

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ  
МИНИСТЕРСТВА  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ СССР

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

№9

(417)

СЕНТЯБРЬ

Издается с января 1955 г.

1989

## Содержание

<b>РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	ДЕМИДОВИЧ Б. К., ДОРОШЕНКОВА О. Г., ШЕВЦОВА И. А. Расширение сырьевой базы за счет использования отходов промышленности в производстве строительных материалов	2
	ОГАНЕСЯН Р. Б. Энергосберегающий обжиговый агрегат для производства керамзитового гравия	4
	НИСНЕВИЧ М. Л., ЛЕВИНА Е. И., АНИСИМОВА Е. И., СТЕПАНОВА В. Ф., ЛИПЕЙ О. А., ХАРИТОНОВА Л. П. Применение морской воды для промывки щебня и отсева дробления	7
	БУТКЕВИЧ Г. Р., КАРПОВА Т. Н., МЕЛЬНИКОВА В. М. Эффективность применения машин с фрезерным рабочим органом	8
	ВОЛЖЕНСКИЙ А. В., РЯЗАНОВ А. Н., ЧИСТОВ Ю. Д., КАРПОВА Т. А. Топливо-сберегающая технология известково-золяного цемента	9
<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА</b>	ПЕЛЕВИН А. Е., ЦЫПИН Е. Ф., ШАЛЮГИНА В. А. Обогащение крупнокусковой асбестовой руды с помощью магнитной сепарации	10
	РАЗДОЛЬНЫЙ В. А., РОМАНОВ Ю. С. Повышение эффективности гидромеханизации	13
	РЖАНИЦИН Ю. П., МОРОВА А. А., НОВОПАШИНА Е. И., ШИХОВ А. Н. Технология получения высокопрочного гипса	14
	КОСОЛАПОВ А. И. Увеличение выхода конечной продукции при разработке месторождений облицовочного камня	15
	БОЙКОВ Л. М. Конвективная сушка кровельного картона	16
МАСЛАК Ю. В. Устройство для выгрузки и пневмотранспорта цемента	18	
<b>ЗА ПРОГРЕССИВНЫЕ ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ</b>	ПОГОРЕЛОВ А. В., ТЕПЛОВА Л. А. Хозрасчет в ремонтном производстве (на предприятиях полимерных строительных и мягких кровельных материалов)	19
<b>РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ</b>	МЕЩЕРЯКОВ Ю. Г., НЕСТЕРЕНКО В. В., БЕЛЯКОВ В. В. Доломитовая известь для производства автоклавных материалов	22
<b>ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ</b>	ГНИП И. Я., МОРГЕНШТЕРН Я. Л., БИРЮК А. И. Повышение прочности минераловатных плит при сжатии	23
	СЕРЕГИН Н. Н., ЧУРКИН А. И., ЛОМАЦКИЙ Ю. И. Выбор системы отработки месторождения глин с целью повышения качества керамзитового гравия	25
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	ИВАЩЕНКО П. А., АШМАРИН Г. Д., ВАРЛАМОВ В. П., ВОРОПАЕВА Л. В. Особенности технического анализа углетоходов	26
	СУЛЕЙМЕНОВ С. Т., ЕСТЕМЕСОВ Э. А., УРЛИБАЕВ Ж. С., ДАУКАРАЕВ Ж. М. Влияние клинкерных минералов на античность шлакового вяжущего	27



МОСКВА  
СТРОЙИЗДАТ

УДК 681.002.8(476)

Б. К. ДЕМИДОВИЧ, д-р техн. наук, профессор, О. Г. ДОРОШЕНКОВА, инж.,  
И. А. ШЕВЦОВА, инж. (Минский НИИСМ)

## РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Среди научных учреждений, деятельность которых оказывает влияние на ускорение научно-технического прогресса в отрасли, — Минский научно-исследовательский институт строительных материалов. В сентябре 1989 г. коллектив института отмечает 50 лет своей деятельности.

Большой вклад институт внес в совершенствование технологии производства цемента с использованием нового технического решения — башенно-распылительной сушилки — декарбонизатора, позволившего втрое увеличить производительность короткой вращающейся печи. Впервые в мире созданы технология производства цемента по сухому способу с применением переувлажненного (28%) сырья, которая положена в основу строящегося Белорусского цементного завода.

На основании технических решений НИИСМа проводится реконструкция и техническое перевооружение предприятий стеновых керамических материалов. Новая конструкция автоматизированных туннельных печей с шириной канала 7 м мощностью 60—75 млн. шт. усл. кирпича планируется к широкому внедрению на предприятиях Белоруссии и других республик.

Разработана технология, освоено производство и внедрены на Радошковичском керамическом заводе конструкции из жаростойкого бетона для строительства туннельных печей нового поколения, а также созданы жаростойкие материалы для футеровки обжиговых вагонеток. Производство

Промышленность строительных материалов Белоруссии многоотраслевая и является одной из самых материалоёмких отраслей в республике. Предприятия этой отрасли ежегодно добывают и потребляют свыше 21 млн. м<sup>3</sup> сырья. Поэтому частичная замена добываемого сырья отходами промышленности, не требующими в ряде случаев дополнительной переработки, приводит к значительной экономии тепла, электроэнергии и трудовых затрат.

Для производства стеновых керамических материалов Белоруссия практически не располагает высококачественным глинистым сырьем, поэтому выполнялся большой объем работ по кондиционированию глинистого сырья за счет использования различных добавок, применения новых эффективных, главным образом скоростных, методов подготовки шихты.

Выполнен комплекс исследований и установлено, что введение стеклобоя в качестве добавки в глиномассу в количестве 8—10% (в виде тонкомолотого порошка) повышает морозостойкость, механическую прочность и позволяет получить однотонную лицевую поверхность. Эта технология внедрена в проекты технического перевооружения Брестского комбината строительных материалов и производственных объединений «Минскстройматериалы» и «Барыньстройматериалы».

При необходимости использовать этот опыт другими предприятиями институтом будет предоставлен технологический регламент введения указанной добавки.

Радицкому керамико-трубному заводу выданы рекомендации по использованию стеклобоя и ПАВ с целью повышения водонепроницаемости керамических канализационных труб. Выполнены поисковые исследования по снижению влажности

конструкций из жаростойкого бетона налажено также в Вяземском ПО «Стройконструкция» для предприятий РСФСР.

Немало делается в направлении внедрения технологии эффективных пустотелых и лицевых керамических камней и кирпича с использованием отходов различных производств и некондиционных глил.

С целью экономии топлива разработана импульсная система сжигания топлива в туннельных печах, создан теплообменник с насадкой из керамических труб для утилизации тепла отходящих газов из туннельных печей, в стадии разработки теплообменник с кипящим слоем и др.

Разработан принципиально новый технологический процесс скоростной термообработки минеральных суспензий с использованием башенно-распылительных сушилок, защищенный шестью патентами за рубежом.

Впервые в нашей стране разработана технология производства известняковых удобрений на базе мельниц, совмещающих процессы сушки и измельчения, типа «Аэрофол», технология обеспечивает продукцию высшего качества.

Созданы новый искусственный, легкий пористый заполнитель — аглопорит, технология и оборудование для его производства. В настоящее время 22 завода в СССР выпускают аглопорит по технологии и на оборудовании, разработанными в институте.

Специалистами института выполнены исследования и на основе их результатов разработаны ресурсосберегающие технологии многих разновидностей строительных материалов.

глиняного бруса при пластическом способе формирования кирпича за счет применения добавок ПАВ, что значительно сокращает сроки сушки и обжига керамических изделий и улучшает качество.

В институте создан ряд безотходных технологий и оборудования для производства местных вяжущих на базе использования карбонатных отходов.

На технологии нашего института, проекту Новомосковского филиала Государственного института азотной промышленности и Белгипрострома введены в эксплуатацию в 1985 г. цеха по производству извести по шламовому способу из карбонатного отхода производства нитроаммофоски с использованием вращающихся печей на Дрогобужском заводе азотных удобрений (Смоленская обл.) и Россошанском химкомбинате. Экономический эффект на этих предприятиях очевиден, так как затраты на организацию и содержания отвалного хозяйства составляют 600 тыс. р. в год. Кроме того, неиспользуемые карбонатные отходы загрязняют окружающую среду, занимают земли, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

Создана принципиально новая технология с использованием скоростного метода термообработки, в институте Гипросахпрома (г. Москва) разработан проект, по которому освоена на Слуцком сахарорафинадном комбинате опытная технологическая линия по регенерации извести и углекислого газа из фильтрационного осадка (отхода сахарного производства). Внедряемая технология и оборудование позволяют отказаться от привозного твердого известняка, металлургического конса, ликвидировать поля фильтрации, т. е. производство становится безотходным. Экономический эффект только по Слуцкому сахарорафинадному комбинату составляет 236 тыс. р.

Две вышеприведенные технологии представляют особый интерес для предприятий химической и сахарной промышленности, так как их применение в составе основного производства позволит успешно решать вопросы комплексного использования всех сырьевых материалов и побочных продуктов производства.

С применением технологии скоростной термообработки освоена технологическая линия по регенерации известки из отходов зимодоочистки на Нижнекамской ТЭЦ и 2-я линия — в ПО «Ростовэнерго». Расчетный экономический эффект составляет 336 тыс. р.

Завершены исследования по утилизации кальцийсодержащих отходов химической полировки стекла заводов сортовой посуды. Разработана технологическая схема получения формовочного гипса. По нашим данным, институт «Южгидростекло» разработал технико-экономические расчеты целесообразности строительства опытной установки по получению формовочного гипса из отходов химполировки на стеклозаводе «Неман». По физико-механическим свойствам формовочный гипс соответствует марке 175Ш (по ГОСТ 125—79 «Вяжущие гипсовые»). Опытная партия гипсового вяжущего, полученного из отхода химической полировки стекла, была испытана на Минском фарфоровом заводе и заводе «Стройфарфор» для изготовления гипсовых форм при отливке фарфоровых чашек, сливных бачков и унитазов. Опытные формы имели большую оборачиваемость по сравнению с традиционными применяемыми формами, отлитыми из гипса, получаемого из природного сырья.

Проведены исследования по выбору оптимального состава сырьевой смеси для производства гипсового вяжущего на основе природного гипсового камня и фосфорита. Промышленные испытания на Минском гипсовом заводе показали возможность получения гипсового вяжущего марок Г-4 и Г-5 из сырьевой смеси состава 80:20 и 60:40. Институтом разработан технологический регламент производства гипсового камня из фосфогипса и выдан для проектирования Белгипрострому с привязкой в г. Гомеле. Цех проектируется.

На основе использования фосфогипса-дигидрата Гомельского химзавода разработана технология и выданы институту «Гипрохим» исходные данные на проектирование производства ангидритового вяжущего марки 300 и 400. Ангидритовое вяжущее получено методом скоростной термообработки на трехшпиндельном агрегате, включающем распылительную сушилку, шахту обжига и холодильник. Цех проектируется.

Разработаны составы композиций для самонивелирующихся полов жилищного и культурно-бытового строительства с использованием ангидритового вяжущего. При выполнении опытных заливок полов подвижность смеси была в пределах 240—410 мм по Суттарду. Водосодержание смеси 400—600 кг на 1 м<sup>3</sup>, а с применением суперпластификатора С-3 водосодержание снижалось до 300—350 кг на 1 м<sup>3</sup>. Оптимальная подвижность должна составлять 290—280 мм, в возрасте 28 сут прочность таких композиций не менее 10 МПа. Строительным организациям институт предоставляет рецептуру составов и технологический регламент на приготовление смесей.

На базе использования отходов камнеобрабатывающих заводов, плотного бетона марок 200—300 и легкого крупнопористого бетона марок 100—150 разработана технология новых облицовочно-декоративных плит широкой цветовой гаммы.

Декоративный эффект в сочетании с высокими физико-механическими показателями (прочность на растяжение при изгибе 1,6—4,9 МПа, водопоглощение 2,5—3%, истираемость 0,6—0,8 г/см<sup>2</sup>) обеспечиваются за счет использования в качестве компонентов бетонной смеси различных заполнителей. Заполнителями могут служить отходы мрамора, пеностекла, а широкая цветовая гамма создается путем применения белого цемента и пигментов. Плиты предназначены для оформления вестибюлей, холлов, пригодны и для облицовки фасадов зданий. Расчетная оптовая цена 1 м<sup>2</sup> (усл. толщина 30 мм) — 10 р.

На протяжении ряда лет институт занимался исследованиями по утилизации отходов стекольного производства новых видов строительных материалов в основном облицовочных. В результате создана принципиально новая конвейерная технологическая схема производства, которая предусматривает полную механизацию и автоматизацию производства.

По этому принципу на Домановском комбинате строительных материалов (Брестская обл.) освоено производство декоративно-облицовочных материалов: пенодекора, который широко используется для внутренней и наружной облицов-

ки зданий в Белоруссии, Украине, республиках Прибалтики, и стеклодекора.

Плиты пенодекор представляют собой ячеистый материал, обладающий оригинальной декоративной поверхностью, покрытой сплошной стекланной пленкой. Этот фактор существенно отличает их от имеющихся облицовочных материалов и создает возможность расширить ассортимент последних. Плотность пенодекора — 400—1200 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при изгибе — не менее 0,8—0,6 МПа, морозостойкость — не менее 25—35 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Технология производства пенодекора освоена на предприятии «Башкирэнергоспецстрой» (г. Уфа), исходные данные переданы также Гданскому производственному комбинату (г. Тбилиси) на проектирование цеха по производству облицовочных плит пенодекор мощностью 20 тыс. м<sup>2</sup> в год.

На базе использования широкого ассортимента отходов стекла разработан новый легкий заполнитель — гранулированное пеностекло плотностью 100—140 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 0,1—0,3 МПа, водопоглощение не более 8% объема, теплопроводность 0,04—0,055 Вт/(м·К), гранулометрический состав 5—40 мм и легкое пеностекло, температура применения которого не более 400°C. Гранулированное пеностекло предназначается для применения в качестве особо легкого заполнителя в производстве композиционных пенопластов, сверхлегких изоляционных бетонов, при устройстве засыпной теплоизоляции и других целей.

В легких бетонах гранулированное пеностекло позволяет получить эффективные теплоизолирующие бетоны с плотностью 200—300 кг/м<sup>3</sup>. Благодаря легкости и негорючести такой заполнитель может найти широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

Разработан технологический процесс аглопорита использованием гранитных отсевов и литинки. В состав шихты можно вводить до 92% гранитных отсевов, при этом обеспечивается вертикальная скорость спекания 6,7 мм/мин. Полученный аглопорит соответствует требованиям действующего стандарта. На аглопорите из гранитных отсевов получены высокопрочные конструктивные бетоны до марки 400 включительно.

Совместно с Белорусским научно-исследовательским институтом животноводства на базе использования отходов резинотехнической промышленности и изношенных покрышек создан новый гигиеничный теплый материал для полов животноводческих зданий — резинокордные и резинокорднобитумные плиты, которые в настоящее время выпускаются на Бобруйском и Воронежском шинных комбинатах, Могилевском регенератном заводе, ПО «Белорусьрезинотехника» и Кишиневском деревообрабатывающем заводе.

Различные конструкции теплых гигиенических полов животноводческих зданий широко внедряются в Белоруссии, РСФСР, Молдавии, на Украине, в Казахстане и др. и по своим теплотехническим свойствам не уступают сухим деревянным полам, а срок службы их без капитального ремонта до 20 лет.

С использованием отходов резинотехнической промышленности разработаны составы и технология производства новых изделий и конструкций (лотков, кормушек, решеток, перегородочных плит и др.) для строительства животноводческих комплексов.

Институт предоставляет заинтересованным организациям технологический регламент, технологические схемы с комплектацией линий серийно выпускаемым оборудованием, специалисты дают технические консультации.

Поскольку применение отходов промышленности позволяет расширить сырьевую базу, улучшить экономику производства и решать экологическую проблему, поиск новых видов отходов, пригодных для производства строительных материалов, будет продолжен и в будущем.

## Энергосберегающий обжиговый агрегат для производства керамзитового гравия

Производство керамита во вращающихся печах — одно из наиболее энергоемких и материалоемких в промышленности строительных материалов.

В настоящее время промышленностью выпускается керамзит со средней насыпной плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> и удельным расходом топлива 97 кг усл. топлива на 1 м<sup>3</sup>. По данным НИИКерамита, снижение материальных затрат на производство керамита на 1% в целом по стране позволит в год экономить до 30 тыс. т усл. топлива (0,65 млн. р.), 200 тыс. м<sup>3</sup> сырья (~0,6 млн. р.) и 6 млн. кВт·ч (74 тыс. т усл. топлива, или 1,7 млн. р.).

В ЦНИИЭПсельстрой совместно с объединением «Черноземагропромстрой» разработаны и внедрены в производство новый способ однорядного обжига гранул в неподвижном монослое [1] и обжиговый агрегат с кольцевой печью [2], обеспечивающие по сравнению с обжигом керамита во вращающейся печи (2,5×40 м), снижение удельного расхода топлива на 45—50% и насыпную плотность керамита на 20—25%. Обеспечивается также снижение удельного расхода металла в два раза на изготовление одного агрегата и более чем в 50 раз огнеупорного кирпича на ремонт футеровки печи. Агрегат исключает пылеобразование и соответственно применение дорогостоящей системы газоочистки.

Обжиговый агрегат производителенностью до 80 тыс. м<sup>3</sup> керамита в год в настоящее время эксплуатируется на заводе ЖБИ (г. Кольчужино) объединения «Владимирагропромстрой».

применение эффективных запечных теплообменников (температура газов в холодном конце составляет 500—700°C), обеспечивающих утилизацию и рекуперацию тепла. Значение  $\alpha$  в этих печах связано с неорганизованным поступлением вторичного воздуха в печь через ее горячий конец (0,6—0,8 от стехиометрической герметизации канала печи).

Потери тепла через корпус вращающихся печей связаны с невозможностью усиления теплоизоляции футеровки (средняя температура корпуса составляет 150°C, а в районе зоны обжига — до 300°C и более).

Высокая насыпная плотность керамита, полученного в этих печах, связана, во-первых, невозможностью обеспечения требуемого скоростного ступенчатого нагрева гранул (особенно из слабоспучивающихся глин) от стадии термодготовки (200—400°C) до стадии вспучивания (1100—1200°C) и регулирования температурно-временными режимами термообработки отдельных в технологическом и теплотехническом отношении процессов термодготовки и вспучивания.

Однако на сегодняшний день на проектные показатели по объему выпуска продукции и расходу топлива вышел только Безымянский опытный керамзитовый завод.

Разработанный в ЦНИИЭПсельстрой [2] обжиговый агрегат включает в себя запечный теплообменник — слововой подготавливатель конструкции НИИКерамита, рекуператор, кольцевую печь с вращающимся подом, опорно-упорную систему, привод печи, тягодутьевую систему, газооборудование, выгрузатель керамита, холодильник, системы автоматизации, контроля и блокировки технологическими процессами.

Агрегат работает по следующему принципу (рис. 1). Отформованные по традиционной технологии и частично высушенные в сушильном барабане гранулы после удаления крупной фракции (>30 мм возвращаются обратно на переработку) в сортировке полуфабриката поступают в бункер запаса, а затем падают в слововой подготавливатель. В подготавливателе теплом дымовых газов гранулы сушат до нулевой влажности и нагревают до 200—400°C и барабанным разгрузателем и загрузочным устройством их укладывают на раскаленную рабочую поверхность пода печи в виде неподвижного монослоя и по мере вращения пода подвергают сверхскоростному нагреву (350—450°C в 1 мин) и вспучиванию в течение 5—8 мин. Монослой керамита с пода удаляют выгрузателем, охлаждают в холодильнике и транспортируют на склад.

Кольцевая печь имеет стационарные стены и свод толщиной 0,8 м, вращающийся футерованный под толщиной 0,55 м и шириной 2,4 м. Платформа пода, выполненная в виде металлического кольцеобразного корыта, состоит из 12

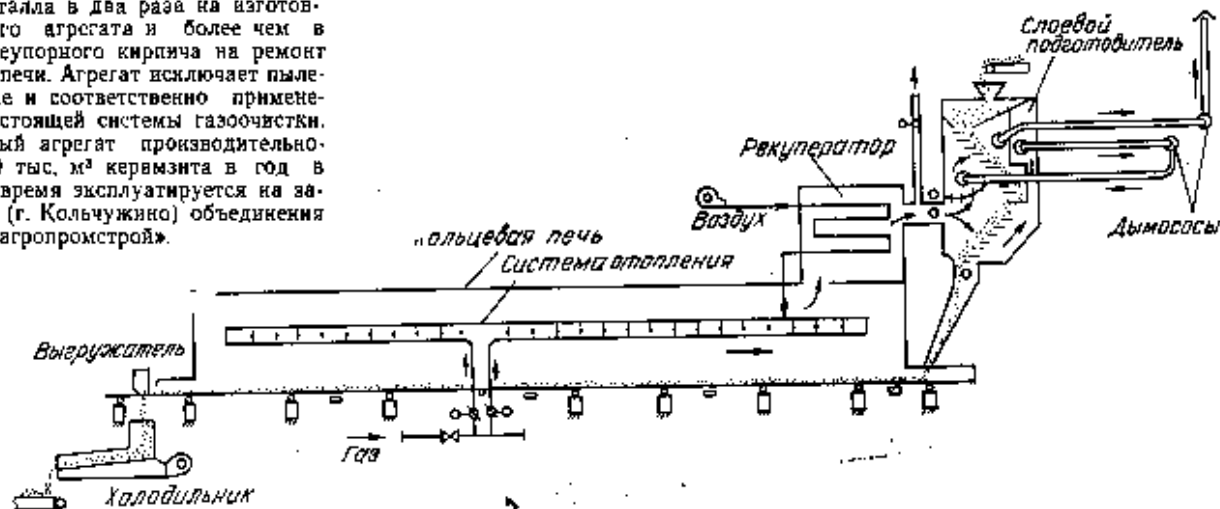


Рис. 1. Теплотехническая схема производства керамита в обжиговом агрегате с кольцевой печью

Анализ теплотехнических особенностей вращающихся печей (2,5×40 м) показывает, что основные источники перерасхода топлива в них связаны с потерями тепла в окружающую среду с дымовыми газами (35—40%) и через корпус печи (20—25%). Исключение потери тепла с дымовыми газами возможно при организации сжигания топлива при низком избытке воздуха (в этих печах  $\alpha = 1,7—2,2$ , а уменьшение  $\alpha$  на 0,1 позволяет экономить топливо на 4%) и

Во-вторых, в этих печах невозможно создать температуру обжига, соответствующую оптимальному вспучиванию глины (во избежание агломерации зерен керамита обжиг осуществляется при температуре на 20—30°C ниже верхнего предела температурного интервала вспучивания глины), и автоматический контроль и регулирование режимами обжига.

Наиболее оптимальным вариантом реализации ступенчатого режима является обжиговый агрегат СМС-197 НИИКерам-

секций, укрепленных между собой болтами. Под печи через рельсы опирается на стационарные опорные ролики. Упорные ролики исключают горизонтальное смещение пода по отношению центра печи. С помощью привода печи осуществляется плавное регулирование скорости вращения пода, т.е. времени вспучивания гранул.

Многочисленные горелки (50 шт.) высокой единичной производительности (до 12 м<sup>3</sup>/ч), расположенные по обжиг-

сторонам печи, создавая развитую систему отопления в шелевом канале, обеспечивают требуемый режим обжига с минимальным температурным перепадом ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ). Газоборудованная печь включает в себя четыре участка газопровода (по числу зон регулирования температуры) с отводами на горелки. При среднем диаметре печи 11,2 м длина средней окружности печи составляет 35,16 м, а длина зоны расположения горелок (зоны всучивания) — 30 м, что в 3 раза больше, чем в барабанной печи  $2,5 \times 40$  м. Масса вращающегося пода с футеровкой составляет 40 т, что в 6 раз меньше, чем в барабанной печи.

Рекуператор, установленный в дымоотборной шахте — между кольцевой печью и слоевым подготовителем, предназначен для нагрева до  $350-400^\circ\text{C}$  первичного воздуха, подаваемого в печь на сжигание топлива, теплом дымовых газов и уменьшения расхода топлива на обжиг керамики на 14%. Снижение температурных дымовых газов от  $850$  (перед рекуператором) до  $500-600^\circ\text{C}$  (перед слоевым подготовителем) обеспечивает мягкий режим сушки и термодготовки гранул в слоевом подготовителе.

