.com

Реклама

УДК 334.716.4:691.311

Е.И. ЮМАШЕВА, инженер-химик-технолог (yumasheva_ei@mail.ru)
 ООО РИФ «Стройматериалы» (127434, Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3, офис 225)

Уникальное техническое решение для реализации самого восточного инвестиционного проекта компании «КНАУФ»

На примере ООО «КНАУФ ГИПС Байкал» показаны технические и маркетинговые решения для эффективной реализации инвестиционного проекта, а после его завершения – успешной эксплуатации нового предприятия по производству строительных материалов на основе гипса. Отмечено, что социально ответственная политика инвестора благотворно сказывается на развитии региона дислокации предприятия.

Ключевые слова: инвестиционный проект, гипсокартонные листы, сухие строительные смеси, пропан-бутановая смесь, сжиженный газ, компримированный газ, информационно-консультационный центр.

E.I. YUMASHEVA, Engineer-Technologist (yumasheva_ei@mail.ru)
 Advertising and Publishing Company «Stroimaterialy» (9, Structure 3, Office 225, Dmitrivskoye Highway, 127434, Moscow, Russian Federation)

Unique Technical Solution for Realization of the Easternmost Investment Project of «KNAUF» Co.

On the example of ООО «KNAUF GIPS Baikal» the technical and marketing solutions for the efficient realization of the investment project and, after its completion, for the successful operation of a new enterprise for producing building materials on the basis of gypsum are shown. It is noted that the socially responsible policy of the investor has a beneficial effect on the development of the region where the enterprise is stationed.

Keywords: investment project, gypsum wallboards, dry building mixes, propane-butane mix, liquefied gas, compressed gas, information-consultation center.

Фирма «КНАУФ» является одним из самых крупных инвесторов в российскую промышленность строительных материалов. В течение 20 лет компания поступательно реализует производственную стратегию [1]. В настоящее время высококачественную продукцию производят четырнадцать заводов в России, и все они были представлены отраслевому профессиональному сообществу. Это является частью маркетинговой политики компании.

Иркутск – шестой по величине город Сибири с населением более 700 тыс. человек и богатой, бурной историей, которая, как у многих городов Сибири, началась со строительства в 1661 г. острога в месте впадения в Ангару реки Иркут, давшей название будущему городу. Сложность и неоднозначность исторических перипетий во многом обуславливалась удаленностью от столицы, практически неограниченной властью местной администрации, близостью Бурятии, Монголии и Китая. Деревянный Иркутск часто горел. Первое каменное здание появилось в нем только в 1701 г., тогда же было налажено постоянное почтовое сообщение с Москвой. А в 1791 г. в Иркутске появился первый политический ссыльный Александр Николаевич Радищев, осужденный за публикацию «Путешествия из Петербурга в Москву».



В Иркутске свой «Белый дом» – один из самых значимых памятников истории и архитектуры города. Построенный в 1814–1821 гг. по заказу купца М.В. Сибирякова, в 1837 г. дом был продан наследниками в казну, и стал резиденцией генерал-губернатора. В настоящее время здесь располагается научная библиотека Иркутского государственного университета

Самым молодым и самым восточным предприятием Группы «КНАУФ» в России является ООО «КНАУФ ГИПС Байкал», расположенное в Нукутском районе Иркутской области в 240 км от Иркутска и в 300 км от озера Байкал. Само возникновение поселка Новонукутский связано с добычей гипсового камня. Он был основан в 1958 г. в связи со строительством Заларинского гипсового рудника.

В настоящее время Иркутск – большой современный город, крупный научно-образовательный центр с развитой промышленностью, важнейший транспортный узел на Транссибирской магистрали и федеральной автодороге «Байкал».

Крестовоздвиженская церковь, построенная в 1760 г., поражает богатой отделкой фасадов. Это единственный храм в Сибири, где полностью сохранились интерьеры XVIII в.



В 1686 г. Иркутск получил статус города, на гербе которого был изображен бегущий бабр, держащий в пасти соболя. Бабр – название уссурийского (амурского) тигра на якутском языке. Бабр и соболя символизировали своеобразие, могущество и богатство края. Скульптура установлена 4 октября 2012 г., авторы – скульптор Наталья Бакут и архитектор Ольга Смирнова





Посетить Иркутск и не отдать дань памяти и восхищения гражданскому и жизненному подвигу декабристов невозможно. После реставрации, завершённой в 2011 г., Дом-музей Трубецких обрел исторический облик, а также современную интерактивную систему экскурсионного сопровождения



Изначально здание Управления Восточно-Сибирской железной дороги, построенное по проекту К.В. Миталья в 1930-х гг., являлось типичным для конструктивистской архитектуры. Однако в конце 1940-х – начале 1950-х гг. архитектор Д.М. Гольштейн при реконструкции полностью перестроил здание в соответствии со сталинским классицизмом



Одно из многих сокровищ, которые таит в себе Сибирская земля, – дивной красоты минерал пироксеновой группы чароит, впервые открытый в 1948 г. советским геологом В.Г. Дитмаром. Единственное в мире месторождение чароита, найденное в 1973 г. Ю.А. Алексеевым и Ю.Г. Роговым, находится на стыке Якутии и Иркутской области, на водоразделе реки Чара

Иркутский академический драматический театр им. Н.П. Охлопкова. Мысль о создании собственного театра возникла в иркутском обществе на рубеже XVIII–XIX вв. Современное каменное здание было построено в 1897 г. Оно создано по классической схеме ярусного театра — партер, несколько ярусов лож, сцена с порталом, заглубленная оркестровая яма. Главный фасад театра украшен колоннами, портал богато декорирован. В середине 90-х гг. двадцатого столетия была проведена реконструкция здания театра.



Решение о строительстве завода в Сибири было принято в начале 2000-х гг., это обуславливалось стремительным внедрением в практику технологии сухого строительства и соответствующим быстрым ростом рынка ГКЛ и сухих строительных смесей, а также постоянным увеличением тарифов на железнодорожные перевозки. Руководство компании понимало, что при строительстве производственного предприятия в Иркутской области в значительном удалении от столицы региона возникнут проблемы с обеспечением кадрами и отсутствием инфраструктуры. Однако наличие большого месторождения высококачественного сырья и перспектива обеспечения

предприятия магистральным природным газом, озвученная правительством Иркутской области в 2004 г., перевесили чашу весов в пользу строительства завода.

Как и во всех остальных проектах, руководство фирмы в первую очередь озаботилось обеспечением будущего предприятия сырьем. В конце 2006 г. было приобретено ЗАО «Нукутский гипсовый карьер» – предприятие, базирующееся на крупном Заларинском месторождении гипсового камня. Его разработка была начата в 1956 г. Компании «КНАУФ» пришлось вложить немалые средства для открытия нового карьера, практически заново построить производственную и транспортную инфраструктуру.





Карьер расположен в непосредственной близости от завода. Он может обеспечить производство гипсом примерно на 30 лет. Проектная производственная мощность карьера составляет 1 млн т в год. В настоящее время добывается около 600 млн т в год. Площадь карьера порядка 18 га. Ведется разведка еще двух месторождений

Работы по созданию предприятия начались в 2007 г. – 27 июля был заложен первый камень в фундамент нового предприятия. В строительстве завода совместно участвовали специалисты из Германии и России. 22 июля 2009 г. состоялась торжественная церемония начала монтажа оборудования будущей линии гипсокартонных листов.

На старте проекта запустить производство КНАУФ-листов планировалось в 2009 г. Однако экономический кризис, разразившийся в 2008 г. и больно ударивший по строительной отрасли России, внес в планы компании существенные коррективы. Едва ли не более существенным оказалось изменение плана газификации региона. Изначально предполагалось, что предприятие будет снабжаться природным газом с Ковыктинского месторождения, трубопровод должен был пройти всего в 4 км от предприятия. Затем месторождение сменило владельца и план газификации региона изменился. По словам главы администрации Нукутского р-на С.Г. Гомбоева, газ не получили не только промышленные предприятия, но также жители района. Из заявленных в районе инвестиционных проектов лишь компания «КНАУФ» решила продолжать строительство завода.

Для того чтобы завершить проект, специалисты компании «КНАУФ» были вынуждены перевести производство на гораздо более дорогой сжиженный газ. Кроме расходов на инженерную инфраструктуру незапланированные средства были потрачены на организацию доставки сжиженного газа, ближайшие поставщики которого находятся в Красноярском крае, Тюменской и



Для обжига гипсового камня и сушки гипсокартона используется пропан-бутановая смесь. 18 июля 2014 г., когда журналисты отраслевых изданий посетили ООО «КНАУФ ГИПС Байкал», было положено начало железнодорожных поставок сжиженного газа на предприятие. До этого времени газ возили специальными автогазовозами.



На ООО «КНАУФ ГИПС Байкал» загрузка железнодорожных вагонов и автотранспорта осуществляется в крытом отапливаемом складе

Омской областях. Построены станция сжиженного газа и газохранилище. Дополнительные инвестиции в проект составили 5,2 млн дол. США. Это, конечно, привело к повышению себестоимости и отрицательно сказывается на конкурентоспособности продукции в отношении аналогичных стройматериалов, поставляемых из Китая.

К чести Восточной сбытовой дирекции – филиала ООО «КНАУФ ГИПС» (Иркутск), возглавляемой В.В. Ивашко, неординарные логистические схемы и ряд оригинальных маркетинговых решений позволяют успешно конкурировать не только на рынке Иркутской области, но также в регионах Западной Сибири и Дальнего Востока.



Руководители ведущих строительных СМИ посетили ООО «КНАУФ ГИПС Байкал»



Несмотря ни на что, в ноябре 2011 г. предприятием был отгружен первый вагон гипсокартонных листов. В настоящее время в Нукутском районе работает и постоянно развивается крупное современное производство строительных и отделочных материалов на основе гипса. Производительность линии ГКЛ составляет 60 млн м² листов в год, скорость конвейера — 120 м/мин. Производительность линии сухих строительных смесей 250 тыс. т/г. Общий объем инвестиций в проект составляет в настоящее время 160 млн дол. США.

Компания «КНАУФ» всегда занимает социально ответственную позицию в регионах, где работают ее предприятия. За счет группы «КНАУФ СНГ» был построен поселок для работников предприятия, включая не только жилые дома, но и оздоровительный центр. Сжатые сроки строительства и сложные климатические условия не помешали возвести целый микрорайон экологически безопасных и энергоэффективных домов, задающих совершенно новый уровень жизни в этой местности.

В 2013 г. ООО «КНАУФ ГИПС Байкал» перечислило в бюджеты всех уровней свыше 230 млн р. в виде налогов, из них почти 104 млн р. — в местный и региональный бюджеты. Здесь трудятся 356 человек.

Помимо производственной деятельности группа «КНАУФ СНГ» предпринимает усилия по продвижению современных строительных технологий и ведет благотворительную деятельность.

18 марта 2014 г. состоялось открытие Информационно-консультационного центра «КНАУФ» на базе Института архитектуры и строительства Иркутского го-

сударственного технического университета (ИрГТУ), который является одним из крупнейших вузов Восточной Сибири. Опыт работы таких центров в других регионах показывает, что они позволяют наладить и укрепить взаимоотношения между вузами и производственными предприятиями. На предприятия строительной индустрии и строительные площадки области придут высококвалифицированные сотрудники.

На различные благотворительные проекты на местном уровне за первое полугодие предприятием «КНАУФ ГИПС Байкал» было выделено свыше 3,5 млн р., основная часть этой суммы пошла на помощь местным образовательным учреждениям и сфере здравоохранения, на строительство уличных спортивных площадок Новонукутской средней общеобразовательной школы, ремонт Новонукутского детского сада № 6 и т. д.

ООО «КНАУФ ГИПС Байкал» 1 июля 2014 г. поставил вагон (6,6 тыс. м²) гипсокартона для отделки домов пострадавшим от наводнения жителям Хабаровска в рамках реализации благотворительного проекта «Первого канала» «Всем миром».

ООО «КНАУФ ГИПС Байкал» 1 июля 2014 г. поставил вагон (6,6 тыс. м²) гипсокартона для отделки домов пострадавшим от наводнения жителям Хабаровска в рамках реализации благотворительного проекта «Первого канала» «Всем миром».



Генеральный директор
ООО «КНАУФ ГИПС Байкал»
Всеволод Петрович Качур
испытывает новые тренажеры



В таких домах на две семьи живут специалисты «КНАУФ ГИПС Байкал»



Руководство компании «КНАУФ» проявляет заботу о здоровье и досуге своих сотрудников. В поселке построен оздоровительный центр



На встрече с руководителями центральных отраслевых СМИ С.Г. Гомбоев рассказал о жизни Нукутского р-на, который он возглавляет более 10 лет. Он отметил, что строительство и ввод в эксплуатацию нового завода фирмы «КНАУФ» оказали существенное положительное влияние на экономику района. Доля собственных доходов с консолидированном бюджете МО «Нукутский р-н» в 2013 г. выросла до 76,9 млн р., обеспеченность собственными доходами на душу населения составила 4,92 тыс р.



Л.М. Лось, руководитель службы корпоративных коммуникаций «КНАУФ ГИПС»



А.Н. Терехов, заместитель генерального директора ООО «КНАУФ ГИПС Байкал»



О таком детском садике, как «Солнышко», могут мечтать даже отличные ребяташки

В поселке Новонукутский мирно живут бок о бок представители многих национальностей разных вероисповеданий. Руководство предприятия в равной степени оказывает помощь при строительстве храмов разных конфессий



ООО «КНАУФ ГИПС Байкал» поддерживает детский танцевальный ансамбль

Вот так, шаг за шагом компания «КНАУФ», преодолевая объективные и субъективные трудности, реализует свой главный принцип ведения бизнеса в России: из рос-

сийского сырья на российском предприятии привлекая российских работников производить высококачественную строительную продукцию для российского рынка.

Литература

1. Лось Л.М. Группа «КНАУФ»: 20 лет инвестиций в России – уроки и перспективы // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 73–75.

References

1. Los L.M. «KNAUF» Group: 20 Years of investments in Russia – lessons and prospects. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 2, pp. 73–75. (in Russian).



20-я ЮБИЛЕЙНАЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА «СТРОИТЕЛЬСТВО»

BakuBuild

22-25 Октября • 2014
БАКУ ЭКСПО ЦЕНТР

- сантехника
- оборудование
- строительные материалы
- строительная техника
- дизайн, отделка, мебель
- окна и двери
- освещение
- керамика и отделочный камень
- загородный дом
- деревообработка
- интерьер
- озеленение
- полы

ОРГАНИЗАТОРЫ



Тел : +99412 404 10 00
Факс : +99412 404 10 01
E-mail: build@iteca.az

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ЗОЛОТОЙ СПОНСОР



www.bakubuild.az



Международная
строительная
и интерьерная
выставка

17-20 февраля 2015

Россия, Екатеринбург
МВЦ «Екатеринбург – Экспо»

Подробнее на сайте
www.build-ural.ru

ITE Урал
Тел.: +7 (343) 380-22-80
E-mail: build-ural@ite-ural.ru
www.ite-ural.ru



Г.Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук (georgybutkevich@gmail.com)

Научно-исследовательский и проектно-исследовательский институт по проблемам добычи, транспорта и переработки минерального сырья в промышленности строительных материалов (ВНИПИИстромсырье) (125080, Москва, Волоколамское ш., 1)

Взгляд на будущее промышленности нерудных строительных материалов

Проанализированы технологии горных работ и переработки минерального сырья при производстве нерудных строительных материалов. Сформулированы задачи по совершенствованию технологических процессов и уменьшению нагрузки на окружающую среду.

Ключевые слова: минеральное сырье, горные работы, нерудные строительные материалы

G.R. BUTKEVICH, Candidate of Sciences (Engineering) (georgybutkevich@gmail.com)
Research and Design Institute for Extraction, Transportation and Processing of Mineral Raw Materials in Building Materials Industry
(1, Volokolamsk Highway, Moscow, 125080, Russian Federation)

View of the Future of Non-Metallic Building Materials Industry

Technologies of mining operations and mineral raw materials processing in the course of producing non-metallic building materials are analyzed. Goals for improving technological processes and reducing the loading on the environment are formulated.

Keywords: mineral raw materials, mining operations, non-metallic building materials.

Нерудные строительные материалы (НСМ) используются человечеством с незапамятных времен. Они служат сырьем для производства конечной продукции — зданий, дорог, аэродромов, различных сооружений. На их основе создаются изделия, относящиеся к так называемым «умным материалам» [1]. Требования к характеристикам НСМ в течение тысячелетий формировали строители уникальных культовых и оборонительных сооружений. С ростом благосостояния населения потребность в НСМ возросла и требования к их характеристикам стали отражать новые условия применения, учитывающие запросы новых потребителей. Однако по отдельным показателям продукции, например по форме зерен щебня, допустимому содержанию в щебне частиц плоской и игольчатой форм, общая точка зрения не выработана до сих пор. Мнения которые теперь принимают за основу при разработке нормативных документов, не базируются на данных продолжительных экспериментов и результатах сопоставимых испытаний изделий, изготовленных из НСМ с разными характеристиками. Эти требования не подкреплены серьезными экономическими расчетами.

Несмотря на общность решаемых задач различными горными отраслями, отдельные процессы производства НСМ имеют отличия и нуждаются в нетрадиционных решениях. **Особенности промышленности НСМ:**

- необходимость сохранения природных свойств полезного ископаемого (прочность, декоративность и некоторые другие);
- обеспечение максимального выхода частиц размером более 3–5 мм (щебня);
- минимизация возможности проникновения в продукцию комков пластичной глины, загрязняющих частиц и некоторых минералов;
- различие свойств полезных ископаемых, от крепчайших абразивных изверженных пород до песков;
- количество карьеров, составляющее в РФ, по разным оценкам, от 3 до 5 тысяч, производительность которых изменяется от десятков тысяч до миллионов кубометров в год (для сравнения, в США количество горных предприятий НСМ, включая шахты составляет 10,6 тыс.).

Оценивая перспективы развития промышленности НСМ и ее роль в строительном комплексе, следует иметь в виду, что цивилизация в обозримый период времени без НСМ не сможет существовать. Выпуск НСМ продолжает расти, в настоящее время в основном за счет Азиатско-Тихоокеанского региона.

Производство НСМ связано с переработкой миллиардов кубометров горной массы (табл. 1). Объем производимых НСМ превышает объем добычи всех остальных твердых полезных ископаемых в сумме. Поэтому необходимо рассматривать перспективы развития отрасли, разрабатывать прогнозы на долгосрочный период и отдаленную перспективу, как это делается для других отраслей. Такие работы необходимы, поскольку показатели отечественных предприятий отрасли резко отличаются от передовых стран по производительности труда, энергопотреблению, травматизму.

На каких задачах следует сосредоточить внимание?

Процесс разрушения скальных пород. Задача на перспективу: вытеснение буровзрывных работ при разрушении скальных пород. Буровзрывные работы в течение десятилетий сохраняют конкурентоспособность, поскольку будут создаваться взрывчатые вещества с новыми свойствами, совершенствоваться технологии, повышаться надежность расчетных методов благодаря более глубокому изучению процесса разрушения массива.

Таблица 1
Мировая потребность в нерудных строительных материалах [2]

Показатели	Потребность по годам, млн т			Рост за год, %, период	
	2007	2012	2017*	2007–2012	2012–2017
Общемировая потребность	30300	40150	53200	5,8	5,8
В том числе Северная Америка	3800	3050	3750	-4,3	4,2
Западная Европа	3275	2550	3000	-4,9	3,3
Азиатско-Тихоокеанский регион	17350	27000	36500	9,2	6,2
Другие регионы	5875	7550	9950	5,1	5,7
*Прогноз Freedonia Group					

Таблица 2

Оборудование, способное разрушать скальные породы

Тип забоя	Выполняемые процессы	Вид оборудования
Площадка уступа	Рыхление массива	Гидромолот
		Рыхлитель на тракторе
Торец уступа	Рыхление массива, выемка, погрузка	Роторный экскаватор
		Мощный гидравлический экскаватор
Площадка уступа	Рыхление массива, выемка, погрузка и дробление	Горный комбайн фронтального действия
		Фрезерный горный комбайн

Исключение взрывных работ позволит не только повысить экологичность и безопасность процесса, но и сохранять природную структуру массива. Сохранение природной структуры обуславливает точность селективной выемки разнородных пород.

Известны работоспособные модели оборудования, способного разрушать скальные породы (табл. 2). Их использование ограничено прочностью и блочностью массива. Предельные значения этих показателей для разных видов оборудования отличаются. Совершенствование конструкции рабочих органов, использование новых материалов и рост мощности оборудования поднимают границу этих показателей. Так, мощные гидромолоты способны разрушить породу практически любой прочности.

Были изготовлены машины с активными рабочими органами: экскаваторы ЭКГ-5В с зубьями-пневмомолотами – Уралмаш; тракторные рыхлители, зубья которых совмещены с гидромолотами фирмы «Катерпиллер» и отечественными заводами по проектам ВНИИстройдормаш. Однако производство экскаваторов и рыхлителей такой конструкции после промышленной апробации нескольких экземпляров машин прекращено.

К перспективным видам горного оборудования следует отнести горные комбайны. Конструкция рабочих органов комбайнов разнообразна. Наибольшее распространение получили машины с рабочим органом в виде горизонтальной фрезы, которые способны разрабатывать слои породы толщиной до полуметра. Однако более технологичными являются машины, разрабатывающие торцевой забой. Один из недостатков рабочих органов в форме фрезы – залпание влажными породами пока не преодолен. Машины этого класса действительно соответствуют определению «комбайн», поскольку выполняют несколько процессов, включая выемку, погрузку и в определенной степени дробление.

Электрофизические, высокотемпературные и им подобные способы разрушения массива и негабарита пока не получают распространения в промышленности из-за «огромной сложности создания новых методов разрушения или ослабления горных пород» [3].

Процессы выемки и погрузки горных пород. Выемочные, выемочно-погрузочные и выемочно-транспортные машины предназначены для работы в различных условиях. При производстве добычных работ задача процессов – отгрузка минерального сырья с заданными характеристиками качества. Принципиально решены вопросы дистанционного управления оборудованием. Повышается селективная способность машин, точнее, их рабочих органов, и способность к усреднению состава горной массы в ковше. Последнее действие контролируется системой взвешивания породы в ковше и зависит от мастерства оператора.

Имеет особенности разработка обводненных месторождений без водопонижения. Обводненные забои способны разрабатывать различные виды оборудования, как плавучие, так и передвигающиеся по верхней сухой площадке уступа. Практически неизвестные в России рейферные снаряды, как правило, работают в сочетании со смонтированными на понтонах конвейерами. Учитывая рост требований к сохранению природного равновесия, рейферные снаряды, глубина черпания которых достигает 50 м и более, должны занять преимущественные позиции при разработке обводненных месторождений песчано-гравийных пород и песков значительной мощности. Останутся конкурентоспособными технологии с применением драглайнов, снабженных ковшами специальной конструкции, многоковшовых экскаваторов, канатных скреперов. Оборудование двух

последних видов успешно работает в сочетании с конвейерным транспортом, поскольку отлаженная система обезвоживания позволяет загружать конвейеры горной массой, не содержащей свободную воду.

Рассматривая конструкции машин для выемочно-погрузочных работ, приходится констатировать, что основное внимание машиностроители уделяют их механической части, а не конструкции ковша – органа, ради которого создается машина. Причем вес ковша, например драглайна, составляет всего 1–3% от общей массы агрегата. Характеристики разрабатываемых пород различаются, но на карьерах обычно используют единственный тип ковша, несмотря на то что даже незначительные изменения конструкции ковша дают возможность повысить производительность машины. Это наглядно подтверждают данные по разработке подвального забоя (табл. 3).

Прорывные решения в создании оборудования нового типа пока не отмечаются. Отчасти потому, что нет общепризнанной теории взаимодействия рабочего органа с породой и теории заполнения ковша, которые могут создать носители высоких технологий.

Процесс транспортирования горной массы. Традиционно функции процесса рассматривают лишь с точки зрения перемещения горной массы. Этот процесс горных работ остается самым дорогостоящим и трудоемким. Поэтому первой задачей является повышение его экономической эффективности. При добыче полезных ископаемых возникает вторая задача: поставка на перерабатывающий комплекс минерального сырья с оптимальными характеристиками качества и в заданном ритме.

На карьерах НСМ мира в середине XX в. сосуществовали различные виды транспорта. В настоящее время превалирует автотранспорт – этого специалисты несколько десятилетий назад не прогнозировали. К достоинствам автотранспорта относят относительную надежность (выбытие одной машины не останавливает технологию) и возможность оперативного регулирования качества поставляемого минерального сырья.

Снижение затрат процесса транспортировки обычно связывают с уменьшением расстояния перемещения горной массы. Поскольку в отрасли преобладают карьеры небольшой глубины, этого достигают главным образом за счет перенесения процессов переработки полезного ископаемого в контур карьера или забой. Такую возможность дают самоходные и модульные дробильно-сортировочные комплексы.

Результаты эксплуатации ковшей драглайнов при подводном черпании [4]

Показатели	Карьер, страна		
	Кошехабль, Россия	Каленая, Литва	Гралево, Белоруссия
Разрабатываемые породы	Песчано-гравийная смесь	Песчано-гравийная смесь	Взорванный доломит
Тип драглайна	Э-2503	Э-2503	ЭШ-10/70
Вместимость ковша стандартного/экспериментального, м ³	1,5/1,75	3/3,8	10/11
Длина стрелы, м	30	17,5	70
Коэффициент наполнения ковша стандартного/экспериментального	65/77	74/79	70/76
Увеличение объема породы в ковше новой конструкции, раз	1,4	1,4	1,2

Схемы с конвейерным и комбинированным транспортом сохранили свою привлекательность и продолжают внедряться как при строительстве новых, так и при реконструкции действующих карьеров. Среди таких схем наибольшее распространение при разработке скальных пород получили структуры, в которых подготовка к транспортировке горной массы конвейерами осуществляется в самоходных дробильных агрегатах, а на крупных карьерах — на стационарных и полустационарных дробильных установках.

Работа комплексов с автотранспортом без водителей принципиально решена. Но ее внедрение на карьерах средней и малой мощности в обозримом будущем едва ли окажется рентабельным.

Чтобы обеспечить поставку минерального сырья заданного состава, необходимы достоверные данные по составу полезного ископаемого и четкая система управления всеми горными процессами. При этом транспортный комплекс должен обладать способностью к усреднению горной массы. В промышленности строительных материалов применяется более 10 способов усреднения. Однако на отечественных карьерах надежные технологии усреднения, к сожалению, внедряются неохотно.

Как не до конца решенную следует отметить проблему прилипания и примерзания породы к рабочим поверхностям, а также к стенкам бункеров.

Процессы переработки горной массы. Задача: получение продукции, соответствующей стандартам. Компонентка перерабатывающего комплекса должна обеспечивать не только выпуск продукции с предусмотренными проектом характеристиками, но и возможность освоения продукции с новыми характеристиками. За последние годы произошли качественные изменения в технологии переработки горной массы. Вместо громоздких ДСЗ, на которых более половины затрат приходилось на перемещение материала между переделами, происходит массовое внедрение передвижных модульных и самоходных дробильно-сортировочных комплексов как на строящихся, так и на реконструируемых предприятиях. Однако продолжают применяться технологии с 3–4-стадийным дроблением, которые увеличивают выход отсевов дробления (до 80% отсевов не имеет сбыта). Это приводит к перерасходу минерального сырья и другим негативным последствиям.

Однако продолжают применяться технологии с 3–4 дроблением, которые увеличивают выход отсевов дробления (до 80% отсевов не имеют сбыта). Это приводит к перерасходу минерального сырья и другим негативным последствиям.

Внимание работников отрасли в основном сосредоточено на компоновочных решениях. Необходимо искать новые конструкции дробилок, которые способны

разрушать куски породы с использованием иных принципов. Одна из целей таких разработок — сократить выход отсевов дробления. В течение многих лет во ВНИПИИстромсырье изучался процесс разрушения пород (д-р техн. наук Р.А. Родин). Проведены трудоемкие лабораторные и промышленные эксперименты, которые едва ли когда-нибудь смогут повторить. На их основе выдвинута новая теория разрушения. Однако ее выводы не востребованы и не нашли воплощения в конструкциях оборудования. Работы по созданию новых измельчительных устройств были начаты также в научном центре «Курчатовский институт», но не были продолжены.

Ужесточение требований к охране природной среды заставляет изменить отношение к отходам переработки минерального сырья. Одно из направлений, как уже указывалось, сокращение выработки отсевов дробления. Актуальным остается снижение негативного влияния шламохранилищ. Кардинальные решения — исключить мокрые процессы переработки горной массы или создать систему снижения влажности материала до состояния, позволяющего его отгружать и транспортировать. Вариант получения обезвоженного продукта благодаря применению сгустителей и коагулянтов уже дает положительные результаты. Самой сложной остается переработка горной массы, засоренной глинистыми примазками и содержащей комки пластичной глины.

Кроме задач, характерных для всей горной промышленности, нужно выделить отраслевые.

1. Сокращение землеемкости, поскольку отрасль является самой землеемкой.

2. Массовое освоение техногенных месторождений, образующихся в других горных отраслях, для производства НСМ.

3. Рациональное использование создаваемых горными предприятиями техногенных образований, потому что тысячи предприятий отрасли находятся вблизи населенных пунктов.

4. Разработка теорий, которые позволят создать новые технологии и оборудование для разрушения скальных пород, разделения по крупности горной массы с различными свойствами, заполнения ковша породой и другие.

Задача на отдаленную перспективу: превращение горного предприятия в производство, управляемое из компьютерного центра.

Чтобы привлечь носителей высоких технологий к решению важнейших проблем отрасли, во многом совпадающих с проблемами других горных отраслей, необходима программа, рассчитанная на продолжительный срок исполнения. Хотя надежда на принятие такой программы, если необходимость в ней не будет поддержана профессиональным сообществом, представляется призрачной.

Необходимо отметить, что разработка качественных долгосрочных прогнозов в России становится все более затруднительной. Это показал недавний опыт создания Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года. Одна из причин – в госструктурах почти не осталось специалистов экспертного уровня. Сохранившие работоспособность работники в состоянии оценить перспективы изменения технического оснащения предприятий будущего и развития технологий. Однако в России крепнет тенденция привлекать к разработке перспективных проектов и экспертизе зарубежных специалистов. Это приводит к разнонаправленным действиям отечественной науки и производства и оказывает косвенное влияние на снижение интереса отечественных машиностроителей к созданию оригинальных машин, сменного оборудования и т. п., а не повторению известных зарубежных образцов.

Следует оценить влияние процессов глобализации и связанные с этим надежды на модернизацию отрасли. Развитые государства обладают огромным технологиче-

ским потенциалом, а Россия – ресурсным потенциалом. Логично было ожидать, что будет происходить эквивалентный обмен. Однако развитые страны неохотно идут на экспорт передовых технологий. Мы знаем многочисленные примеры передачи технологических линий, укомплектованных морально устаревшим оборудованием. Иностранцы инвесторы приходят в РФ обычно не «в форме технологически насыщенных инвестиций», а в форме займов и кредитов [5]. Сформировавшаяся неблагоприятная тенденция подтверждает необходимость разработки национальных проектов развития отрасли на основе стратегии научно-технического прогресса. Однако этими вопросами государственные структуры пока не озабочены, хотя события последних месяцев показали, что положение различных отраслей народного хозяйства страны уязвимо.

В статье сформулированы некоторые положения, связанные с прогнозированием совершенствования техники и технологии производства НСМ. Хочется узнать мнение специалистов по затронутым вопросам. Откликнитесь, коллеги!

Список литературы

1. Ущеров-Маршак А.В. Взгляд в будущее бетона // *Строительные материалы*. 2014. № 3. С. 4–5.
2. Kevin Yanik Aggregates sales forecast to rise nearly 6 percent annually. Pit & Quarry. February, 2014, pp. 6–10.
3. Кутузов Б.Н. Проблемы взрывного разрушения скальных пород в горной промышленности // *Горный журнал*. 1997. № 10. С. 31–33.
4. Буткевич Г.Р. Проблемы разработки обводненных месторождений // *Строительные материалы*. 2003. № 7. С. 12–13.
5. Кондратьев В.Б. Минерально-сырьевые ресурсы как фактор экономического роста и глобальной конкурентоспособности // *Горная промышленность*. 2014. № 1. С. 6–10.

References

1. Ucherov-Marsak A.V. Looking into the future concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 3, pp. 4–5. (In Russian).
2. Kevin Yanik Aggregates sales forecast to rise nearly 6 percent annually. Pit & Quarry. February, 2014, pp. 6–10.
3. Kutuzov B.N. Problems explosive destruction of rocks in mining. *Gornyi zhurnal*. 1997. No. 10, pp. 31–33. (In Russian).
4. Butkevich G.R. Problems of development of irrigated fields. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 7, pp. 12–13. (In Russian).
5. Kondrat'ev V.B. Mineral resources as a factor of economic growth and global competitiveness. *Gornaya promyshlennost'*. 2014. No. 1, pp. 6–10. (In Russian).



ИНТА-СТРОЙ

ООО «ТД «ИНТА-СТРОЙ», 644113, Омск, ул. 1-я Путевая, 100
Тел.: (3812) 35 65 44, 35 65 45. E-mail: info@inta.ru. Http: www.inta.ru

**ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ»
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ДВУХМОДУЛЬНЫЙ
ПИТАТЕЛЬ «БАЗИС» ШЛ 523**



Назначение

- Предварительное рыхление и измельчение сырья.
- Весовое дозирование подаваемого сырья.

Преимущества:

- одновременное рыхление, измельчение и подача сырья;
- независимое от величины загрузки точное весовое дозирование;
- широкий спектр регулирования производительности за счет модульного построения;
- фторопластовая футеровка бункера (нет налипания);
- компактность и удобство обслуживания и монтажа.

Основные характеристики:

- производительность до, т/ч – 50;
- установленная мощность, кВт – 16;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 4000, 3550, 4800;
- масса, кг – 7000.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

В.Ю. ЧУХЛАНОВ, д-р техн. наук (vladsilan@mail.ru), О.Г. СЕЛИВАНОВ, инженер,
Т.А. ТРИФОНОВА, д-р биол. наук

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых (600000, г. Владимир, ул. Горького, 87)

Поливинилацетатные связующие материалы, модифицированные алкоксисиланом

Рассматриваются вопросы повышения эксплуатационных характеристик, в том числе влагостойкости, поливинилацетатных связующих за счет модификации их кремнийорганическими соединениями – алкоксисиланами, в частности тетраэтоксисиланом. Рассмотрен механизм взаимодействия тетраэтоксисилана с полимерным связующим, изучены зависимости изменения свойств поливинилацетатного связующего от концентрации вводимого в композицию тетраэтоксисилана. Показано, что введение в поливинилацетатную композицию тетраэтоксисилана в количестве 20–25% значительно повышает адгезионные характеристики и водостойкость связующего материала. Учитывая, что тетраэтоксисилан обладает токсичностью, проведены исследования по определению индекса токсичности разработанных полимерных материалов, модифицированных кремнийорганическим соединением. Исследования показали, что разработанные материалы с содержанием ТЭОС в поливинилацетатном связующем в количестве 20–25% малотоксичны.

Ключевые слова: поливинилацетатное связующее, модификатор тетраэтоксисилан, индекс токсичности.

V.Yu. CHUKHLANOV, Doctor of Sciences (Engineering) (vladsilan@mail.ru), O.G. SELIVANOV, Engineer, T.A. TRIFONOVA, Doctor of Sciences (Biology) Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (87, Gorky Street, 600000 Vladimir, Russian Federation)

Polyvinyl-Acetate Binding Materials Modified with Alkoxysilane

Issues of improving operation characteristics, including moisture resistance, of polyvinyl-acetate binders due to their modification with organo-silicone compounds – alkoxysilanes, tetraethoxysilane among others - are considered. The mechanism of interaction of tetraethoxysilane with a polymer binder is considered; dependences of changing the properties of a polyvinyl-acetate binder on the concentration of tetraethoxysilane introduced into the composition are studied. It is shown that the introduction of 20–25% of tetraethoxysilane in the polyvinyl-acetate composition significantly improves the adhesion characteristics and moisture resistance of the binding material. Taking into account that tetraethoxysilane is toxic, research in determining the toxic index of developed polymer materials modified with an organo-silicone compound has been conducted. The research shows that developed materials with 20–25% of tetraethoxysilane in the polyvinyl-acetate binder have low toxicity.

Keywords: polyvinyl-acetate binder, tetraethoxysilane modifier, index of toxicity.

Поливинилацетатные полимерные материалы в виде водных эмульсий находят значительное применение в строительной отрасли. Основное применение поливинилацетата – различные клеевые составы для строительных работ, лакокрасочные материалы, добавки в штукатурку, полимербетонные материалы [1, 2]. Это связано с хорошими адгезионными характеристиками ко многим материалам, сравнительно невысокой стоимостью и малой токсичностью. Однако существенный недостаток поливинилацетатных связующих – небольшая устойчивость к воздействию неблагоприятных внешних факторов таких как влага, УФ-излучение. Известно, что повысить влагостойкость полимеров можно введением кремнийорганических соединений. В ранее приведенных работах были рассмотрены вопросы модификации кремнийорганическими соединениями сополимеров стирола [3, 4], однокомпонентных и двухкомпонентных полиуретанов [5].

В представленной работе рассматриваются вопросы повышения эксплуатационных характеристик поливинилацетатных связующих кремнийорганическими соединениями – алкоксисиланами.

При проведении исследований в качестве связующего использовали поливинилацетат (ПВА), в качестве модификатора наиболее распространенный алкоксисилан – тетраэтоксисилан (ТЭОС).

При проведении исследований выполняли: ИК-спектроскопию образцов полимерных пленок на Фурье-спектрометре ФСМ-1201; определение твердости – маятниковым прибором М-3; определение адгезии – строительным адгезиметром ПСО; индекса токсичности – на приборе Биотокс-10М.

На первом этапе исследований изучали механизм взаимодействия поливинилацетата и тетраэтоксисила-

на. В процессе смешивания ПВА и ТЭОС наблюдается равномерное распределение последнего в композиции. С учетом того, что среда ПВА кислая (рН 6–6,2), с большой степенью вероятности следовало ожидать процесс гидролиза ТЭОС, вплоть до диоксида кремния, что сопровождается как образованием водородных связей между полимером и продуктами гидролиза, так и возможным химическим взаимодействием вследствие наличия реакционноспособных групп [6, 7].

Проведенные ИК-спектроскометрические исследования показали, что в целом химических взаимодействий не происходит. Не было установлено изменений и смещений областей поглощения в смеси по сравнению с исходными компонентами. Можно сделать вывод, что явного химического взаимодействия между ПВА и ТЭОС не наблюдается.

На следующем этапе была исследована твердость образующихся полимерных пленок. Можно предположить, что продукты гидролизованного ТЭОС в виде микроскопических частиц, играющих роль специфического наполнителя, будут изменять твердость покрытия. Результаты исследований приведены на рис. 1. Как и предполагали, введение в поливинилацетат тетраэтоксисилана в количестве 10% приводит к небольшому повышению условной твердости (относительно твердости стекла). Это, вероятно, связано как с процессами сшивки в композиции, так и с появлением в ней сильногидролизованных частиц ТЭОС. Однако при дальнейшем введении пластификатора в количестве 20% и более наблюдается резкое падение условной твердости. Вероятно, это связано с тем, что избыток частично гидролизованного ТЭОС начинает выступать в качестве пластификатора. Что касается кинетики, характер отверждения модифицированного и немодифициро-

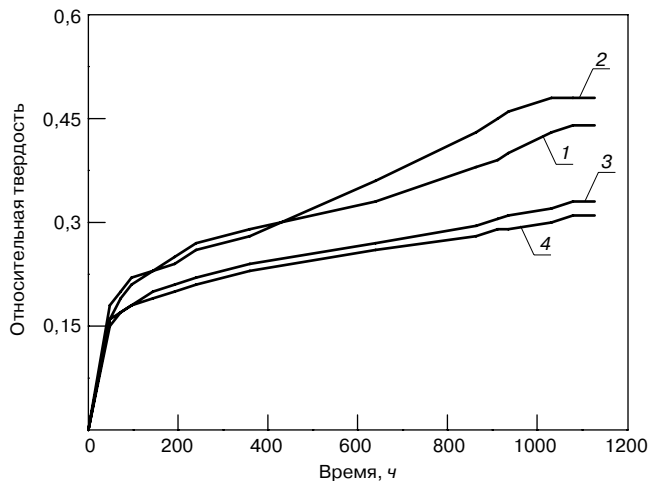


Рис. 1. Зависимость относительной твердости композиций от времени отверждения и содержания ТЭОС: 1 – 0%; 2 – 10%; 3 – 20%; 4 – 30%

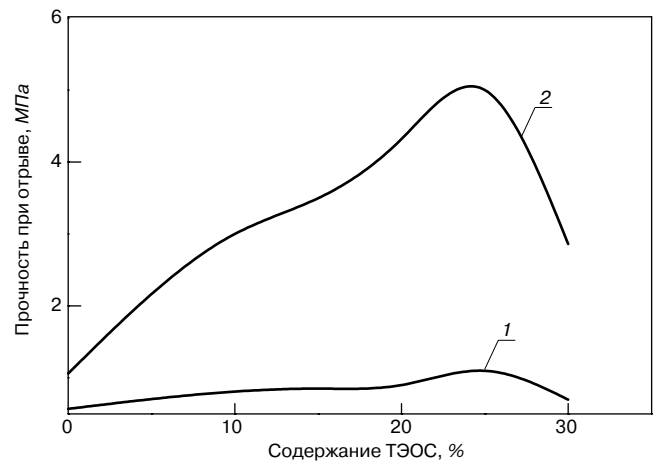


Рис. 2. Зависимость прочности при отрыве от содержания модификатора: 1 – от стальной подложки; 2 – от стеклянной подложки

ванного ПВА примерно одинаков. В первые 200 ч условная твердость резко возрастает, затем в промежутке 400–1000 ч рост твердости менее значительный, после чего практически не меняется.