Вторая ступень утилизации и рекуперации тепла дымовых газов осуществляется в эффективном запечном теплообменнике — слоевом подготовителе путем их продувания через движущийся слой гранул по двум наклонным колосниковым решеткам. В нем осуществляется сушка (от  $15-17$  до  $0\%$ ) и нагрев (до  $200-400^\circ\text{C}$ ) гранул. От общего количества тепла  $700$  кДж (табл. 1), расходуемого в слоевом подготовителе при сушке и нагреве гранул до температуры  $200^\circ\text{C}$ , в кольцевую печь возвращается  $5-6\%$ . Температура дымовых газов снижается от  $500-600^\circ\text{C}$  до  $100-120^\circ\text{C}$  перед концевым дымоходом.

Тепловая схема этого агрегата по сравнению со схемой барабанного размер  $2,5 \times 40$  м обеспечивает снижение расхода топлива на  $45\%$  (табл. 1) за счет:

снижения теплопотерь с отходящими печными газами путем организации сжигания топлива при  $\alpha = 1,3-1,35$ . В кольцевой печи до минимума уменьшено неорганизованное поступление вторичного воздуха в канал;

сокращения теплопотерь в окружающую среду через ограждения кольцевой

печи — они составляют  $281$  кДж, что в 4 раза меньше, чем потери через корпуса барабанных печей  $2,5 \times 40$  м. Это достигается теплоизоляцией ограждения печи. Средняя температура корпуса кольцевой печи составляет  $45-55^\circ\text{C}$ , а вращающихся печей —  $150^\circ\text{C}$  и более;

рекуперации теплоты дымовых газов в слоевом подготовителе и рекуператоре.

Конструктивное оформление процесса всучивания улучшает теплообмен между дымовыми газами, нагретыми элементами кольцевой печи и обжигаемым материалом, расположенным в неподвижном монослое. Это обусловлено совмещением зоны нагрева и всучивания материала с зоной горения топлива и развитием теплоулавливающей поверхности материала при его однорядном распределении по раскаленной поверхности пода, приводящей к повышению интенсивности процесса лучеиспускания от газового потока и раскаленного свода печи к материалу.

Модуль поверхности (отношение открытой поверхности материала к его объему) в кольцевой печи составляет около  $0,06 \text{ м}^2/\text{л}$ , а во вращающихся печах —  $0,02 \text{ м}^2/\text{л}$ . Кроме того, высокая

Таблица 1

Обжиговый агрегат (производительность 100 тыс. м <sup>3</sup> керамики М 500 в год)	Расход тепла						Потери тепла						Общий расход топлива на 1 кг керамики, $Q_{\text{общ}}$		Удельный расход усл. топлива, кг/м <sup>3</sup> для керамики			
	с выходящим из печи горячим керамзитом $Q_{\text{кп}}$		на испарение влаги, содержащейся в материале, и его нагрев до $200^\circ\text{C}$ (в том числе в слоевом подготовителе), $Q_{\text{вл}}$		на химические реакции, $Q_{\text{хр}}$		в окружающую среду через корпус, $Q_{\text{с}}$			с отходящими дымовыми газами, $Q_{\text{отг}}$			М500	М400	М500	М400		
	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%						
	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%		
С кольцевой печью	1012	92	850 (700)	26,9 (20)	550	17,4	281	8,8	(161)	14,7	(130)	(4,1)	470	14,9	3163 (763 ккал)	3020 (720 ккал)	53,7	42
С вращающейся печью ( $2,5 \times 40$ )	1012	18,4	850	15,4	550	10	1172	21,3	—	—	—	—	1920	34,9	5504 (1310 ккал)	5031 (1196 ккал)	93,6	82

Таблица 2

Обжиговые агрегаты	Показатели агрегатов									
	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /год	Масса керамики (без опудривания), кг/м <sup>3</sup>	Удельный расход топлива кг/м <sup>3</sup> керамики М400 (ккал/кг)	Удельный расход электродовертка, кВт·ч/м <sup>3</sup>	Удельная металлоемкость, кг/м <sup>3</sup>	Удельный расход шпательного огнеупора в расклевку футеровки печи, кг/м <sup>3</sup>	Заводы — изготовители нестандартизированного оборудования	Изготовители ремонтноподлежащих узлов	Сырьевая база производства керамики	Наличие системы газоочистки печных газов
С кольцевой печью $D_{\text{ср}} = 16$ м, ширина пода 3 м	125	300—400	42 (720)	10,1	8,4	0,02	Ремонтно-механические заводы	Механические заводы предприятий строительной индустрии	Глины с температурным интервалом всучивания $> 20^\circ\text{C}$	Отсутствует
С кольцевой печью $D_{\text{ср}} = 29$ м, ширина пода 2,8 м с двумя слоевыми подготовителями	200	300—400	36 (630)	10,5	9,55	0,02	То же	То же	То же	То же
С двухбарабанной печью $2,5 \times 35$ м в $4,5 \times 24$ м	125	400—500	57 (997)	9	17,6	1—1,5	Машиностроительные заводы	—	Глины с температурным интервалом всучивания $> 50^\circ\text{C}$	Присутствует
С двухбарабанной печью $3 \times 24$ м в $4,5 \times 24$ м	200	400—500	45 (843)	8,5	21,45	1—1,5	То же	—	То же	То же
С однокарабанной печью $2,5 \times 40$ м	100	400—500	82 (1436)	9	16,9	1—1,5	—	—	—	—

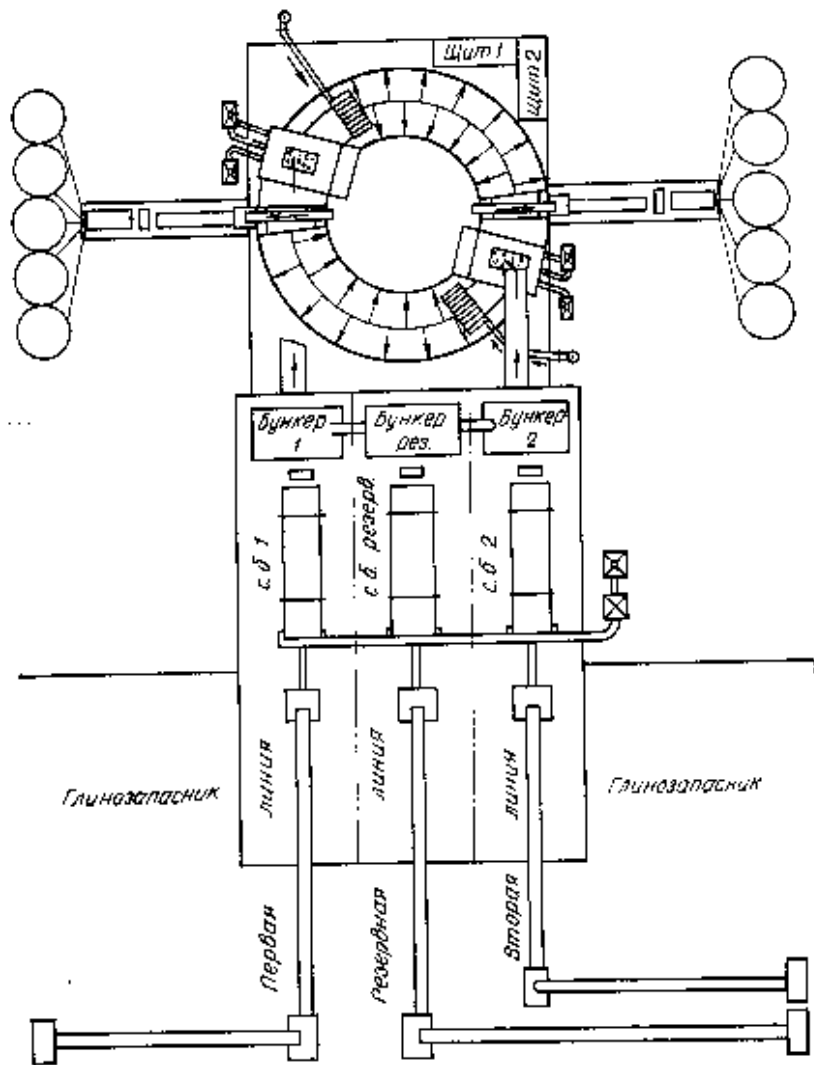


Рис. 2. Печное отделение производительностью 2000 тыс. м<sup>3</sup> керамзита в год

скорость движения дымовых газов (она в кольцевой печи составляет 7—10 м/с и более чем в два раза превышает скорость газов во вращающейся печи) без опасности пылеуноса улучшает эффективность конвективного теплообмена в кольцевой печи.

Следствием интенсификации процесса теплообмена является возможность повышения скорости нагрева материала от температуры термодобготовки до температуры вспучивания до 350—400°С/мин, чем обеспечивается оптимальный скоростной ступенчатый технологический режим термообработки для различного глинистого сырья, в том числе для слабоспучивающихся глин и суглинков.

Однако анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что имеется определенный резерв дальнейшего уменьшения расхода тепла на производство керамзита в кольцевой печи. Они заключаются в использовании тепла керамзита и снижении потери тепла через ограждения кольцевой печи и слоевого подготовителя. Для этого в усовершенствованном проекте печного отделения цеха керамзита в обжиговом агрегате с кольцевой печью предусмотрено нагревание гранул в сушильном барабане и корпуса бункера слоевого подготовителя теплом воздуха из холодильника (аналогично с решением, реализованным в обжиговом

агрегате СМС-197) и усиление теплоизоляции кольцевой печи и слоевого подготовителя. Реализация указанных мероприятий обеспечит снижение расхода тепла на 6—8%.

Кроме этого, с целью повышения возможности регулирования температуры нагрева гранул в слоевом подготовителе предусмотрена установка горелки между слоевым подготовителем и рекуператором. Такое решение позволит активно вмешиваться в процессы оптимизации термодобготовки гранул и, соответственно, обжига керамзита в зависимости от свойства исходной породы и достигнуть оптимальную производительность агрегата. При этом безусловно улучшатся физико-технические свойства получаемого керамзита.

На качество керамзита, т.е. на его однородность по насыпной плотности и прочности, оказывает влияние также применение системы КИПиА по контролю и регулированию основных технологических параметров производства керамзита и достижение автоматической стабилизации температуры обжига в печи по требуемому профилю. При этом достижение минимального температурного перепада ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) по каналу печи обеспечивает также расширение сырьевой базы производства керамзита путем применения глин с короткими температурными интервалами вспучивания ( $> 15\text{--}20^\circ\text{C}$ ).

С целью регулирования режимов сушки гранул в сушильном барабане в зависимости от карьерной влажности глины, что безусловно будет способствовать получению качественного керамзита, на сушильный барабан смонтирована горелка. Такое решение обосновано в том, что в кольцевой печи достигается возможность регулирования количества и температуры дымовых газов, необходимых для образования керамзита.

Промышленная эксплуатация агрегата показала, что кольцевая печь по сравнению с барабанными резко сокращает эксплуатационные издержки и ремонт футеровки печи (табл. 2), что связано с долговечностью ее стационарной кладки и оригинальным решением конструкции футеровки пода. Если расход шамотного огнеупора на ремонт футеровки вращающихся печей составляет от 1 до 1,5 кг на 1 м<sup>3</sup> производимого керамзита, то в кольцевой печи он составляет  $< 0,02$  кг.

Небольшая масса пода кольцевой печи определяет небольшие нагрузки на опорно-упорную систему, их долговечность и небольшие габариты. Поэтому уалы печи, подлежащие ремонту, могут быть изготовлены в условиях механических цехов и участков предприятий. Важно также отметить, что основное нестандартное оборудование (платформа пода печи, опорно-упорная система, привод) можно изготавливать на ремонтно-механических заводах.

В настоящее время разработана техническая документация печного отделения цеха керамзита с обжиговым агрегатом с кольцевой печью производительностью 75 тыс. м<sup>3</sup> керамзита в год. В 1989 г. будет разработана техническая документация печного отделения производительностью 125 тыс. м<sup>3</sup> керамзита в год. Габариты такой кольцевой печи составляют: внешний диаметр — 20 м, средний диаметр — 16 м, ширина пода — 3,1 м. В 1990 г. намечается разработка технической документации печного отделения производительностью 200 тыс. м<sup>3</sup> керамзита в год (рис. 2). Такой агрегат снабжен двумя слоевыми подготовителями, выгрузчиками и холодильниками. Габариты кольцевой печи: внешний диаметр — 33,4 м, средний диаметр — 29 м, ширина пода — 2,8 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. № 618357 МКПЗ С 04 В 21/00. Способ термообработки сырьевых керамических гранул / Р. Б. Оганянский // Открытия. Изобретения. — 1978. — № 29.
2. Оганянский Р. Б. Получение керамзита в тепловом агрегате нового типа // Строит. материалы. 1975. № 8.

М. Л. НИСНЕВИЧ, д-р техн. наук, Е. И. ЛЕВИНА, канд. техн. наук, Е. И. АНИСИМОВА, канд. техн. наук (ВНИПИИстромсырья), В. Ф. СТЕПАНОВА, канд. техн. наук, О. А. ЛИПЕЙ, канд. техн. наук, Л. П. ХАРИТОНОВА, инж. (НИИЖЕ)

## Применение морской воды для промывки щебня и отсевов дробления

В связи с дефицитом пресной воды в ряде регионов страны возникает проблема использования морской воды для промывки нерудных строительных материалов. Так, необходимость введения промывки морской водой щебня и отсевов дробления в Красноводском щебеночном карьероуправлении связана с экологическими особенностями района в окрестностях г. Красноводска, а также необходимостью снижения расхода цемента при производстве бетона.

Однако применение морской воды осложняется наличием в ней солей, способных вызвать коррозию стальной арматуры и бетона. ВНИПИИстромсырьем совместно с НИИЖБом было проведено исследование возможности применения воды Каспийского моря для промывки щебня и отсевов дробления, выпускаемых предприятием и используемых в качестве заполнителей для бетона.

Было определено количество хлор- и серосодержащих соединений, остающихся на щебне и отсевах дробления после промывки каспийской морской водой и проведены коррозионные испытания промытых образцов щебня и отсева дробления.

Красноводское карьероуправление разрабатывает Уфринское месторождение андезитовых порфиритов. Выпуск щебня составляет 940 тыс. м<sup>3</sup> в год. Щебень выпускается в виде смеси фракций от 5 до 20 мм в пределах: полные остатки, %: св. 20 мм — 2—9; от 10 до 20 мм — 60—80; от 5 до 10 мм — 95—99, содержание пылевидных и глинистых не превышает 1%. Марка щебня по прочности 1200—1400, насыпная плотность — 1800 кг/м<sup>3</sup>. Количество образующихся отсевов дробления составляет 230 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Физико-технические характеристики отсевов дробления порфиритов Уфринского месторождения приведены в табл. 1. Содержание зерен размером более 5 мм для исходного отсева составило, %: 4,9, для мытого 8,5, пылевидных частиц 9 и 1,5 соответственно. Модуль крупности для исходного отсева был равен 3,11, для мытого — 8,3.

Анализ данных по составу воды Каспийского моря в районе г. Красноводска показал, что содержание хлоридов и сульфатов колеблется в относительно узких пределах и не зависит от времени года. Результаты химического анализа отсевов дробления и щебня, промытых морской водой, приведены в табл. 2.

Содержание сульфатов на промытых морской водой образцах щебня и отсевов дробления значительно ниже норм, допускаемых в заполнителях согласно ГОСТ 10268—80, поэтому дополнительные испытания по коррозии бетона не проводились.

Исследование коррозионной стойкости стальной арматуры в тяжелых бетонах на щебне и отсевах дробления, промытых каспийской морской водой, и безцементном портландцементе М 400, проведено по Ст СЭВ 4421—81 на бетонах М300 с максимальным содержанием мелкого и крупного заполнителя, характерным для составов бетонов М 300—400, кг на 1 м<sup>3</sup>: цемент — 390, отсев дробления — 765 (промытый водопроводной или морской водой), щебень — 1050 (промытый водопроводной или морской водой), вода 195.

По одному из вариантов бетон готовился на щебне и отсевах дробления, промытых морской водой, в остальных вариантах использовались или щебень, или отсева дробления, промытые морской водой.

Расчетное содержание хлоридов в исследованных бетонных смесях на щебне и отсевах дробления, промытых морской водой, составляет 0,25% (в пересчете на хлор-ион от массы цемента в 1 м<sup>3</sup> бетона). Учитывая одновременное содержание в воде Каспийского моря сульфатов и хлоридов, в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11.85 «Защита строительных конструкций от коррозии» количество сульфатов пересчитывалось на содержание хлоридов умножением на 0,25 и суммировалось с содержанием хлоридов.

Таким образом, суммарное расчетное содержание сульфатов и хлоридов в бетонных смесях на заполнителях, промытых водой Каспийского моря, не

превышает (в расчете на массу цемента в 1 м<sup>3</sup> бетона — 0,35% (в пересчете на хлор-ион), что ниже содержания хлоридов, допускаемого, по данным НИИЖБ, для бетонов непреднапряженных конструкций (0,5% в пересчете на хлор-ион). Фактическое содержание хлоридов в затвердевшем бетоне ниже расчетного вследствие связывания хлоридов в гидроксалоуминаты и составляет 0,15%.

Результаты электрохимических испытаний показали, что сталь в эталонном составе на заполнителях, промытых водопроводной водой, и в составах на щебне или отсевах дробления, промытых морской водой, находится в пассивном состоянии как после термообработки, так и через 3 и 6 мес испытаний образцов в режиме попеременного увлажнения (3 ч) и высушивания (21 ч). При визуальном обследовании коррозия стали не наблюдалась.

Таким образом, коррозионные испытания арматуры в бетоне показали, что исследуемые составы бетона М 300—400, приготовленные на заполнителях, промытых морской водой, могут обеспечить первоначальную пассивацию стальной арматуры.

С целью оценки возможности использования заполнителей, промытых морской водой, в армированных конструкциях из тяжелых бетонов низких марок на основании данных о содержании хлоридов и сульфатов в заполнителях было рассчитано содержание хлоридов и сульфатов в бетонах М 100 (с расходом портландцемента не ниже 250 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона), составившее в пересчете на хлор-ион 0,5% массы цемента.

Таким образом, данные химического анализа, показатели коррозионных испытаний и результаты расчетов позволяют допустить возможность использования щебня и отсевов дробления Красноводского щебеночного карьероуправления, промытых морской водой, в качестве заполнителей в тяжелых бетонах (с расходом портландцемента не менее 250 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона) для железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой, предназначенных для эксплуатации в неагрессивных средах.

Учитывая возможное неравномерное распределение хлоридов в бетоне, необходимо периодически осуществлять контроль за равномерным и качественным перемешиванием бетонной смеси.

Следует также периодически проводить определение химического состава морской воды для исключения возможности использования при приготовлении бетонов заполнителей с содержанием хлоридов и сульфатов, превышающем значения, полученные в результате проведенных исследований.

Таблица 1

Размер отсева, мм	Отсев (исходный)		Отсев (мытый)	
	остатки на ситах, %			
	частичные	полные	частичные	полные
2,6	36	36	32	32
1,25	12,2	48,2	18,5	49,5
0,63	17,5	65,7	22,5	71
0,315	11,5	77,2	14,5	85,5
0,16	7	84,2	7,2	92,7
0,15	15,8	100	7,3	100

Таблица 2

Материал	Массовая доля, %	
	хлоридов в пересчете на хлор-ион	сульфатов в пересчете на ГОСТ 25589—83
Щебень исходный	Следы	Следы
Щебень после промывки	0,02	0,01
Отсев дробления исходный	Следы	Следы
Отсев после промывки	0,035	0,035

Г. Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук, Т. Н. КАРПОВА, инж., В. М. МЕЛЬНИКОВА, инж.  
(ВНИПИИстромсырье)

## Эффективность применения машин с фрезерным рабочим органом

В последние годы за рубежом на карьерах при разработке различных скальных горных пород начали применять машины с фрезерными рабочими органами. Имеются примеры использования таких машин на добыче известняка, гилса, песчаника, бурого и каменного угля и некоторых других полезных ископаемых.

Главное достоинство этих машин заключается в совмещении трех процессов: подготовки к выемке (рыхления), погрузки и первичного дробления. Как правило, размер получаемых кусков не превышает 300 мм и при необходимости может быть уменьшен. Это позволяет применять конвейерный транспорт, не используя дополнительное оборудование (самоходные дробильные агрегаты и т. д.). Машины обладают высокой селективной способностью за счет регулирования толщины срезаемого слоя, образуют ровную, не требующую планировки для движения автомобилей площадку.

Известны два принципиально различных типа машин, отличающихся расположением рабочего органа: в центре машины, между передними и задними гусеницами (осями колес), или спереди. У первых забой является площадкой уступа, у вторых — его торцев.

Основные узлы машины (рис. 1): ходовая часть, гусеничная или колесная, гидропривод, рабочий орган с механизмом подъема и опускания, приемный конвейер с загрузочным устройством,

разгрузочный конвейер, пульт управления. Фрезерные машины выпускают с дизельными двигателями. Обычно предусматривается возможность изменения положения гусениц в вертикальной плоскости. Разгрузочный ленточный конвейер выполняет подъемный с поворотом в горизонтальной плоскости. Конвейерная лента, ширина которой достигает 1800 мм, может иметь выступы на рабочей поверхности, благодаря чему удается увеличить угол подъема материала, обеспечивая загрузку автосамосвалов значительной грузоподъемности.

Первоначально машины с фрезерными рабочими органами выпускали фирмы, специализирующиеся на производстве дорожного оборудования. Крупнейшим изготовителем машин этого типа является фирма «Виртген» (ФРГ). В последние годы их начали выпускать фирмы, известные своими традициями в



Рис. 1. Общий вид машины с фрезерным рабочим органом  
1 — разгрузочный конвейер; 2 — приемный конвейер; 3 — гусеничный ход; 4 — фрезерный рабочий орган; 5 — хвостовая машинистка

Таблица 1

Тип	Фирма	Характеристика фрезерных машин							Удельные	
		Ширина фрезы (захват), мм	Высота срезаемого слоя, мм	Производительность, т/ч (м³/ч)	Мощность двигателя, кВт	Масса, т	Количество гусениц	Рабочая скорость, м/мин.	масса, т/м³ в 1 ч	мощность, кВт/м³ в 1 ч
Тужиров 1224	«Бюсайрус-Ири» (США)	4050	610	2500* (1700)	750	120	4	25	0,071	0,744
4200 CM/1600	«Виртген» (ФРГ)	4200	600	2200 (1500)**	1190	145	4	27	0,097	0,8
4200 CM	»	4200	600	2300 (1500)**	895	140	4	27	0,094	0,6
3500 CM	»	3600	500	1430 (1050)**	895	110	4	26	0,105	0,84
3000 CM	»	3000	400	980 (720)**	550	60	3	21	0,083	0,78
2800 CM	»	2600	250	530 (390)**	555	45	3	26	0,115	1,43
1900 CM	»	1900	150	280 (170)**	298	27,4	3	18	0,161	1,78
PX — 80	«Штельк» (ФРГ)	3752	200	—	642	47,1	3	—	—	—
PR — 500	«СМИ» (США)	2175	254	—	375	95,1	3	24	—	—
PR — 450	«Катерпиллер» (США)	1900	250	—	336	25	3	53	—	—
СП — 780	«Дрессер» (США)	1950	178	—	240	24,2	На колесах	36,6	—	—

Примечания: \* — при разработке угля; \*\* — при разработке антрацита (пересчет выполнен для плотности 1,5 т/м³).

создании горных машин: «Бюсайрус-Ири», «Дрессер», «Катерпиллер» и др. (табл. 1).

Следует отметить, что при сравнении близких по своим параметрам машин фирмы «Бюсайрус-Ири» (1224) и фирмы «Виртген» (4200 CM) наблюдается значительное совпадение: примерно одинаковые мощность двигателей и масса (фирма «Виртген» выпускает машину на четырех гусеницах, что приводит к увеличению массы), производительность, диаметр фрезы по зубьям 2100 мм, поворотность разгрузочного конвейера соответственно 90° и 105°, ширина ленты 1824 и 1800 мм.

Последняя модель фрезерной машины фирмы «Виртген» — 4200 CM/1600 обеспечивает селективную выемку слоев толщиной до 25 мм. Эта модель отличается от предыдущих наличием четырех плавающих гусениц, каждая из которых имеет гидропривод. Машины могут разрабатывать не только горизонтальные, но и наклонные пласты. При необходимости селективной добычи угля устанавливают датчик «уголь-порода», фиксирующий зольность.

Машины, у которых рабочий орган расположен спереди (фронтального типа), в большей степени отвечают условиям работы на карьерах. Их масса, мощность и производительность соответствуют вышеописанным. Рабочий орган имеет механизм подъема и опускания. Фирма «Хансон и К°» выпускает машину SME-12 с высотой резания 4,3 м, шириной захватки 3,7 м, производительностью 450 м³/ч.