Исследование адгезионных характеристик проводили в соответствии с методикой путем отрывания стальных цилиндров от стальной и стеклянной подложек с нанесенным на них связующим (рис. 2).

Причиной улучшения адгезии композиции на основе ПВА при добавлении ТЭОС является образование сшивок и связей по донорно-акцепторному механизму. В случае испытания на стекле значительное увеличение адгезии можно объяснить следующим: ТЭОС взаимодействует с поверхностными силанольными группами стекла, в результате чего на поверхности стекла образуется сплошное мономолекулярное полимерное покрытие. Также причиной могло послужить образование водородных связей из-за большого количества водорода при третичных атомах. Проведенные исследования показали, что оптимальное соотношение модификатора в полимере, необходимое для повышения адгезии к используемым материалам, составляет 20–25%. При дальнейшем повышении концентрации ТЭОС в композиции прочность при отрыве снижается.

Исследование водостойкости полимерных покрытий проводили по следующей методике: составы, нанесенные на стеклянную подложку, погружали в контейнеры с дистиллированной водой и выдерживали при комнатной температуре в течение трех суток. После извлечения образцов из воды было установлено, что немодифицированный образец не выдерживает воздействия влаги. Произошло набухание покрытия и его отрыв от подложки. При введении 10% ТЭОС наблюдалось повышение устойчивости к воздействию влаги, но в то же время такого количества модификатора оказалось недостаточно для сохранения целостности поверхности (появление деформационных складок). С повышением концентрации до 20% деформационные складки исчезли и отрыва пленки от подложки не происходило. Это связано с тем, что кремнийорганические соединения имеют молекулы, условно состоящие из двух частей. Одна часть является гидрофильной полярной силоксановой группой, обладающей кремний-кислородными связями, она способна вступать во взаимодействие с влагой и реакционноспособными частицами воды. Кремний-кислородные связи ориентируются к поверхности частиц. Другая часть является гидрофобной, с неполярными углеводородными радикалами, связан-

ными с кремнием и не растворимыми в воде. Таким образом, можно объяснить повышение устойчивости к действию влаги.

Образцы разработанных полимерных пленок, полученные модификацией поливинилацетатного связующего тетраэтоксисилоном, помимо наличия комплекса эксплуатационных свойств, должны соответствовать и экологическим требованиям безопасности. С этой целью были проведены исследования по определению индекса токсичности разработанных полимерных пленок. Исследования проводили в соответствии с методикой определения токсичности полимерных материалов с помощью биотеста Эколюм на приборе Биотокс-10М (Методические рекомендации Московского государственного университета № 01.018–07). Работа прибора Биотокс-10М основана на технологии быстрого экологического контроля интегральной токсичности, когда используется микробный сенсор Эколюм (ТУ-2639-236-00209792–01), реагирующий изменением спонтанной биолюминесценции на наличие в анализируемых пробах токсических веществ различной химической природы. Образцы полимерных пленок помещали в бюксы и заливали пятикратным объемом (5 мл на 1 г образца) дистиллированной воды (рН 7–7,3), выдерживали в течение 24 ч. Индекс токсичности для образцов пленок, содержащих модификатор ТЭОС в количестве 15–25%, оказался в пределах 15–18 единиц, что соответствует допустимой степени токсичности образцов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что оптимальное содержание тетраэтоксисилана в полимере, необходимое для повышения эксплуатационных свойств, составляет 20–25%. При этом резко возрастает адгезия к силикатным материалам. Одновременно возрастает и водостойкость связующего материала. Это позволяет широко использовать разработанное полимерное связующее в строительной отрасли в качестве лакокрасочных композиций, клеевых и пропиточных составов, штукатурных материалов, в полимербетонах, при этом его можно рекомендовать к применению как экологически безопасное и не наносящее ущерб окружающей среде.

Список литературы

1. Терешко А.Е., Голиков И.В., Краснобаева В.С., Индейкин Е.А. Поливинилацетатные лакокрасоч-

- ные материалы, модифицированные водными парафиновыми дисперсиями // *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология*. 2006. Т. 49. № 3. С. 67–69.
- Новиков В.Т., Князев Ал.С., Князев Ан.С. и др. Модификация поливинилацетатной дисперсии глиоксалем для получения защитных покрытий и клеев // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2012. № 10. С. 32–33.
 - Chukhlanov V.Yu. and Ionova M. Water Repellent Polymer Coating Based on Oligopiperillenesstyrene and Alkoxysilane // *American Journal of Polymer Science*. 2013. Vol. 3. № 1, pp. 1–5.
 - Кислова Ю. Российский рынок дисперсий ПВА // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2011. № 1–2. С. 8–9.
 - Чухланов В.Ю., Усачева Ю.В., Селиванов О.Г., Ширкин Л.В. Новые лакокрасочные материалы на основе модифицированных пипериленистирольных связующих с использованием гальваношлама в качестве наполнителя // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2012. № 12. С. 52–55.
 - Чухланов В.Ю., Ионова М.А. Полиуретановое покрытие, модифицированное алкоксисиланом с повышенными эксплуатационными свойствами // *Строительные материалы*. 2012. № 4. С. 60–61.
 - Peresin M., Vesterinen A., Habibi Y. and all. Crosslinked PVA nanofibers reinforced with cellulose nanocrystals: Water interactions and thermomechanical properties // *Journal of Applied Polymer Science*. 2014. № 11, pp. 27–32.

References

- Tereshko A.E., Golikov I.V., Krasnobaeva V.S., Indeikin E.A. PVA paints, wax dispersions modified water. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. 2006. Vol. 49. No. 3, pp. 67–69. (In Russian).
- Novikov V.T., Knyazev Al.S., Knyazev An.S. ets. Modification of PVA dispersion glyoxal to produce coatings and adhesives. *Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie*. 2012. No. 10, pp. 32–33 (In Russian).
- Chukhlanov V.Yu. and Ionova M. Water repellent polymer coating based on oligopiperillenesstyrene and alkoxysilane. *American Journal of Polymer Science*. 2013. Vol. 3. No. 1, pp. 1–5.
- Kislova Yu. Russian market dispersions PVA. *Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie*. 2011. No. 1–2, pp. 8–9. (In Russian).
- Chukhlanov V.Yu., Usacheva Yu.V., Selivanov O.G., Shirkin L.V. New coating materials based on modified binders piperilensstirolnyh using galvanic slimes as a filler. *Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie*. 2012. No. 12, pp. 52–55. (In Russian).
- Chukhlanov V.Yu., Ionova M.A. Alkoxysilane modified polyurethane coating with improved performance properties. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 4, pp. 60–61. (In Russian).
- Peresin M., Vesterinen A., Habibi Y. and all. Crosslinked PVA nanofibers reinforced with cellulose nanocrystals: Water interactions and thermomechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 2014. No. 11, pp. 27–32.



19. **ibausil**
16–18.09.2015
Weimar

**Институт строительных материалов им. Ф.А. Фингера (FIB)
университета Bauhaus-Universität г. Веймар (Германия)
организует 19-й Международный конгресс по строительным материалам**

г. Веймар (Германия)

IBAUSIL

16–18 сентября 2015 г.

Международный конгресс по строительным материалам IBAUSIL проводится в г. Веймаре с 1964 г. и за это время стал авторитетным форумом для научного обмена между исследователями университетов и промышленных предприятий с востока и запада.

Основные темы конгресса:

- Неорганические вяжущие вещества;
- Стеновые строительные материала / содержание
- Бетоны и долговечность бетонов;
- сооружений / переработка материалов.

Официальные языки конференции – немецкий, английский

Заявки об участии с докладами в конгресс принимаются до 1 ноября 2014 г.

Подробности Вы найдете на сайте: www.ibausil.de

www.ibausil.de

www.ibausil.de

www.ibausil.de

www.ibausil.de

УДК 591.513

В.С. ГРЫЗЛОВ, д-р техн. наук

Череповецкий государственный университет (162600, Череповец, пр. Луначарского, 5)

Компетентностно-модульный подход при подготовке бакалавров строителей

Представлена методология компетентностно-модульного подхода при подготовке бакалавров по направлению «Строительство». Разработаны функциональная и компетентностные карты, являющиеся основой формирования образовательных программ и учебных планов. Предложен проект кредитно-модульной образовательной программы для Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) направления 080301. Определена главная цель модульного обучения – создание гибких образовательных структур как по содержанию, так и по организации обучения, гарантирующих удовлетворение потребности, имеющейся в данный момент у человека и определяющих вектор нового, возникающего интереса. Таким образом, прагматическая модель компетенций будущего специалиста определяет научно-знаниевую модель образовательного процесса, демонстрирует участие учебных модулей в трансформации поуровневых способностей и является основой для разработки образовательных программ подготовки бакалавров по направлению «Строительство».

Ключевые слова: компетенции, кредитно-модульная система, бакалавр, строительство.

V.S. GRYZLOV, Doctor of Sciences (Engineering), Cherepovets State University (5, Lunacharskogo Street, 162600, Cherepovets, Russian Federation)

Competency-Module Approach in the Course of Training of Bachelor-Builders

The methodology of the competency-module approach, when training bachelors in the field of construction, is presented. Functional and competency charts which are the basis of formation of educational programs and training plans have been developed. A project of a credit-module educational program for Federal state educational standards for higher education (FGOS VO), direction 080301 is proposed. The main purpose of module education is the creation of educational structures flexible both in content and organization of training which guarantee the satisfaction of the requirement of a person and determine the vector of the new emerging interest. Thus, the pragmatic model of competences of the future specialist determines the scientific-knowledge model of educational process, demonstrates the participation of training modules in the transformation of tiered abilities and is a basis for development of educational programs of bachelors training in the field of construction.

Keywords: competences, credit-module system, bachelor, construction.

Основная цель любой методологии процесса обучения – повышение качества образования и, как следствие, повышение востребованности и конкурентоспособности выпускника вуза.

Рыночные отношения заставляют работодателя повышать требования при реализации кадровой политики, глубоко и детально анализировать профессиональные возможности потенциальных работников. Поэтому сегодняшние программы высшего образования наряду с традиционно серьезной фундаментальной подготовкой должны существенно наполняться прагматической реальностью, т. е. быть нацелены на приобретение выпускником вуза профессиональных компетенций, способствующих более быстрому развитию профессионального мышления. Иными словами, приобретать практико-ориентированный характер.

Главный смысл новой парадигмы образования: **прагматическая модель компетенций будущего специалиста должна определять научно-знаниевую модель обучения.**

Плохо это или хорошо?! В условиях практически всеобщего высшего образования прагматический подход оправдан, но только на первом уровне – бакалавриате. Элитная масса специалистов – двигателей технического прогресса, подготовка которых осуществляется на втором уровне – магистратуре, должна подчиняться фундаментально-нацеленному принципу. Только в таком структурном варианте суть российского образования (фундаментальность, широта, престижность и т. п.) может всячески сохраняться и оберегаться. В целом экономика будет иметь массово подготовленных и ориентированных линейных работников – хорошо думающих исполнителей и ведущих творчески мыслящих специалистов – идеологов инновационного развития отраслей.

Кредитно-модульная система обучения на уровне бакалавриата – это гибкая стратегия формирования профессионально-отраслевого мышления как функция

удовлетворения требований работодателей в сложившейся региональной отраслевой политике.

В магистратуре кредитно-модульная система вряд ли необходима, так как в ней действует принцип творческого обобщенного анализа последних научно-технических достижений в одном из профилей отрасли, а также результаты деятельности научной школы, на базе которой магистр проходит обучение. **По сути там, где нет научной школы, не должно быть магистратуры, как и аспирантуры, в принципе!** [1]

В строительстве как системообразующей отрасли по обеспечению безопасности жизнедеятельности для эффективного выполнения производственных функций нужна не только сумма знаний, но еще и сумма профессиональных и личностных качеств. Основным вектором организации такого педагогического процесса является формирование профессионально-компетентного выпускника вуза, способного решать различные задачи, в том числе с высокой степенью инновационной доминанты в профессиональной деятельности. Таким образом, идея практико-ориентированного образования – один из ответов системы образования на социальный заказ. Работа над компетенциями – это путь, которым системы образования во всем мире пытаются прийти к преодолению разрыва между результатами образования и современными требованиями жизни.

Центральный аспект компетенции – способность осуществлять какую-либо деятельность, как привычную, так и новую, на основе органического единства знаний, умений, опыта, отношений и т. д. В современной международной теории и практике понятие компетенции понимается следующим образом: **компетенция – способность применять знания, умения, отношения и опыт в знакомых и незнакомых ситуациях.**

Однако прежде чем определять набор компетенций, необходимо четко представлять функциональную карту

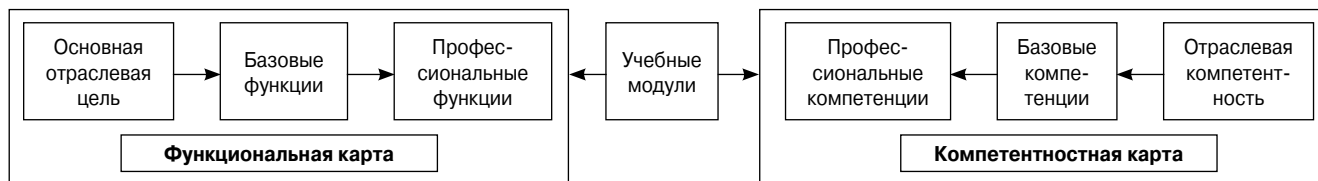


Рис. 1. Схема взаимосвязи профессиональных функций и компетенций

формирования профессиональной готовности будущих бакалавров техники и технологии. Основные универсальные функции данных специалистов приведены в табл. 1.

В общем виде функциональная карта должна разрабатываться в профессиональных отраслевых стандартах, о необходимости которых говорят последние десять лет. Профессиональные стандарты должны задавать систему показателей, позволяющих установить степень соответствия деятельности работников, существующим требованиям рынка труда, и представлять собой набор типовых профессиональных функций, свойственных той деятельности, которую человек осуществляет в рамках конкретной профессии. Выполнению профессиональных функций должно способствовать приобретение и развитие профессиональных компетенций, которые в целом формируют компетентность данного работника.

Характеризуя различные грани основных понятий компетентностного подхода, российские и зарубежные ученые отмечают, что компетентность – мера соответствия знаний, умений и опыта лиц определенного социально-профессионального статуса, реальному уровню сложности выполняемых ими задач и решаемых проблем. Компетентность включает в себя личностные качества работника, обеспечивающие его способность приносить реальный экономический эффект (результат профессиональной деятельности), – этим термин «компетентность» отличается от близкого ему термина «квалификация», характеризующего одни лишь профессиональные знания и умения специалиста.

Исходя из этого компетентность специалиста проявляется в его будущей профессиональной деятельности при наличии комплекса компетенций; в отличие от знаний, умений и навыков, которые всегда «хранятся» в готовом к использованию виде, компетентность «собирается» лишь в момент ее реализации, т. е. в ответ на ситуацию.

Следовательно, прагматическая цель компетентностного подхода в обучении – формирование комплекса компетенций как персонального «ресурсного пакета» специалиста, необходимого для реализации его профессиональной компетентности.

Таким образом, в Федеральном государственном образовательном стандарте (ФГОС ВО) необходимо представлять всю схему взаимосвязи профессиональных функций и компетенций (рис. 1). Для обеспечения этой взаимосвязи образовательная организация проектирует образовательную программу и самостоятельно определяет набор модулей (учебных дисциплин) в объеме, установленном данным ФГОС ВО, с учетом соответствующих примерных основных образовательных программ.

Представленная на рис. 1 схема состоит из трех блоков: функциональной карты, компетентностной карты, учебных модулей.

Структура функциональной карты представляет требования работодателей, которые должны быть изложены в профессиональном стандарте. Иными словами, это задачи, которые должны решаться в ходе освоения образовательной программы. Функциональная карта включает:

Таблица 1

Основные универсальные функции специалистов в области техники и технологии

Название универсальной функции	Содержание
Функция общекультурной и профессиональной этики	Связана с познавательной, гражданско-общественной, социально-трудовой, культурно-досуговой и бытовой деятельностью
Функция нормативных общетехнических знаний	Представляет научный фундамент для проведения исследовательского анализа и технического прогнозирования, системного проектирования и концептуального технологического регулирования производства
Функция анализа и технического прогнозирования	Направлена на выяснение технических противоречий и потребностей производства
Функция исследовательской инженерной деятельности	Состоит в поиске принципиальной схемы технологического процесса, способе «вписать» намеченную к разработке задачу в рамки законов естественных и технических наук
Функция конструкторская	Совокупность известных технических методов и элементов, которая обладает новыми функциональными свойствами, качественно отличается от всех прочих
Функция проектирования	Техническая идея приобретает свою окончательную форму в виде чертежей рабочего проекта, что само по себе завершает период инженерной подготовки производства
Функция технологическая	Связана с соединением технических процессов с трудовыми, чтобы в результате взаимодействия людей и техники затраты времени и материалов были минимальны, а техническая система работала продуктивно
Функция регулирования производства	Непосредственно на месте организовать труд рабочего с трудом других и подчинить совместную деятельность работников решению конкретной технической задачи
Функция эксплуатации и ремонта оборудования	Отладка и техническое обслуживание машин, автоматов, технологических линий, контроль за режимом их работы
Функция инвестиционно-экономическая	Заключается в постоянном анализе и планировании экономических результатов, увеличении эффективности производства и укреплении ее позиций на рынке

Функциональная карта направления 080301 «Строительство».

Основная цель профессии – созидательная, творческая, комплексная работа по формированию основных фондов государства (зданий, сооружений, транспортных энергетических коммуникаций и пр.)

Базовые универсальные функции	Профессиональные функции
1. Общекультурной и профессиональной этики	1.1. Познавательная деятельность, основанная на усвоении и приобретении знаний из различных источников информации 1.2. Гражданско-общественная и социально-трудовая позитивность 1.3. Полезная культурно-досуговая деятельность и здоровый образ жизни
2. Общетехнической нормы знаний	2.1. Знание основных положений естественнонаучных дисциплин и использование их на практике 2.2. Информационно-математическое и пространственное мышление 2.3. Знание основ техники безопасности и методов защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
3. Исследовательской деятельности и технического прогнозирования*	3.1. Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности 3.2. Подготовка данных в установленной форме для составления обзоров, отчетов, научных и иных публикаций 3.3. Участие в проведении экспериментов по заданным методикам, составление описания проводимых исследований и систематизация результатов 3.4. Реализация мер экологической безопасности
4. Проектно-конструкторская**	4.1. Сбор и систематизация информационных и исходных данных для проектирования зданий, сооружений, комплексов, транспортной инфраструктуры, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест 4.2. Расчетные обоснования элементов строительных конструкций зданий, сооружений и комплексов, конструирование деталей и узлов с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования 4.3. Подготовка проектной и рабочей технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ 4.4. Использование стандартных пакетов автоматизации проектирования и исследований 4.5. Обеспечение соответствия разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, нормам и правилам, техническим условиям и другим исполнительным документам
5. Технологическая	5.1. Участие в выполнении инженерных изысканий для строительства и реконструкции зданий и сооружений 5.2. Организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования 5.3. Контроль за соблюдением технологической дисциплины 5.4. Обслуживание технологического оборудования и машин 5.5. Организация метрологического обеспечения технологических процессов, использование типовых методов контроля качества строительства, выпускаемой продукции, машин и оборудования 5.6. Участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки строительства, производства строительных материалов, изделий и конструкций, изготовления машин и оборудования 5.7. Обеспечение правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием
6. Организации и регулирования производства	6.1. Составление технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам 6.2. Выполнение работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов 6.3. Исполнение документации системы менеджмента качества предприятия 6.4. Проведение организационно-плановых расчетов по реорганизации производственного участка 6.5. Разработка оперативных планов работы первичного производственного подразделения 6.6. Составление отчетов по выполненным работам, организация участия во внедрении результатов исследований и практических разработок 6.7. Организация работы малых коллективов исполнителей, планирование работы персонала и фондов оплаты труда
7. Эксплуатации и ремонта оборудования	7.1. Организация профилактических осмотров и текущего ремонта 7.2. Монтаж, наладка, испытания и сдача в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием 7.3. Опытная проверка оборудования и средств технологического обеспечения 7.4. Приемка и освоение вводимого оборудования 7.5. Составление инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний
8. Инвестиционно-экономическая	8.1. Проверка технического состояния и остаточного ресурса строительных объектов, оборудования 8.2. Проведение анализа затрат и результатов деятельности производственного подразделения 8.3. Использование общеправовых, экономических знаний, применение методов менеджмента и маркетинга 8.4. Составление заявок на оборудование и запасные части, подготовка технической документации на ремонт.
* Базовая функция № 3 представлена объединенной из двух универсальных (3, 4), табл. 1.	
** Базовая функция № 4 также объединяет универсальные функции 5, 6 табл. 1. Такое объединение базовых функций в программе бакалавриата возможно и предполагает их более детальное представление в программе магистратуры.	

Основные интегральные компетенции специалистов в области техники и технологии

Название интегральной компетенции	Содержание
Интеллектуально-этическая	Качества, составляющие совокупность представлений об истории искусств, их становлении и развитии, умения анализировать социальнозначимые проблемы и процессы и быть готовым к социальному взаимодействию на основе принятых в обществе моральных и правовых норм
Корпоративная	Деловые и личные качества, которые должны быть присущи каждому будущему сотруднику компании вне зависимости от занимаемой должности и содержания деятельности, основаны на восприятии ценностей, традиций, стилей управления, характерных для организационной культуры компании
Управленческая	Способности и личные качества, составляющие совокупность умений и навыков, которые необходимы руководителям для успешного достижения бизнес-целей
Научно-техническая	Умение использовать приобретенные фундаментальные знания, навыки и способы для продуктивного и качественного решения профессиональных задач
Экспертно-аналитическая	Склонность анализировать и выявлять существенные связи и отношения между различными элементами информации
Проектно-конструкторская	Проявляются в осознании смысла и значимости проектно-конструкторской деятельности, во владении специальными проектно-конструкторскими знаниями и умениями, обоснованном выборе и оптимизации проектных решений в случае их многовариантности
Технологическая	Способность аккумулировать и систематизировать знания, умения, навыки, направленные на выбор техники и технологических параметров в рамках решения конкретных технико-технологических задач с учетом экологических, ресурсо- и энергосберегающих подходов, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности
Организационная	Умения, необходимые для разработки организационных моделей производства и управления трудовыми коллективами на основе сбалансированных технологических процессов и операций
Сервисно-эксплуатационная	Способность планировать и выполнять мероприятия, связанные с эксплуатацией и сервисным обслуживанием технико-технологического оборудования с минимальным расходом эксплуатационных материалов и энергетических ресурсов
Инвестиционно-экономическая	Умение ориентироваться в вопросах экономического управления, понимая инвестиции как субъект этого управления, как на микро-, так и на макроуровнях любых экономических систем

- описание основной цели профессии;
- описание базовых функций (профессиональных задач), составляющих данную профессию;
- описание профессиональных функций, являющихся производными от базовых функций.

При отсутствии профессиональных стандартов функциональную карту можно составить, используя ФГОС ВО, где в разделе «характеристика профессиональной деятельности выпускников программ бакалавриата» приведен примерный перечень видов этой деятельности. По аналогии с табл. 1 их можно принять за базовые и профессиональные функции.

На основе ФГОС ВО направления 080301 разработан проект функциональной карты строительной отрасли (табл. 2).

Следует подчеркнуть, что в процедуре описания основной цели и профессиональных функций обязательно должны принимать участие специалисты строительной отрасли.

Структура компетентностной карты представляет условные «ответы», которые являются сутью решения задач (профессиональные функции) в процессе освоения образовательной программы. Эти ответы как приобретаемые выпускником вуза компетенции разрабатываются вузовским сообществом, согласуются с профессиональным сообществом и фиксируются в ФГОС ВО.

Для эффективной профессиональной и личностной самореализации в современную эпоху требуются не только профессиональные компетенции, но и универсальные: социальные, экономические, коммуникативные и экологические, компетенции в области информационных и коммуникационных технологий, научно-технические и др., которые сопровождают практически все виды профессиональной деятельности в области строительства. Основные интегральные компетенции специалистов техники и технологии могут быть сформулированы следующим образом (табл. 3).

В практике разработки ФГОС ВО по отраслевым направлениям выделяют ключевые компетенции, которые можно принимать как образовательные блоки: общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные. Ключевые компетенции включают набор компетенций, которые можно систематизировать по принципу интегральной классификации и создавать структуру базовых компетенций. В соответствии с этим принципом предложенные в ФГОС ВО направления 080301 «Строительство» (раздел «Требования к результатам освоения программ бакалавриата по направлению») компетенции систематизированы и составлена компетентностная карта (табл. 4). **Компетентность – совокупность профессионально и лично значимых качеств, технологическая грамотность, высокая степень адаптации к меняющимся условиям работы, профессиональный опыт в проектировании и конструировании зданий и сооружений, организации работы на строительной площадке, его накопление и совершенствование в процессе профессиональной подготовки и производственной деятельности.**

Компетентностная карта включает:

- профессионально-отраслевую компетентность;
- ключевые и базовые компетенции (интегрированная классификация);
- универсальные (общекультурные, общепрофессиональные) и профессиональные компетенции.

Анализ функциональной и компетентностной карт показывает хорошую идентичность и смысловое совпадение профессиональных функций и компетенций.

В общем виде универсальность образовательного процесса базируется на теории поуровневого обучения и балансовом методе проектирования образования, т. е. закономерной последовательности усвоения знаний должно соответствовать обоснованное проектирование обучающих технологий, а также точный расчет дидактических приемов, способствующих оптимизации обу-

6-й курс Уровень углубленных знаний и умений	МАГИСТР – профильное отраслевое образование (вторая академическая степень)			Способность решения прикладных задач специализированной профессиональной направленности (5)
4-й курс Уровень знаний и навыков	БАКАЛАВР – базовое отраслевое образование (первая академическая степень)		Способность выбора и определения концептуальных отраслевых решений (4)	
3-й курс Уровень воспроизведения		Способность решения экспериментально-теоретических задач отраслевой направленности (3)		
2-й курс Уровень узнавания		Способность обобщения научных принципов в структурную модель изучаемой предметной области (2)		
1-й курс Уровень представления	Способность дать оценку выбора направления своего обучения (1)			
	ОСНОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ	ОСНОВЫ ОТРАСЛЕВОГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «СТРОИТЕЛЬСТВО»	ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОФИЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «СТРОИТЕЛЬСТВО»	

Рис. 2. Концептуальная схема формирования уровней способностей студента по направлению «Строительство»

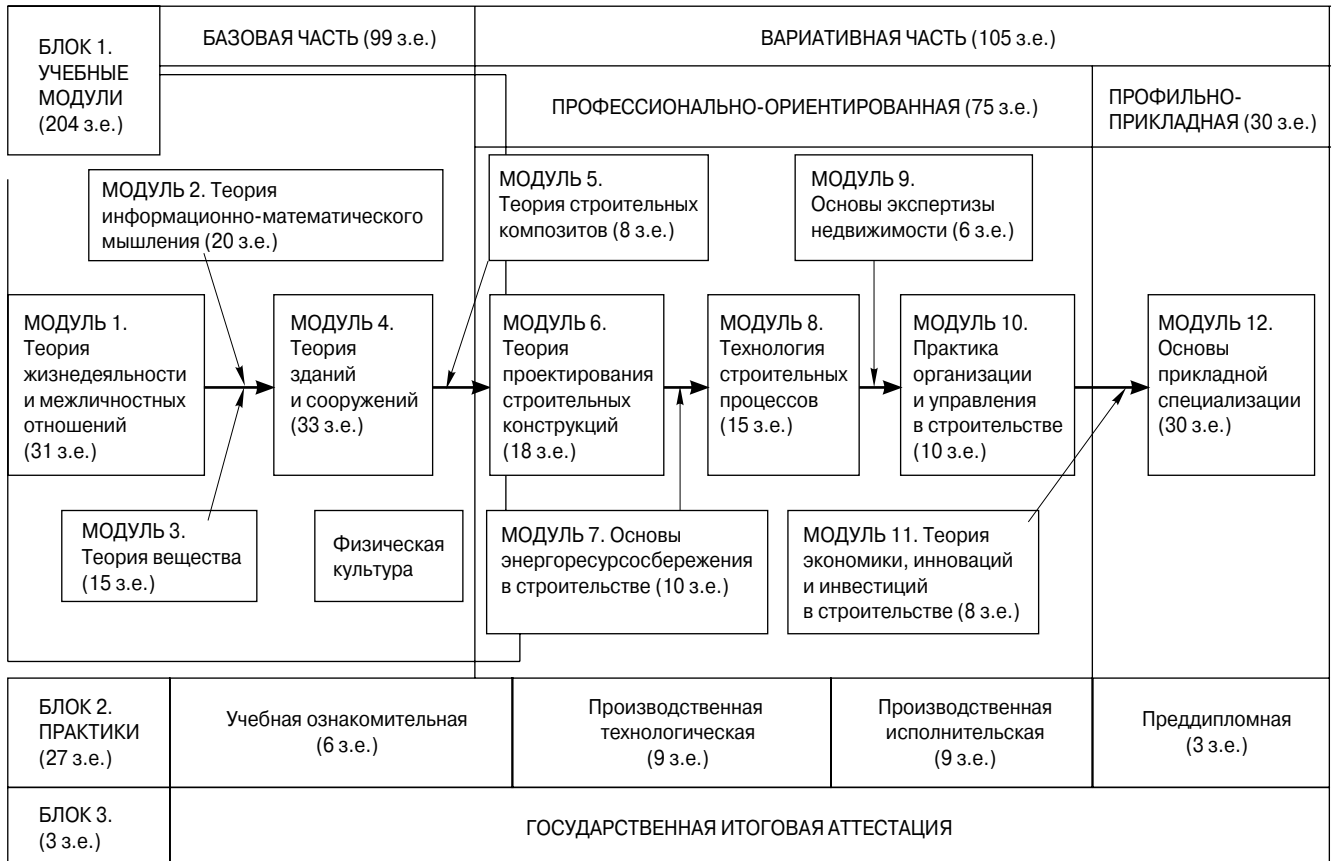


Рис. 3. Проект кредитно-модульной структуры ООП по направлению 080301 «Строительство»

Компетентностная карта по направлению 080301 «Строительство»

Базовые компетенции	Профессиональные компетенции
1. Интеллектуально-корпоративные	(ОК-1) Способность использовать основы философских знаний, анализировать главные этапы и закономерности исторического развития для осознания социальной значимости своей деятельности
	(ОК-2) Способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции
	(ОК-4) Способность использовать общеправовые знания в различных сферах деятельности
	(ОК-5) Способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия
	(ОК-6) Способность работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	(ОК-7) Способность к самоорганизации и самообразованию, умение критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков
	(ОК-8) Способность использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
	(ОК-9) Способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
	2. Научно-технические
(ОПК-2) Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	
(ОПК-4) Владение эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией	
(ОПК-6) Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	
(ОПК-9) Владение одним из иностранных языков на уровне профессионального общения и письменного перевода	
(ПК-9) Знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности	
3. Экспертно-аналитические	(ПК-9)* Знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест
	(ПК-10) Владение математическим (компьютерным) моделированием на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам
	(ПК-11) Способность составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок
4. Проектно-конструкторские	(ОПК-3) Владение основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей
	(ПК-1) Знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест
	(ПК-2) Владение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования
	(ПК-3) Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
5. Производственно-технологические	(ПК-4) Владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования
	(ПК-8) Способность разрабатывать оперативные планы работы первичных производственных подразделений, вести анализ затрат и результатов деятельности производственных подразделений, составление технической документации, а также установленной отчетности по утвержденным формам
	(ПК-5) Способность вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины и экологической безопасности
	(ППК-6) Знание требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов

Базовые компетенции	Профессиональные компетенции
6. Организационно-управленческие	(ОК-4) Способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность; работать в команде, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	(ОПК-5) Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
	(ОПК-7) Готовность к работе в коллективе, способность осуществлять руководство коллективом, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества производственного подразделения
	(ПК-7) Владение методами осуществления инновационных идей, организации производства и эффективного руководства работой людей, подготовки документации для создания системы менеджмента качества производственного подразделения
7. Сервисно-эксплуатационные	(ОПК-8) Умение использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности
	(ПК-12) Знание правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием
	(ПК-13) Владение методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения
	(ПК-15) Способность организовать профилактические осмотры и текущий ремонт, приемку и освоение вводимого оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования
8. Инвестиционно-экономические	(ОК-3) Способность использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности
	(ПК-6) Знание организационно-правовых основ управленческой и предпринимательской деятельности, планирования работы персонала и фондов оплаты труда
	(ПК-14) Владение методами мониторинга и оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных объектов, оборудования
* Дополнительные компетенции.	

чения. Рассматривая поуровневое освоение знаний (Грызлов В.С. Методические основы формирования профессионального мышления при подготовке строителей-технологов // Современные проблемы строительного материаловедения. Материалы VI академических чтений РААСН. Иваново, 2000. С. 154–158; Грызлов В.С. Университетская концепция многоуровневой системы подготовки специалистов-строителей // Непрерывное архитектурно-строительное образование как фактор обеспечения качества среды жизнедеятельности. Труды общего собрания РААСН. Москва – Воронеж. 2005. С. 334–341), можно сделать вывод о последовательном приобретении студентом потенциальных способностей как формы его начальной компетентности в направлении развития профессионального мышления (рис. 2).

В процессе обучения мышление студента трансформируется от общеобразовательного: *способность дать оценку выбора направления своего обучения к профессионально-ориентированному: способность решения прикладных задач специализированной профессиональной направленности.*

Согласно рис. 2 учебно-образовательный процесс (бакалавриат – магистратура) делится на три этапа.

Первый: формирование основ фундаментального образования, собственно высшее образование. Уровень приобретения общекультурных и общепрофессиональных компетенций.

Второй: формирование основ отраслевого базового образования, приобретение профессиональных знаний и навыков по выбранному направлению. Уровень приобретения профессиональных компетенций.

Третий: формирование основ специального профильного образования, приобретение профессиональных углубленных знаний и навыков в одном из выбранных профилей отраслевого направления. Уровень приобретения углубленных специализированных компетенций.

Каждый этап создает основу формирования потенциальных способностей, сутью которых являются компетенции. Важно понимать, что приобретенные способности формируют базовые компетенции. Компетенции, как правило, не могут быть целиком сформированы одной дисциплиной или практикой. Приобретение обучающимся компетенций – это циклический интерактивный процесс, в котором кроме содержания образования важны также формы и технологии обучения и преподавания. Процесс формирования компетенций является накопительным и только по завершении образовательной программы можно делать выводы о его успешности.

Учебные модули являются структурными элементами кредитно-модульной системы обучения, занимают связующее положение между функциональными требованиями и приобретаемыми компетенциями, выполняют роль механизма для решения задач, поставленных профессиональным сообществом. Вуз самостоятельно определяет структурирование модулей и набор дисциплин в объеме, установленном конкретным ФГОС ВО.

Кредитно-модульная система обучения – это модель организации учебного процесса, которая основывается на объединении модульных технологий и зачетных кредитов или зачетных образовательных единиц.

Главная цель модульного обучения – создание гибких образовательных структур как по содержанию, так и по организации обучения, гарантирующих удовлетворение потребности, имеющейся в данный момент у человека, и определяющих вектор нового, возникающего интереса.

Учебный модуль – относительно самостоятельная (логически завершенная) структурированная часть образовательной программы, в пределах которой осуществляется освоение нескольких учебных дисциплин или их законченных разделов, отвечающая за формирование определенной компетенции или группы родственных компетенций.

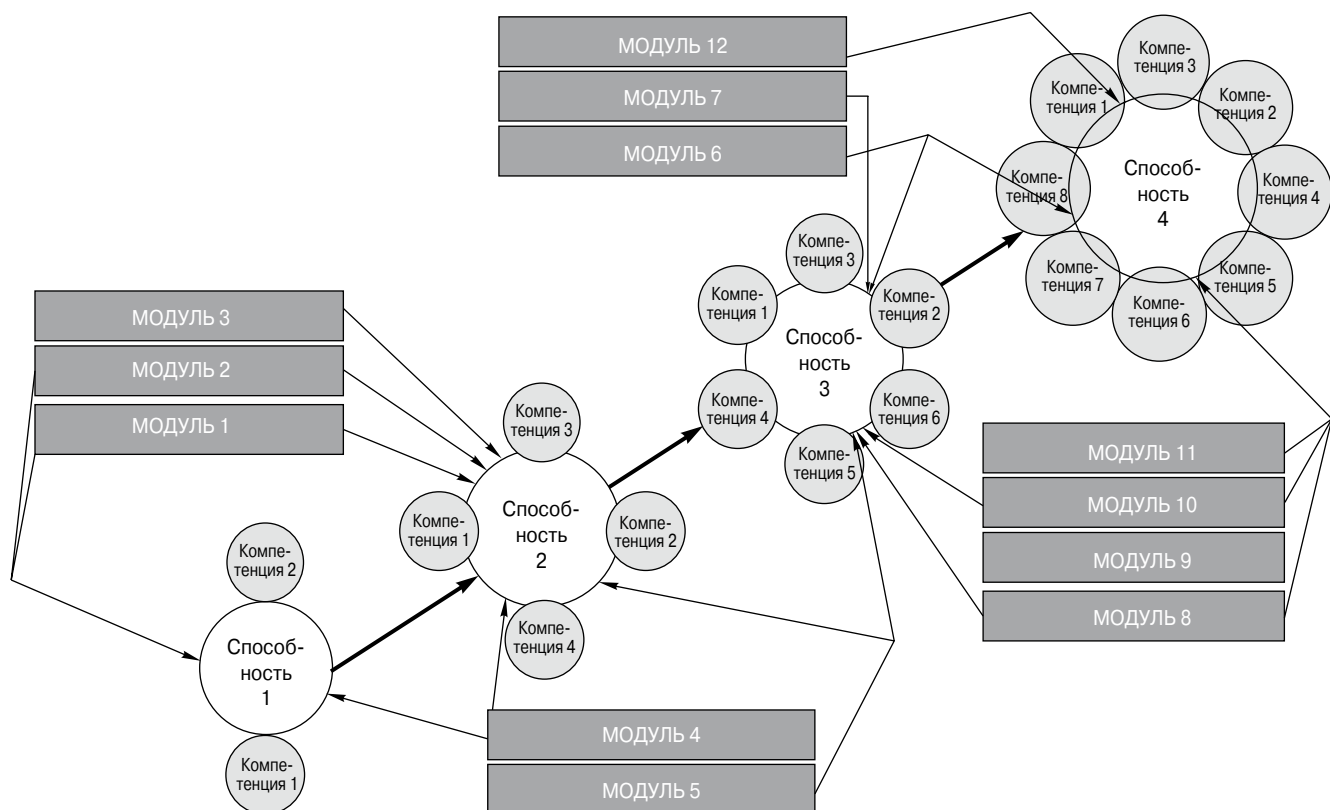


Рис. 4. Причинно-следственная связь учебных модулей и базовых компетенций

Кредит (зачетная единица – ЗЕ) – условная мера трудоемкости изучения учебных модулей, равная 36 академическим часам (1 академический час = 45 мин); используется для нормирования объема трудовых затрат всех дисциплин, практик, курсовых работ и итоговой государственной аттестации.