С 1985 г. фирма «Мак Неллу» начала выпускать новый вид машин фронтального типа «Сеттерваф вил» с 4 режущими вращающимися роторными колесами, имеющими 44 ковша. Производительность машины составляет около 3,5 тыс. т угля в 1 ч. Отличительная особенность этой и некоторых других машин фронтального типа — возможность разрабатывать забой ниже уровня стояния, что позволяет создавать наклонные поверхности и съезды.

Технология применения машин с различным расположением рабочего органа имеет принципиальные отличия. Наибольшая сложность возникает при использовании машин с рабочим органом, расположенным в центре, между гусеницами. Оптимальные условия их применения — значительная протяженность карьерного поля при мощности извлекаемого ископаемого, не превышающей нескольких метров. Главное препятствие при проектировании технологии горных работ связано с обработкой торцевых участков карьера, по-



Таблица 2

Технологические линии мощ- ности, млн. м <sup>3</sup> в год	Парк машин с фре- зерным рабочим органом типа, шт.			Оборудование базового варианта, экскаваторы, шт.		Узел первич- ного дроб- ления, тип дробилки	Экономический эффект		Дополнитель- ный экономи- ческий эффект в случае при- менения кон- вейерного транспорта, коп/м <sup>3</sup>
	СМ- 1900	СМ- 2600	СМ- 3000	Э-2053	ЭКГ-8		тыс. р.	коп/м <sup>3</sup>	
0,5	2	—	—	1	—	СМД — 58 В	143,7	28,7	17,8
1	—	2	—	—	1	СМД — 59 Р	248	24,8	14,8
2	—	—	2	—	2	СМД — 50 А	424,8	21,2	18,6
3	—	—	—	—	3	ККД — 1200У 1500	672,8	22,4	12,5

скольких машин с рабочим органом, расположенным в центре, не в состоянии подвести фрезу вплотную к границе уступа, из-за чего в торцах карьера остаются целики, ширина которых равна расстоянию от фрезы до края гусеницы. Общая ширина целика, верхняя поверхность которого приобретает ступенчатую форму, может достигать нескольких десятков метров на каждом фланце.

Машины с фронтальным расположением рабочего органа обеспечивают более простую технологию выемки. Работа подобными машинами напоминает традиционную технологию с использованием одноковшовых или роторных экскаваторов. Применение фрезерных машин фронтального типа в определенной степени улучшает условия загрузки транспортного оборудования. Так, автосамосвалы в период загрузки могут оставаться на месте, а не двигаться вслед за машиной, как это имеет место при эксплуатации машин с центральным рабочим органом.

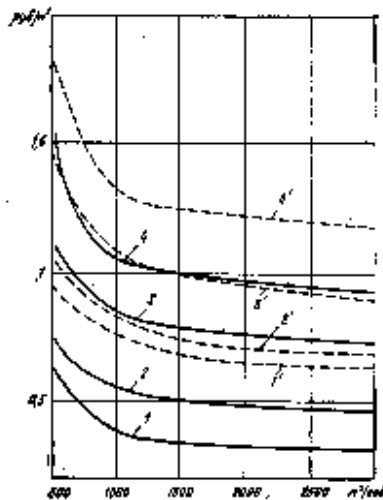


Рис. 2. Зависимость удельных приведенных затрат от производительности карьера и расстояния транспортировки

Для определения целесообразности внедрения данного типа оборудования на отечественных карьерах выполнены расчеты. В качестве базового варианта выбрана традиционная технология с буровзрывным рыхлением, экскаваторной погрузкой и доставкой автотранспортом. Стоимость буровзрывных работ составляет 28 коп/м<sup>3</sup> (для подрядного способа), остальные стоимостные показатели рассчитаны для условий круглогодичной работы: 260 рабочих дней, 3 смены продолжительностью по 8 ч. Стоимость фрезерных машин принята исходя из их массы, по цене 2 тыс. р. за 1 т (это больше, чем для известного отечественного оборудования для карьеров).

Машины с фрезерным рабочим органом обеспечивают значительное снижение капитальных, эксплуатационных и приведенных затрат (рис. 2).

Экономический эффект от внедрения должен превышать 20 коп/м<sup>3</sup>, т. е. составить не менее 200 тыс. р. в год для линии производительностью 1 млн. м<sup>3</sup>, не считая эффекта от повышения сортности сырья и увеличения полноты выемки запасов (табл. 2). Применение машин этого типа позволит в несколько раз повысить производительность труда и создаст условия применения непрерывного транспорта для добычных работ.

Для широкого внедрения машин с фрезерным рабочим органом необходимо принять решение об организации их серийного производства в СССР, в рамках СЭВ или на иной основе с учетом требований и потребности других отраслей горно-добывающей промышленности.

УДК 691.8.002.2.004.18

А. В. ВОЛЖЕНСКИЙ, д-р техн. наук, А. Н. РЯЗАНОВ, инж., Ю. Д. ЧИСТОВ, канд. техн. наук, Т. А. КАРПОВА, канд. техн. наук (МИСИ им. В. В. Куйбышева)

## Топливосберегающая технология известково-золяного цемента

Ежегодный выход золошлаковых отходов ТЭС составляет в стране более 120 млн. т, а их суммарные накопления оцениваются в 1,5 млрд. т. И несмотря на то, что предприятия стройиндустрии имеют положительный опыт применения таких отходов, объем их утилизации составляет не более 2% ежегодного выхода. Причем, особо остро стоит вопрос использования топливных зол — наиболее массового отхода энергетической промышленности [1].

Одним из сдерживающих широко-масштабную утилизацию зол ТЭС факторов является наличие в их составе несгоревшего топлива, содержание которого нередко достигает 20—30% по массе, особенно в случаях сжигания антрацитовых углей. Несгоревшие топливные частицы принято считать вредными включениями, а жесткая регламентация действующими нормативными документами содержания органических

включений в золе приводит к тому, что из-за высокого показателя п. п. п. в разряд некондиционных попадают зола почти половины выхода отходов теплоэлектростанций страны.

В отвалах накоплен огромный энергетический потенциал. Так, при среднем содержании углеродистых частиц в золе 10% только за 1 год в отвалы уходит около 12 млн. т ископаемого топлива.

Очевидна целесообразность использования зол ТЭС с повышенным содержанием органических примесей в производстве обжиговых строительных материалов, в частности, в производстве вяжущих — наиболее энергоемкого продукта, постоянный дефицит которого остро ощущается в местном строительстве.

В МИСИ им. В. В. Куйбышева разработан способ получения низкокалорийного известково-золяного цемента (ИЗЦ).

Суть способа заключается в обжиге карбонатной породы и золы ТЭС с последующим тонким помолом обожженного продукта [2].

Рентгеноструктурные исследования вяжущего показали, что его состав представлен в основном оксидом кальция, золяными составляющими, а также алюмосиликатами кальция, образующимися при обжиге.

Экспериментально установлено, что содержание золы в карбонатно-золяной шихте в допустимых пределах не оказывает существенного влияния на активность известково-золяного цемента, что позволяет регулировать количество вводимой золы в зависимости от ее теплотворной способности с расчетом обеспечения энергетической сбалансированности процесса обжига.

Известково-золяный цемент, получаемый предлагаемым способом, характеризуется активностью 5—7 МПа, проч-

костью при сжатии в растворе состава ИЗЦ:П=1:3 после тепловлажностной обработки при 95—100°C до 10—12,5 МПа и до 25 МПа после автоклавной обработки при 175,5°C и давлении 0,8 МПа.

Значительной активизации ИЗЦ способствует введение с водой затворения некоторых добавок в количестве до 2% по массе. Введение при помощи 20—30% обожженной массы портландцемента М400 повышает активность ИЗЦ до 25 МПа и прочность при сжатии в растворе после тепловлажностной обработки до 32 МПа.

В лабораторных условиях на известково-золистом цементе оптимальных составов получены мелкозернистые бетоны со средней плотностью 1990—2157 кг/м<sup>3</sup>, с прочностью при сжатии 5,3—10,2 МПа через 28 сут нормального твердения и до 10—19,4 МПа после тепловлажностной обработки при 95—100°C.

Исследованиями долговечности мелкозернистых бетонов на ИЗЦ установлено, что их прочность после тепловлажностной обработки интенсивно нарастает и к 1 году достигает 180—190% от первоначальной при воздушном хранении и 120—130% при хранении в воде. Подобное явление объясняется образованием сильно гидратированных гелей в результате усиленной адсорбции воды при пропаривании.

Исследованиями коррозионной стойкости песчаных бетонов на ИЗЦ выявлена их высокая сульфатостойкость.

На основе ИЗЦ также получен керамзитобетон средней плотностью 1100 кг/м<sup>3</sup>, прочностью при сжатии после тепловлажностной обработки 5—10 МПа и автоклавных газобетон средней плотностью 300—700 кг/м<sup>3</sup> с прочностью при сжатии 0,8—5 МПа.

Выпуск опытно-промышленной партии ИЗЦ и автоклавных газобетонных изделий на его основе осуществлен на производстве № 1 ПО «Ворошиловграджелезобетон». На 28% снижен расход технологического топлива при обжиге шикты по сравнению с затратами топлива при получении базового вяжущего (комовой известки).

В заводских условиях с использованием ИЗЦ были изготовлены теплоизоляционные, акустические и стеновые газобетонные блоки плотностью 330—570 кг/м<sup>3</sup>, прочностью при сжатии 1—5 МПа.

Реализация разработанного способа получения известково-золистого цемента предполагает использование базового оборудования известковых предприятий и практически не требует больших материальных затрат. Расчетный экономический эффект при этом составляет 3,5—6 р. на 1 т вяжущего при снижении себестоимости товарной продукции на 20—35%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ю. А., Лисов А. Н. Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве строительных материалов. — М.: Стройиздат, 1988.

## Совершенствование технологий и организации производства

УДК 622.76:622.367.6

А. Е. ПЕЛЕВИН, инж., Е. Ф. ЦЫПИН, канд. техн. наук (Свердловский горный институт), В. А. ШАЛЮГИНА, канд. техн. наук (ВНИИпроектасбест)

### Обогащение крупнокусковой асбестовой руды с помощью магнитной сепарации

В вопросах рациональной подготовки асбестовой руды к обогащению важная роль отводится предварительной концентрации, которая позволяет на ранних стадиях исключить из процесса обогащения часть пустой породы в крупнокусковом виде.

На ряде отечественных обогатительных фабрик цветной металлургии применяется предварительное обогащение в тяжелых суспензиях [1]. На асбестообогажительных фабриках дробильно-сортировочных комплексов в Канаде для предварительной концентрации руды используется метод магнитной сепарации [2].

Ниже рассматривается возможность применения магнитной сепарации для предварительного обогащения асбестовых руд баженковского месторождения.

Задача выбора метода обогащения состоит в том, чтобы для тех или иных типов сырья с известными составами и свойствами (для классов различных продуктов обогащения) качественно и количественно определить структуру и параметры процесса и аппаратов, которые обеспечивают требуемую эффективность и заданные показатели обогащения, а потому являются оптимальными в экономическом или технологическом смысле [3].

Любой процесс обогащения основан на различии физических свойств частиц материала. При обосновании примененного метода магнитной сепарации асбестовых руд под параметром разделения будем понимать содержание магнетита  $\xi = \alpha_m$ , полагая, что магнитные свойства кусков определяются значением именно этого параметра.

В обогатительном аппарате создаются условия, при которых в один продукт попадают частицы со значениями физических параметров  $\xi$ , превышающих границу разделения  $\xi_{гр}$ , а в другой — со значением параметров, меньших данной границы. При этом, если существует закономерность связи между содержанием полезного компонента и физическим признаком в разделяемых частях, то один из полученных продуктов должен иметь большее содержание полезного компонента, а другой меньшее по сравнению с исходным материалом.

Исследование кусковой асбестовой руды баженковского месторождения показало, что магнетит распределен неравномерно в частях, содержащих и не содержащих асбестовое волокно. Обычно магнетит, встречающийся вместе с хризотил-асбестом, сосредоточен вблизи асбестовых жил. Установлено, что если

частица такой руды не содержит асбест или содержит его в небольшом количестве, то она слабо реагирует на магнитное поле. Если частица руды содержит асбестовое волокно, то в ней находится и магнетит и она реагирует на магнитное поле.

Проведенные в широком масштабе исследования кусковых проб подтвердили возможность использования магнитного обогащения для предварительной концентрации асбестовой руды баженковского месторождения.

Любой продукт, поступающий на операцию обогащения, можно представить двумя видами функций:  $\gamma$ - и  $\beta$ -функциями [4].  $\gamma$ -функция имеет смысл функции распределения частиц руды по физическому признаку. Условие нормирования  $\gamma$ -функции:

$$\int_{\xi_{\text{мин}}}^{\xi_{\text{макс}}} \gamma(\xi) d\xi = 1. \quad (1)$$

Здесь  $\beta$ -функция имеет смысл среднего содержания компонента в частях материала, попавших в интервал  $[\xi; \xi + d\xi]$ . В нашем случае  $\beta$ -функция представляет зависимость содержания асбеста во фракции от среднего содержания магнетита в ней.

Из продуктов асбестообогажительных фабрик комбината «Ураласбест», которые целесообразно подвергать предварительному обогащению методом магнитной сепарации, можно выделить два типа: 1 — продукты классов крупности — 75—20 мм дробильно-сортировочных комплексов фабрик № 4, 5, 6 с содержанием асбеста  $\alpha_a = 0,6—1,5\%$ ; 2 — щебень (+13 мм), получаемый после II стадии дробления в цехе обогащения фабрик № 4, 5 и щебень фабрик № 6 (+20 мм) с содержанием асбеста  $\alpha_a = 0,3—0,7\%$ .

Типичные значения  $\gamma$ - и  $\beta$ -функций этих продуктов приведены в табл. 1 и на рис. 1.  $\gamma$ - и  $\beta$ -функции более мелких классов крупности (—20 мм) не исследовались в связи с трудностью определения доли асбеста в мелких частях. Кроме того, в данных продуктах имеется полностью раскрытое асбестовое волокно, которое немагнитно, так как практически не содержит магнетит.

При магнитном разделении крупных частиц предполагается концентрация асбеста в магнитной фракции, а свободное асбестовое волокно, переходя в немагнитную фракцию, резко снижает эффектив-

ность процесса. Поэтому магнитное обогащение продукта целесообразно в том случае, когда асбестовое волокно находится непосредственно в частях руды, а не в свободном виде. Результаты фракционирования асбестовой руды Баженовского месторождения по содержанию магнетита приведены в табл. 1.

Анализируя  $\gamma$ - и  $\beta$ -функции, можно сделать следующие выводы.

Для  $\beta$ -функции асбестовой руды в крупнокусковом виде можно выделить три зоны: 1 — зона А, лежащая в интервале  $[\xi_1, \xi_1 + \Delta]$  с низкой массовой долей асбеста —  $\alpha_{асб} < 0,3\%$ ; 2 — зона В, лежащая в интервале  $[\xi_1, \xi_2]$  с содержанием асбеста, для различных интервалов изменения физического признака  $[\xi_1, \xi_1 + \Delta]$  от 0,2 до 0,8%, практически не зависящим от величины признака; 3 — зона С, попадающая в интервал  $[\xi_2, \xi_2 + \Delta]$  с высокой массовой долей асбеста —  $\alpha_{асб} > 1\%$ .

Выделенные типы продуктов технологической асбестообогатительных фабрик различаются между собой шириной интервалов, в которых изменяются физические свойства  $\xi$ , и значениями  $\gamma$ -функции для различных зон. Так, для продукта, характеризующего классы крупности — 75+20 мм дробильно-сортировочного комплекса (ДСК) асбестообогатительных фабрик, зона А имеет низкий удельный вес  $\gamma(\xi) = 0,15-0,2$  доли единицы,  $\gamma$ -функция в зоне В равна 0,45—0,55 доли единицы, в зоне С — 0,3—0,35 доли единицы.  $\gamma$ -функция щебня (продукт 2) для зон А, В, С равна соответственно 0,4—0,5; 0,4—0,5, 0,1—0,15 доли единицы.

Таким образом, при магнитном обогащении щебня асбестообогатительных фабрик в концентрат (магнитную фракцию) следует выделять продукт зоны С, характеризующийся высоким содержанием асбеста. Такая дополнительная пере-

Таблица 1

Интервалы содержания магнетита, %	Продукт 1 ( $\alpha_M = 3,2\%$ )		Продукт 2 ( $\alpha_M = 2,6\%$ )	
	$\gamma$ -функция, доли единицы	$\beta$ -функция асбеста, %	$\gamma$ -функция, доли единицы	$\beta$ -функция асбеста, %
0-0,5	0	0	0,014	0
0,5-1	0,071	0,086	0,147	0,113
1-1,5	0,062	0,668	0,134	0,079
1,5-2	0,07	0,608	0,111	0,248
2-2,5	0,149	0,382	0,086	0,779
2,5-3	0,229	0,297	0,161	0,236
3-3,5	0,061	0,301	0,14	0,63
3,5-4	0,068	1,831	0,083	0,102
4-5	0,133	0,904	0,064	0,253
5	0,137	4,978	0,06	1,768
Итого	1	1,077	1	0,378

Примечание.  $\alpha_M$  — содержание магнетита в продукте.

чистка щебня позволит снизить потери асбеста в узле получения щебня. В данном случае требуется додальнее магнитной фракции для дальнейшего обогащения по традиционной технологии. Выход магнитной фракции при переработке щебня должен составлять 10—15% продукта, который находится в операции.

При использовании магнитной сепарации для выделения отвалных отходов из продуктов дробильно-сортировочного комплекса крупностью — 75+20 мм немагнитная фракция должна включать в себя продукт зоны А и частично — зоны В в интервале изменения физического признака (содержания магнетита)  $[\xi_1, \xi_1 + \Delta]$ . Величина  $\xi_1 + \Delta = \xi_{гр}$ , характеризующая выход отходов (немагнитной фракции) и содержание асбеста в них,

зависит от средней доли асбеста в исходном продукте.

Чем богаче асбестом исходная руда, поступающая на операцию магнитного обогащения, тем меньше величина  $\xi_{гр}$  (меньше отходов) и наоборот. В среднем выход отходов от операции магнитной сепарации практически должен составлять 40%.

В связи с большой крупностью материала (+20 мм) и низким содержанием магнетита в асбестовой руде Баженовского месторождения сепаратор для магнитного разделения должен быть с верхней подачей, с секторной магнитной системой, с высокой напряженностью поля. Среди отечественных промышленных сепараторов наибольший интерес представляет электромагнитный ЭБС-80/170. Он имеет нижнюю подачу исходного материала, однако после поворота магнитной системы его можно использовать как сепаратор с верхней подачей.

Эффективность процесса разделения асбестовой руды в аппарате принято оценивать по его сепарационной характеристике. Последняя задается во всем диапазоне фракций, на которые по физическому свойству можно разделить материал. Сепарационная характеристика имеет смысл извлечения узкой фракции  $[\xi_1, \xi_1 + \Delta]$  в продукт обогащения. Ее вид служит мерой эффективности процесса разделения в конкретном аппарате. Чем круче вид сепарационной характеристики, тем эффективнее процесс разделения. Для сепаратора ЭБС-89/170, например в случае монослойной подачи исходного материала) при определенном положении шибера теоретически она должна приближаться к идеальной (иметь ступенчатый вид) [4].

Сепарационные характеристики сепаратора ЭБС-80/170 для асбестовой руды Баженовского месторождения класса крупности — 35+25 мм полученные экспериментальным путем, при положении шибера 2 и 3 приведены на рис. 2. Положение шибера магнитного сепаратора ЭБС-70/170 показано на рис. 3.

Любой обогатительный аппарат имеет свою оптимальную (идеальную для этого аппарата) сепарационную характеристику при определенной границе разделения (для магнитного сепаратора — положение шибера) для конкретной руды при неизменном силовом режиме разделения.

Не всегда аппарат, настроенный по оптимальной сепарационной характеристике, отвечает требуемым параметрам разделения руды. Технологические показатели обогащения можно изменить, перенастроив сепаратор на другую границу разделения, что, как правило, сопровождается снижением крутизны сепарационной характеристики и эффективности процесса разделения. В этом случае, если нет возможности применить другой аппарат, технологические показатели будут достигнуты с меньшей эффективностью (с меньшим выходом продукта заданного качества, с большим числом операций переистики и др.).

Сепаратор ЭБС-80/170 имеет сепарационную характеристику, близкую к идеальной, соответствующую границе разделения  $\alpha_M = \xi_{гр} = 4,7\%$ , при положении шибера 2. Теоретически при положении шибера 1 сепарационная характеристика еще больше приближается к идеальной, что будет сопровождаться ростом  $\xi_{гр}$ .

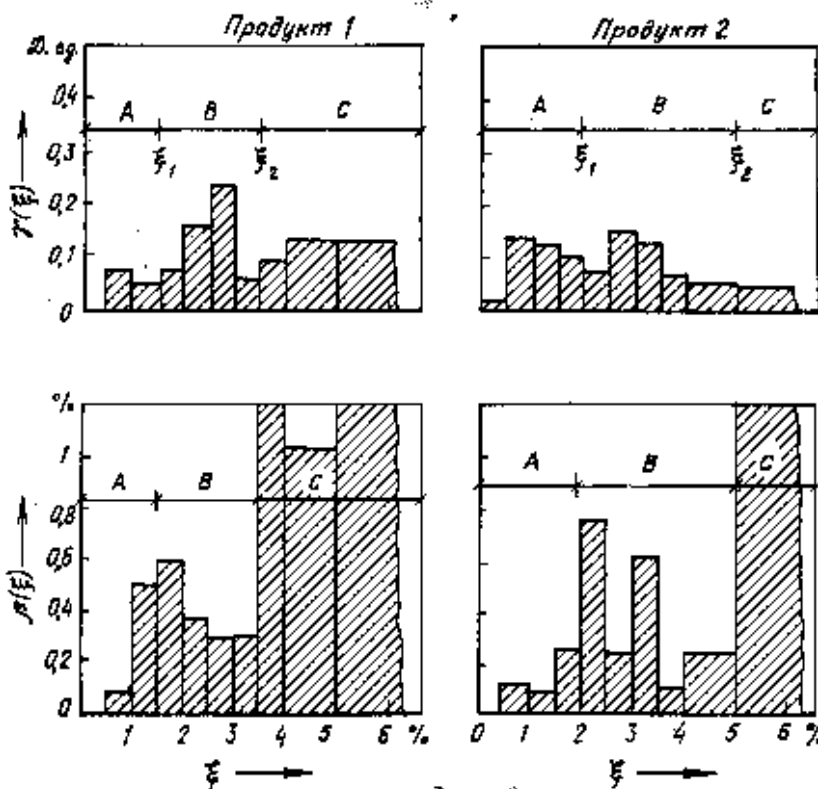


Рис. 1.  $\gamma$  и  $\beta$ -функции крупнокусковой асбестовой руды Баженовского месторождения (Д. ед. на ось ординат — доли единицы)

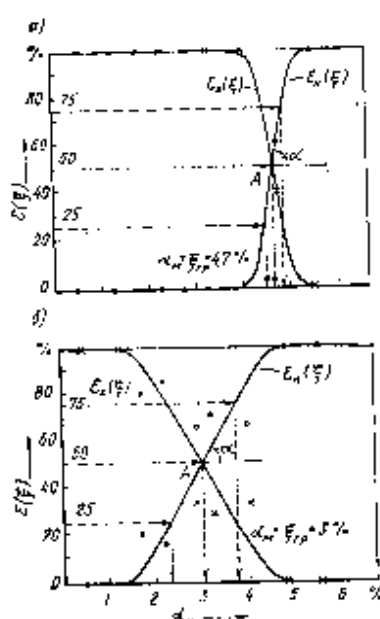


Рис. 2. Сепарационные характеристики сепаратора ЭБС-80/170 для обогащения асбестовой руды крупностью  $-35 + 25$  мм при положении шибера 2 (а) и положении шибера 3 (б)  $\gamma(\xi)$  — сепарационная характеристика концентрата;  $\beta(\xi)$  — то же, отходов

Анализируя  $\gamma$ ,  $\beta$ -функции асбестовой руды и сепарационные характеристики сепаратора ЭБС-80/170, можно сделать следующие выводы.