Важным моментом модульной технологии обучения является представление ее содержания в наглядном, удобном для понимания и использования виде. Структура модульной программы должна соотноситься со структурой профессиональной деятельности специалистов, раскрывать смысл профессиональных функций и закреплять их понимание через приобретение профессиональных компетенций. Поэтому названия модулей и последовательность их освоения должны создавать у студента четкое понимание будущей работы [2].

Проектирование кредитно-модульной образовательной программы требует структурирования модулей по принципу гибкой образовательной технологии. Такая технология предусматривает наличие основных учебных модулей как структуры главного стратегического вектора ООП и поддерживающих, т. е. модулей, которые дополняют изучение основных модулей и могут меняться с учетом интересов студентов и требований работодателей. В общем виде модульная структура ООП по направлению 080301 представлена на рис. 3. Она включает шесть основных и шесть поддерживающих модулей.

Список литературы

1. Грызлов В.С. Проблемы подготовки магистров по специальности «Строительство» // *Жилищное строительство*. 2010. № 4. С. 20–22.
2. Грызлов В.С. Компетентный подход и кредитно-модульная система обучения // *Высшее образование в России*. 2013. № 6. С. 11–18.

Модуль № 12 содержит набор дисциплин по выбору студента, т. е. учитывает его профессионально-профильные интересы, которые сформировались в процессе учебы. В рамках данного модуля осуществляется комплексное освоение умений и знаний для усиления формирования конкретных компетенций (из включенных в компетентностную карту), обеспечивающих выполнение конкретных трудовых функций, отражающих требования рынка с учетом конкретной прикладной специализации.

Спроектированная кредитно-модульная структура ООП теоретически отвечает основному смыслу новой образовательной парадигмы. При наложении этой модели на интегральную схему процесса накопительного формирования комплекса базовых компетенций проявляется причинно-следственная схема связи учебных модулей и базовых компетенций в направлении формирования отраслевого профессионального мышления (рис. 4).

Данная схема наглядно подтверждает, что прагматическая модель компетенций будущего специалиста определяет научно-знаниевую модель образовательного процесса, демонстрирует участие учебных модулей в трансформации поуровневых способностей и, следовательно, является основой для разработки образовательных программ подготовки бакалавров по направлению «Строительство».

References

1. Gryzlov V.S. Problems of Training of Masters of “Building” Profession. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing construction]. 2010. № 4, pp. 20–22. (In Russian).
2. Gryzlov V.S. Competence approach and the credit – modular system of education. *Vishee obrazovanie v Rossii*. 2013. № 6, pp. 11–18. (In Russian).

С.В. ФЕДОСОВ¹, д-р техн. наук, академик РААСН, президент (prezident@ivgpu.com);
В.Г. КОТЛОВ², канд. техн. наук, советник РААСН; Р.М. АЛОЯН¹, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,
ректор; Ф.Н. ЯСИНСКИЙ³, д-р физ.-мат. наук; М.В. БОЧКОВ¹, инженер

¹ Ивановский государственный политехнический университет (153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20)

² Поволжский государственный технологический университет (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3)

³ Ивановский государственный энергетический университет (153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34)

Моделирование тепломассопереноса в системе газ – твердое при нагельном соединении элементов деревянных конструкций. Часть 3. Динамика и кинетика влагопереноса

Показаны физическая и математическая модели массопереноса влаги в древесине нагельного соединения. Физическая модель базируется на представлениях о древесине как о коллоидном капиллярно-пористом твердом теле. Показано, что при изменении температурно-влажностных параметров воздушной среды, в которой эксплуатируется нагельное соединение (в условиях охлаждения до температуры точки росы), на границе нагеля и древесины происходит конденсация капельной влаги по закону Шукарева. Основу математической модели составляет нестационарное дифференциальное уравнение влагопроводности с граничными условиями, учитывающими циклические изменения параметров и свойств взаимодействующих фаз. Приведены результаты модельных расчетов.

Ключевые слова: нагельное соединение, древесина, массоперенос, конденсация, метод «микропроцессов».

S.V. FEDOSOV¹, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of RAACS, President (prezident@ivgpu.com); V.G. KOTLOV², Candidate of Sciences (Engineering), Counsellor of RAACS; R.M. ALOYAN¹, Doctor of Sciences (Engineering), Corresponding Member of RAACS, Rector;

F.N. YASINSKI³, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics); M.V. BOCHKOV¹, Engineer

¹ Ivanovo State Polytechnical University (20, Mart 8th Street, Ivanovo, 153037, Russian Federation)

² Volga State University of Technology (3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, 424000, Russian Federation)

³ Ivanovo State Power Engineering University (34, Rabfakovskaya Street, Ivanovo, 153003, Russian Federation)

Simulation of Heat-Mass Transfer in the Gas-Solid System at Dowel Joints of Timber Structures Elements. Part. 3 Dynamics and kinetics of moisture transfer during moisture condensation and evaporation

Physical and mathematical models of heat transmission in dowel connection wood are presented. The physical model is based on the idea of wood to be a colloidal capillary-porous body. It was shown that under the changing parameters of the ambient temperature the dowel connection being maintained under (cooling to dew-point temperature) there occurs condensation of the condensed moisture by the Shchukarev's law. The mathematical model is based on the non-stationary differential equation of hydraulic conductivity with boundary-value conditions where cyclical parameter and property changes of the interacting phases are taken into account. The results of the model calculations are provided.

Keywords: dowel connection, wood, mass transfer, condensation, micro-processes method.

В работах [1, 2] рассмотрены проблемы моделирования теплопереноса при работе нагельного соединения элементов деревянных конструкций в условиях переменной тепловлажностной обстановки воздушной среды. При этом отмечено, что важным фактором является учет зависимости теплофизических свойств (плотность, теплоемкость) и коэффициентов переноса (тепло-, температуро- и влагопроводность) от температуры и влагосодержания (влажности) древесины. На важность учета этих явлений в практике моделирования и расчета тепломассопереноса в твердых телах постоянно обращается внимание исследователей как в отечественной [3–6], так и в зарубежной [7, 8] литературе.

Обращалось внимание на тот факт, что по этой причине аналитические решения краевых задач тепловлагопереноса современными средствами математического анализа получить невозможно, и для физико-математического исследования был выбран комбинированный численно-аналитический метод «микропроцессов» [3].

При этом теплофизическая краевая задача теплопроводности при постоянных значениях коэффициентов теплофизических свойств и характеристик переноса была проиллюстрирована на конкретных примерах.

Настоящая статья содержит изложение комплексной проблемы физико-математической постановки и решения задачи влагопереноса в слоях древесины при конденсации влаги в зоне контакта металл – древеси-

In papers [1, 2] we have considered the problems of heat transfer simulation when wooden structures elements of the dowel connection perform some work in the conditions of variable heat and humidity of the air. It was noted that the important factor taken into account is the dependence of thermal-physic properties (density, heat capacity) and transfer coefficients (heat, thermal and hydraulic conductivity) on the temperature and moisture content (moisture) of the wood.

The attention was paid to the fact that for this reason the analytical solutions of boundary value problems of heat and moisture transfer using modern mathematical analysis methods cannot be obtained, and to do physical and mathematical research we chose the combined numerical-analytical method of micro-processes [3]. At the same time, thermal boundary-value problem of heat conductivity at constant values of the coefficients of thermal-physic properties and characteristics of transfer was demonstrated using specific examples.

This article provides the account of the complex problem of physical and mathematical formulation and solution to the problem of moisture transfer in the layers of wood under moisture condensation in the contact zone of metal – wood as a result of temperature fall up to dew point temperature and lower, as well as taking into consideration the process of moisture evaporation at the subsequent temperature rise.

In paper [1] the figure showing the physics of air cooling process was given in *I-d*-diagram. For better understanding we considered specific parameters of air in the towns of Yoshkar-Ola and Ivanovo during the time interval from

на в результате понижения температуры воздуха до температуры точки росы и ниже, а также учет процесса испарения влаги при последующем повышении температуры.

В работе [1] приведен рисунок, иллюстрирующий физику процесса охлаждения воздуха на *I-d*-диаграмме. В статье [2] для более ясной четкости иллюстрации рассмотрены конкретные параметры воздушной среды в городах Йошкар-Ола и Иваново во временном интервале с 6.00 17 июля до 12.00 18 июля 2012 г. На рис. 1 показан ход процесса остывания воздуха в Йошкар-Оле с 20.00 17 июля до 8.00 18 июля.

В момент времени $\tau_0=18.00$ температура воздуха достигла температуры точки росы t_g на рис. 1 [2], охлаждение воздуха продолжалось в течение 18 часов (t_c на рис. 1 [2]); за это время из воздуха сконденсировалось количество влаги, равное [4]:

$$\Delta m_{\text{вл.уд}} = d_{\text{в}} - d_{\text{с}}. \quad (1)$$

Отметим, что, в силу своей физической природы, древесина никогда не бывает абсолютно сухой [5]. В живой древесине всегда присутствуют транспортные каналы для потоков питания ствола, коры, листья; в деловой древесине всегда имеется конструкционная влага, содержание которой в твердой фазе определяется условиями равновесия с воздушной средой.

С позиций теории теплопереноса [6] древесина является типичным коллоидным капиллярно-пористым телом, содержащим влагу макро- и микрокапилляров, а также осмотическую влагу, входящую в ее биологические клетки [9, 10]. Влага, попадающая на древесину, не мгновенно заполняет поры поверхностных слоев; в соответствии с физическими закономерностями процесс увлажнения протекает во времени и характеризуется определенной кинетикой.

Кинетика конденсации, а следовательно, и испарения влаги на открытой поверхности определяется законом массоотдачи Шукарева [4]:

$$\frac{dm_{\text{вл}}}{Fdt} = (\pm)\beta[P_{\text{н}} - P_{\text{в}}], \quad (2)$$

где $m_{\text{вл}}$ – масса конденсированной (испарившейся) влаги, кг; β – коэффициент массоотдачи в газовой фазе, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Pa})$; $P_{\text{н}}$ – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре точки росы, Па; $P_{\text{в}}$ – парциальное давление водяного пара в воздухе в условиях эксплуатации конструкции, Па; F – площадь поверхности конденсации (испарения), m^2 ; (+) – конденсация; (–) – испарение.

Давление водяного пара связано с влагосодержанием (d) и относительной влажностью воздуха (φ), определяется выражением вида [11]:

$$P_{\text{в}} = \varphi \cdot P_{\text{н}} = \frac{dP_{\text{н}} M_{\text{св}}}{M_{\text{вл}} + dM_{\text{св}}}. \quad (3)$$

И для давления насыщения ($\varphi=100\%$) получаем:

$$P_{\text{н}} = 617,74 \exp\left(\frac{17,25t_{\text{вм}}}{238 + t_{\text{вм}}}\right). \quad (4)$$

Следовательно, при остывании воздуха от температуры t_g до температуры t_c (рис. 1) давление насыщенного водяного пара уменьшится от $P_{\text{нв}}$ до $P_{\text{нс}}$, а количество выпавшей капельной влаги определится в соответствии с интегрированием уравнения (2) как:

$$\Delta m_{\text{вл}} = \beta F (P_{\text{нв}} - P_{\text{нс}}) \Delta \tau_{1-2}, \quad (5)$$

где $\Delta \tau_{1-2}$ – время остывания воздуха от температуры t_g до t_c .

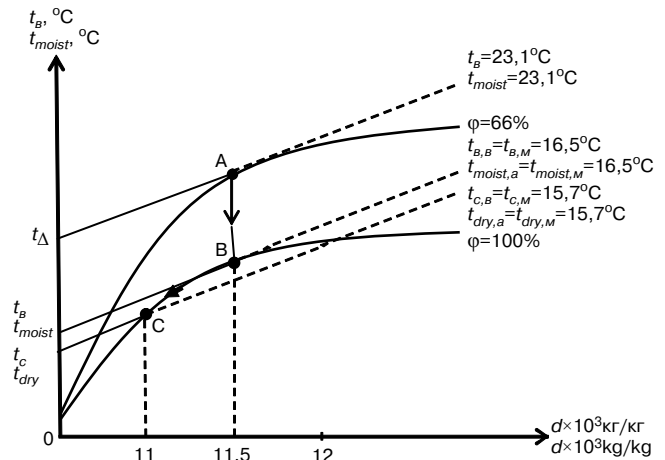


Рис. 1. Изображение процесса охлаждения воздуха на фрагменте *I-d*-диаграммы. Йошкар-Ола, 17–18 июля 2012 г. Кривые для интервала времени: AB – с 06.00 до 18.00; BC – с 18.00 17-го до 12.00 18 июля
Fig. 1. Air cooling process at part *I-d* of the diagram. Yoshkar-Ola, July 17–18th, 2012. Time: AB – from 06.00 to 18.00; BC – from 18.00, from July 17 to 12.00, July 18

6.00 a.m. on July 17 to 12.00 on July 18, 2012. Fig. 1 shows the progress of air cooling in Yoshkar-Ola from 20.00 on July 17 to 8.00 a.m. on July 18 in article [2].

At the moment of time $\tau_0=18.00$ the air temperature reached its dew point t_{moist} in Fig. 1 [2]), the air was cooling for 18 hours, (t_{dry} in Fig. 1 [2]), within this time the amount of condensed moisture from the air was equal to [4]:

$$\Delta m_{\text{specific humidity}} = d_{\text{moist}} - d_{\text{dry}}. \quad (1)$$

Let us note that, strictly speaking, due to the physical nature the wood is never completely dry [5]. Living wood has transport channels to feed the trunk, bark and foliage; Industrial wood has structural moisture. Its content is in the solid phase and it is defined by the equilibrium conditions with the air.

From the view point of heat and mass transfer theory [6] wood is a typical colloidal capillary-porous body containing moisture of macro- and micro capillaries and also osmotic moisture to be a part of its biological cells [9, 10]. Moisture that falls into the wood, not instantly fills the pores of the surface layers; according to the physical laws, the moisturizing process takes place in time and it is characterized by specific kinetics.

Kinetics of condensation (and, hence, evaporation) of moisture on the open surface is defined by the law of mass transfer of Shchukarev [4]:

$$\frac{dm_{\text{moist}}}{Fdt} = (\pm)\beta[P_{\text{н}} - P_{\text{water}}], \quad (2)$$

Here: m_{moist} is mass of condensed (evaporated) moisture, kg; β is a mass transfer coefficient in gaseous phase, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Pa})$; $P_{\text{н}}$ is partial pressure of saturated water vapor in the air under the dew point temperature, Pa; P_{water} is partial pressure of water vapor in the air at design operating conditions, Pa; F is a surface area of condensation (evaporation), m^2 .

Water vapor pressure is connected with moisture load (d) and relative air moisture (φ) and it is determined by formula [11].

$$P_{\text{water}} = \varphi \cdot P_{\text{н}} = \frac{dP_{\text{н}} M_{\text{dry,a}}}{M_{\text{water v.}} + dM_{\text{dry,a}}}. \quad (3)$$

Hence, for saturation pressure ($\varphi=100\%$), we obtain:

$$P_{\text{н}} = 617,74 \exp\left(\frac{17,25t_{\text{moist,m}}}{238 + t_{\text{moist,m}}}\right). \quad (4)$$

Известное из теории сушки [6] понятие о максимальной гигроскопической влажности материала предполагает количество влаги, которое может поглотить объем (или масса) материала до определенного предела, свыше которого влага уже не может удерживаться физико-химическими силами (по терминологии академика П.А. Ребиндера), и называется свободной влагой. В науке о древесиноведении [9] существует также понятие об эксплуатационной (равновесной) влажности материала. Следует отметить, что, по данным разных авторов [12], значение величины равновесной влажности для древесины (в зависимости от породы) колеблется в пределах 8–12%, а значение максимального гигроскопического влагосодержания находится в диапазоне 25–30%; влажность традиционно определяется как количество влаги, отнесенное к количеству влажного материала, выражается в процентах и обозначается как W :

$$W = \frac{m_{вл}}{m_{вл} + m_{сух}} 100\%, \quad (6)$$

где $m_{вл}$ – масса влаги в единице объема влажного тела, кг; $m_{сух}$ – масса сухого скелета в этом объеме, кг.

В то же время в расчетах кинетики и динамики процессов сушки более удобно понятие относительной влажности материала:

$$W_{отн} = \frac{m_{вл}}{m_{сух}}. \quad (7)$$

Соответственно для равновесной и максимальной гигроскопической влажности будем иметь:

$$W_{отн} = \frac{m_{вл,р}}{m_{сух}}; \quad W_{отн,мг} = \frac{m_{вл,мг}}{m_{сух}}. \quad (8)$$

Если предположить, что за время $\Delta\tau_{1-2}$ от равновесного до максимального гигроскопического влагосодержания увлажнится прилегающий к нагелю слой древесины толщиной $\delta_{мг}$, то необходимое для этого количество влаги будет определяться из следующего выражения:

$$\begin{aligned} W_{отн} &= \frac{m_{вл,мг}}{m_{сух}} = \frac{m_{вл} + m_{вл,р}}{m_{сух}} = \\ &= W_{отн} + W_{отн,р} = W_{отн} + \frac{m_{вл}}{\rho_{сух} F \delta_{мг}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Из сопоставления выражений (5) и (9) можно получить формулу для определения толщины слоя древесины, увлажненного до максимального гигроскопического влагосодержания:

$$\delta_{мг} = \frac{\beta [P_{нв} - P_{нс}] \Delta\tau_{1-2}}{\rho_{сух} (W_{отн,мг} - W_{отн,р})}. \quad (10)$$

На практике возможны два случая:

1) когда количество сконденсированной влаги мало и не достигается значения максимального гигроскопического влагосодержания;

2) когда влага сконденсирована в избытке значительно больше, чем $W_{отн,мг}$. Далее приведем расчетные результаты, характеризующие динамику влагопереноса в древесине для каждого из этих случаев.

В соответствии с принятым в работах [1, 2] методом «микропроцессов» для математического моделирования тепломассопереноса в древесине нагельного соединения в форме болтовой стяжки, как и ранее, выделим вокруг болта кольцевую зону размером $\delta_1 = R_1 - R_0 < 0,5R_0$, для которой кольцевое сечение может считаться неограниченной пластиной. И в этих условиях краевая задача влагопроводности для выделенной зоны по аналогии

Consequently, while the air is cooling from temperature t_{water} to temperature t_{dry} (Fig. 1), the pressure of saturated vapor decreases from $P_{n,water}$ to $P_{n,dry}$, and the amount of precipitated condensed moisture will be found according to the integration of equation (2) as follows:

$$\Delta m_{moist} = \beta F (P_{n,water} - P_{n,dry}) \Delta\tau_{1-2}, \quad (5)$$

Here: $\Delta\tau_{1-2}$ is the air cooling time from temperature t_{water} to t_{dry} .

Known from the drying theory [6] the notion of maximum hygroscopic moisture content of the material involves the amount of moisture that can absorb the volume (or mass) of the material up to the certain limit beyond which the moisture cannot be held by physicochemical forces (according to the terminology of Academician P.A. Rebiner) and which is called free moisture. In wood science [9], there is also the notion of the operational (equilibrium) material moisture content. It should be noted that according to various authors [12] the value of the equilibrium moisture content for wood (depending on the species) is in the range of 8–12%, and the maximum hygroscopic moisture content is in the range 25–30%. We should also note that humidity is defined as the amount of moisture related to the amount of the wet material, and expressed as a percentage and denoted as W :

$$W_{rel} = \frac{m_{moist}}{m_{moist} + m_{dry}} 100\%, \quad (6)$$

Here: m_{moist} is moisture mass in the unit of volume of the moist body, kg; m_{dry} is the mass of dry skeleton in this volume, kg.

At the same time, the notion of relative humidity of the material is more convenient to calculate kinetics and dynamics of the drying process:

$$W_{rel} = \frac{m_{moist}}{m_{dry}}. \quad (7)$$

Accordingly, we have for equilibrium and maximum hygroscopic moisture:

$$W_{rel} = \frac{m_{moist\ body}}{m_{dry}}; \quad W_{rel,max,hygr} = \frac{m_{moist,max,hygr}}{m_{dry}}. \quad (8)$$

If we assume that during time $\Delta\tau_{1-2}$ from the equilibrium to the maximum hygroscopic moisture content, the layer of wood as thick as $\delta_{max,hygr}$, adjacent to the block pin will moisten the required amount of moist for this will be defined by the following expression:

$$\begin{aligned} W_{rel} &= \frac{m_{moist,max,hygr}}{m_{dry}} = \frac{m_{moist} + m_{moist\ body}}{m_{dry}} = \\ &= W_{rel} + W_{rel,pressure} = W_{rel} + \frac{m_{moist}}{\rho_{dry} F \delta_{max\ hygr}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Having compared expressions (5) and (9) we can obtain the formula to find the thickness of wood layer of moistened to the maximum hygroscopic moisture content:

$$\delta_{max\ hygr} = \frac{\beta [P_{n,water} - P_{n,dry}] \Delta\tau_{1-2}}{\rho_{dry} (W_{rel\ max\ hygr} - W_{rel\ pressure})}. \quad (10)$$

In practice, there are two possible cases:

1) when the amount of condensed moisture is little and the value of maximum hygroscopic moisture content is not reached;

2) when the moisture is condensed in excess, much larger than $W_{rel\ max\ hygr}$. Below, we will show the calculated results characterizing the dynamics of moisture transfer in wood for each of these cases.

In accordance with the method of micro-processes accepted by us in [1, 2] for mathematical modeling of heat and mass transfer in the wood of dowel connection in the form of coupling bolt, as we did before, we will allot a circular zone around the bolt as large as $\delta_1 = R_1 - R_0 < 0,5R_0$ for which a cir-

с задачей теплопроводности [2] может быть сформулирована следующим образом*.

$$\frac{\partial W_1(r, \tau)}{\partial \tau} = k_1 \frac{\partial^2 W_1(r, \tau)}{\partial r^2}; \tau \geq 0; R_6 \leq r \leq R_1; \quad (11)$$

$$W_1(r, \tau)|_{\tau=0} = W_{1.0}; \quad (12)$$

$$W_1(r, \tau)|_{r=R_6} = W_H; \quad (13)$$

$$W_1(r, \tau)|_{r=R_1} = W_p, \quad (14)$$

где k_1 – коэффициент влагопроводности в выделенной зоне (своеобразный коэффициент диффузии влаги в твердой фазе), m^2/c ; W_H – относительная влажность слоя древесины, прилегающего к нагелю, кг влаги/кг сухого; W_p – относительная равновесная влажность древесины, кг влаги/кг сухого.

Введем в рассмотрение безразмерные комплексы:

$$U_1(\bar{r}, Fo_m) = \frac{W_1(r, \tau) - W_p}{W_p}; \bar{r} = \frac{r}{R_1 - R_6};$$

$$Fo_m = \frac{k_1 \tau}{(R_1 - R_6)^2}. \quad (15)$$

В итоге краевая задача (11) – (14) запишется так:

$$\frac{U_1(\bar{r}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 U_1(\bar{r}, Fo_m)}{\partial \bar{r}^2}; Fo_m \geq 0; 0 \leq \bar{r} \leq 1; \quad (16)$$

$$U_1(\bar{r}, Fo_m)|_{Fo_m=0} = U_{1.0}(\bar{r}); \quad (17)$$

$$U_1(\bar{r}, Fo_m)|_{\bar{r}=0} = U_H; \quad (18)$$

$$U_1(\bar{r}, Fo_m)|_{\bar{r}=1} = 0. \quad (19)$$

И вновь по аналогии с [2] решение краевой задачи (16) – (19) будем искать методом интегральных преобразований Лапласа [6]. И тогда в области изображений получаем:

$$U_1(\bar{r}, s) = \frac{U_H}{s} ch(\sqrt{s} \cdot \bar{r}) - \frac{U_H}{s} \cdot \frac{ch\sqrt{s}}{sh\sqrt{s}} sh(\sqrt{s}\bar{r}) +$$

$$+ \frac{sh(\sqrt{s}\bar{r})}{\sqrt{s} \cdot sh\sqrt{s}} \cdot \int_0^1 U_{1.0}(\xi) sh\sqrt{s} (1-\xi) d\xi -$$

$$- \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^{\bar{r}} U_{1.0}(\xi) sh\sqrt{s}(\bar{r} - \xi) d\xi. \quad (20)$$

Возвращение в область оригиналов приводит к записи:

$$U_1(\bar{r}, Fo_m) = U_H \left[(1 - \bar{r}) - \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sin(\pi m \bar{r}) \cdot \exp(-\pi^2 m^2 Fo_m) \right] + 2 \sum_{m=1}^{\infty} \sin(\pi m \bar{r}) \int_0^1 U_{1.0}(\xi) \cdot \sin(\pi m \xi) d\xi \cdot \exp(-\pi^2 m^2 Fo_m). \quad (21)$$

Некоторые результаты расчетов по выражению (21) приведены на рис. 2 и 3. Кривые рис. 2 иллюстрируют

cular cross section can be considered to be an infinite plate. In these circumstances, the boundary value problem for the selected zone, by analogy with the problem of thermal conductivity [2] can be formulated as follows*:

$$\frac{\partial W_1(r, \tau)}{\partial \tau} = k_1 \frac{\partial^2 W_1(r, \tau)}{\partial r^2}; \tau \geq 0; R_6 \leq r \leq R_1; \quad (11)$$

$$W_1(r, \tau)|_{\tau=0} = W_{1.0}; \quad (12)$$

$$W_1(r, \tau)|_{r=R_b} = W_{rel}; \quad (13)$$

$$W_1(r, \tau)|_{r=R_1} = W_p, \quad (14)$$

Here: k_1 is the coefficient of hydraulic conductivity in the highlighted area, m^2/s ; (a peculiar diffusion coefficient of moisture in the solid phase); W_{rel} is relative humidity of the wood layer adjacent to the block pin, kg of moisture / kg of dry; W_p is relative equilibrium moisture content, moisture kg of moisture / kg of dry.

Let us take into account dimensionless complexes:

$$U_1(\bar{r}, Fo_m) = \frac{W_1(r, \tau) - W_p}{W_p}; \bar{r} = \frac{r}{R_1 - R_b};$$

$$Fo_m = \frac{k_1 \tau}{(R_1 - R_b)^2}. \quad (15)$$

As a result, boundary value problem (11)–(14) will be written as follows:

$$\frac{U_1(\bar{r}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 U_1(\bar{r}, Fo_m)}{\partial \bar{r}^2}; Fo_m \geq 0; 0 \leq \bar{r} \leq 1; \quad (16)$$

$$U_1(\bar{r}, Fo_m)|_{Fo_m=0} = U_{1.0}\bar{r}; \quad (17)$$

$$U_1(\bar{r}, Fo_m)|_{\bar{r}=0} = U_{rel}; \quad (18)$$

$$U_1(\bar{r}, Fo_m)|_{\bar{r}=1} = 0. \quad (19)$$

Again, by analogy with [2], the solution of boundary value problem (16) – (19) will be sought by the integral Laplace transforms method [6]. And then, in the area of images we obtain:

$$U_1(\bar{r}, s) = \frac{U_H}{s} ch(\sqrt{s} \cdot \bar{r}) - \frac{U_H}{s} \cdot \frac{ch\sqrt{s}}{sh\sqrt{s}} sh(\sqrt{s}\bar{r}) +$$

$$+ \frac{sh(\sqrt{s}\bar{r})}{\sqrt{s} \cdot sh\sqrt{s}} \cdot \int_0^1 U_{1.0}(\xi) sh\sqrt{s} (1-\xi) d\xi -$$

$$- \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^{\bar{r}} U_{1.0}(\xi) sh\sqrt{s}(\bar{r} - \xi) d\xi. \quad (20)$$

Returning to the originals will result in:

$$U_1(\bar{r}, Fo_m) = U_H \left[(1 - \bar{r}) - \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sin(\pi m \bar{r}) \cdot \exp(-\pi^2 m^2 Fo_m) \right] + 2 \sum_{m=1}^{\infty} \sin(\pi m \bar{r}) \int_0^1 U_{1.0}(\xi) \cdot \sin(\pi m \xi) d\xi \cdot \exp(-\pi^2 m^2 Fo_m). \quad (21)$$

Some results of calculations by the expression (21) are shown in Figures 2 and 3. Curves in Fig. 2 illustrate the dynamics of the dimensionless moisture content fields along the dimensionless coordinate for the case when the amount of precipitated moisture is insufficient to moisten the layers of

* Для упрощения записи выкладок индекс «отн» временно опускаем.

* We omit indicator relative to simplify the entry.

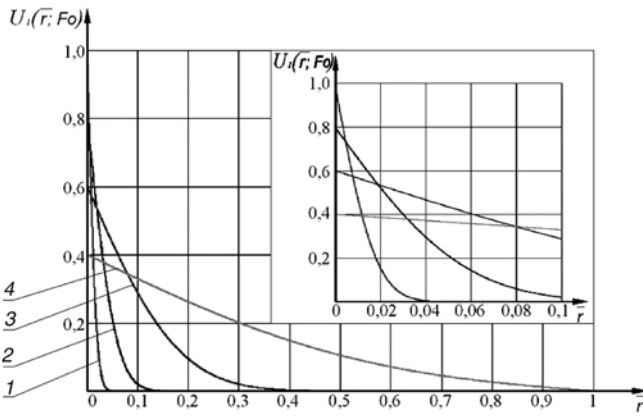


Рис. 2. Динамика полей безразмерных влагосодержаний в древесине при $W_{rel} \leq W_{mg}$; Fo_m : 1 – 0,0001; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,1

Fig. 2. Dynamics of the fields of dimensionless moisture content in the wood under $W_{rel} \leq W_{mg}$; Fo_m : 1 – 0,0001; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,1

динамику полей безразмерных влагосодержаний по безразмерной координате для случая, когда количество выпавшей влаги оказывается недостаточным, для того чтобы увлажнить близко расположенные к нагелю слои древесины до максимального гигроскопического влагосодержания. И в этом случае диффузия влаги от поверхности нагеля (болта) будет характеризоваться во времени кривыми этого рисунка.

На рис. 3 показаны результаты расчетов, когда количество выпавшей влаги оказывается избыточным, поэтому процесс диффузии влаги в данном случае протекает в соответствии с кривыми 1–4 данного рисунка.

В момент времени, характеризуемый значением массособменного числа Фурье, при котором кривая влагосодержаний достигнет границы выделенного слоя (кольца) R_l , к рассмотрению подключается второй слой, для которого краевая задача массопроводности сформулируется следующим образом:

$$\frac{\partial U_2(\bar{r}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 U_2(\bar{r}, Fo_m)}{\partial \bar{r}^2}; \quad Fo_m > 0;$$

$$0 \leq \bar{r} \leq \frac{R_2 - R_1}{R_2}; \quad (22)$$

$$U_2(\bar{r}, Fo_m)|_{Fo_m=0} = U_{2,0}(\bar{r}); \quad (23)$$

$$\left. \frac{\partial^2 U_2(\bar{r}, Fo_m)}{\partial \bar{r}^2} \right|_{\bar{r}=0} = -Ki_{m,1}; \quad (24)$$

$$U_2(\bar{r}, Fo_m)|_{\bar{r}=1} = 0. \quad (25)$$

Решение этой задачи в области изображений по Лапласу имеет вид:

$$U_2(\bar{r}, s) = \frac{ch(\sqrt{s}\bar{r})}{ch\sqrt{s}} \left\{ \frac{Ki_{m,1}}{s\sqrt{s}} \cdot sh\sqrt{s} + \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^1 U_{2,0}(\xi) sh\sqrt{s}(1-\xi) d\xi \right\} - \frac{Ki_{m,1}}{s\sqrt{s}} \cdot sh\sqrt{s} - \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^1 U_{2,0}(\xi) sh\sqrt{s}(1-\xi) d\xi. \quad (26)$$

Соответственно, после несложных, но громоздких преобразований, которые мы опускаем, в области оригиналов можем записать:

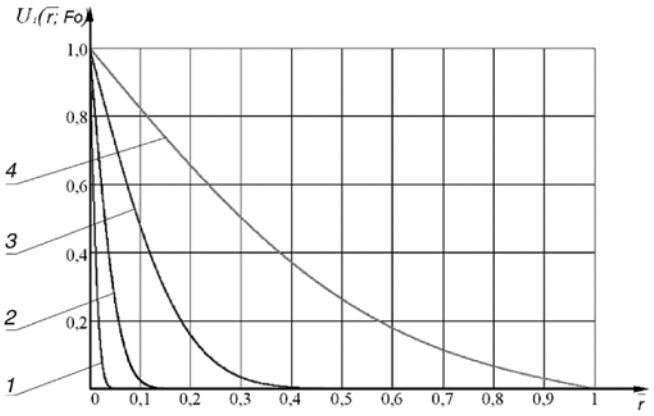


Рис. 3. Динамика полей безразмерных влагосодержаний при $W_{rel} > W_{mg}$; Fo_m : 1 – 0,0001; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,1

Fig. 3. Dynamics of the fields of dimensionless moisture content under $W_{rel} > W_{mg}$; Fo_m : 1 – 0,0001; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,1

wood located close to the block pin to the maximum hygroscopic moisture content. Again in this case, the diffusion of moisture from the surface of the block pin (bolt) will be characterized by the time with the curves of this figure.

Fig. 3 shows the calculation results when the amount of precipitated moisture is excessive, therefore, the process of diffusion of moisture in this case occurs in accordance with Curves 1–4 of this figure.

At the time characterized by the value of the mass transfer Fourier number at which the curve of moisture content reaches the boundary of the selected layer (“ring”) R_l , the second layer is taken into consideration, the boundary value problem of which mass conductivity is formulated as follows:

$$\frac{\partial U_2(\bar{r}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 U_2(\bar{r}, Fo_m)}{\partial \bar{r}^2}; \quad Fo_m > 0;$$

$$0 \leq \bar{r} \leq \frac{R_2 - R_1}{R_2}; \quad (22)$$

$$U_2(\bar{r}, Fo_m)|_{Fo_m=0} = U_{2,0}(\bar{r}); \quad (23)$$

$$\left. \frac{\partial^2 U_2(\bar{r}, Fo_m)}{\partial \bar{r}^2} \right|_{\bar{r}=0} = -Ki_{m,1}; \quad (24)$$

$$U_2(\bar{r}, Fo_m)|_{\bar{r}=1} = 0. \quad (25)$$

The solution of this problem in Laplace transform is:

$$U_2(\bar{r}, s) = \frac{ch(\sqrt{s}\bar{r})}{ch\sqrt{s}} \left\{ \frac{Ki_{m,1}}{s\sqrt{s}} \cdot sh\sqrt{s} + \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^1 U_{2,0}(\xi) sh\sqrt{s}(1-\xi) d\xi \right\} - \frac{Ki_{m,1}}{s\sqrt{s}} \cdot sh\sqrt{s} - \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^1 U_{2,0}(\xi) sh\sqrt{s}(1-\xi) d\xi. \quad (26)$$

Accordingly, after simple but cumbersome transformations which we omit we can write in the field of originals:

$$U_2(\bar{r}, Fo_m) = Ki_{m,1} \left\{ (1-\bar{r}) - \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{(2m-1)^2} \cdot \cos \left[\frac{\pi}{2} (2m-1) \bar{r} \right] \cdot \exp \left[-\frac{\pi^2}{4} (2m-1)^2 Fo_m \right] \right\} + 2 \int_0^1 U_{2,0}(\xi) d\xi + 2 \sum_{m=1}^{\infty} \cos \left[\frac{\pi}{2} (2m-1) \bar{r} \right] \cdot \exp \left[-\frac{\pi^2}{4} (2m-1) Fo_m \right] \cdot \int_0^1 U_{2,0}(\xi) \cos \left[\frac{\pi}{2} (2m-1) \xi \right] d\xi. \quad (27)$$

$$U_2(\bar{r}, Fo_m) = Ki_{m,1} \left\{ (1-\bar{r}) - \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{(2m-1)^2} \cdot \cos \left[\frac{\pi}{2} (2m-1) \bar{r} \right] \cdot \exp \left[-\frac{\pi^2}{4} (2m-1)^2 Fo_m \right] \right\} + 2 \int_0^1 U_{2,0}(\xi) d\xi + 2 \sum_{m=1}^{\infty} \cos \left[\frac{\pi}{2} (2m-1) \bar{r} \right] \cdot \exp \left[-\frac{\pi^2}{4} (2m-1) Fo_m \right] \cdot \int_0^1 U_{2,0}(\xi) \cos \left[\frac{\pi}{2} (2m-1) \xi \right] d\xi. \quad (27)$$

Результаты расчетов по выражению (27) приведены на рис. 4 в виде кривых безразмерных влагосодержаний в зависимости от значений безразмерного критерия Fo_m при различных значениях массообменного критерия Кирпичева.

Когда и во втором кольце точка пересечения профиля безразмерных влагосодержаний достигнет границы $\bar{r}=1$, к первым двум зонам добавляется третья. При этом краевая задача массопроводности (16) – (19) распространяется на две первые зоны, а задача (22) – (25) переходит на третье кольцо (зону). В дальнейшем ситуация повторяется с вовлечением в расчет очередного кольца.

Данный подход дает возможность проследить динамику полей влагосодержаний в увлажненной древесине нагельного соединения при воздушно-капельной конденсации влаги.

Следующая публикация будет посвящена изложению результатов математического моделирования влагопереноса в совмещенном процессе испарения конденсированной влаги и ее диффузии от нагеля во внутренние слои древесины.

Список литературы

1. Федосов С.В., Котлов В.Г., Алоян Р.М., Ясинский Ф.Н., Бочков М.В. Моделирование тепло-массопереноса в системе газ – твердое при нагельном соединении элементов деревянных конструкций. Часть 1. Общая физико-математическая постановка задачи // *Строительные материалы*. 2014. № 7. С. 86–91.
2. Федосов С.В., Котлов В.Г., Алоян Р.М., Ясинский Ф.Н., Бочков М.В. Моделирование тепло-массопереноса в системе «газ-твердое» при нагельном соединении элементов деревянных конструкций. Ч. 2. Динамика полей температур при произвольном законе изменения температуры воздушной среды // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 73–79.
3. Федосов С.В. Тепло-массоперенос в технологических процессах строительной индустрии. Иваново, ПресСто. 2010. 364 с.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1961. 830 с.
5. Справочник по сушке древесины. Под редакцией Богданова Е.С. М.: Лесная промышленность, 1990. 304 с.
6. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
7. Das B., Das A., Kothari V.K., Fangulero R., de Araujo M. Moisture transmission through textiles. Part 1: Processes involved in moisture transmission and the

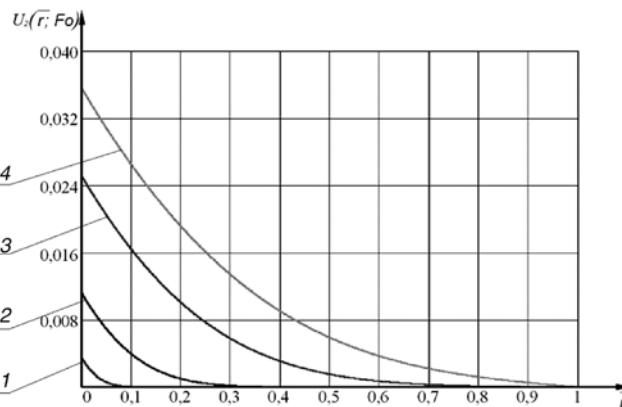


Рис. 4. Динамика полей безразмерных влагосодержаний: $Ki_{m,1}=0,1$; Fo_m : 1 – 0,0001; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,1

Fig. 4. Dynamics of the fields of dimensionless moisture content $Ki_{m,1}=0,1$; Fo_m : 1 – 0,0001; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,1

The results of calculations by expression (27) are shown in Fig. 4 in the form of curves of dimensionless moisture content depending on the values of dimensionless criterion Fo_m for different values of Kirschov mass transfer criterion.

When the point of intersection of the dimensionless moisture load in the second “ring” reaches boundary r [with upper line] = 1, the third zone is added to the first two zones. At the same time, boundary-value problem of mass conductivity (16)–(19) concerns the first two zones and problem (22)–(25) passes onto the third “ring” (zone). Further the situation is repeated and another “ring” is taken into account.