При дополнительном выделении из шибера асбестообогащенных фабрик богатой (по содержанию асбеста) фракция наибольшей эффективности разделения в сепараторе ЭБС-80/170 достигается при положении шибера 2 или 1. Это соответствует границе разделения  $\xi_{гр} = \alpha_m = 4,7\%$ , при которой в магнитную фракцию полностью перейдет зона С с небольшой частью зоны В (см. рис. 1). При решении этой технологической задачи сепаратор ЭБС-80/170 позволит достичь требуемые показатели обогащения с наибольшей эффективностью. При применении этого же сепаратора для вывода крупнокусковых отходов с отвалными содержанием асбеста из дробильно-сортировочных комплексов асбестообогащенных фабрик эффективность процесса разделения ниже (положение шибера 3, выход отходов — 55%).

Для увеличения крутизны сепарационной характеристики при  $\xi_{гр} = 3\%$  нужен сепаратор с большей магнитной силой (напряженностью поля). Однако на асбестообогащенных фабриках качество продуктов разделения контролируется по содержанию не агнетита, а асбеста. При выделении крупнокусковых отходов на сепараторе ЭБС-80/170 в немагнитную фракцию перейдет зона А, в магнитную зона С (см. рис. 1). Зона В распределится примерно поровну между магнитной и немагнитной фракциями.

При снижении содержания асбеста в исходном продукте с 1 до 0,6% увеличивается значение  $\gamma$ -функции в зоне А за счет зоны С.

С помощью  $\gamma$ - и  $\beta$ -функций и сепарационной характеристики аппарата разделения можно прогнозировать технологические показатели обогащения. Выход концентрата и содержание в нем полезного компонента будут равняться, %

$$\gamma_k = \int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} \gamma_a(\xi) \epsilon_k(\xi) d\xi; \quad (1)$$

$$\beta_k = \int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} \gamma_a(\xi) \beta_a(\xi) \epsilon_k(\xi) d\xi$$

$$\beta_k = \frac{\int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} \gamma_a(\xi) \epsilon_k(\xi) d\xi}{\int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} \gamma_a(\xi) \epsilon_k(\xi) d\xi} \quad (3)$$

Остальные показатели рассчитывают по уравнению баланса.

Результаты опытов разделения\* на электромагнитном сепараторе ЭБС-80/170

\* В экспериментах принимали участие сотрудники ВНИИпроектасбеста: Л. М. Балабаева, Т. А. Николаева и Свердловского горного института: О. Ю. Слесарев, В. Я. Лавник.

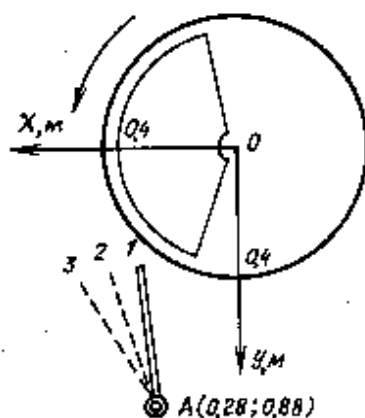


Рис. 3. Положение конца шибера магнитного сепаратора  
Точка 1 ( $x=0,334$ ;  $y=0,333$ ); точка 2 ( $x=0,384$ ;  $y=0,391$ ); точка 3 ( $x=0,436$ ;  $y=0,406$ )

Таблица 2

Продукт	Положение шибера	Выход, %	Содержание асбеста, %	Извлечение асбеста к обвалу, %	Содержание магнетита, %
---------	------------------	----------	-----------------------	--------------------------------	-------------------------

Шибера после II стадии дробления\* корпуса обогащения фабрики № 5

Магнитный		21,01	1,69	73,97	7,3
Немагнитный		78,99	0,16	26,03	1,9
Исходный	1	100	0,48	100	3,03
Магнитный		50,54	0,97	93,55	3,7
Немагнитный		49,46	0,07	6,45	1,8
Исходный	2	100	0,47	100	3,77
Магнитный		80,17	0,4	94,92	4
Немагнитный		19,83	0,12	5,68	1,4
Исходный	3	100	0,34	100	3,23

Продукт после III стадии дробления и классификации на ПГ-6а, 7а фабрики № 1

Магнитный		15,1	1,77	99,89	7,42
Немагнитный		84,9	0,47	90,11	1,21
Исходный	1	100	0,67	100	3
Магнитный		39,15	1,13	66,03	4,62
Немагнитный		60,85	0,38	33,97	2,11
Исходный	2	100	0,67	100	3,09
Магнитный		79,08	1,72	93,81	3,82
Немагнитный		20,92	0,43	6,19	3,71
Исходный	3	100	1,45	100	3,8

\* Продукт является крупнокусковыми отходами, которые используются как щебень

продуктов класса крупности  $-75 + 20$  мм после III стадии дробления фабрики № 4 (продукт 1) и шибера корпуса обогащения крупностью  $+13$  мм фабрики № 5 (продукт 2) приведены в табл. 2.

Наилучшие результаты в обогащении продукта 1 получены при положении шибера 2 (см. табл. 2). В этом случае обеспечивается выход отходов до 40% с содержанием асбеста в отходах  $V_a < 0,5\%$ . При обогащении продукта 2 лучшие результаты оказываются при положении шибера 1, 2 (в зависимости от  $\gamma$ -функции), когда выход концентрата  $\gamma_k < 20\%$ , а содержание асбеста в нем более 1%. Отличие теоретических показателей от практических по выходу магнитной фракции обусловлено различным фракционным составом сопоставляемых продуктов (содержание магнетита в продукте 2, для получения  $\gamma$ -функции, равняется 2,6%, а в исходных продуктах, взятых для экспериментов, — 3,3%). В целом, теоретические данные соответствуют практическим. Следовательно, математический аппарат  $\gamma$ ,  $\beta$ -функций и сепарационных характеристик можно использовать для прогноза технологических показателей обогащения при проектировании метода магнитной сепарации крупнокусковых асбестовых продуктов на конкретном аппарате, например сепараторе (ЭБС-80/170).

При магнитном разделении основным регулирующим воздействием на показатели обогащения следует считать положение шибера. При повороте шибера влево (рис. 3) уменьшается выход немагнитной фракции и содержание в ней асбеста. Соответственно увеличивается выход магнитного продукта и уменьшается содержание в нем асбеста и на оборот.

Основные выводы можно сформулировать следующим образом.

Магнитную сепарацию можно использовать для разделения крупнокусковой асбестовой руды. С помощью данного метода можно решить две технологические задачи: 1 — выделение крупнокусковых отходов из руды на дробильно-сортировочных комплексах асбестообогащенных фабрик с целью снижения энергоемкости процесса обогащения; 2 — дополнительную перемычку шибера для уменьшения потерь асбеста с данным продуктом.

Высокие технологические показатели можно получить при решении второй задачи с применением сепаратора ЭБС-80/170 с верхней подачей материала, у которого сепарационная характеристика обладает достаточной крутизной.

При решении первой задачи этот сепаратор позволяет добиться требуемых технологических показателей при обогащении руды с массовой долей асбеста меньше 1%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Освоение и совершенствование обогащения руд в тяжелых сульфидных Ю. С. Вадеев, Г. И. Иваева, А. В. Выдакович, Н. Б. Дубова (Обзор, информаций, Сор. Обогащение руд цветных металлов, вып. 41, — М.: ЦНИИцветмет экономики и информатика, 1980).
2. Martinetz E. Magnetit concentration of Asbestos // CIM Bulletin, 1979, № 805.
3. Цыпак Е. Ф. Оптимизация проектирования процессов, аппаратов в сех обогащения. — Свердловск: Изд. СГИ, 1983.
4. Илюхов О. Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. — М.: Недра, 1984.

В. А. РАЗДОЛЬНЫЙ, канд. техн. наук (НПО «Союзнеруд»), Ю. С. РОМАНОВ, инж. (Старицкий завод нерудных материалов ПО «Калининстройматериалы»)

## Повышение эффективности гидромеханизации

Старицкий завод нерудных материалов Минстройматериалов РСФСР разрабатывает Заднепольское песчано-гравийное месторождение Калининской обл. Месторождение вытнуто узкой (800—1250 м) полосой, длиной около 8 км. Мощность песчано-гравийной толщи 2,4—15,6 м, вскрышных пород 1,2—4,4 м. Породы полезной толщи по трудности разработки гидромеханизованным способом отнесены к V группе. Месторождение обводнено, горизонт грунтовых вод в среднем расположен на глубине 1,5 м от дневной поверхности, что обусловило гидромеханизованный способ разработки с помощью двух земснарядов типа 350—30 Л.

Завод введен в эксплуатацию в конце 1984 г. Проектная мощность по гравию 180 тыс. м<sup>3</sup>, по песку — 200 тыс. м<sup>3</sup>. В соответствии с проектом Петропавловского филиала СПКТО «Росоргтехстрем» гидросмесь от земснаряда по плавучему и береговому пульповодам подается в конические гидрогрохоты КГГ-2500, из которых песок поступает в гидрокласификатор ГКХ4100. Гравий из конических грохотов и песок из гидрокласификаторов через лотковые обезвоживатели на базе электровибропитателей ПЭВ2-ПС поступают на ленточные транспортеры шириной 1000 мм общей длиной около 900 м, которые подают гравийно-песчаную смесь на систему грохотов ГИС-52 (СМД-121), на которых песок отделяется от гравия, а гравий разделяется на фракции 5—20, 20—40 и 40—70 мм и с помощью системы транспортеров шириной 650 мм и штабелекладчиков укладывается в конусные склады. Песок промывается в односпиральных классификаторах ИКСН-20, обезвоживается в лотковых обезвоживателях и также укладывается конвейерами и штабелекладчиками в дренажные конусные склады. Отходы обогащения насосной станцией с групповыми насосами типа ГРУЛ-8 направляются в хвостохранилище.

Схема оказалась громоздкой и малопродуктивной, поскольку неполадки в любом звене вызвали остановку всего комплекса. В результате в 1985 г. было выпущено 48,9 тыс. м<sup>3</sup> гравия, в 1986 г. — 50 тыс. м<sup>3</sup>. Затраты на 1 р. выпущенной продукции составляли 3 р. 71 к. Песок сбыта не находит, из-за высокой стоимости автомобильных перевозок, других транспортных коммуникаций вблизи завода лет.

Проведенная в 1986 г. модернизация технологии переработки, когда были оставлены только конические грохоты, из которых песок направляется в выработанное пространство, а гравий склады-

руется в штабель, из которого ведется отгрузка на автотранспорт, позволила несколько улучшить положение. За три месяца — ноябрь 1986 г., апрель и май 1987 г. — было выпущено 31252 м<sup>3</sup> гравия, среднечасовая производительность по гравию достигла 40,8 м<sup>3</sup>/ч, коэффициент использования рабочего времени составил 0,389. Однако в целом положение оставалось неудовлетворительным, план по гравию на 1987 г. в 180 тыс. м<sup>3</sup> был выполнен лишь наполовину — 96,1 тыс. м<sup>3</sup>.

Теперь сдерживающим оказалось главное звено технологической цепочки — земснаряд. Из-за высокого содержания валунов земснаряд без защитного устройства работать практически не мог, а установленный перед всасывающим отверстием вместо фрезы вращающийся диск с просверленными в нем отверстиями диаметром 150 мм создавал чрезвычайно большие гидравлические сопротивления и резко снижал производительность земснаряда.

Из-за недостатка электроэнергии и наличия только одного плавучего пульповода земснаряды одновременно работать не могут. В этих условиях с целью повышения производительности земснарядов было принято решение установить на земснарядах роторные дробилки типа ДРЗ-600 конструкции ВНИИнеруда для дробления валунов, превышающих проходное сечение грунтовых насосов, которые позволили обеспечить всасывающее отверстие от решетки. Дробилка была установлена на первом земснаряде в октябре 1987 г., на втором — в начале 1988 г.

Наряду с этим была еще раз изменена в сторону упрощения технологическая схема, которая теперь выглядит таким образом. Гидросмесь от земснаряда подается на грависепараторную установку высотой 15 м. На установке смонтированы гаситель потока гидросмеси, два неподвижных грохота с размером ячеек 40 и 5 мм, ванна для сброса песка. Гидросмесь поступает в гаситель, где скорость ее падает, затем на сито 40 мм, где отделяется гравий +40 мм, затем на сито 5 мм, где выделяется смесь фракций 5—40 мм, а фракция 0—5 мм поступает в ванну и по сбросной трубе диаметром 800 мм, проложенной с уклоном 6%, сбрасывается в выработанное пространство карьера.

Смесь фракций 5—40 мм складывается в бункером рядом с грависепараторной установкой, гонится экскаватором, а автотранспорт потребителя. Смесь фракций +40 мм складывается бульдозерами в отдельный склад, грузится экскаватором на автотранспорт, доставляющий ее на промежуточный

склад, а оттуда — на грависепараторный завод, где она разделяется на фракции 40—70 мм и +70 мм. В зимнее время (ноябрь—март) смесь фракций +40 мм складывается в отдельный склад до наступления теплого сезона (апрель—октябрь).

Упрощение технологической схемы позволило повысить коэффициент использования рабочего времени гидромеханизованного комплекса и, соответственно, земснаряда с 0,389 до 0,44. Использование дробилки на всасе, позволившей освободить всасывающее отверстие от вращающейся решетки, дало возможность увеличить часовую производительность земснарядов с 40,8 до 73,3 м<sup>3</sup>/ч за те же промежуток времени. Дробилки ДРЗ-600 показали себя в данных условиях простыми в обслуживании и надежными в эксплуатации устройствами. Основное преимущество их перед известными дробилками типа ДНП — возможность успешного применения для дробления валунов из прочных изверженных пород, что достигается применением однодискового ротора и съемных бил и упоров из марганцевистой стали. Благодаря такой конструкции удалось повысить надежность дробилки с одновременным уменьшением габаритов и массы. В 1988 г. были успешно проведены межведомственные приемочные испытания, дробилки типа ДРЗ-600 и ДРЗ-400 рекомендованы к серийному производству.

В 1988 г. был выполнен также ряд организационных мероприятий, обеспечивающих работу земснаряда в зимнее время. Все это вместе взятое позволило поднять производительность завода до 217 тыс. м<sup>3</sup> в 1988 г. Ранее убыточное предприятие в 1988 г. впервые получило прибыль в размере около 80 тыс. р. Себестоимость продукции снизилась с 6 р. 80 к. в 1987 г. до 4 р. 75 к. в 1988 г. Расход электроэнергии на 1 м<sup>3</sup> гравия снизился с 24,9 кВт·ч в 1987 г. до 11 кВт·ч в 1988 г. Экономический эффект от применения дробилок, доля которых в указанном повышении производительности гидромеханизованного комплекса экспертным путем оценена в 40%, составила 60,8 тыс. р.

Полученный в процессе эксплуатации опыт позволил наметить пути дальнейшего совершенствования дробилок, реализация которых позволит уменьшить расход электроэнергии дробилками, сократить расход марганцевистой стали, повысить надежность.

Большие резервы поможет вскрыть совершенствование технологии. В настоящее время на каждые 30 м<sup>3</sup> гравия добывается, прокачивается по всем коммуникациям, поднимается на высоту более 15 м и сбрасывается обратно в выработанное пространство в среднем 70 м<sup>3</sup> песка. Исключение или, по крайней мере, сокращение объема этой бессмысленной работы обеспечит дальнейшее повышение рентабельности предприятия.

**СТАРИЦКИЙ ЗАВОД НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЯВЛЯЕТСЯ ТИПИЧНЫМ ДЛЯ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РСФСР ПРЕДПРИЯТИЕМ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОЭТОМУ ОПЫТ ЕГО РАБОТЫ МОЖЕТ ПРЕДСТАВИТЬ ШИРОКИЙ ИНТЕРЕС ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ОТРАСЛИ.**

Ю. П. РЖАНИЦЫН, канд. техн. наук, А. А. МОРОВА, канд. техн. наук,  
Е. И. НОВОПАШИНА канд. техн. наук, А. Н. ШИХОВ, канд. техн. наук (Пермский  
политехнический институт)

## Технология получения высокопрочного гипса

Одной из основных трудностей на пути реализации жилищной программы является нехватка строительных материалов, в том числе и рыночных фондов. Каждый третий квадратный метр жилья строится на селе, и на него падает соответственно треть потребности в кирпиче, цементе, стали, тепломатериалах, кровле и т. п. Однако известно, что в 1989 г. только в РСФСР будет недопоставлено сельским застройщикам в индивидуальном секторе строительных материалов на сумму в 1,1 млрд. р.

В этой связи следует отметить, что гипсовое вяжущее может стать реальной заменой клинкерного цемента и именно в тех конструкциях и строительных работах, где его применение необязательно, и, следовательно, расточительно.

Несущие и малонагруженные стены в малоэтажном строительстве, несущие перегородки, а также основания полов, штукатурные растворы, облицовка стен могут быть с успехом (и это подтвердил опыт) выполнены на основе гипсового вяжущего. При этом эффективность выражается: в снижении расхода топлива в 3—4 раза, в сокращении (в десятки раз) цикла изготовления сборных изделий, уменьшении трудозатрат в сфере производства и в строительстве, в повышении таких эксплуатационных характеристик конструкций, как качество поверхностей, огнестойкость, термическое сопротивление, санитарно-гигиенические свойства и др.

Более высокая точность размеров гипсобетонных изделий и их меньшая масса по сравнению с таковыми у цементно-бетонных изделий способствуют заметному повышению производительности труда на стройках.

Научно-производственно-технической программой «Гипс», утвержденной постановлением Госстроя СССР в сентябре 1987 г., предусмотрено в 2 раза увеличить к 1995 г. производство и применение в строительстве гипсового вяжущего, получаемого как из природного сырья, так из фосфогипса — отхода промышленности. Намеченные объемы тем не менее намного ниже и наших природных возможностей, и потребностей народного хозяйства.

В отношении объемов производства гипсового вяжущего интересно сравнение с Западной Европой и США. Там на душу населения производится гипсового вяжущего 60—70 т в год, у нас же — только 18 т. В США 60% гипсового сырья (камня) постоянно импортируется и считается выгодным. Наша страна занимает первое место в мире по запасам гипсового камня. В на-

стоящее время на балансе находятся 188 месторождений.

Добываемое гипсовое сырье, к сожалению, неоднородно по качеству, поэтому многие гипсовые заводы, пожалуй большинство, производят вяжущее марки не выше Г-4, а то и Г-3.

Специалистами Пермского политехнического института и УралНИИСтропроект разработана технология изготовления гипсового вяжущего повышенной прочности, вплоть до марок Г-10 и Г-19.

Основная особенность технологии — возможность ее привязки к существующим производствам гипсового вяжущего, гипсовым заводам. Переход на новую технологию не требует значительных затрат для перевооружения производства.

Практически для перехода с производства обычного строительного гипса по схеме шахтная мельница — пылеосадительная система — гипсоварочный котел на изготовление высокопрочного вяжущего следует лишь сделать пристрой и установить в нем два горизонтальных автоклава. При обработке в них гипсового камня происходит качественный скачок — прочность гипса повышается в 3—4 раза (за счет образования α-полугидрата сульфата кальция), а производительность шахтной мельницы и гипсоварочного котла увеличивается в 1,5—2 раза в результате сокращения цикла помола и варки. На помол поступает уже дегидратированный гипсовый камень, а роль гипсоварочного котла сводится к усреднению модификационного состава продукта и регулированию сроков схватывания.

Таким образом, на одной технологической линии по выпуску строительного гипса марок Г-3—Г-5 производительностью 40 тыс. т в год можно получить высокопрочный строительный гипс марок до Г-10—Г-19 с годовым выпуском 60—80 тыс. т.

Заводов с производствами, на которых возможна предлагаемая реконструкция без их остановки, в нашей стране более 20. Поэтому возможно быстрое перевооружение гипсовой промышленности. Стоимость реконструкции завода — 600 тыс. р., расчетная себестоимость 1 т высокопрочного строительного гипса — 13,7 р.

Эксплуатация первой в стране технологической линии по изготовлению высокопрочного гипса на Заводе гипса и гипсовых изделий в г. Перми показала, что она надежна и управляема. В этом производстве можно использовать сырье от I до IV сортов и также регулировать сроки схватывания высоко-

прочного строительного гипса (в интервалах 10—40 мин) без введения замедлителей.

Вяжущее с замедленными сроками схватывания применимо для монолитного домостроения и при устройстве саморазравнивающихся оснований полов. Добавками, повышающими водостойкость, могут служить молотые доменные, алюминатные шлаки и др.

Применение высокопрочного строительного гипса не ограничивается традиционными областями. В Пермском политехническом институте проведены исследования, выявившие возможность изготовления на основе высокопрочного гипсового вяжущего и алюминатного цемента композиционных (смешанных) быстротвердеющих гидравлических вяжущих (БГВ) марок 600—900. Такие вяжущие эффективны в производстве экстренных строительных работ, например, при ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий, для ремонтно-восстановительных и гидроизоляционных работ, зачеканки трещин, изготовления кровельных плит для безрулонных кровель, устройства различных водонепроницаемых конструкций полов промышленных зданий, бесшовных полов, и др.

Динамика роста прочности БГВ очень интенсивна, а именно: через 3—4 ч достигается прочность 10—15 МПа, через 1 сут — 50—75 МПа, к 3 сут — 60—90 МПа (марочная прочность). Вяжущие характеризуются высокой водонепроницаемостью — через 1 сут выдерживается давление до 1 МПа, морозостойкостью — до 200 циклов замораживания и оттаивания, устойчивостью к кислотам и солевому, в том числе сульфатным агрессивным средам, способностью твердеть при отрицательных (до —15°C) температурах без противоморозных добавок.

Специфической особенностью расширяющихся БГВ является высокая эффективность защиты от радиационного излучения (замедление быстрых нейтронов), что объясняется большим содержанием химически связанной воды. Благодаря этому свойству композиционные вяжущие могут быть использованы при строительстве и эксплуатации АЭС и других объектов.

Таким образом, развитие производства высокопрочных строительных гипсовых вяжущих и получаемых на их основе водостойких, гидравлических быстротвердеющих композиционных материалов будет способствовать замене клинкерного цемента, а также использованию в тех областях строительства, где применение последнего менее эффективно.

## Увеличение выхода конечной продукции при разработке месторождений облицовочного камня

Комплексным показателем, характеризующим особенности строения месторождения облицовочного камня, технологью добычи и обработки блоков, является коэффициент использования добытого камня для производства облицовочных материалов, который предложено вычислять по формуле

$$K_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} / V_{\text{max}}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{ж}}$  и  $V_{\text{max}}$  — фактический и максимально возможный выход облицовочных изделий из добытого камня, м<sup>3</sup>.

При этом величина  $V_{\text{max}}$  может быть получена при обработке блоков, добытых способом, не снижающим монолитность пород, которые в естественном состоянии не имеют трещин. Показатели  $V_{\text{ж}}$  и  $V_{\text{max}}$  рассчитывают по формулам:

$$V_{\text{ж}} = V_{\text{п}} K_{\text{в}}; \quad (2)$$

$$V_{\text{max}} = (\Delta + t)^{-1} (1 - K_{\text{т}}). \quad (3)$$

где  $V_{\text{п}}$  — выход облицовочных материалов из блоков, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент выхода блоков из добытого камня, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $\Delta$  и  $t$  — толщина плит и ширина прорезы при распиловке блоков, м;  $K_{\text{т}}$  — коэффициент, учитывающий потери при отделении камня от массива (при образовании прорезов или бурении шпуров).

Для характеристики современного состояния проблемы использования добытого камня для производства облицовочных материалов в нашей стране по обобщенным данным [1—2] по формулам (1)–(3) вычислены соответствующие показатели (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что при пересчете на естественные облицовочные материалы и с учетом искусственных об-

лицовочных материалов коэффициент использования добытого камня равен соответственно 0,15 и 0,19, в то время как в Италии данный показатель достиг соответственно 0,44 и 0,98.

Проанализируем технологический аспект настоящей проблемы, используя следующие зависимости

$$V_{\text{п}} = (1 - S r / V) / (\Delta + t) K_{\text{в}}; \quad (4)$$

$$K_{\text{в}} = K_{\text{в}} K_{\text{р}}, \quad (5)$$

где  $S$  — площадь поверхности блока со следами техногенных трещин, м<sup>2</sup>;  $V$  — средний объем добытого блока, м<sup>3</sup>;  $r$  — радиус проникновения техногенных трещин в глубь блока, м;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент снижения выхода плит из-за природных трещин в блоках;  $K_{\text{р}}$  — коэффициент, учитывающий закон распределения объемов блоков;  $K_{\text{т}}$  — коэффициент, учитывающий влияние техноген-

ной трещиноватости на выход блоков. Величины  $K_{\text{в}}$  и  $K_{\text{р}}$  уменьшаются при увеличении интенсивности естественных и техногенных трещин в камне.