This method allows us to follow the dynamics of moisture load in the moistened wood of the dowel connection under carry-over moisture condensation.

The article to follow is on the results of the mathematical simulation of moisture transfer in the combined method of evaporation of the condensed moisture and its diffusion from the block pin into the wood internal layers.

References

1. Fedosov S.V., Kotlov V.G., Aloyan R.M., Jasinski F.N., Bochkov M.V. Simulation of heat-mass transfer in the gas-solid system at dowel joints of timber structures elements. Part. 1. General physical and mathematical problem. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 7, pp. 86–91. (In Russian).
2. Fedosov S.V., Kotlov V.G., Aloyan R.M., Jasinski F.N., Bochkov M.V. Simulation of heat-mass transfer in the gas-solid system at dowel joints of timber structures elements. Part 2. Dynamics of temperature fields at arbitrary law of changes of air environment temperature. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 8, pp. 73–79. (In Russian).
3. Fedosov S.V. *Teplomassopereenos v tekhnologicheskikh protsessakh stroitel'noi industrii* [Heat and mass transfer in technological processes in construction industry]. Ivanovo: PresSto. 2010. 364 p.
4. Kasatkin A.G. *Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii* [Basic processes and devices of chemical technology]. Moscow: State Research and Engineering Publishing House of chemical literature. 1961. 830 p.
5. Bogdanov E.S. *Spravochnik po sushke drevesyiny* [Handbook of wood drying]. Edited by Bogdanov E.S. Moscow: Forest Industry. 1990. 304 p.
6. Lykov A.V. *Teoriya sushki* [Theory of drying]. Moscow: Energiya. 1968. 472 p.
7. Das B., Das A., Kothari V.K., Fangulero R., de Araujo M. Moisture transmission through textiles. Part 1: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *AUTEX Research Journal*. 2007. Vol. 7, No. 2, pp. 100–110.

- factors at play. *AUTEX Research Journal*. 2007. Vol. 7, No. 2, pp. 100–110.
8. Banerjee D., Zhao S., Schabel S. Heat transfer in thin porous fibrous material: mathematical modelling and experimental validation using active thermography. *AUTEX Research Journal*. 2010. Vol. 10. No. 4, pp. 95–99.
 9. Патент РФ на изобретение № 1604945. Кл. E 04 B 1/49. *Соединительный элемент для крепления деревянных деталей* / Котлов В.Г., Степанов Н.Н. Оpubл. 08.07.1990. Бюлл. № 4612756. 3 с.
 10. Патент РФ на изобретение № 127775. Кл. E 04 B 1/49. *Крепежный элемент для соединения деревянных деталей* / Котлов В.Г., Шарынин Б.Э., Муратова С.С. Оpubл. 10.05.2013. Бюлл. № 13. 3 с.
 11. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П. Процессы и аппараты химической технологии. Под ред. Комиссарова Ю.А. М.: Химия, 2011. 1229 с.
 12. Уголев Б. Н. Дреvesinovedenie i lesnoe tovarovedenie. 2-е изд. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 272 с.
 8. Banerjee D., Zhao S., Schabel S. Heat transfer in thin porous fibrous material: mathematical modelling and experimental validation using active thermography. *AUTEX Research Journal*. 2010. Vol. 10. No. 4, pp. 95–99.
 9. Patent RF No. 1604945. Cl. E 04 B 1/49. *Soedinitel'nyi element dlya krepneniya derevyannykh detalei* [Connecting element for fastening wooden parts]. Kotlov V.G., Stepanov N.N. Published 08.07.1990. Bulletin No. 4612756. 3 p. (In Russian).
 10. Patent RF No. 127775. Cl. E 04 B 1/49. *Krepezhnyi element dlya soedineniya derevyannykh detalei* [Fixing element for connecting wooden parts]. Kotlov V.G., Sharynin B.E., Muratova S.S. Published 10.05.2013. Bulletin No. 13. 3 p. (In Russian).
 11. Comissarov Y.A., Gordeev L.S., Vent D.P. *Protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii* [The processes and apparatuses of chemical technology]. Moscow: Khimiya. 2011. 1229 p.
 12. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie i lesnoe tovarovedenie* [Wood science and forestry merchandising]. 2nd ed. Moscow: Publishing Center Academy, 2006. 272 p.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА



В.И. Корнеев, П.В. Зозуля

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ СОСТАВ, СВОЙСТВА

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. 320 с.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки

**По вопросам приобретения книги обращаться
по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru**



Печи для производства извести

А.В. Монастырев, Р.Ф. Галиахметов

Воронеж: Издательство «Истоки», 2011. 392 с.

В справочнике приведены конструкции и основные технические характеристики отечественных и зарубежных шахтных и вращающихся печей, печей кипящего слоя и взвешенного состояния, их загрузочных и разгрузочных устройств, топок и горелок для сжигания твердого, пылевидного, жидкого и газообразного топлива, тягодутьевых машин, устройств для очистки печных отходящих газов. Рассмотрены вопросы измерения основных параметров процесса обжига сырья в печах, безопасности сжигания в них газообразного топлива, контрольно-измерительные приборы и автоматика.

Приведены основные технические требования потребителей к свойствам извести, карбонатному сырью и технологическому топливу. Даны физико-химические основы постепенного и скоростного процессов обжига карбонатных пород на известь. Кратко изложены основы методики расчета шахтных, вращающихся печей и печей кипящего слоя. Приведены основные показатели эксплуатации печей в различных отраслях промышленности.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников предприятий и цехов по производству извести черной и цветной металлургии, содового производства, производства сахара, производства строительных материалов и других отраслей промышленности. Будет полезен специалистам проектных, наладочных, научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами производства извести, а также работникам учебных заведений, изучающих производство извести.

Электронная подписка на журналы издательства «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

<http://ejournal.rifsm.ru/>

В.И. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, М.Н. МОРОЗ, канд. техн. наук (mn.moroz80@gmail.com),
О.В. ТАРАКАНОВ, д-р техн. наук, Д.В. КАЛАШНИКОВ, канд. техн. наук, О.В. СУЗДАЛЬЦЕВ, инженер
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, 28)

Новые представления о механизме действия суперпластификаторов, совместно размолотых с цементом или минеральными породами

Рассмотрены физико-химические процессы воздействия суперпластификаторов (СП) на разжижение цементно-водных и других минерально-водных суспензий при производстве самоуплотняющихся бетонов нового поколения. Показано, что процесс пластификации суспензии из цемента и минеральных порошков, совместно размолотых с сухим СП, является наиболее эффективным, так как существенно понижается вязкость и предел текучести. Установлено, что преадсорбционное сухое нанесение СП на минеральную поверхность микрочастиц в процессе помола и последующее затворение дисперсии водой принципиально меняют механизм адсорбции. Это позволило сформулировать новое понятие в механизме адсорбции – «адсорбция молекул адсорбента при растворении его на поверхности адсорбтива» в отличие от общепринятого классического – «адсорбция молекул адсорбента из раствора на поверхности твердой фазы».

Ключевые слова: суспензии, суперпластификаторы, адсорбция, разжижение, бетоны.

V.I. KALASHNIKOV, Doctor of Sciences (Engineering), M.N. MOROZ, Candidate of Sciences (Engineering) (mn.moroz80@gmail.com),
O.V. TARAKANOV, Doctor of Sciences (Engineering), D.V. KALASHNIKOV, Candidate of Sciences (Engineering), O.V. SUZDALTSEV, Engineer
Penza State University of Architecture and Civil Engineering (28, G. Titova Street, Penza, 440028, Russian Federation)

New Ideas about Action Mechanism of Superplasticizers Grinded Jointly with Cement or Mineral Rocks

Physical-chemical processes of the impact of superplasticizers (SP) on the dilution of cement-water and other mineral-water suspensions in the course of manufacturing of self-compacting concretes of the new generation are considered. It is shown that the process of plasticization of the suspension from cement and mineral powder jointly milled with dry SP is the most efficient as significantly reduces the viscosity and yield point. It is established that pre-adsorption dry putting of SP on the mineral surface of micro-particles in the process of grinding and following mixing the suspension with water fundamentally changes the adsorption mechanism. It makes it possible to formulate a new idea in the adsorption mechanism: "adsorption of molecules of the adsorbent in the course of its dissolution on the adsorbate surface" unlike conventional classical idea: "adsorption of molecules of the adsorbent from the solution on the surface of the solid phase".

Keywords: suspensions, superplasticizers, adsorption, dilution, concretes.

Применение сверттехнологичных высокопрочных самоуплотняющихся бетонов (СУБ) в строительстве прежде всего связано с использованием высокоэффективных суперпластификаторов. Такие бетоны (с прочностью при сжатии не менее 125 МПа и на растяжение более 25 МПа) могут быть использованы не только при строительстве уникальных зданий и сооружений, но и для отливки коронок для бурения скважин под опоры фундаментов [1], а также для изготовления станин сверлильных и фрезерных станков для высокоточной обработки металлов [2]. Сильное разжижение цементных суспензий, в том числе суспензий из цемента и кварцевой муки с суперпластификаторами (СП), при интенсивном перемешивании позволяет получать бетоны с прочностью до 160 МПа [3] и более [4].

Значительное реологическое разжижающее воздействие СП на суспензии каменной муки является важным фактором использования таких составов в порошково-активированных бетонах нового поколения.

Современные пластификаторы на основе поликарбонатных эфиров начали синтезировать в соответствии с видами и составом минеральных вяжущих. Эти высокотехнологичные СП были систематизированы японским ученым Н. Учигава еще в 1991 г. Благодаря «подгонке» молекулярной и конформационной структуры СП к тому или иному цементу можно достичь максимальной подвижности. Как отмечается в работе [5], основой для выбора того или иного СП является высокая ранняя прочность бетона.

По современным представлениям механизм диспергирующего действия суперпластификаторов (СП) и гиперпластификаторов (ГП) в водно-дисперсных минеральных системах, обуславливающий процесс разжиже-

ния дисперсий (аналогичный дополнительному введению воды), сводится к следующим физико-химическим явлениям:

- активной адсорбции олигомерных и полимерных ионов СП на поверхности дисперсных частиц, уменьшающей межфазовую поверхностную энергию;
- образованию двойного электрического слоя (ДЭС) на поверхности частиц с сильным изменением электрокинетического потенциала (ξ -потенциала), увеличивающего электростатическое отталкивание частиц в воде, диспергирование и исключение коагуляции (агрегации, кластерообразования);
- коллоидно-химическому действию ПАВ на границе раздела фаз;
- стерическим эффектам сильно разветвленных молекул поликарбонатных гиперпластификаторов.

Первым наиболее важным этапом механизма диспергирования и последующего разжижения паст является адсорбция молекул СП на дисперсных частицах с дефектной поверхностью. Химические характеристики поверхности с измененной в процессе помола микро- и наноструктурой, естественно, отличаются от объемных. Появление дефектов за счет разрыва ионных или ковалентных связей на новых поверхностях усиливает как физическую, преимущественно вандерваальсовскую и, частично электростатическую адсорбцию, так и химическую (хемосорбцию). Активным адсорбатом для многих минеральных пород является водяной пар, который гидроксидирует их поверхность, а на поверхности клинкерных минералов цемента хемосорбируется, гидратируя ее. Наиболее активно на поверхности многих природных и синтетических минералов, в частности цементного клинкера, адсорбируются кислород воздуха и

углекислый газ; меньше адсорбируется при атмосферном давлении азот, хотя доля его в воздухе более 70%.

При помолке клинкера с гипсовым камнем вновь образованные поверхности своими активными центрами интенсивно адсорбируют водяные пары из воздуха или из гипсового камня за счет его механогидротермической дегидратации.

Следовательно, цемент, размолотый совместно с гипсом и активной минеральной добавкой, может быть частично поверхностно гидратирован. Гидратация наиболее интенсивно происходит по активным центрам, и в первую очередь по центрам, выходящим на поверхность реликтов из C_3A с наибольшей гидратационной активностью. Во вторую очередь – по поверхностным реликтам C_3S и C_4AF .

Следует В.Г. Батракову [5], цемент, затворяемый водой с СП, адсорбирует его в первую очередь гидратными новообразованиями, обеспечивая разжижение цементных систем.

При помолке клинкера с сухим СП и последующем затворении полужидкого цемента водой разжижающая способность СП не только возрастает, но и кардинально меняется скорость формирования прочности цементного камня. Высокая разжижающая способность водно-цементных дисперсий с суперпластификатором, размолотым в сухом виде совместно с клинкером, реализована в России в вяжущих низкой водопотребности (ВНВ). Эти позитивные эффекты исследователи объясняют не только более высокой дисперсностью цемента в ВНВ, но и более однородным распределением пластификаторов на поверхности цементных частиц.

Мы не исключаем, что в процессе помола клинкера с суперпластификатором при термоэмиссии происходят структурные изменения под влиянием механохимических реакций. В результате нарушения кристаллической структуры аккумулируется энергия, плотность которой сравнима с теплотой плавления кристаллов СП. В последующем при взаимодействии СП с водой эта энергия реализуется, способствуя усилению адсорбционных процессов. Однако наиболее важным, по нашему мнению, является переизмельчение мягких по значению твердости частиц СП до наномасштабного уровня. Наночастицы СП, имея размеры на 1–2 порядка меньше, чем частицы портландцемента, впрессовываются в наносероховатую поверхность последних.

При помолке цементного клинкера совместно с добавкой СП вновь образуемые свежие поверхности частиц цемента, гипса и минеральной добавки не только механически покрываются микрослоем из суперпластификатора и он внедряется в микротрещины, но также возможно прилипание по атомным контактам органических молекул. При каждом акте разрушения частиц цемента на их поверхности появляются различные кристаллические плоскости с измененной атомной или ионной конфигурацией, т. е. меняется химическая и кристаллографическая структура поверхности. Кроме того, кристаллическая структура поверхности частично аморфизуется. Появление ненасыщенных атомных или ионных центров с высокой активностью к адсорбции способствует закреплению на них молекул СП.

Физическая адсорбция молекул СП возможна и на минералах клинкера и на гидратных новообразованиях, образующихся в процессе помола. Естественно, степень такой адсорбции на гидратных фазах связана с наличием воды или водяных паров при помолке. Содержание влаги в измельчаемом цементе, вносимой с гипсовым камнем и минеральной добавкой, невелико, а количество специально вводимой воды для частичной активации модификационных переходов $C_3S \rightarrow \beta-C_2S$; $CaO \rightarrow Ca(OH)_2$ в горячем клинкере с целью улучшения размалываемости также незначительно и не превышает

1–1,5% от массы измельчаемого цементного клинкера. Часть этой воды испаряется в процессе помола, другая гидратирует поверхность минералов и частично растворяет СП, прочно закрепляя его на поверхности частиц.

Таким образом, процесс приготовления минеральных порошков, в том числе портландцемента, путем совместного помола с суперпластификатором является, по существу, преадсорбционным сухим нанесением нанослоев суперпластификатора. Примем во внимание, что при затворении порошка водой физико-химическая адсорбция полиионов СП происходит после его ионизации в водном растворе.

Часто в различных исследованиях механизм действия пластификаторов ионогенного типа связывают с особенностями химико-минералогического состава портландцементного клинкера, его способностью гидратироваться и быстро поставлять гидратные фазы в межчастичное пространство при затворении цемента водой. Эффективность пластифицирования и водоредуцирования многие исследователи [6–8] объясняют лишь высокой адсорбционной активностью быстро образующихся гидросиликатных и гидроалюминатных фаз по отношению к СП.

Однако для понимания механизма пластифицирования ионогенных пластификаторов необходимо более глубоко рассмотреть их действие не только в цементно-водных дисперсиях, для которых разработаны СП, но и в дисперсиях широкой гаммы порошков различной химико-минералогической природы, не взаимодействующих с водой.

В последних эффективность СП может быть несравненно выше. К сожалению, изучению разжижения совместно молотых минеральных пород с сухим СП посвящено весьма ограниченное количество работ, по сравнению с разжижением цементно-водных композиций при введении СП с водой затворения. Многие исследователи считают, что если суперпластификаторы созданы для цемента, то и механизм их реологического действия необходимо объяснять только с позиции химико-минералогического состава цемента и продуктов его гидратации, которые управляют действием СП. Ш.Т. Бабаевым и А.А. Комаром [7] в основу классификации цементов по отношению к СП положено содержание в них минерала C_3A . По его содержанию оценивают снижение расхода воды. По [6] реологические свойства бетонных смесей с увеличением содержания C_3A также ухудшаются. Другие факторы ухудшения реологических свойств цементных суспензий до сих пор не выявлены. Если говорить об усилении действия СП в ВНВ, то можно насчитать много высказанных гипотез по улучшению реологических свойств цементных систем. Это и механохимические процессы в мельнице, в том числе, и многие другие химические реакции СП с клинкерными минералами, в частности с C_3A [8]. При этом исследователи полностью игнорируют физико-химию адсорбции ионов всех видов СП на поверхности с различными зарядами. Не учитываются те высокие пластифицирующие и водоредуцирующие эффекты, которые выявлены авторами при введении СП в суспензии многих чистых, со строго доказанным наукой зарядом поверхности оксидов, и полиминеральных горных пород, не взаимодействующих с водой.

Рассмотрим влияние нанослоя суперпластификаторов, находящихся на поверхности микрометрических минеральных частиц, на механизм и эффективность разжижения водно-минеральных дисперсий и водоредуцирующие эффекты.

Для того чтобы объяснить механизм более эффективного реологического действия пластификаторов, размолотых совместно с клинкером, необходимо сопоставить их действие в цементе с действием в дисперсиях

минеральных порошков различной химико-минералогической природы. Многие оксиды имеют произведение растворимости 10^{-10} – 10^{-20} и более. Растворимость их в воде в сотни тысяч и даже в миллионы раз ниже растворимости клинкерных фаз цемента. Они химически не взаимодействуют с водой, что свойственно цементу, и не образуют кристаллических и гелевидных гидратных новообразований. В этих системах исключается «особое» участие поверхностей с химически связанной водой, которым придают большое значение многие специалисты, в процессах пластифицирования (и водоредуцирования) цементных суспензий под воздействием суперпластификаторов. Однако суспензии таких порошков тем не менее имеют более высокие реологические эффекты, чем суспензии цемента, и сохраняют их, как установлено авторами, при герметичном хранении в течение 15 лет.

Известно, что реологическая активность современных суперпластификаторов в суспензиях минеральных порошков различной природы, как с ионным типом связи, так и с ковалентным, взаимосвязана с точкой нулевого заряда. С другой стороны, независимо от величины точки нулевого заряда пластифицирующее и водоредуцирующее действие в суспензиях многих порошков, так же как и в цементных, возрастает, если СП вводится в виде сухомолотого порошка с породой с последующим затворением водой. На целом ряде негидратирующихся водой минеральных порошков (таблица) показано, что достигаемое водоредуцирование, в дисперсиях которых СП был совместно размолот в порошок с породой, значительно выше, чем при введении в эти дисперсии СП с водой затворения при одинаковых дозировках разжижителей. В таблице представлено изменение водоредуцирующего действия СП по снижению расхода воды (В) в суспензиях порошков оксидов, гидроксидов и солей при

введении СП с водой затворения и в виде совместно размолотых порошков. Для доказательства эффективного действия СП на неоксидные системы приведен один из представителей сульфида металлов.

Для сравнения даны значения водоредуцирующего действия ($V_d = V_{\text{непл}}/V_{\text{пласт}}$) в суспензиях цементов, молотых горных пород при использовании суперпластификаторов (С-3, НФ-А, ЛСТ, Melment, SMF, Полипласт) и гиперпластификаторов нового поколения на карбоксилатной основе – Melflux 2651 F и Melflux 5581. Водоредуцирующее действие вычислено как для опытов с суспензиями, в которые СП вводился с водой затворения, так и для опытов, когда порошки с совместно измельченным СП затворялись водой.

Как следует из таблицы, суперпластификатор С-3 при введении с водой затворения (ВВЗ) в цемент позволяет снизить расход воды в 1,8 раза, а в сухомолотом виде – в 2,3 раза, что на 28% выше по сравнению с первым вариантом.

Порошки некоторых оксидов – Mn_2O_3 , CdO , ZnO , CuO , NiO , отличающиеся высокой селективностью к СП, при затворении их раствором последнего образуют более высококонцентрированные суспензии, чем портландцемент. Снижение расхода воды в них при сохранении растекаемости составляет от 2,2 до 15 раз. И все без исключения порошки оксидов, в том числе неселективные (неизбирательные) к СП MgO , MnO_2 , Nb_2O_5 , Co_2O_3 (при введении СП с водой затворения) в случае их измельчения с сухим СП, обеспечивают в пастах более высокое снижение расхода воды. При этом они сохраняют одинаковую текучесть по сравнению с введением СП в виде раствора. Чрезвычайно важным результатом является то, что неизбирательные к адсорбции из водной фазы молекулы СП на поверхности гидроксидов кальция, магния и сульфидов молибдена и железа становятся

Вид минерального порошка	Вид СП и ГП	В/Ц без добавок	В/Ц и Вд при различных методах введения добавок				Увеличение Вд по сравнению с введением СП с водой затворения, %
			В растворе с водой затворения		На минеральных частицах, совместно размолотых с СП и ГП		
			В/Ц	Вд'	В/Ц	Вд''	
MgO	НФ-А	3,3	1,75	1,9	0,65	5,1	163
Mg(OH) ₂		2,7	2,45	1,1	1,28	2,1	91
Nb ₂ O ₃		0,61	0,52	1,2	0,33	1,8	50
CuO		0,45	0,12	3,8	0,09	5	33
NiO		0,3	0,11	2,7	0,08	3,7	37
Цемент старооскольский	С-3	0,42	0,22	1,9	0,18	2,3	21
Ca(OH) ₂		1,6	1,48	1,1	0,4	4	263
MgO		0,4	0,37	1,1	0,29	1,4	27
MnO ₂		0,73	0,60	1,2	0,33	1,5	25
Co ₂ O ₃		0,4	0,28	1,4	0,19	2,1	50
FeS		0,76	0,6	1,3	0,28	2,7	108
ZnO		3	0,2	15	0,18	16,6	11
CdO	ЛСТ	1,75	0,22	7,9	0,2	8,7	10
Mn ₂ O ₃	Melment F-10	1	0,4	2,5	0,33	3	20
Bi ₂ O ₃	CMF 10	0,22	0,11	2	0,04	5,5	175
Цемент вольский	С-3	0,42	0,23	1,8	0,18	2,3	28
	Полипласт СП-1		0,25	1,7	0,21	2	18
	Melflux 2651 F		0,18	2,3	0,16	2,6	13
Дацил кварцевый	Melflux 2651 F	0,47	0,20	2,4	0,18	2,6	17
Доломит воронежский	Melflux 2651 F	0,45	0,19	2,4	0,17	2,6	8
Цемент:гранитная мука – 1:1	Melflux 2651 F	0,47	0,22	2,1	0,18	2,6	27
Известняк плотный	Melflux 5581	0,41	0,13	3,1	0,12	3,4	10

ся высокоизбирательными при наличии на их поверхности наночастиц из суперпластификатора в твердом виде. Для них содержание воды уменьшается в 1,2–4 раза. Из природных горных пород наибольшей реологической активностью обладают доломиты и известняки. Для них совместный помол с СП практически не приводит к снижению воды по сравнению с введением СП с водой затворения. Это объясняется высокой плотностью активных центров для адсорбции молекул СП на поверхности кальцита CaCO_3 . Важно отметить, что на известняке достигнута самая высокая объемная концентрация твердой фазы в суспензии, равная 75,2%. Эта концентрация превышает концентрацию наплотнейшей гексагональной упаковки шаров.

Таким образом, очевидно, что адсорбция СП из его водного раствора на поверхности минеральных частиц и цемента протекает не до конца и не обеспечивает высокой плотности адсорбционных слоев, а вследствие этого и полного диспергирования частиц при физико-химическом разрушении агрегатов в процессе перемешивания с водой. Полного диспергирования не происходит даже при достаточно интенсивных механических методах перемешивания. Это связано с тем, что все тонкомолотые порошки на воздухе агрегированы и степень их агрегирования различна исходя из анизотропности формы частиц, их размера и величины молекулярной постоянной Гаммакера, определяющих силу атомарных контактов. Степень агрегации порошка в водной среде можно определить после перемешивания небольшого количества порошка с водой по характеру оседания частиц его из суспензии и осветления воды.

Если над оседающими агрегатами не достигается полного осветления и прозрачности воды за 1–1,5 мин выдерживания, то систему можно отнести к сильно агрегативнонеустойчивой, в которой оседание частиц идет коллективно в кластерах различных размеров.

При недостатке воды процесс однородного смешивания тонких порошков с ней значительно осложняется стесненными условиями. При этом трудно обеспечить достижение в полученной системе высокой микрооднородности распределения влаги в объеме. Наличие локальных зон высокой оводненности, слабо увлажненных и вообще полусухих, в процессе перемешивания порошка с водой неизбежно. При последующем дополнительном перемешивании сильно оводненные зоны являются источниками поступления воды в неоводненные и слабо оводненные. Этот процесс влагообмена сопровождается конвекцией за адсорбированную воду. Степень микрооднородности по содержанию влаги сильно возрастает при дефиците воды, когда требуется получить пластифицированные системы при сверхнизких В/Т-отношениях. Естественно, что в первых, более оводненных зонах, содержащих раствор СП, адсорбция его на частицах будет наиболее полной, в менее оводненных – недостаточной. При перемешивании системы между локальными зонами с малым количеством адсорбированного СП и зонами с повышенным количеством адсорбированного СП появится его концентрационный градиент. Этот градиент существует как в жидкой фазе межчастичного пространства, так и на поверхности частиц. Концентрация СП в жидкой фазе будет выравниваться за счет диффузии его молекул к поверхности твердой фазы. Процесс выравнивания по зонам концентрации СП, адсорбированного на поверхности частиц, будет лимитироваться соотношением энергии связи внешних молекул СП при многослойной адсорбции и энергии связи при монослойной адсорбции, а также фактором времени. При этом необходимо учитывать, что малооводненные зоны с малой степенью адсорбции СП полностью не диспергированы и содержат агрегаты из частиц. Разрушить такие агрегаты, как показывают эксперименты, невозможно физико-

химическими силами ионоэлектростатической адсорбции, тем более если система после перемешивания находится в покое. Именно эти процессы объясняют низкое пластифицирующее действие СП в высококонцентрированных пастах.

В современной физической химии фундаментально изучены процессы адсорбции растворенных веществ на поверхности твердой фазы. К сожалению, совершенно не исследованы процессы и степень адсорбции молекул (ионов), находящихся в момент растворения на поверхности твердой фазы в виде твердых субмикрочастиц. В связи с этим правомерно ввести термин *адсорбция при растворении*, или точнее, *адсорбция в момент растворения адсорбата на поверхности адсорбента*. При этом процесс адсорбции молекул СП, предварительно нанесенного при помеле тонким нанослоем на поверхность дисперсных минеральных микрочастиц твердой фазы, радикально отличается от адсорбции их из раствора. Отличаются не только механизм, но и степень диспергирования и разрушения в воде агрегатов из порошков минеральных частиц. В порошках, совместно размолотых с СП, микрооднородность адсорбционных слоев и равномерное распределение воды обеспечиваются за счет следующих факторов:

- количество суперпластификатора на поверхности минеральных частиц постоянно за счет метода предадсорбции сухого нанесения СП или ГП при измельчении (получение вяжущих низкой водопотребности и минеральных порошков низкой водопотребности);

- частицы в агрегатах дисперсного порошка связаны непрочно, так как контактируют через прослойку сухого СП, которая образует твердофазный барьер, растворяющийся при воздействии воды. Они не слеживаются при хранении. Это приводит к самопроизвольному распаду агрегатов и их диспергированию при минимуме затрат энергии на перемешивание суспензий;

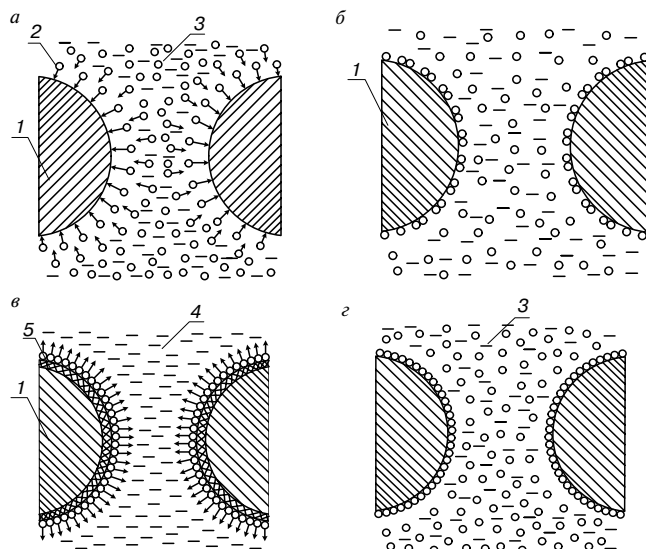
- адсорбция макроионов пластификаторов на поверхности частиц происходит не из раствора, как при методе введения суперпластификатора с водой затворения, а после растворения почти всего твердого нанослоя и десорбции его молекул в раствор. В момент растворения последних молекул СП на поверхности минеральных частиц происходит ионизация олигомерных молекул водой затворения и более полная адсорбция полианионов;

- при затворении порошка водным раствором СП или ГП диффузия ионов его происходит из объема раствора к поверхности частиц твердой фазы (аналогично процессу десорбции) (рисунок, а) до наступления адсорбционного равновесия (рисунок, б); процесс адсорбции из раствора является кинетическим замедленным;

- при перемешивании минеральных частиц с поверхностным слоем твердообразного пластификатора диффузионный поток олигоионов или полиионов пластификаторов направлен от поверхности частиц в жидкую фазу (рисунок, в) до равновесного состояния (рисунок, г);

- адсорбция при растворении пластификаторов, по существу, не является замедленной кинетической, а протекает достаточно быстро. При этом исключается медленный процесс диффузии объемных олигомерных ионов СП к поверхности твердой фазы и скорость адсорбции не лимитируется скоростью диффузии молекул адсорбтива к поверхности адсорбента, как это происходит при адсорбции из раствора;

- после растворения нанослоя СП на поверхности всех минеральных частиц одной физико-химической природы сохраняется одинаковый по толщине адсорбционный слой, обуславливающий одинаковый по величине электрокинетический потенциал (ζ -потенциал); в смесях порошков разной природы толщина адсорбционных слоев на частицах пропорциональна адсорбционному потенциалу (энергии адсорбции) твердой фазы;



Адсорбция молекул СП на поверхности частиц из раствора (а, б) и адсорбция молекул СП при растворении твердофазного слоя СП (в, г): а – диффузия молекул СП из раствора к поверхности частиц в момент приготовления суспензии; б – после наступления адсорбционного равновесия; в – диффузия молекул СП от поверхности частиц при растворении твердофазного суперпластификатора; г – после наступления адсорбционного равновесия; 1 – минеральная частица; 2 – молекулы СП; 3 – водный раствор СП; 4 – вода; 5 – твердый слой СП на поверхности минеральных частиц

– при малом количестве воды затворения образование менее и более оводненных локальных зон в системе из частиц с нанослоем из твердофазного пластификатора ограничено; усреднение по содержанию воды достигается более легко вследствие быстрого разрушения в дисперсии малопрочных минеральных агрегатов из частиц;

– наличие на поверхности частиц преадсорбционного слоя пластификатора создает условия протекания адсорбции не только по гидросилированным центрам поверхности, доля которых, например для оксидов, составляет от 3 до 15 на 1 км², но и на малоактивных участках при реализации сил ближкодействия, когда молекулам не надо преодолевать потенциальный барьер поверхностных сил.

Сформулированные процессы и механизм пластифицирования полностью объясняют более высокую эффективность СП, сухомолотого с породой в водно-дисперсных минеральных системах. Цемент в воде – это нестабильная система с быстрым накоплением коллоидных наночастиц, которые плохо диспергируются СП. Ранние процессы гидратации очень тонких цементных частиц, возникновение предшественников и зародышей кристаллизации новой фазы, химическое связывание воды, приводящее к структурному разнообразию системы, существенно усложняют картину адсорбции и диспергирования, уменьшая эффективность пластифицирования по сравнению со многими оксидами и горными породами.

Трудно переоценить роль дисперсных молотых горных пород, добавляемых в количествах 30–100% к массе цемента в создании пластифицированных суспензионных бетонов и бетонов с большим объемом суспензионной составляющей. Это бетоны нового поколения от общестроительных до высокопрочных и особо высокопрочных марок 1200–1500. Они производятся из самоуплотняющихся бесщебеночных дисперсно-армированных реакционно-порошковых и щебеночных бетонных смесей [9] с осадкой конуса 25–28 см. Бетоны марок 200–600 с низким удельным расходом цемента на единицу прочности, равным 3,5–4,5 кг/МПа, получены с добавлением молотого кварцевого песка или известняка к цементу в количестве 70–100%. Основой извещения их являются реакционно-порошковые связки, которые

включают цемент, молотую горную породу (кварцевую муку), микропуццолановые добавки, СП и воду, образуя реологическую матрицу первого рода для очень мелкого песка фракции 0,1–0,6 мм. Они по нашей классификации являются основой реологической матрицы второго рода, обеспечивающей перемещение частиц песка-заполнителя. Совместно с этим песком они образуют реологическую матрицу третьего рода для свободного перемещения щебня при течении бетонной смеси. Принципы создания таких бетонов сформулированы, а для некоторых видов бетонов разработаны методы подбора состава [10]. Учитывая, что глобальная экономика строительства из железобетона – это строительство из высокопрочного бетона, высокую реологию смесей могут обеспечить только многокомпонентные реологические матрицы, включающие в обязательном порядке реологически- и реакционно-активную каменную муку. Многие виды каменной муки (кварцевый песок и микрокремнезем), не являясь реологически активными в смеси с СП, приобретают ее в композиции с цементом. Более высокая реологическая активность тонкодисперсных минералов и горных пород (известняк, доломит) использована для получения высокопрочных бетонов с суперпластификаторами. В силу вступает другой механизм пластифицирования – топологический. Частицы цемента разделяются невзаимодействующими с водой частицами каменной муки и обеспечивают разделение контактирующих коллоидных фаз, как бы экранируя частицы цемента. Огромная роль в экранировании цементных частиц принадлежит микрокремнезему (МК). Ориентировочные расчеты показывают, что при 10% содержании МК от массы цемента на одну частицу цемента приходится от 20 до 30 тысяч частиц МК. Такой плотный экран препятствует формированию сплошной коллоидной прослойки между частицами портландцемента. Все эти компоненты в совокупности – портландцемент, каменная мука и микрокремнезем позволяют получать высокотекучую реологическую матрицу самоуплотняющихся бетонных смесей для изготовления высокопрочных и особо высокопрочных бетонов классов В100–В140. В будущем редкие виды бетонов будут выпускаться без использования каменной муки и микрокремнезема или его заменителя. Объемы производства каменной муки должны достигнуть почти половины объемов выпуска портландцемента. К сожалению, Россия существенно отстает от западных стран в производстве высокопрочных бетонов с каменной мукой, ориентируясь лишь на микрокремнеземы, с использованием которых невозможно преодолеть границу прочности 100–120 МПа у СУБ.

Основная роль в производстве модифицированной цементной реакционно-порошковой связки должна принадлежать цементным заводам. По нашему мнению, новые заводы должны ориентироваться на такое производство, и, помимо выпуска обычного цемента на широкого потребителя, выпускать сухие реакционно-порошковые бетонные смеси с сухим суперпластификатором для заводов железобетона с более высокой культурой производства, чем бетоносмесительные узлы. При этом нет необходимости размалывать клинкер с сухим СП, получая ВНВ. Вполне достаточно кратковременно активировать уже измельченный цемент с сухим СП в специальной мельнице или высокоскоростных активаторах. В качестве каменной муки на многих цементных заводах можно применять реакционно-активную кварцевую муку и реологически активные дисперсные известняки и доломиты. Важно то, что цементные заводы имеют всю инфраструктуру для производства сухих смесей: сушильные барабаны, мельницы, упаковочные, цементные силосы для хранения и отгрузки готовой продукции.

Список литературы

1. Ибук Х. Буровая коронка из сверхвысокопрочного бетона. *СПИ. Международное бетонное производство*. 2013. № 3. С. 28–30.
2. Загмайстер Б., Дойзе Т. Применение сверхтехнологичного бетона на основе специального вяжущего в области строительства и машиностроения. *СПИ. Международное бетонное производство*. 2012. № 1. С. 26–32.
3. Либланг Р., Рингвельски Д. Влияние интенсивного перемешивания на свойства сверхпрочных бетонов. *СПИ. Международное бетонное производство*. 2012. № 3. С. 32–35.
4. Калашников В.И. Что такое порошково-активированный бетон нового поколения // *Строительные материалы*. 2012. № 10. С. 70–71.
5. Plank J. und Sachgenhauser B. Experimental determination of the effective anionic charge density of polycarboxylate superplasticizers in cement pore solution. *Cement and Concrete Research*. 39 (1). 2009, pp. 1–5.
6. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.
7. Бабаев Ш.Т., Комар А.А. Энергосберегающая технология железобетонных конструкций из высокопрочного бетона с химическими добавками. М.: Стройиздат, 1987. 240 с.
8. Батраков В.Г., Тюрина Т.Е., Фаликман В.Р. Пластифицирующий эффект суперпластификатора С-3 в зависимости от состава цемента. Бетон с эффективными модифицирующими добавками. НИИЖБ. М., 1985. С. 8–14.
9. Калашников В.И. Терминология науки о бетоне нового поколения // *Строительные материалы*. 2011. № 3. С. 103–106.
10. Калашников В.И. Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов // *Строительные материалы*. 2008. № 10. С. 4–6.

References

1. Ibuk Kh. The drill bit of the ultra-high concrete. *SPI. Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo*. 2013. No. 3, pp. 28–30. (In Russian).
2. Zagmaister B., Doize T. Application over technological concrete on the basis of a special binder in the construction and engineering industries. *SPI. Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo*. 2012. No. 1, pp. 26–32. (In Russian).
3. Liblang R., Ringvel'ski D. Effect of intensive mixing on the properties of ultra-strong concrete. *SPI. Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo*. 2012. No. 3, pp. 32–35. (In Russian).
4. Kalashnikov V.I. What is the powder-activated concrete of new generation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 10, pp. 70–71. (In Russian).
5. Plank J und Sachgenhauser B. Experimental determination of the effective anionic charge density of polycarboxylate superplasticizers in cement pore solution. *Cement and Concrete Research*. 39 (1). 2009. pp. 1–5.
6. Batrakov V.G. Modifitsirovannye betony [Modified concretes]. Moscow: Stroizdat. 1998. 768 p.
7. Babaev Sh.T., Komar A.A. Energosberegayushchaya tekhnologiya zhelezobetonnykh konstruktssii iz vysokoprochnogo betona s khimicheskimi dobavkami [Energy-saving technology of reinforced concrete structures of high-strength concrete with chemical additives]. Moscow: Stroizdat. 1987. 240 p.
8. Batrakov V.G., Tyurina T.E., Falikman V.R. The plasticizing effect of the superplasticizer at S-3 depending on the composition of cement. Concrete with effective modifying additives. NIIZhB. Moscow, 1985. pp. 8–14. (In Russian).
9. Kalashnikov V.I. Terminology of science of new generation of concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 3, pp. 103–106. (In Russian).
10. Kalashnikov V.I. The calculated composition of high-strength self-compacting concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 10, pp. 4–6. (In Russian).

20–23 января 2015 | Красноярск



XXIII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СТРОИТЕЛЬСТВО АРХИТЕКТУРА

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ, ОТДЕЛКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

ВПЕРВЫЕ!

Одновременно пройдет выставка строительной техники и оборудования «ТехСтройЭкспо»!



5 ПРИЧИН УЧАСТВОВАТЬ В ВЫСТАВКЕ

- 10 500 кв. м.
- 320 экспонентов
- Компании из Швеции, Германии, Чехии, Канады, России
- 13 447 посетителей в 2014 году
- Деловая программа: Архитектурно-строительный форум Сибири, Сибирский фестиваль архитектуры

Официальная поддержка:



Организатор – ВК «Красноярская ярмарка»



МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-405, 22-88-611 (круглосуточно)
build@krasfair.ru, www.krasfair.ru

0+

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья — это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

ВНИМАНИЕ! С 1 января 2014 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>