При добыче блоков образования техногенных трещин в основном связано с производством буровзрывных работ, которые приводят к снижению монолитности камня в окрестностях плоскости раскола и к увеличению объемов окола камня и раскрытию залеченных трещин. По данным [3—5] величина зоны нарушения пород средней твердости составляет  $r = 0,08 - 0,2$  м, а коэффициент  $K_{\text{в}}$  при взрывных работах в условиях мраморных карьеров можно рассчитать по эмпирической зависимости

$$K_{\text{р}} = 0,97 + 0,05 K_{\text{т}} - 0,4 K_{\text{т}}^2; \quad (6)$$

$$K_{\text{в}} = S / S_0,$$

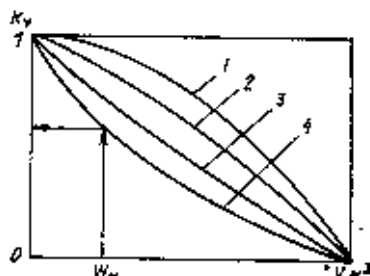
где  $S_0$  — общая площадь поверхности блока, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Исследования, выполненные на камнеобрабатывающем заводе ПО «Саянмрамор», показали, что коэффициент  $K_{\text{в}}$  изменяется от 1,3 до 1,9 и зависит от толщины плиты, технологии распиловки блоков и твердости пород: для мягких пород —  $K_{\text{в}} = 1,3$ ; для пород средней твердости —  $K_{\text{в}} = 1,8$ ; для твердых —  $K_{\text{в}} = 1,6$ .

Максимальное использование добытого камня для производства облицовочных материалов имеет место при разработке месторождений мягких пород (см. табл. 1). Это можно объяснить тем, что добычу блоков на таких месторождениях ведут исключительно канатными машинами. Их применение практически исключает образование в блоках техногенных трещин, обеспечивает максимальный выход блоков из добытого камня и выход облицовочных материалов из них.

Поскольку в этом случае параметры подготовляемого к выемке объема камня ограничены размером рабочего органа, то при разработке трещиноватых пород наблюдается уменьшение коэффициента выхода блоков. Следовательно, для увеличения значения  $K_{\text{в}}$  при разработке месторождений мягких пород необходимо добычу блоков осуществлять канатными пилами, которые позволяют изменять параметры технологии с учетом интенсивности трещин в массиве. Это обеспечит увеличение выхода блоков в среднем в 1,2—1,3 раза.

Удручающее состояние использования добытого камня для производства облицовочных материалов при разработке месторождений пород средней твердости (см. табл. 1) можно объяснить тем,



Кумулятивные кривые объемов блоков для различных значений коэффициента  $S_{\text{п}}$ , учитывающего интенсивность трещин и размеры подготовляемого и выемки объема камня ( $S_{\text{п}1} < S_{\text{п}2} < S_{\text{п}3} < S_{\text{п}4}$ )  
1 —  $S_{\text{п}1}$ ; 2 —  $S_{\text{п}2}$ ; 3 —  $S_{\text{п}3}$ ; 4 —  $S_{\text{п}4}$

Таблица 1

Группа пород	Показатели использования венд при разработке месторождений облицовочного камня в СССР							
	Предел прочности на одностороннее сжатие, МПа	Средний коэффициент выхода блоков	Средний выход облицовочных материалов из блоков, м <sup>3</sup>	Средняя величина толщины плит, м	Средняя величина ширины прорезы при распиловке блоков, м	Выход облицовочных материалов из добытого камня, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>		Коэффициент использования добытого камня для производства облицовочных материалов
					фактический	максимально возможный		
Твердые	100—400	0,31	11	0,05	0,008	3,41	15,51	0,22
Средней твердости	15—160	0,22	16	0,02	0,008	3,52	34,65	0,1
Мягкие	5—45	0,4	17	0,04	0,005	6,9	19,98	0,35
Средняя величина	—	0,29	16,2	0,03	0,0065	4,07	27,46	0,15 (0,19)**

Примечание: \* коэффициент потерь камня для всех групп пород принят одинаковым и  $K_{\text{т}} = 0,1$ ; \*\* в скобках приведено значение с учетом искусственных облицовочных материалов.

что камнерезные машины для добычи блоков недостаточно эффективны и это (из-за отсутствия других средств) предопределяло широкое использование их в комбинации с буровзрывными работами методом ДШ в шпуре (ГОСТ 9479—84). В отдельных же случаях добычные работы ведут только буровзрывным способом и в настоящее время с его помощью добывают около 60—70% всех блоков пород средней твердости.

Основным представителем твердых пород является гранит, который обычно хорошо колет в заданном направлении. Это объясняет меньшее распространение взрывных работ при добыче блоков, а поскольку в качестве взрывчатого вещества чаще применяют порох, то при этом меньше влияние взрыва на монолитность камня. По данным Н. Т. Бака, радиус зоны нарушения при использовании пороховых зарядов составляет 0,06—0,09 м и с их помощью добывают примерно 40—50% блоков из твердых пород.

Замена буровзрывных работ первоначально всевозможными их безвзрывными альтернативами (гидрораскалывающими устройствами, гидроклинными, невзрывчатыми разрушающими средствами), а затем канатными пилами с алмазными режущими элементами и их рациональными сочетаниями несомненно улучшат показатели использования добытого камня (табл. 2), вычисляемые по формулам

$$B'_n = B_n (1 - S' r)^{-1}; \quad (7)$$

$$S' = K_d S/V; \quad (8)$$

$$B'_b = B_b K_p. \quad (9)$$

Таблица 2

Группа пород по твердости	Показатели использования камня для производства облицовочных материалов при добыче блоков без буровзрывных работ			
	Коэффициент выхода блоков	Выход облицовочных материалов из блоков, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Выход облицовочных материалов из добытого камня, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Коэффициент полезного использования добытого камня для производства облицовочных материалов
Твердые	0,33	12,68	4,18	0,268
Средней твердости	0,23	21,5	8,01	0,144

где  $K_d$  — коэффициент, учитывающий участие буровзрывных работ при добыче блоков.

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что исключение буровзрывных работ при добыче блоков позволит увеличить полноту использования добытого камня для производства облицовочных материалов в 1,22—1,44 раза. Дальнейший рост этого показателя возможен, главным образом, за счет получения облицовочных материалов из окола на основе связующих веществ. Но для этого необходимы специальные технологические линии, которые безусловно усложняют существующую технологию производства облицовочных материалов.

Поэтому проблему повышения выхода конечной продукции из добытого

камня можно решить при внедрении в карьерах технологии упрочнения массивов облицовочного камня методом смолониткекции естественных трещин. Это позволит при вырезке камня из массива коэффициент выхода блоков и выход из них облицовочных материалов довести до теоретически возможного уровня. Причем, расход смол на упрочнение камня в самом неблагоприятном случае не превысит 50—100 кг/м<sup>3</sup>.

В целом решение данной проблемы требует: промышленного производства технических средств для раскола камня без использования взрывчатых веществ; разработки конструктивных параметров канатных пил с алмазными режущими и освоение их промышленного производства; исследования и обоснования параметров технологии смолониткекционного упрочнения трещиноватых массивов облицовочного камня.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрафанов Г. К., Шпанов И. А. Облицовочные и подольные камни СССР. — М.: Недра, 1970.
2. Осипова В. А. Облицовочные камни месторождений СССР. Справ. пособие. — М.: Недра, 1964.
3. Рахимов В., Шифрина Е., Фазылов С. Совершенствование технологии добычи блоков облицовочного камня. — Ташкент: Узбекистан, 1983.
4. Ситник В. А., Богдацкий В. Ф. Использование энергии взрыва при разработке мраморных месторождений Карелии на облицовочный камень // Повышение эффективности производства и качества нерудных строительных и облицовочных материалов. — (Сб. тр. ВНИПИИстромсырье). — М., 1962.
5. Агеев С. Г. Выбор способа пассивации мрамора на примере месторождений Карелии // Повышение эффективности производства и качества нерудных строительных и облицовочных материалов. — (Сб. тр. ВНИПИИстромсырье). — М., 1982.

УДК 66.047.37.76

Л. М. БОЙКОВ, канд. техн. наук (Ленинградский технологический институт)

## Конвективная сушка кровельного картона целлюлозно-бумажной промышленности

Разработка новых высокоэффективных сушильных установок и совершенствование действующих контактных связаны с использованием конвективного теплообмена.

В настоящее время по конвективному теплообмену выполнены ряд экспериментальных исследований [1, 2, 3] при продольном и сопловом обдуве влажного полотна картона потоком сушильного агента. Однако нет пока четкого представления об эффективности эксплуатации конвективных сушильных установок различного типа.

Для определения коэффициентов конвективного теплообмена и аэродинамических сопротивлений используются критериальные зависимости:

$$Nu_q = f(Re_f); \quad (1)$$

$$Nu_m = f(Re_f); \quad (2)$$

$$Eu = f(Re_f). \quad (3)$$

Результаты экспериментов по конвективной сушке кровельного картона показали, что для характеристики теплооб-

мена может быть использована зависимость между критериями подобия:

$$Nu_q = 0,05 Re^{0,78}. \quad (4)$$

При этом корректирующий коэффициент, представляющий отношение  $Nu_m/Nu_q$ , составил 0,86.

Из уравнения (4) следует, что коэффициент теплоотдачи при продольном одностороннем обдуве влажного полотна потоком теплоносителя

$$\alpha_t = A \omega^{0,78} l^{-0,22}, \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{°C}. \quad (5)$$

где  $A = 0,05 \lambda/\nu^{0,78}$ , Дж/(м<sup>2</sup>·°C);  $\omega$  — скорость теплоносителя, м/с;  $l$  — длина полотна, м;  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности нагретого воздуха, Вт/(м·°C);  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости воздуха, м<sup>2</sup>/с.

Выполненные расчеты показали, что при температуре воздуха 140°C и определяющей длине полотна  $l = 1$  м коэффициент  $A = 3,121$  Дж/(м<sup>2</sup>·°C).

Анализ уравнения (5) приводит к вы-

воду, что коэффициент конвективного теплообмена  $\alpha_t$  пропорционален скорости потока в степени 0,78 и обратно пропорционален длине полотна в степени (—0,22). Таким образом, принципиальным недостатком конвективного способа сушки является низкий коэффициент теплоотдачи, а следовательно, и удельной тепловой поток  $q_w$ , который интенсивно снижается с увеличением длины полотна  $l$ .

В конвективной сушильной установке воздух по схеме прямоугольника или противотока последовательно перепускается по отдельным петлям до полного насыщения.

Аэродинамическое сопротивление воздуха в каналах для петель определяется как

$$\Delta P = n \left( \frac{\lambda_{\text{кр}}}{d_{\text{кр}}} l + \Sigma E_{\text{кр}} \right) \times \times \frac{\rho_n \omega^3}{2g} = K_1 \omega^3, \text{ кг/м}^2, \quad (6)$$



где  $\lambda_1$  — коэффициент трения;  $d_{эк}$  — эквивалентный диаметр канала, в котором движется поток;  $\xi_m$  — коэффициент местного сопротивления;  $\rho_a$  — плотность воздуха;  $g$  — ускорение свободного падения тела;  $K_1$  — коэффициент пропорциональности.

При скорости воздуха  $\omega = 20$  м/с,  $n = 5$ , сумме местных сопротивлений  $\Sigma \xi_m = 3,39$ , плотности воздуха  $\rho_a = 0,854$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda_1 = 0,0116$  получим  $K_1 = 0,148$  кг·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>.

Расход воздуха на сушильную установку составляет, м<sup>3</sup>/ч:

$$W = 3600 d_{эк} b \omega = K_2 \omega, \quad (7)$$

где  $d_{эк}$ ,  $b$  — эквивалентный диаметр и ширина канала,  $d_{эк} = 0,364$  м и  $b = 2$  м;  $K_2$  — коэффициент пропорциональности. Здесь  $K_2 = 1308,97$  м<sup>3</sup>.

Мощность двигателей на приводе вентиляторов, кВт,

$$N_m = K \omega^3, \quad (8)$$

где  $K$  — коэффициент пропорциональности,  $K = 0,031$  кВт·с<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Из уравнений (5) и (8) следует

$$N_m = B \alpha_1^{3,84}, \quad (9)$$

где  $B$  — опытный коэффициент, равный  $B = 3,89 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>·с.

В конвективной сушильной установке затраты энергии могут быть отнесены к единице поверхности высушиваемого материала:

$$N_0 = N_m / F, \quad \text{кВт/м}^2, \quad (10)$$

или к 1 кг испаряемой влаги:

$$N_{уд} = N_m / M_{вл}, \quad \text{кВт·ч/кг влаги}, \quad (11)$$

где  $M_{вл}$  — количество влаги, испаряемой в сушильной установке, кг/ч.

Конвективные сушильные установки сравнивали по эффективности при температурном напоре  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$  (рис. 1), тогда энергетический коэффициент определяется из выражения

$$e = \alpha_1 / N_0. \quad (12)$$

Для оценки затрат энергии на сопротивление движению потока теплоносителя вводится мощность  $N'$ , отнесенная к единице поверхности теплообмена,

$$N'_0 = \Delta P W \frac{1}{F}, \quad (13)$$

где  $f$  — живое сечение для движения потока.

Такая эффективность конвективной сушильной установки оценивается при помощи графика  $\alpha_1 = f(N'_0)$  при условии  $N_0 = \text{const}$  (рис. 2). Условия  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$  и  $N_0 = \text{const}$  позволяют выявить относительные характеристики конвективных установок. Эффективность сушики кровельного картона при различных скоростях движения воздуха, нагретого до  $140^\circ\text{C}$ , показана в таблице.

При конвективной сушике, когда влажная поверхность полотна картона омывается сушильным агентом с двух сторон при разных значениях коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , энергетический коэффициент

$$e = \bar{\alpha} / (N_{01} + N_{02}), \quad (14)$$

где  $\bar{\alpha}$  — средний коэффициент теплоотдачи;  $N_{01}$ ,  $N_{02}$  — затраты энергии на пре-

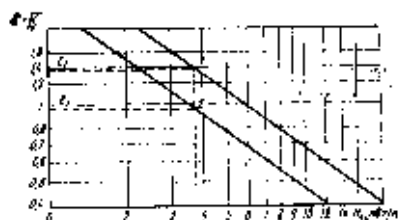


Рис. 1. График сопоставления тепловой эффективности конвективных сушильных установок по энергетическому коэффициенту  $e$

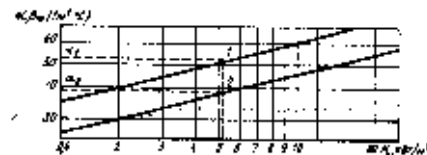


Рис. 2. График сопоставления тепловой эффективности конвективных сушильных установок по коэффициенту теплоотдачи  $\alpha_1$

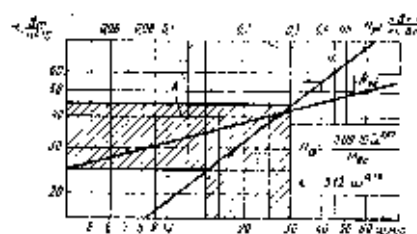


Рис. 3. Удельный расход энергии  $N_{уд}$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  при продольном одностороннем конвективном обдуве полотна длиной 1 м потоком воздуха со скоростью  $\omega$  в нагретого до  $140^\circ\text{C}$ .

Область 4 — область оптимальных значений  $\omega$  и  $\alpha_1$ ;  $M_{вл}$  — количество испаряемой влаги, кг/ч

одоления сопротивления потоку теплоносителя с двух сторон полотна.

Эффективность теплообмена поверхностей при двустороннем потоке сушильного агента оценивается с помощью графика:

$$\bar{\alpha} = f(\Sigma N_{уд}).$$

Сравнительный анализ тепловой эффективности конвективных сушильных установок производится в том случае, когда имеются уравнения, описывающие тепло-массоперенос и затраты мощности на перемещение теплоносителя для сравниваемых вариантов. Затраты мощности на единицу поверхности полотна являются универсальной характеристикой для оценки эффективности конвективной сушики.

На рис. 3 показана зависимость удельного расхода энергии  $N_{уд}$  от коэффициента теплоотдачи  $\alpha_1$ , который обусловлен скоростью потока теплоносителя  $\omega$  при

$\omega$ , м/с	$\alpha_1$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	$N'_0$ , кВт	$N_{уд}$ , кВт·ч/кг влаги	$N_m$ , кВт/м <sup>2</sup>	$Q$ , кВт	$e = \frac{Q}{N_m}$
1,83	5	0,2	0,001	0,01	47,28	350,16
4,45	10	2,72	0,001	0,03	94,57	24,77
10,82	20	39,21	0,02	0,41	189,14	4,82
18,2	30	186,46	0,078	1,93	283,71	1,53
26,31	40	553,03	0,236	5,83	378,28	0,67
35,03	50	1390,09	0,556	13,78	472,85	0,36
44,25	60	2481,81	1,122	27,79	567,42	0,21
53,92	70	4081,15	2,03	50,27	662	0,14
63,98	80	6106,88	3,308	84,03	756,58	0,09

определяющем размере длины полотна  $l = 1$  м.

Выполненные расчеты показали, что при продольном обтекании поверхности материала потоком нагретого воздуха оптимальные эффективные скорости находятся в пределах 20—30 м/с. При этом оптимальные коэффициенты теплоотдачи изменяются в интервале 25—45 Вт/(м<sup>2</sup>·°C), а удельные расходы электроэнергии меняются в широком диапазоне — от 0,04 до 0,35 кВт·ч/кг влаги.

Оптимальные параметры конвективной сушики выбирают на основе сложных аналитических зависимостей. Значительно проще вопрос решается графоаналитическим методом на основе энергетического коэффициента  $e$ . Оптимальные его значения получаются при одинаковых соотношениях скоростей движения теплоносителя. Значения  $\bar{\alpha}$  и  $\Sigma N_0$  определяются при оптимальных значениях скоростей и при одинаковых температурных условиях движения потока воздуха по обе стороны высушиваемого полотна.

Отношение  $\eta_1 = \alpha_1 / \alpha_2$  при  $N_0 = \text{const}$  характеризует тепловую эффективность сравниваемых конвективных сушильных установок при двустороннем движении сушильного агента относительно высушиваемого материала. Чем больше  $\eta_1$ , тем выше тепловая эффективность одного варианта сушильной установки по отношению к другому.

Принимая  $Q = \text{const}$ , и при условии  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$  для разных конвективных поверхностей справедливо соотношение

$$F_1 \alpha_1 = F_2 \alpha_2 = Q = \text{const},$$

откуда

$$F_1 / F_2 = \alpha_2 / \alpha_1,$$

где  $F_1$ ,  $F_2$  — поверхности теплообмена по обе стороны полотна.

С поверхностью теплообмена связаны коэффициент компактности  $\Pi_c$ , масса  $G$ , и габариты конвективных сушильных установок:

$$V_1 = F_1 / \Pi_c;$$

$$G_1 = F_1 b_1,$$

где  $V_1$  — объем сушильной установки, м<sup>3</sup>;  $b_1$  — масса единицы поверхности установки, кг/м<sup>2</sup>.

Таким образом, конвективная сушика картона характеризуется лучшими параметрами по сравнению с таковыми для других видов сушики по затратам тепловой и электрической энергии, по геометрическим размерам тепловых установок. Оптимальные режимы конвективной сушики достигаются при продольном движении теплоносителя (вдоль полотна высушиваемого материала), использовании коротких участков сушики, скорости движения тепловой среды около 20—30 м/с, а также при одинаковых скоростях движения по разные стороны полотна картона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войков Л. М., Войцеховская И. И., Галинчев В. А. Исследование конвективной сушики кровельного картона // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА. — Л., 1980. — Вып. 8. — С. 95—98.
2. Войков Л. М., Войцеховская И. И., Галинчев В. А. Кинетика сушики кровельного картона // Химия и технология бумаги: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА. — Л., 1982. — Вып. 10. — С. 9—12.
3. Жуков П. А., Войков Л. М., Войцеховская И. И. Тепловые процессы в установке целлюлозно-бумажного производства // Учеб. пособие / ЛТА. — Л., 1981. — 104 с.

Ю. В. МАСЛАК, инж. (Владивостокский комплексный конструкторско-технологический отдел ЦНИИЭП жилища)

## Устройство для выгрузки и пневмотранспорта цемента

В последние 10—15 лет на предприятиях железобетонных изделий, бетонных заводах, комбинатах стройиндустрии для выгрузки и транспортировки цемента к месту складирования широко применяются пневматические устройства струйного типа. Это объясняется их небольшими габаритами, возможностью непрерывно подавать материал, отсутствием вращающихся и трущихся деталей. Подкупает также простота конструкции и надежность в работе. Однако у струйных устройств сравнительно невысокий коэффициент полезного действия, поэтому их производительность зависит от правильно выбранных конструктивных и технических параметров и, в частности, от расстояния между соплом и диффузором, от температуры и влажности поступающего в аэрационную камеру сжатого воздуха.

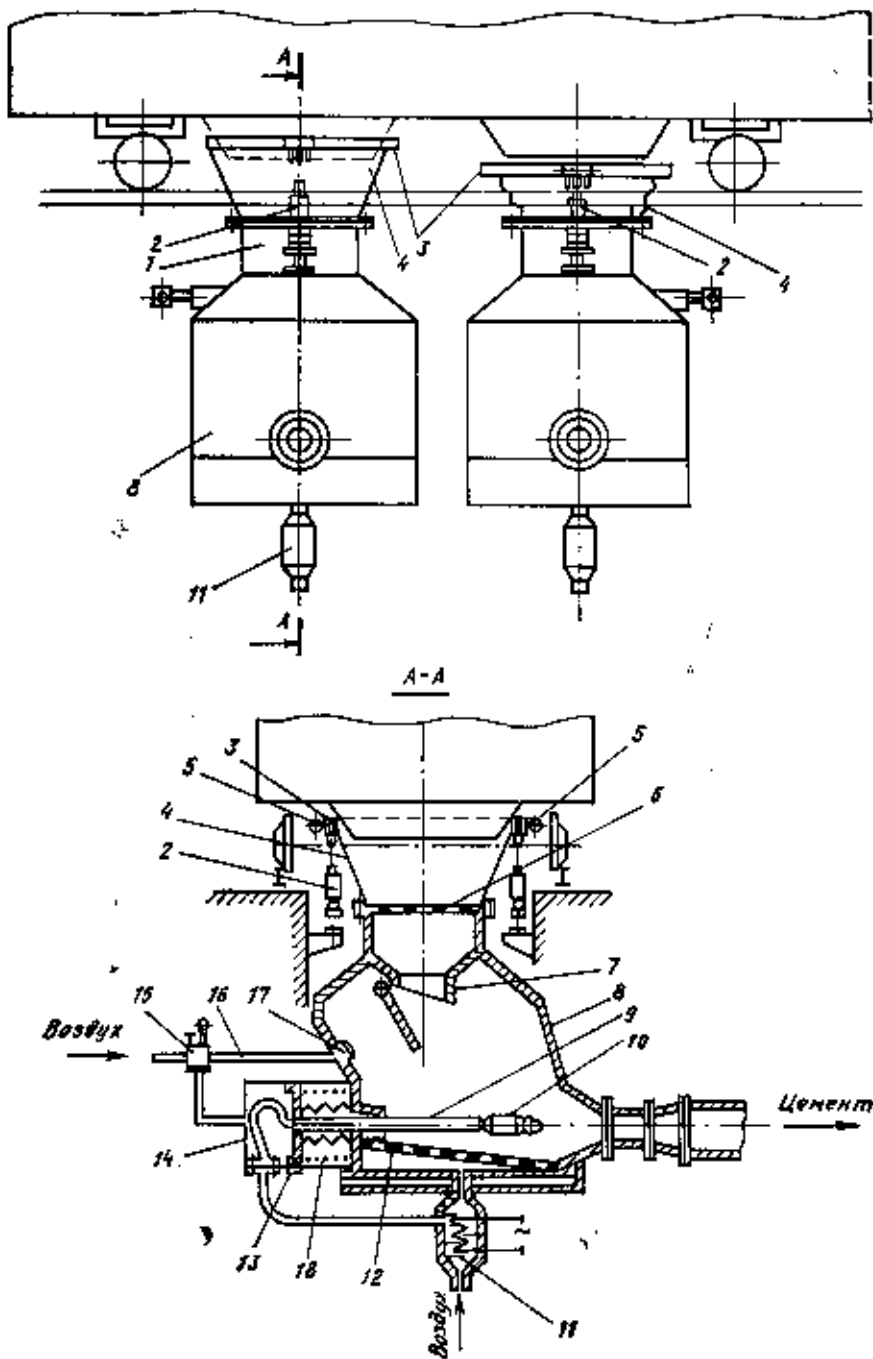
В процессе работы пневматического устройства этого типа в зависимости от колебаний давления в аэрационной камере происходит непрерывное изменение концентрации цемента в воздушном потоке. С изменением этой концентрации пропорционально давлению должно изменяться и расстояние между соплом и диффузором аэрационной камеры, оставаясь оптимальным для данного конкретного режима и трассы транспортировки. При нарушении этой пропорции резко уменьшается производительность устройств (в два-три раза), возрастает расход сжатого воздуха, а при определенных условиях, в частности зимой — при пониженной температуре окружающего воздуха ( $-10$ — $-20^{\circ}\text{C}$ ) или его повышенной влажности, — а также при повышенной влажности сжатого воздуха частицы цемента начинают интенсивно выпадать из воздушного потока и осаживаться в трубопроводе, уменьшая тем самым его полезное проходное сечение, а то и вообще, образуя пробку.

В существующих аналогичных устройствах отечественных конструкций (ЦНИИОМТП, ДальНИИСа, Гидропроекта им. С. Я. Жука), а также зарубежных (Софийского ДСО промстройительства) расстояние между соплом и диффузором устанавливается на какое-то одно положение и в процессе работы не изменяется. В них нет терморегулировки сжатого воздуха.

Владивостокским отделом ЦНИИЭП жилища разработана конструкция устройства для выгрузки и пневмотранспорта цемента, которое снабжено автоматическим механизмом для изменения положения сопла относительно диффузора в зависимости от колебаний давления в аэрационной камере, а также калорифером для подогрева сжатого

воздуха, идущего на сопло и под пористую перегородку аэродвигателя, что позволяет пневмосистеме работать в «сухом» режиме.

Устройство действует следующим образом перед разгрузкой вагон-цементовоз по рельсам надвигается на приемный бункер разгрузочного устройства. Далее, при помощи пневмоцилиндра уплотнительная рама вместе с гибким приемным рукавом поднимается вверх до соприкосновения с разгрузочным люком вагона и плотно прижимается к нему. Включаются вибраторы и цемент самотеком через сетку-ловушку и горловину



Устройство для выгрузки и пневмотранспорта цемента  
1 — приемный бункер; 2 — пневмоцилиндр; 3 — уплотнительная рама; 4 — приемный рукав; 5 — вибратор; 6 — сетка-ловушка; 7 — обратный клапан; 8 — аэрационная камера; 9 — воздухоподводящая труба; 10 — сопло; 11 — нагревательное устройство; 12 — пористая перегородка; 13 — поршень; 14 — цилиндр; 15 — регулятор давления; 16 — трубка; 17 — датчик; 18 — пружина

обратного клапана поступает в аэрационную камеру. По подводящей трубе через сопло подается сжатый воздух, предварительно подогретый до температуры 140—150°C в нагревательном устройстве. Вследствие разрежения, создаваемого эжектором, цемент из аэрационной камеры поступает в транспортный трубопровод. Нагретый воздух, выходящий из пористой перегородки аэроднища, разрыхляет цемент в аэрационной камере, увеличивая его текучесть, тем самым улучшая процесс транспортировки.

При повышении давления в аэрационной камере обратный клапан закрывается и подача цемента из загрузочного бункера прекращается, при этом сигнал о повышении давления от дифрагмометрического датчика передается по трубе на регулятор давления, который плавно сбрасывает избыточное давление в левой полости цилиндра. В результате этого под действием пружины дисковый поршень, а вместе с ним и воздуховодящая труба с соплом отходят на определенное расстояние от эжектора.

В случае падения давления в аэрационной камере клапан открывается и цемент снова устремляется из загрузочного бункера в аэрационную камеру. При этом сигнал о понижении давления от датчика подается на регулятор, который перепускает воздух в левую полость цилиндра, и поршень, преодолевая сопротивление пружины, а вместе с ним и сопло, перемещаются вправо, сближаясь на необходимое расстояние с эжектором аэрационной камеры. Далее процесс перемещения сопла в ту или иную сторону повторяется в зависимости от перепадов давления в аэрационной камере.

При работе устройства в «сухом режиме» (при котором влага, неизбежно проникающая в виде конденсата и других образований в пневмосистему, практически отсутствует) не происходит цементации внутренних полостей цементопроводов, загрузочных емкостей (слюсных банок), пористых перегородок аэроднища и фильтровальных устройств. Кроме того, при загрузке цемента в слюсные банки в струе нагретого воздуха он длительное время сохраняет свою подвижность (текучесть), благодаря чему уменьшается его слеживание и предотвращается образование завалов в емкостях для хранения.

**Техническая характеристика устройства для выгрузки и пневмотранспорта цемента следующая:**

Производительность, т/ч	70
техническая	62
среднеэксплуатационная	до 180
Дальность подачи цемента (приведенная), м	до 33
Высота подачи, м	4—5
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	2—3
Давление сжатого воздуха, кгс/см <sup>2</sup>	

Экономический эффект от использования устройства на типовых складах цемента вместительностью 480 т — 52,3 тыс. р. в 1 год.

## За прогрессивные формы хозяйствования

УДК 678.888.53/155

А. В. ПОГОРЕЛОВ, канд. экон. наук, зам. генерального директора НПО «Полимерстройматериалы», Л. А. ТЕПЛОВА, канд. техн. наук (ВНИИстройполимер)

### Хозрасчет в ремонтном производстве

(на предприятиях полимерных строительных и мягких кровельных материалов)

С января 1988 г. предприятия и объединения промышленности полимерных строительных, мягких кровельных и гидроизоляционных материалов переведены на полный хозрасчет и самофинансирования.

В новых условиях хозяйствования в связи с повышением значения рентабельности и прибыли в экономике предприятий большое значение приобрели вопросы снижения стоимости всех видов обслуживания и ремонтов производственного оборудования, так как удельный вес этих затрат в себестоимости продукции составляет до 15%.

Опыт работы предприятий в новых условиях хозяйствования: Ленинградского завода «Полимерстройматериалы», ПО «Гомельстройматериалы», Отрядненского комбината «Полимерстройматериалы», ПО «Мосстройластмасс» и др. показывает, что успех экономической реформы зависит от перевода ремонтных служб на хозрасчет, внедрения хозрасчета в ремонтное производство, а также от материального стимулирования работающих и уровня организации ремонтных работ.

Основная цель хозрасчета в ремонтном производстве — повысить активность ремонтного персонала в обеспечении работоспособности и надежности оборудования при минимальных простоях и наименьших затратах на его техническое обслуживание и ремонт. Бригадный хозрасчет в этом случае представляет собой составную часть хозрасчета ремонтного производства и построена на сочетании оперативно-производственной самостоятельности бригады с централизованным плановым производством, снижением затрат и повышением эффекта.

Хозрасчетная бригада создается на принципах обеспечения оборудованием и другими техническими средствами, производственной площадью; определения системы плановых показателей и их измерителей, прогрессивных нормативов, использования мощностей, материальных и трудовых затрат, норм расхода инструмента, энергии и др.; организации хранения и учета материальных ценностей, оперативного и бухгалтерского учета результатов деятельности бригады в разрезе планируемых показателей; самостоятельности бригады в решении производственных вопросов, в распределении заработной платы с учетом КТУ; материальной ответственности за недостатки и улучшения в работе; материального и морального стимулирования коллектива и каждого его члена за конечные результаты труда.

Между администрацией цеха и бригадой рабочих-ремонтников заключается договор, в котором устанавливаются плановые задания и нормативы для каждой бригады на основании показателей, условий работы и возможности бригады непосредственно воздействовать на соответствующий показатель. По мере совершенствования системы нормативов и учета круг хозрасчетных показателей может расширяться.

Хозрасчетной ремонтной бригаде ОГМех и ОГЭ целесообразно устанавливать следующие хозрасчетные показатели: объем работ по номенклатуре, рем. ед. чел. ч; лимит затрат на 1 рем. ед., р.; лимит расхода материалов и запасных частей на объем работ, р.; расчетный фонд заработной платы или норматив, р.; продолжительность простоев оборудования в ремонте, ч; показатель качества работ (гарантия безаварийной работы оборудования).

Численный и профессиональный состав ремонтных бригад устанавливается исходя из объема ремонтных работ и принятого вида специализации. Средний тарифный разряд бригады должен соответствовать среднему тарифному разряду работ, выполняемых бригадой.

Хозрасчетным бригадам устанавливаются пятилетние, годовые, квартальные, месячные, декадные, суточные задания. В зависимости от объема ремонтных работ, количества конструктивно-подобного оборудования и его теплового расширения ремонтные бригады могут быть организованы по принципу предметной, функциональной и предметно-функциональной специализации.

В условиях хозрасчета прогрессивной формой организации и стимулирования труда является бригадный подряд, основанный на взаимной ответственности и заинтересованности подрядчика — коллектива бригады и заказчика — администрации предприятия (цеха) в достижении высоких результатов производственной деятельности.

Внутрибригадный подряд в ремонтном производстве предусматривает реализацию следующих основных принципов: технического — обеспечение бригады необходимым оборудованием и другими техническими средствами, организационного — охват бригадным подрядом всей производственно-технологической цепи и закрепление за бригадой определенного оборудования участка, цеха в зависимости от формы специализации бригады, экономического — сопоставление бригады фондом заработной платы при стабильных объемах и номенклатуре продукции (работ), социального —

представление коллективу самостоятельности в выборе конкретных форм организации работы, использования закрепленного за ним оборудования и других технических средств, распределения коллективного заработка.

Основными условиями рациональной организации работы бригад является взаимосвязь бригадных показателей с показателями работы цеха, предприятия, стабильность плановых заданий и долгосрочность нормативов производственных ресурсов.

В ремонтных бригадах, переведенных на подряд, целесообразно устанавливать основные хозяйственные показатели: выполнение месячного плана ремонтных работ, отсутствие случаев преждевременного выхода из строя оборудования, закрепленного за бригадой.

В настоящее время в зависимости от специфики выполняемых работ используются различные системы оплаты труда: коллективная сдельная система (применяются комплексные сдельные расценки или норматив заработной платы на единицу объема выполняемых работ), аккордная система оплаты труда (применяется заранее установленная сумма заработка на весь комплекс работ).

Установленный месячный фонд заработной платы выплачивается независимо от фактической численности подрядной бригады при выполнении условий договора о подряде. Комплексная сдельная расценка или норматив заработной платы определяются исходя из действующих прогрессивных норм труда сдельных расценок, тарифных ставок рабочих-повсеместников и должностных окладов других работников подрядной бригады, включая доплаты за условия труда, отнесенные на единицу выполняемых работ.

При длительных сроках выполнения (более месяца) применяется ежемесячное взыскание или ежемесячная (постоянная) оплата труда с учетом фактического объема выполненных работ. Если подрядная бригада не по своей вине срывает сроки выполнения работ, администрация по согласованию с подрядным коллективом устанавливает новые сроки их завершения и определяет в этом случае условия оплаты труда. Непосредственные виновники срыва работы подрядного коллектива могут быть привлечены административной к дисциплинарной ответственности, лишены полностью или частично премий и вознаграждений по итогам года. Также могут быть снижены или отменены установленные ранее надбавки к окладу за высокие результаты труда и т. д. Важным при бригадном подряде является принцип оплаты труда. В подрядных бригадах оплату труда ремонтных рабочих целесообразно определять на основе двух составляющих: индивидуальной и коллективной. При этом индивидуальная (типичная) ставка в заработной плате обуславливается тарифной ставкой присвоенного рабочему разряда и фактически отработанным временем, а коллективная часть заработной платы складывается из доплат: за совмещение профессий, за расширение зоны обслуживания, сокращение простоев оборудования и т. п. и премия. К примеру, на ряде заводов П—3) сумма доплат за совмещение профессий и расширение зон обслужи-

вания определяется в размере 50% экономии фонда заработной платы по вакантным штатным единицам и экономии фонда заработной платы временно отсутствующих рабочих в связи с болезнью и отпусками. Премия бригаде начисляется по результатам выполнения графика ремонтных работ и готовности оборудования к эксплуатации. При этом готовность оборудования может быть оценена по коэффициенту, представляющему собой отношение фактически отработанных часов (Тф) к оптимально возможному времени использования оборудования (Тв)  $K = \frac{T_f}{T_v}$ .

На ряде предприятий [1—3] ремонтных рабочих премируют в связи с отсутствием простоев оборудования, вызванных низким качеством ремонтных работ, брака и возврата деталей, которые могли бы быть при некачественном ремонте оборудования. Размер премии в том и другом случаях — 25% к тарифной части заработной платы и доплатам за совмещение профессий и расширение зон обслуживания. В случае преждевременного отказа оборудования из-за некачественного ремонта повторный ремонт осуществляется бесплатно. Соотношение при этом планового и фактического расхода материалов, запасных частей, трудовых и других затрат на ремонтные работы является показателем эффективности хозяйственной деятельности бригады.

В условиях полного хозрасчета и самодисциплины предприятий, развития внутрипроизводственного хозрасчета и коллективного подряда наблюдается тенденция расширения применения сдельной формы оплаты как конкретного выражения оплаты за конечный результат труда. Оплата за конечный результат является основой эффективного сочетания индивидуальной и коллективной форм оплаты труда, поскольку обеспечивает согласование интересов рабочего и бригады в целом. Применение эффективных форм оплаты и стимулирование труда позволяет реализовать хозяйственные преимущества подряда — экономически заинтересовать как ремонтных, так и основных рабочих в снижении затрат труда, материалов, улучшении использования оборудования.

В условиях внутрипроизводственного хозрасчета цеха и отдела ОГМех и ОГЭ несут материальную ответственность за ущерб, понесенный ими другим подразделениям предприятия в порядке удовлетворения хозрасчетных претензий, которые регламентируют взаимоотношения внутрипроизводственных подразделений между собой.

Основаниями предъявления хозрасчетной претензии являются: нарушение подразделением хозрасчетных обязательств перед другими службами и отделами, причинение подразделениями, понесшим ущерб, всех необходимых мер для предотвращения ущерба, возможность отнесения причиненного ущерба на результаты деятельности подразделения-виновника, наличие первичных документов бухгалтерского и оперативного учета потерь (акты о браке, рекламационные акты, акты замены материалов преждевременного выхода из строя оборудования, дефектные ведомости, простои и т. д.).

Взаимные претензии в ремонтном про-

изводстве по обеспечению производства материалами и энергетическими ресурсами. Они предусматривают ответственность поставщиков за причиненный демам-потребителям ущерб от простоев, вызванных перебоями в поступлении и некомплектности материалов и полуфабрикатов, подаче газа, электроэнергии и т. д., несвоевременной поставкой инструмента и оснастки, транспортных средств; 2) претензии по технологическим причинам. Сюда относятся претензии, вызванные перебоями в связи с отклонениями от технических условий; 3) претензии по технической подготовке производства. К ним относятся претензии по ущербу, нанесенному цеху-изготовителю в связи с несвоевременным и некачественным изготовлением технологической оснастки, необоснованными нормами расхода материалов, топлива и энергии, использования оборудования и инструмента; 4) претензии по использованию основных средств. К ним относятся потери, связанные с простоями технологического оборудования и заказанных транспортных средств; 5) претензии по управлению производством. Здесь предусматривается ответственность соответствующих отделов и служб заводоуправления и цехов за несвоевременную выдачу плановых заданий, необоснованное изменение планов, непропорциональность плановых заданий между взаимосвязанными подразделениями, непродуманность заявок на материальные и энергетические ресурсы и т. д.

Экономическая ответственность при внутрипроизводственном хозрасчете реализуется либо путем увеличения себестоимости ремонтных работ, либо прямым уменьшением поощрительных средств из фонда заработной платы, фонда материального поощрения на сумму предъявленных претензий.

В случае предъявления цехом (отделом) претензий к отделу (цеху) ущерб, нанесенный данному цеху (отделу) возмещается путем уменьшения себестоимости на сумму нанесенных убытков, а к ответчику применяются санкции в форме уменьшения (лишения) премий и надбавок к должностным окладам соответствующих руководителей и специалистов, удержание из их заработной платы частично или полностью суммы, соответствующей материальному ущербу, в установленном порядке.

Общая сумма претензий, по которым подразделение, виновное в причинении ущерба, несет материальную ответственность, не должна превышать 70% фонда материального поощрения данного подразделения.

Хозрасчетные претензии оформляются подразделением-предъявителем в виде акта «претензия». Учет санкций по внутризаводским претензиям осуществляет бухгалтерия завода по отдельному счету «Внутризаводские претензии» с обоснованным учетом претензий, полученных и предъявленных (дав субсчета) по каждому цеху. Для учета претензий и санкций могут использоваться лицевые счета на каждую производственную единицу, цех, участок, бригаду, отдел. Данные лицевых счетов используются для корректировки себестоимости.

Система хозрасчетных претензий укрепляет организацию и повышает эф-

фактивность козрасчета, повышается также ответственность производственных подразделений за выполнение плановых заданий.

На некоторых предприятиях подотрасли (Новоалтайском картонно-рубероидном заводе, Волгоградском заводе силикатных материалов) для совершенствования нормативного метода учета и планирования, предотвращения перерасхода производственных ресурсов — трудовых, материальных, энергетических и финансовых — внедряется чексовая система расчетов между подразделениями предприятий. Применение такой системы расчетов позволяет предприятиям перейти из планово-убыточных в рентабельные, а также резко улучшить все технико-экономические показатели. Система предусматривает не только возмещимость, но и платность сверхплановых затрат, учет их на каждом участке производства и возможность своевременно устранять непроизводительные затраты.

На предприятиях подотрасли, переведенных на полный козрасчет и самофинансирование, для повышения эффективности организации ремонтных работ, проведения своевременных и качественных капитальных и текущих ремонтов основных фондов, находящихся на балансе предприятий, рекомендуется создавать ремонтный фонд (4).

Ремонтный фонд на предприятии создается в соответствии с Законом СССР о государственном предприятии (объединении) и определяется исходя из стоимости основных фондов и утвержденных нормативов затрат. Нормативы затрат на ремонт определяют максимальный размер годовых средств (материальных, трудовых и финансовых), направляемых на осуществление всех видов ремонтов основных фондов, находящихся на балансе предприятий и организаций для их поддержания в эксплуатационной готовности в условиях планируемого периода.

Нормативы затрат на ремонт основных фондов устанавливаются в процентах к их среднегодовой балансовой стоимости по трем основным группам: производственным основным средствам основной деятельности, производственным основным средствам других видов деятельности, находящихся на балансе основной деятельности и непроизводственным основным средствам.

Рекомендуется ремонтный фонд предприятий и организаций определять расчетно путем умножения среднегодовой стоимости основных фондов на утвержденные нормативы затрат на ремонт по основным группам. Определенная таким образом сумма отчислений в ремонтный фонд включается в плановые затраты на производство продукции, выполнение работ и услуг, издержки обращения.

Отчисления в ремонтный фонд и включение их в издержки производства и обращения осуществляются в течение фактического срока службы основных фондов. Средства ремонтного фонда предприятий хранятся на расчетных счетах в учреждениях, банках. Перераспределение средств ремонтного фонда между предприятиями не допускается.

Средства ремонтного фонда расходуются предприятиями самостоятельно по прямому назначению в соответствии с годовыми планами проведения всех видов ремонтов (капитального, текущего,

разработанными на основе подотраслевых СТОИР (систем технического обслуживания и ремонта технологического оборудования).

Часть средств ремонтного фонда предприятия могут использовать на приобретение нового оборудования, заменяющего устаревшее, ремонт которого экономически нецелесообразен. Средства ремонтного фонда могут быть направлены на приrost норматива запасов материалов и запчастей, предназначенных для ремонта, осуществляемого хозяйственным способом, а также на модернизацию оборудования, проводимую одновременно с капитальным ремонтом.

Фактические затраты по выполнению текущего, капитального и других видов ремонта, а также оплата услуг при осуществлении всех видов ремонтов в себестоимость продукции (работ, услуг), издержки производства, обращения не включаются, а относятся на ремонтный фонд.

Экономическая стратегия организации технического обслуживания и ремонта в условиях работы предприятий на принципах полного козрасчета и самофинансирования проявляется в обеспечении высокого уровня технической готовности парка технологического оборудования при меньших затратах ресурсов.

В настоящее время происходит обновление парка технологического оборудования на базе современной, принципи-

ально новой техники, поэтому требования основного производства к техническому и организационному уровню ремонтных работ повышаются. Эффективность ремонтного производства, стабильность кадров и рост их мастерства находятся в прямой зависимости от совершенствования форм и методов оплаты труда, от индивидуальной и коллективной заинтересованности в конечных результатах, а также от материально-технического обеспечения ремонтных и вспомогательных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по организации хозяйственного расчета службы главного механика и главного энергетика предприятия отрасли. Под рук. Л. И. Солуянова, В. А. Заруцкого, Т. Н. Сидорова и др. — Волгоград: Эканже, 1989.
2. Практика применения подряда на предприятиях промышленности. — Труд и социальные вопросы. Обзор. информ. — М. 1988. Вып. 7(37).
3. Переход предприятий на козрасчет и новые условия оплаты труда. — Труд и социальные вопросы. Экспресс-информация. — М. 1988. Вып. 14(98).
4. Организация работы бригад в условиях перевода предприятий на полный козрасчет. — Труд и социальные вопросы. Обзор. информация. — М. 1988. Вып. 9(39).
5. Система технического обслуживания и ремонта (СТОИР) технологического оборудования предприятий промышленности строительных материалов. Сер. Промышленность мягких кровельных и гидроизоляционных материалов. — М. ВНИИЭСМ, 1989. Вып. 8.

## ЧЕХОСЛОВАЦКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

в сотрудничестве с научными организациями и институтами организует с 20 по 23 марта 1990 г. в г. Братислава (ЧССР) 8-ю конференцию по ячеистому бетону с участием специалистов многих стран. Целью проведения конференции является оценка направления развития производства и использования ячеистого бетона.

За справками обращаться по адресу:  
83227 ЧССР, Братислава, ул. Шкультетыго, 1  
Дом техники ЧСНТО, инж. Евгения Киселыпова,  
тел. 213502, доб. 454.

# Расширение сырьевой базы

УДК 691.61:696.955.3

Ю. Г. МЕЩЕРЯКОВ, д-р техн. наук, В. В. НЕСТЕРЕНКО, канд. техн. наук (Ленинградский инженерно-строительный институт), В. В. БЕЛЯКОВ, инж. (Горьковский инженерно-строительный институт)

## Доломитовая известь для производства автоклавных материалов

Для производства извести и портландцемента используется карбонатное сырье с ограниченным содержанием магнетита и доломита. Обжиг сырья, содержащего MgO, при температурах 1000°C и выше приводит к образованию крупных кристаллов периклаза, медленно взаимодействующего с водой. Запоздалая гидратация MgO вызывает разрушение цементного камня и автоклавных материалов.

Снижение уровня напряжений в цементном камне и повышение содержания MgO в портландцементе могут быть достигнуты изменением характера распределения его в клинкере, уменьшением размеров кристаллов периклаза [1]. MgO характеризуется сравнительно высокой скоростью гидратации, можно получить обжигом доломита при температуре 920—950°C [2].

Следует предположить, что магнезиальную и доломитовую известь, пригодную для производства автоклавных материалов, также можно получить путем изменения характера распределения в ней MgO. Уменьшение максимального размера кристаллов периклаза в извести может быть достигнуто изменением режима обжига — рационального выбора продолжительности обжига при заданной температуре.

Образующиеся при добыче и переработке доломита Гремячевского месторождения фракции менее 10 мм в настоящее время не используются и направляются в отвалы. При проведении работы использована проба полидисперсного доломита, отобранная из накопителя, максимальный размер зерен не превышал 5 мм. Химический состав гремячевского доломита, % по массе: CaO — 31,36; MgO — 19,94; SiO<sub>2</sub> — 2,1; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,12; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,3; SO<sub>3</sub> — 0,13; л. п. п. — 45.

Обжиг доломита при температуре 1000, 1200 и 1400°C проведен в лабораторной печи на керамическом поддоне; толщина слоя обжигаемого сырья не превышала максимального размера зерна, при температуре 2100°C — проведен в аппарате для капления металлов УП-1—8—68 Варкаульского аппаратно-механического завода.

Продолжительность обжига при выбранной температуре установлена опытным путем и соответствует продолжительности процессов декарбонизации крупных зерен доломита. Такой режим обжига может быть назван скоростным режимом, а полученная доломитовая известь — вяжущим скоростного обжига.

Скорость процессов гидратации CaO и MgO доломитовой извести определялась методом рентгеновского фазового анализа на дифрактометре ДРОН-3 путем непрерывной регистрации интен-

Режим обжига		Продолжительность гидратации, определяемая	
температура, °C	продолжительность, ч-мин	по тепловыделению, °C	методом рентгеновского фазового анализа, мин
1000	0—10	20	15
1200	0—07	22	15
1400	0—03	60	19
2100	Менее 0—01	10	14
1200	10—00		90

сивности дифракционных отражений, соответствующих исходным фазам CaO ( $d=2,39 \text{ \AA}$ ;  $2\theta=37^{\circ}30'$ ) и MgO ( $d=1,108 \text{ \AA}$ ;  $2\theta=42^{\circ}46'$ ).

Режимы обжига доломита, а также результаты определения скорости гашения извести по тепловыделению (ГОСТ 9179—77) и скорости гидратации CaO методом рентгеновского фазового анализа приведены в таблице.

Характеризующийся высокой скоростью гидратации CaO можно получить скоростным обжигом гремячевского доломита в широком диапазоне температур — от 1000 до 2100°C. У извести скоростного обжига продолжительность гидратации незначительно зависит от температуры, она определяется преимущественно продолжительностью выдержки обжигаемого сырья при максимальной температуре, а следовательно, дисперсностью сырья и максимальным размером его зерен.

В современных промышленных печах производится обжиг шнеки сравнительно крупных фракций (20 мм и более). Скоростной обжиг мелкозернистого карбонатного сырья позволит получать более однородную по морфологии и техническим свойствам быстрогасящую известь.

Результаты определений продолжительности и скорости гидратации MgO проб доломитовой извести показали, что при обжиге доломита при температуре 1000°C и выше получен медленно гидратирующийся MgO. Анализ извести показал, что максимальный размер кристаллов периклаза не превышает 0,5 мкм, т. е. достигнута максимальная в этих условиях равномерность его распределения в доломитовой извести. При получении автоклавных материалов гидратация MgO должна заканчиваться при гидротермальной обработке.

Для определения характера влияния фазового перехода периклаз-брусит на свойства искусственного камня в лабо-

раторных условиях были приготовлены автоклавные сырьевые смеси и образцы. Сырьевые смеси получены помолом твердых компонентов в шаровой мельнице. Состав смесей, % по массе: доломитовая известь — 40; гипсовое вяжущее Дзержинского гипсового завода — 10; кварцевый песок — 50. Удельная поверхность смеси — 3000 см<sup>2</sup>/г (по методу воздухопроницаемости).

Для снижения температуры и уровня напряжений в сырье добавлено гипсовое вяжущее. Вода вводилась в два приема: на первой стадии — 50% общего его расхода с последующей выдержкой смеси в течение 10 мин и далее — 50% воды с выдержкой смеси в течение 3 ч. Автоклавная обработка проведена по режиму 1,5+8+1,5 ч при максимальном давлении водяного пара — 0,8 МПа.

Прочность автоклавированных образцов при сжатии изменялась в пределах от 52,2 до 75,7 МПа в зависимости от режима обжига сырья и свойств доломитовой извести.

Исследования с помощью ДТА, ТГ и РФА автоклавированных образцов показали, что образование искусственного камня обусловлено синтезом гидросиликатов кальция и брусита. Превращение периклаз-брусит заканчивается при автоклавной обработке, но это не приводит к разрушению образцов.

На Новоочобоксарском заводе стеновых материалов выдана опытная партия доломитовой извести скоростного обжига и силикатного кирпича на ее основе. Известь получена обжигом гремячевского доломита в короткой (19 м) вращающейся печи при максимальной температуре 1000±40°C, продолжительность обжига — 35 мин. Содержание CaO+MgO в извести изменялось в пределах от 54,4 до 75,6%, содержание MgO не превышало 18,8%. Продолжительность гашения, определенная по тепловыделению, изменялась в пределах от 1,5 до 7,5 мин. Содержание извести в формовочных смесях изменялось в пределах 7,3—8,6% по массе, влажность смесей — 8,1—11,2%. В качестве грубодисперсного компонента (заполнитель) в смесях использовался кварцевый песок Пикинского месторождения (Горьковская обл.). Формовочные и автоклавная обработка кирпича проведены по заводскому режиму. Выпущена опытная партия силикатного кирпича марки «200» с морозостойкостью более 35 циклов.

Результаты исследований автоклавных материалов на основе извести из гремячевского доломита свидетельствуют лишь о возможности применения скоростных режимов обжига карбонатного сырья. Однако расширение сферы исследований может привести к решению важной сырьевой и экологической проблемы — использованию доломитов и, в частности, мелких фракций, образующихся при их добыче и переработке.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров Ю. В. Влияние оксида магния на качество цемента // Цемент. 1967, № 6.
2. Воробьев Х. С. Вяжущие материалы для автоклавных изделий. — М.: Стройиздат, 1972.

## Повышение прочности минераловатных плит при сжатии

В повышении прочности минераловатных плит при сжатии [1] перспективным направлением является изменение их структуры путем переориентации части волокон в вертикальном направлении. Оборудование для такой частичной ориентации волокон минераловатного ковра разработано ВПНИИтеплоизоляцией и УралНИИстромпроектом и успешно эксплуатируется на ряде предприятий, что позволяет без значительных дополнительных затрат повышать прочность минераловатных плит при сжатии [2, 3].

Минераловатные плиты с частичной ориентацией волокон могут быть изготовлены как на серийных отечественных технологических линиях, так и на линиях зарубежных фирм. Для этого в линии между камерами волоконосаждения и тепловой обработки дополнительно размещают установку для переориентации части минераловатных волокон в вертикальном направлении.

Исследована прочность при сжатии минераловатных плит с частичной ориентацией волокон, изготавливаемых по технологии, разработанной ВПНИИтеплоизоляцией, и оценено влияние на ее величину степени продольного уплотнения минераловатного ковра, обуславливающего ориентацию волокон в вертикальном направлении, а также плотности минераловатных плит и содержания связующего в них.

Влияние степени продольного уплотнения минераловатного ковра (определяемое соотношением скоростей конвейеров камеры волоконосаждения и тепловой обработки) на прочность минераловатных плит с частичной ориентацией волокон на сжатие определено по данным испытаний плит, изготовленных на опытно-оборудовании института из минеральной ваты Вильнюсского производственного объединения силикатных изделий (ПОСИ), полученной центробежно-многовалковым способом волокнообразования (средний диаметр волокон 8—9 мкм), с применением в качестве связующего фенолоспиртов марки Б, нейтрализованных сернистыми аммонием и аммиачной водой, и гидрофобизатора ГКЖ-11.

Термообработку минераловатных плит проводили на стационарной установке (в прессе 739А) при температуре  $(170 \pm 5)^\circ\text{C}$  и продолжительности 1,5 мин на 1 мм толщины плит. Степень поляковденсации фенолоспиртов составляла не менее 95%.

Минераловатные плиты испытывали на сжатие согласно требованиям ГОСТ 17177—87 [4] спустя 1 мес после изготовления минераловатных плит, с определением по каждому образцу сжимаю-

щего усилия, соответствующего 10%-ной деформации его высоты.

Испытываемые на сжатие образцы минераловатных плит в зависимости от степени продольного уплотнения минераловатного ковra представлены в группах образцов плотностью 180—200 кг/м<sup>3</sup> при содержании связующего  $(4 \pm 0,5)\%$  по массе (рис. 1). По результатам испытаний с применением метода наименьших квадратов прочность при сжатии  $\sigma_{10\%}$ , кПа, образцов минераловатных плит с частичной ориентацией волокон в зависимости от степени продольного уплотнения минераловатного ковra можно представить регрессионным уравнением:

$$\sigma_{10\%} = 87,3 - \frac{42,4}{n} \quad (1)$$

со среднеквадратическим отклонением — относительной величиной средней меры отклонений опытных данных от расчетной кривой (см. рис. 1), постоянной для всех ее участков и равной  $S_{\text{ср}} = 0,129$  [5]. Согласно выражению (1) можно отметить, что при увеличении степени продольного уплотнения минераловатного ковra прочность плит с частичной ориентацией волокон повышается. Увеличение степени продольного уплотнения минераловатного ковra наиболее эффективно сказывается до отношения 3:1, т. е.  $n=3$ , при котором прочность плит с частичной ориентацией волокон на сжатие в среднем в 1,63 раза больше прочности минераловатных плит с преимущественно горизонтальной ориентацией волокон (см. рис. 1,  $n=1$ ). Практически такое же увеличение прочности на сжатие наблюдали и для минераловатных плит с частичной ориентацией волокон, изготовленных по технологии ВПНИИтеплоизоляция из минеральной ваты (средний диаметр волокон 5—6 мкм, содержание неволоконистых вклю-

чений 2,5% по массе) и связующего фирмы «Партек» (Финляндия).

Степень влияния плотности плит с частичной ориентацией волокон и содержания синтетического связующего на их прочность при сжатии оценивали по данным испытаний изделий, изготовленных из минеральной ваты Вильнюсского ПОСИ, полученной центробежно-дутьевым способом волокнообразования (средний диаметр волокон 9—10 мкм, количество неволоконистых включений 15—17% по массе) и связующего — фенолоспиртов марки Б, нейтрализованных сульфатом аммония и аммиачной водой.

Минераловатные плиты с частичной ориентацией волокон изготавливали со степенью продольного уплотнения минераловатного ковra  $n$  в интервале 3—3,5. Одновременно формовали и минераловатные плиты с преимущественно горизонтальной ориентацией волокон ( $n=1$ ). Наличие двух видов минераловатных плит позволило оценить степень влияния частичной ориентации волокон на их прочность при сжатии при различных значениях плотности плит и содержания связующего.

Плотность минераловатных образцов, отобранных для испытаний на сжатие, колебалась от 150 до 260 кг/м<sup>3</sup> при изменении содержания связующего от 2,4 до 12% по массе.

Минераловатные образцы испытывали спустя 0,5 мес после изготовления плит. Всего испытано 65 образцов (размером в плане 200×200 мм) из минераловатных плит с частичной ориентацией волокон и 45 образцов (размером в плане 100×100 мм) с преимущественно горизонтальной ориентацией волокон.

Математико-статистической обработкой результатов испытаний образцов минераловатных плит [5, 6] выявлена регрессионная зависимость их прочности на сжатие  $\sigma_{10\%}$  от плотности  $\gamma$  и содержания связующего  $C$  в виде

$$\sigma_{10\%} = a_0 \left(1 - \frac{c}{100}\right)^{a_1} \left(\frac{C}{100}\right)^{a_2} \gamma^m, \quad (2)$$

где  $a_0, a_1, a_2$  — постоянные параметры уравнения, определенные по опытным данным методом наименьших квадратов (см. таблицу);  $m = (a_1 + a_2)$  — показатель степени, равный 3 и 3,46 для минераловатных плит с частичной и преимущественно горизонтальной ориентацией волокон, соответственно.

Регрессионное уравнение (2) позволяет выявить роль составных частей (волокон и связующего) минераловатных плит в их прочности на сжатие, вычислить рациональное сочетание этих час-

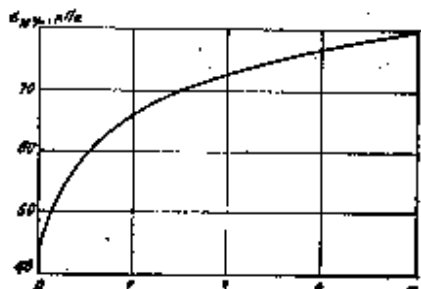


Рис. 1. Прочность на сжатие минераловатных плит плотностью 180—200 кг/м<sup>3</sup> с частичной вертикальной ориентацией волокон в зависимости от степени продольного уплотнения минераловатного ковra

Вид ориентации волокон в минераловатных плитах	Значения параметров регрессионного уравнения (1)			Коэффициент множественной корреляции
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	
Частично вертикальная	-9,71	2,35	0,644	0,84
Преимущественно горизонтальная	-12,8	2,39	0,569	0,91

той. В таблице приводятся осредненные технические решения.

Частичная вертикальная ориентация волокон в минераловатных плитах повышает их прочность на сжатие по сравнению с таковым показателем у плит с преимущественно горизонтальной ориентацией волокон и по данным выполненных испытаний может составлять 1,5—1,9 раза в зависимости от плотности минераловатных плит и содержания связующего. Следует отметить, что степень этого повышения при большей плотности минераловатных плит с частичной ориентацией волокон снижается, так как с увеличением уплотнения волокнистого ковра уменьшается степень ориентации волокон в вертикальном направлении.

Влияние непосредственно на прочность минераловатных плит с частичной вертикальной ориентацией волокон при сжатии их плотности и содержания связующего показано на рис. 2. Графики влияния плотности плит и содержания связующего приведены относительно прочности минераловатных плит с частичной ориентацией волокон плотностью 125 кг/м<sup>3</sup> и позволяют прогнозировать возможное увеличение их прочности на величину  $\Delta\sigma_{10\%}$  (принятое

в работе абсолютное приращение прочности на сжатие не связывает данные рис. 2, с исходной прочностью, вычисляемой согласно выражению (2), и может быть распространено на минераловатные плиты с частичной ориентацией волокон с прочностью на сжатие, отличной от здесь приведенной). Так, при повышении плотности минераловатных плит с частичной ориентацией волокон от 125 до 175 кг/м<sup>3</sup> и при содержании связующего 5% по массе увеличение их прочности на сжатие  $\Delta\sigma_{10\%}$  составит 26 кПа. Увеличение же содержания связующего от 3 до 5% в минераловатных плитах с частичной ориентацией волокон плотностью 175 кг/м<sup>3</sup> повышает их прочность на сжатие  $\Delta\sigma_{10\%}$  на 6,3 кПа.

Таким образом, графики рис. 2 позволяют определять условия, при которых возможно обеспечить необходимое (требуемое) увеличение прочности на сжатие  $\Delta\sigma_{10\%}$  минераловатных плит с частичной ориентацией волокон плотностью 125 кг/м<sup>3</sup> при степени продольного уплотнения минераловатного ковра  $\lambda=3-3,5$ , в частности, благодаря как повышению их плотности, так и содержанию связующего.

В 1987 г. на Ростовском заводе жестких минераловатных плит внедрена для промышленной эксплуатации модернизированная установка частичной ориентации минеральных волокон. Установка размещена в составе импортной технологической линии фирмы «Юнгерс Веркштадт АВ» (Швеция). Плиты изготовля-

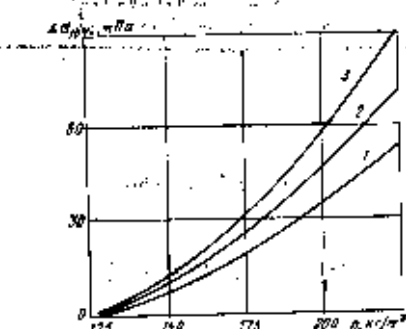


Рис. 2. Приращение прочности минераловатных плит с частичной вертикальной ориентацией волокон на сжатие в зависимости от их плотности при содержании связующего, % по массе: 1—3; 2—6; 3—8

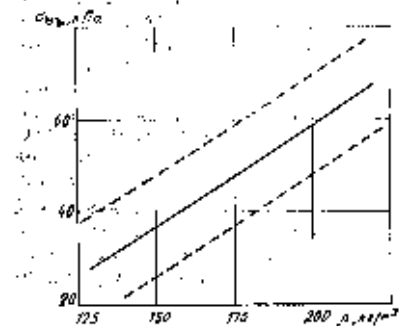


Рис. 3. Прочность на сжатие минераловатных плит с частичной вертикальной ориентацией волокон при ступенчатом продольном уплотнении минераловатного ковра 3:1, выпускаемых Ростовским заводом жестких минераловатных плит. Средняя прочность минераловатных плит на сжатие в зависимости от их плотности при содержании связующего (3,6±0,4%) по массе: лунчатые линии — верхняя и нижняя границы колебания значений прочности на сжатие индивидуальных образцов минераловатных плит с доверительной вероятностью 95%

ют из минеральной ваты со средним диаметром волокон 6—7 мкм и с применением в качестве связующего феноло-спиртов марки Б, нейтрализуемого сернокислым аммонием и аммиачной водой, и гидрофобизатора КЭ 30—04.

Результаты определения их прочности на сжатие представлены на рис. 3. Зависимость прочности минераловатных плит на сжатие  $\sigma_{10\%}$  от их плотности при содержании связующего (3,6±0,4%) по массе может быть аппроксимирована регрессионным уравнением

$$\sigma_{10\%} = 0,435\gamma - 27,8 \quad (3)$$

с коэффициентом корреляции, равным 0,92.

С увеличением плотности минераловатных плит с частичной ориентацией волокон, выпускаемых Ростовским заводом, их прочность на сжатие возрастает практически с интенсивностью, получаемой по выражению (2).

Результаты проведенных исследований позволяют отметить, что разработанная ВПНИИ теплоизоляцией технология перориентации волокон в минераловатном ковре в вертикальном направлении обеспечивает оптимальную прочность плит на сжатие при соотношении скоростей конвейеров камеры волокносаждения и тепловой обработки, составляющем 3—3,5. При этом влияние на увеличение прочности плит на сжатие их плотности и содержания связующего может быть оценено по зависимостям рис. 3.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9573—82 (СТ СЭВ 1606—79). Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем. Технические условия. — М.: Изд-во стандартов, 1982.
2. Минераловатные плиты с гофрированной структурой / Я. Л. Моргенштерн, И. Я. Глик, К. К. Эадуклявичюс, Т. С. Якивичас // Технология производства и свойства теплоизоляционных строительных материалов на основе минеральной ваты. — (Сб. тр. / ВНИИТеплоизоляция, 1982).
3. Ляля В. П., Тобольская Г. Ф. Минераловатные изделия с гофрированной структурой // Переработка промышленных отходов в строительные материалы. — (Сб. тр. / УралНИИстропроект, 1981).
4. ГОСТ 17177—87 (СТ СЭВ 5084—85, СТ СЭВ 5095—85). Материалы в изделиях строительные теплоизоляционные. Методы контроля. М.: Изд-во стандартов, 1987.
5. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. 2-е изд. — М.: Высшая школа, 1985.
6. Браунинг К. А. Статистическая теория и методология в науке и технике. М.: Наука, 1972.

## ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

на журнал

«СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»  
НА 1990 ГОД.

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении; у распространителей печати по месту работы. Подписная цена на год 7 р. 20 к., цена одного номера 60 к. В розничную продажу журнал не поступает.



Н. Н. СЕРЕГИН, канд. хим. наук, А. И. ЧУРКИН, инж. (НИИкерамит),  
Ю. И. ЛОМАЦКИЙ, директор Лисаковского завода ЖБИ-3

## Выбор системы отработки месторождения глин с целью повышения качества керамзитового гравия

Первоначальные сведения о способности глины вспучиваться, температуре и интервале вспучивания и других свойствах, которые необходимы при отработке технологических режимов на предприятиях, дают лабораторные испытания сырья.

При правильно подобранных технологических режимах значительного расхождения между результатами лабораторных испытаний и достигнутыми качественными производственными показателями не должно быть. Однако такие случаи имеют место.

Причиной выпуска на предприятиях более тяжелого керамзитового гравия по сравнению с результатами лабораторных испытаний является совместное использование разного по технологическим свойствам глинистого сырья, составляющего месторождение, без обеспечения требуемой гомогенизации смеси. Наиболее важными из этих свойств являются температура и интервал вспучивания.

В качестве примера можно привести зависимость плотности керамзитовых гранул от температуры обжига разных слоев керамзитовых глин месторождений «Лошково» в Псковской обл. и «Даниловское» в Кустанайской обл. (рис. 1 и 2). Для каждого продуктивного слоя рассматриваемых месторождений, для получения керамзитовых гранул с более легким объемным весом необходим обжиг при значительно отличающихся температурах. По всей вероятности такое разное поведение глины одного и того же месторождения при высоких температурах является в первом случае следствием различия в их химическом составе (см. таблицу), во втором — отличающимся минералогическим составом верхнего и нижнего слоя глины.

Химические составы верхнего и нижнего слоев месторождения «Лошково» заметно отличаются, что, видимо, и обуславливает их разное поведение при обжиге. Химический состав слоев глины месторождения «Даниловское» одинаков. Согласно геологическим дан-

ными имеется различие в их строении и минералогическом составе.

Отформированные в производственных условиях гранулы состоят из глин, вспучивающихся при различной температуре. Максимальная температура обжига в этом случае будет зависеть от более легкого слоя глины. Более тугоплавкая глина при этой температуре не образует эвтектических расплавов в необходимом количестве и не перейдет в лигропластическое состояние, а следовательно, совсем не вспучится или вспучится незначительно. Поэтому полностью реализовать в нужном направлении физико-химические свойства составляющих шихту глины в производственных условиях не представляется возможным.

В целях керамзитового гравия Лисаковского завода ЖБИ-3 были проведены в 1986—1987 гг. заводские испытания по раздельному обжигу верхнего и нижнего слоев глин месторождения «Даниловское». Получен керамзитовый гравий насыпной плотностью, кг/м<sup>3</sup>, из верхнего слоя глины — 550; из нижнего — 450.

Насыпная плотность керамзитового гравия по сравнению с выпускаемым целом по принятой технологии из смеси глин верхнего и нижнего горизонтов в соотношении примерно 1:1 соответственно снизилась на 50 и 100 кг/м<sup>3</sup>. Учитывая эти особенности, при раздельном использовании глин, отличающихся по технологическим свойствам, на ряде предприятий при переходе на селективную добычу сырья без капитальных затрат имеется возможность снизить насыпную плотность керамзитового гравия и увеличить его выпуск.

Где селективная добыча сырья невозможна, там для обеспечения стабильности технологических свойств сырья необходимо усреднение его экскаваторами непосредственно в забое, организация промежуточных усреднительных складов, а в некоторых случаях надо предусматривать в технологической схеме завода отделение подготовки шихты. Последовательность отработки месторождения, технология горных работ, выбор оборудования, типа и размеров усреднительных складов в каждом отдельном случае должны определяться в зависимости от геологического строения и особенностей месторождения с учетом достижения требуемого качества сырьевого потока и окупаемости материальных затрат.

Одним из путей повышения качества керамзитового гравия является правильно выбранная технология добычи и подготовки сырья, обеспечивающая стабильность качества сырьевых потоков и требуемую гомогенизацию разновидностей глин различных по оптимальной температуре вспучивания.

Поэтому при проектировании карьеров и составлении планов горных работ в случаях, когда продуктивная толща месторождения представлена несколькими видами глинистого сырья с разными технологическими свойствами, необходимо предусматривать систему разработки, позволяющую вести раздельную добычу и использование в производстве этих глин. А где это невозможно, предусматривать в проектах горных работ технологические процессы, обеспечивающие гомогенизацию сырьевых потоков.

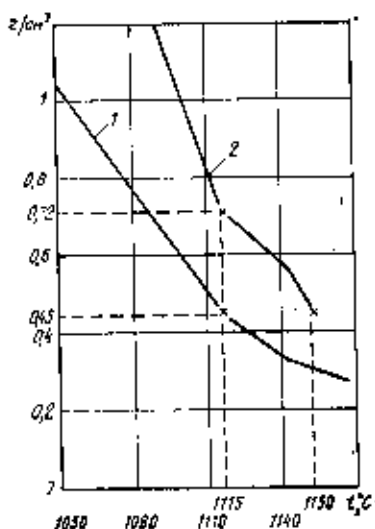


Рис. 1. Зависимость плотности гранул месторождения «Лошково» от температуры обжига при добавке 1% дизельного топлива в глину 1 — верхнего горизонта; 2 — нижнего горизонта

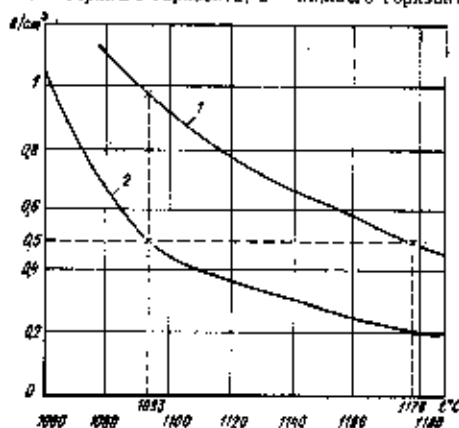


Рис. 2. Зависимость плотности гранул Даниловского месторождения от температуры обжига на глине 1 — верхнего горизонта; 2 — нижнего горизонта

Месторождение	Химический состав, % по массе								п. п. п.
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Org. в-ва	H <sub>2</sub> O конст.	
«Лошково» Верхний горизонт	51,2—55,9	14,2—20,1	5,3—8,8	6,3—6,7	3,2—6,4	0,17—0,65	0,25—0,53	—	8,2—9
«Лошково» Нижний горизонт	59—66,1	10,5—14,8	4,6—5,7	6—8,5	3,7—6	0,21—0,41	0,19—0,35	—	6,1—7,9
«Даниловское» (верхний и нижний горизонты)	57,1	18,3	7,98	2,72	3,1	0,49	1,28	10,9	4,02

# Результаты научных исследований

УДК 662.87.004.8.05.012.12

П. А. ИВАЩЕНКО, канд. техн. наук, Г. Д. АЦМАРИН, канд. техн. наук,  
В. П. ВАРЛАМОВ, канд. хим. наук, Л. В. ВОРОПАЕВА, канд. техн. наук (ВНПО  
стеновых и вязущих материалов)

## Особенности технического анализа углеотходов

Основными компонентами углеотходов большинства обогащаемых фабрик являются глинистые минералы различных групп (до 50—60%), эвритовый кварц — полевшпатовый минерал (до 30—40%), твердое топливо в виде частиц угля и рассеянного органического вещества (от 5 до 25%), а также примеси карбонатов и сульфидов. В небольшом количестве присутствуют сульфаты и другие включения. Вследствие этого, для их анализа не могут быть использованы без соответствующей корректировки действующие в настоящее время нормативные документы по техническому анализу твердого топлива.

По ГОСТ 11014—81 принят ускоренный метод определения влаги угля, при котором навеска материала сушится при  $160 \pm 5^\circ\text{C}$ . Для углеотходов такая методика не приемлема, поскольку при этой температуре происходит удаление воды из глинистых минералов, в частности, монтмориллонита, а также других кристаллогидратов и гидроксидов, что приведет к значительной ошибке результата определения. Температура сушки углеотходов не должна превышать  $110^\circ\text{C}$ .

Выход летучих веществ для углей бурых, каменных, антрацита и горючих сланцев определяют по ГОСТ 6382—80. Сущность этого метода заключается в нагревании навески угля в фарфоровом или кварцевом тигле с прищипанной крышкой при температуре  $850 \pm 10^\circ\text{C}$  в течение 7 мин. Учитывая, что по данным технических анализов представительных проб отходов обогащаемых фабрик содержание кристаллизационной воды в глинистых минералах составляет от 4,1 до 10,2%, общее содержание серы в пересчете на  $\text{SO}_2$  0,3—9,5%, содержание диоксида углерода карбонатов 0,7—5,9%, анализ углеотходов по данному методу (ГОСТ 6382—80) неизбежно приведет к завышению в 2—6 раз результата определения летучих фракций топлива вследствие частичной, не поддающейся в данном случае количественному учету, дегидратации глинистых минералов и декарбонизации доломита, кальцита, сидерита.

Определение содержания летучих компонентов топлива в углеотходах необходимо проводить таким образом, чтобы по возможности полностью завершить процесс дегидратации всех групп глинистых минералов и диссоциации большей части карбонатов. Для этого длительность термообработки навески углеотходов массой 1 г при температуре  $850 \pm 10^\circ\text{C}$  увеличена до 1 ч. Во избежание окисления углерода нелетучей части топлива пробу помещают в закрытый

капсель из жаропрочной нержавеющей стали с затвором (смесь крупнозернистого кварцевого песка и измельченного кокса, размер частиц засыпки 0,2—2 мм).

Для расчета содержания воды в глинистых минералах углеотходов использован количественный рентгеновский анализ с подсчетом содержания различных глинистых минералов в исходной пробе. Содержание диоксида углерода карбонатов определялось по ГОСТ 13455—76. Метод основан на разложении карбонатов соляной кислотой и определении выделившейся при этом двуокиси углерода по увеличению массы U-образной трубки с поглощающими двуокись углерода веществами.

Из количества всех летучих веществ, выделившихся в процессе термообработки навески углеотходов, вычитают количество воды глинистых минералов и диоксида углерода диссоциировавших карбонатов, что дает в результате количество топлива в углеотходах.

Навеску пробы углеотходов после определения содержания летучих фракций топлива в платиновой лодочке помещают в предварительно разогретую до температуры  $900^\circ\text{C}$  трубчатую печь и выдерживают в среде кислорода в течение 1 ч, плавно поднимая температуру до  $950^\circ\text{C}$  для окисления углерода окислованных частиц топлива. По величине потери массы навески с учетом  $\text{CO}_2$ , содержащегося в кальците, оставшемся после термообработки при температуре  $850^\circ\text{C}$ , определяют содержание коксового остатка, который при обжиге керамических стеновых материалов с использованием в качестве сырья углеотходов является основным источником тепла, так как летучие фракции выделяются из топлива при нагреве сырья и отводятся с дымовыми газами.

Одна из трех навесок углеотходов после определения содержания летучих компонентов топлива дополняется из другой аналогичной до массы 1 г и используется для определения теплоты сгорания коксового остатка, т. е. для оценки его как основного энергоносителя топлива, углеотходов, используемого в обжиге стеновых изделий.

Сущность используемого в настоящее время метода определения углерода и водорода для углей бурых, каменных, антрацита, сланцев горючих и торфа по ГОСТ 6389—81 заключается в сжигании в струе кислорода навески топлива, находящейся в контакте с катализатором окисления, определении масс диоксида углерода и воды, образующихся при сгорании углерода и водорода топлива в процессе термообработки по студентскому режиму:  $900^\circ\text{C} \rightarrow 800^\circ\text{C} \rightarrow 800^\circ\text{C}$ , и

последующего расчета содержания углерода и водорода в топливе.

Точность определения общего содержания углерода топлива в углеотходах по этой методике снижается в 3—6 раз из-за меньшего содержания в них органического вещества, а также обычно присутствующего в углеотходах карбонатов кальция, магния, железа, содержание которых может достигать 30—35%, по массе вследствие образования диоксида углерода при их диссоциации.

Анализ по определению содержания углерода в топливе углеотходов показали, что по мере увеличения зольности углеотходов и содержания в них карбонатов массу навески анализируемой пробы следует увеличивать с 1 до 3 г.

Вторым важным условием повышения точности определения содержания углерода в углеотходах является обеспечение полного сжигания летучих компонентов частиц топлива и нелетучего остатка окислованных частиц, а также завершения процесса диссоциации карбонатов. Только в этом случае возможно выполнение расчета содержания углерода в летучих фракциях топлива и в коксовом остатке. Для обеспечения необходимых условий протекания этих процессов термообработку навески углеотходов в платиновой лодочке проводят по режиму:  $600^\circ\text{C} \rightarrow 800^\circ\text{C} \rightarrow 950^\circ\text{C} \rightarrow 600^\circ\text{C}$  в специальной трубчатой печи.

Расчет результатов определения углерода топлива в углеотходах проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 6389—81, но дополнительно используются данные подсчета содержания кристаллизационной воды глинистых минералов, определения диоксида углерода карбонатов в аналитической пробе и в зольном остатке после сжигания навески с подачей кислорода в трубчатой печи для определения коксового остатка.

Высокое содержание в углеотходах воды глинистых минералов (4—10%) не позволяет точно определить количество водорода топлива отходов. К тому же содержание его в горючей части углеотходов как энергоносителя очень незначительно и составляет 0,1—0,5% по массе, т. е. практически равно допустимому по ГОСТ 6389—81 расхождению результатов двух параллельных определений (0,15—0,3%). Роль водорода топлива как энергоносителя при использовании даже 100% углеотходов в составе формуемой массы не столь значительна: теплота сгорания его составляет менее 150 ккал из 1200 ккал/кг среднестатистических углеотходов.

Метод определения зольности углей бурых, каменных, антрацита и сланцев горючих по ГОСТ 11022—75 был проверен для определения зольности углеотходов с использованием двух видов печей (электронная муфельная с обеспечением возможности подачи нагретого воздуха или кислорода и электронная трубчатая кварцевая с обеспечением направленного регулируемого потока воздуха или кислорода).

В экспериментах были проверены погрешности результатов медленного и ускоренного озоления навесок проб углеотходов массой 1, 3 и 5 г в потоке подогретого воздуха, а также в сильно-

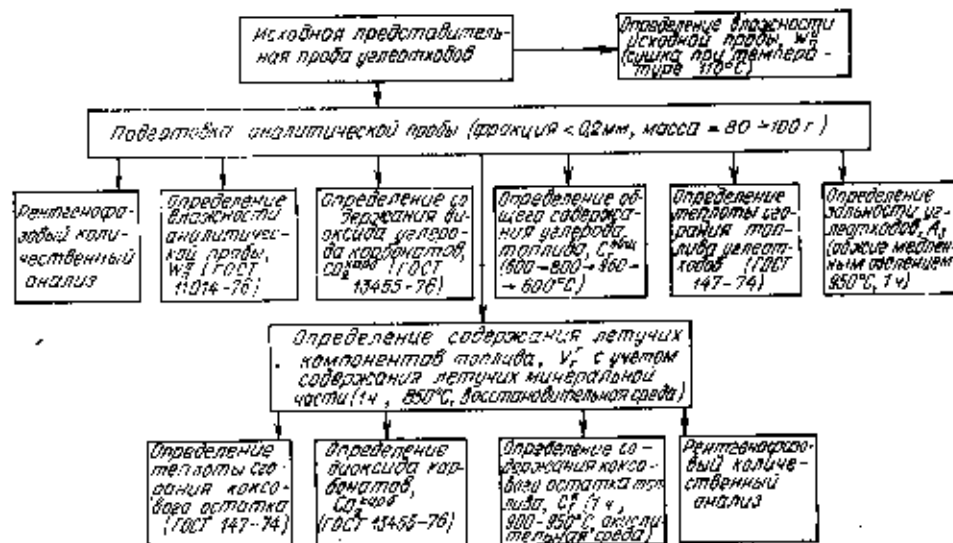


Схема проведения полного анализа углеотходов

окислительной среде путем подачи газообразного технического кислорода по ГОСТ 5583—78 с контролем расхода по сухому ротаметру типа ЭТМ.

Опыты показали, что наибольшая сходимость результатов достигается при медленном озонении (с подачи воздуха) навески пробы углеотходов массой 3 г в муфельной печи в составляет  $\pm 0,1\%$  абсолютного значения зольности. Уменьшение массы навески, как и ее увеличение, приводит к снижению воспроизводимости результатов. В первом случае вследствие более низкой представительности анализа, а во втором случае из-за затрудненных условий окисления углерода в более толстом слое в лодочке, так как определение проводится параллельно в трех лодочках и одной муфельной печи.

При определении теплоты сгорания по ГОСТ 147—74 с помощью калори-

метра уточнены условия проведения опыта применительно к углеотходам: навеску следует брать в виде порошка массой 1 г и помещать ее в емкость для сжигания предварительно завернутой в тонкую папиросную бумагу, теплота сгорания которой учитывается при расчете результатов анализа. Проба углеотходов в виде брикета полностью не сгорает даже при повышении давления кислорода в приборе с 3 до 4 МПа.

По результатам определения высшей теплоты сгорания 58 проб углеотходов с помощью ЭВМ СМ-4 методом статического анализа выведены формулы определения величин теплоты сгорания по данным технического анализа.

$$Q = 2339,9 - 22,1A + 104C - 0,704CV - 0,0159A C_2^2 + 0,0106V^2, \quad (1)$$

где  $A$  — зольность, %;  $C$  — содержание углерода коксового остатка, %;  $V$  — содержание летучих компонентов топлива, %.

Абсолютная средняя ошибка расчетной величины теплоты сгорания для углеотходов составляет 76 ккал/кг (4,13%).

Формула зависимости теплоты сгорания от зольности углеотходов имеет вид:

$$Q = 86,9 (99,3 - A). \quad (2)$$

Точность определения расчетной величины теплоты сгорания углеотходов по этой формуле значительно ниже, чем по формуле (1), абсолютная средняя ошибка составляет 297 ккал/кг (16,01%).

Выведена также формула зависимости высшей теплоты сгорания от содержания в углеотходах летучих компонентов топлива и углерода коксового остатка:

$$Q = 1941 + 92,5 (C + V) - 0,34 (C + V)^2. \quad (3)$$

Средняя ошибка  $\pm 141$  ккал/кг (7,85%).

Обобщая изложенное по разработке методик проведения технического анализа углеотходов, предлагается следующая схема проведения полного анализа (см. рисунок).

Отсутствие в настоящее время нормативных документов для проведения технического анализа углеотходов и использование при их анализе методик, утвержденных для различных видов угля, горючих сланцев и торфа, приводит к искажению результатов определений в 3—6 раз.

Разработанная во ВНИИстроме методика технического анализа углеотходов основана на комплексном контроле их вещественного, агрегатного и минерального составов с помощью физико-химических анализов, что позволяет снизить уровень отклонения результатов определения до величины, допускаемых ГОСТом при техническом анализе углей.

УДК 686.948.2:3.004.5

С. Т. СУЛЕЙМЕНОВ, д-р техн. наук, З. А. ЕСТЕМЕСОВ, канд. техн. наук, Ж. С. УРЛИБАЕВ, инж., Ж. М. ДАУКАРАЕВ, инж. (Алма-Атинский НИИстромпроект)

## Влияние клинкерных минералов на активность шлакового вяжущего

В настоящее время ПО «Каратау» поставляет молотый гранулированный фосфорный шлак предприятиям Министра Казакской ССР, использующих его для получения шлакового вяжущего.

В процессе сушки и помола в состав гранулированного фосфорного шлака вводят сталеитейный шлак в количестве 4—6% Павлодарского тракторного завода в сочетании с 1—2% известня-

Это делается для нейтрализации входящих в гранулированный шлак фосфорного и фтористого соединений. Считается, что известняк нейтрализует фтористое соединение, а сталеитейный шлак окисляет фосфорное (ТУ 69 КазССР 21—87).

Таким образом, шлаковре вяжущее состоит из молотого гранулированного фосфорного шлака, окисляющей и нейтрализующей добавки, активизатора.

Предприятия, получившие молотый фосфорный шлак, смешивают его с заданным количеством цемента в бетономешалке при приготовлении бетонной смеси.

Известно, что активизация молотого шлака цементом происходит за счет составляющих последнего. Однако до сих пор неизвестно, какое цементное составляющее активизирует фосфорный шлак. Поэтому представляет интерес

установление эффективности воздействия мономинералов цементного клинкера на активность вяжущего. Это позволяет выбрать необходимый вид цемента (или цементного клинкера) при получении шлакового вяжущего.

Рассмотрено влияние трехкальциевого силиката  $C_3S$ , двухкальциевого силиката  $\beta-C_2S$ , трехкальциевого алюмината  $C_3A$  и четырехкальциевого алюмоферрита  $C_4AF$  на активность шлакового вяжущего. Мономинералы синтезированы на Опытном заводе НИИцемента.

В работе использовали гранулированный фосфорный шлак Ново-Джамбулского фосфорного завода с добавкой окислителя и нейтрализатора и без них, размолотый до удельной поверхности  $300 \text{ м}^2/\text{кг}$  по АСХ-2. Размолшлака с окисляющей и нейтрализующей добавками производился в промышленных условиях ПО «Каратау», а без них — в лабораторных мельницах. Вяжущее получено путем активизации молотого шлака мономинералами цементного клинкера, содержание которых в вяжущем составляло 5 и 10% по массе. Исследования проводили на образцах размером  $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$  из теста нормальной густоты, пропаренных при температуре  $90-95^\circ\text{C}$  по режиму, ч:  $2+10+2$ .

Чистый молотый шлак в нормальных условиях и в процессе тепловлажностной обработки не проявляет вяжущих свойств. В присутствии клинкерных минералов водопотребность шлаковой системы возрастает. При добавке  $C_3S$  шлак приобретает ярко выраженное вяжущее свойство. Активность вяжущего при этом достигает  $38-42 \text{ МПа}$ . В присутствии  $C_2A$  у шлака появляется слабое вяжущее свойство, а  $\beta-C_2S$  и  $C_4AF$  не оказывают активизирующего действия (см. таблицу).

Таким образом, степень активизации шлака цементом в первую очередь зависит от содержания  $C_3S$ .

Проведенные исследования показали, что окисляющая и нейтрализующая добавки оказывают определенное влияние на свойства шлакового вяжущего. В их присутствии водопотребность шлака несколько увеличивается вследствие гидратации извести, существенно возрастает активность молотого шлака. Так, образцы на неочищенном шлаке не твердеют, а на основе очищенного шлака имеют прочность  $37 \text{ МПа}$ .

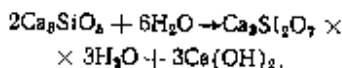
При введении мономинералов водо-

потребность очищенного шлака несколько увеличивается по сравнению с водопотребностью его. Безактивизированной твердения. Однако в присутствии активизаторов твердения нормальная густота вяжущего не зависит от физико-химического состояния исходного шлака. Это свидетельствует о пренебрежительно малой зависимости водопотребности шлакового вяжущего от активизирующего компонента.

Эффективно действует  $C_3S$  и на очищенный шлак, однако в значительно меньшей степени, чем на неочищенный. Прочность образцов на их основе в зависимости от содержания  $C_3S$  колеблется в пределах  $41-48 \text{ МПа}$ , причем увеличение количества  $C_3S$  более 5% не приводит к повышению активности вяжущих. Другие минералы не проявляют активизирующей способности.

Комплексные активизаторы (см. таблицу) представляют собой механические смеси клинкерных минералов в определенном соотношении. Установлено, что их эффективность сравнима с эффективностью  $C_3S$ , между тем она значительно выше, чем у  $\beta-C_2S$ ,  $S_3A$  и  $C_4AF$ . Это также свидетельствует о значительной положительной роли  $C_3S$  в обеспечении активности шлакового вяжущего.

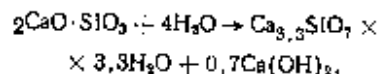
Исходя из положительного влияния и относительно малого содержания  $C_3S$  в системе можно предположить, что частицы полностью гидротвердеют с большой скоростью по реакции



По-видимому, гидролиз  $C_3S$  происходит в начальной стадии процесса гидратации. Выделенная при этом в большом количестве  $Ca(OH)_2$  в частности  $OH^-$ , воздействует на шлак, разрушая его структуру. В результате этого в твердеющей системе возникают гели кремневой кислоты и шлака, которые, взаимодействуя с  $Ca(OH)_2$ , образуют гидросиликаты кальция. По мере расхода извести продукт гидролиза  $Ca_3Si_2O_7$  постепенно переходит в низкоосновные гидросиликаты кальция, дополнительно поставляя в среду  $OH^-$ . В результате этих физико-химических процессов в системе накапливаются тоберморитовый гель и  $CSH$ , которые сшивают негидратированную часть зерен шлака, обеспечивая высокую прочность затвердевшего вяжущего.

Из полученных данных следует, что минералы  $\beta-C_2S$ ,  $C_3A$  и  $C_4AF$  проявляют инертность по отношению к шлаку. Это, видимо, связано с внутренними явлениями гидратации минералов. Однако механизм этой инертности, надо полагать, разный.

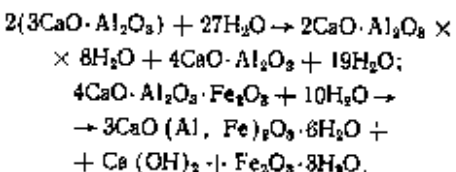
Известно, что взаимодействие  $\beta-C_2S$  с водой осуществляется по реакции



Скорость которой крайне мала. Как видно, в этом случае выделяется значительно меньше извести, чем при гидролизе  $C_3S$ . К тому же  $Ca_3Si_2O_7 \times 3,3H_2O$ , по-видимому, возникает в гелеобразном виде, имеющем более развитую поверхность и реакционную способность, чем у зерен шлака. Это приводит к полному поглощению им (гелем) выделенной извести.

Анализируя данные таблицы, можно сказать, что внутренний физико-химический процесс  $\beta-C_2S$ , происходящий при его гидратации, не изменяется при добавке извести в систему извести.

При гидратации  $C_3A$  и  $C_4AF$  происходят реакции по уравнениям



Эти реакции, как известно, протекают с большой скоростью. Из них видно, что в этих случаях выделение в свободном состоянии извести не происходит. Все ионы  $Ca^{++}$  расходуются на образование кристаллогидратов минералов по внутреннему физико-химическому процессу.

Таким образом, основной причиной инертности  $\beta-C_2S$ ,  $C_3A$  и  $C_4AF$  по отношению к шлаку является превалирование внутреннего процесса над внешним.

Степень активизации шлака цементом в первую очередь зависит от содержания  $C_3S$ ; чем больше его в цементе, тем больше последний будет обладать активизирующей способностью. Результаты исследований показывают, что при активизации шлака синтезированными мономинералами преимущественно обладает  $C_3S$ . Вследствие этого при производстве шлакового вяжущего в качестве активизатора рекомендуется использовать портландцемент с содержанием  $C_3S > 60\%$ .

В настоящее время на десятках предприятий Мипетроз Казахстана ССР заводы выпускают на основе шлакового вяжущего с добавкой цемента. На этом вяжущем работает также Чардаринский комбинат стройматериалов Главрестхозострой. Стоимость вяжущих на разных предприятиях колеблется в пределах  $7-16 \text{ р. за } 1 \text{ т}$ . На основе этих вяжущих выпускают бордюрные камни, свая, лотки, теплотрассы и строительных систем, облицовочные и тротуарные плиты, камни стеновые и другие. Марка изделий колеблется в пределах  $75-300$ . Они по своим физико-механическим характеристикам соответствуют стандартам.

Мономинерал	Содержание мономинерала, %	Вяжущее			
		на неочищенном шлаке		на очищенном шлаке	
		Нормальная густота теста, %	прочность, МПа	Нормальная густота теста, %	прочность, МПа
$C_3S$	—	27	—	28	37
	5	29	38	29	48
	10	29	42	29	41
$\beta-C_2S$	5	29	—	29	37
	10	29	—	29	35
$C_3A$	5	30	—	30	39
	10	30	—	30	37
$C_4AF$	5	29	—	29	34
	10	29	—	29	37
50% $C_3S$ 50% $C_2S$	—	—	—	—	—
50% $C_3S$ 5-10% $C_3A$	—	—	—	—	—
50% $C_3S$ 4-10% $C_4AF$	—	—	—	—	—
50% $C_3S$ 4-10% $\beta-C_2S$ + 10% $C_3A$ - 10% $C_4AF$	—	—	—	—	—

## К 90-летию Александра Васильевича Волженского

Исполнилось 90 лет со дня рождения и 70 лет инженерно-производственной и научной деятельности профессора кафедры технологий вяжущих веществ и бетонов Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева Александра Васильевича Волженского.

После окончания А. В. Волженским в 1925 г. Томского технологического института началась его разнообразная деятельность на заводах стройматериалов в Томске, а с 1932 г. — в Москве.

С 1935 г. юбилар перешел на исследовательскую работу в Академию коммунального хозяйства.

В 1946 г. Волженский А. В. защитил докторскую диссертацию. В 1949 г., будучи профессором, возглавил кафедру технологии вяжущих веществ и бетонов в Московском инженерно-строительном институте, где началась его плодотворная научно-педагогическая деятельность, продолжающаяся и по настоящее время.

А. В. Волженский заслуженно считается одним из ведущих ученых в области теории твердения силикатных, гипсовых и цементных вяжущих.

Начиная с 1926 г., А. В. Волженским проводятся исследования, позволяющие установить основные положения теории твердения силикатных материалов при обработке их паром в автоклавах.

Фундаментальные исследования шлаков и зол, проводимые на кафедре под руководством А. В. Волженского, позволили выявить зависимость этих продуктов от их химического и фазового состава и разработать научную классификацию и методы оценки их качества.

Эти исследования, бесспорно, способствовали разрешению проблемы широкого использования побочных продуктов отраслей промышленности.

С 1935 г. до настоящего времени А. В. Волженским проводятся разносторонние исследования в области гипсовых материалов и изделий. Эти исследования особенно широко были развернуты в годы Великой Отечественной войны, а также в послевоенное время, когда остро ощущался недостаток в строительных материалах.

С 1940 г. юбиларом был начат цикл исследований, направленных на устранение недостатков гипсовых материалов — низкой водостойкости и больших деформаций ползучести. Результатом этих разработок явилось создание в 50-е годы с группой сотрудников кафедры водостойких гипсовых вяжущих, названных гипсоцементно-пуццолановыми. В последние годы проведены исследования по использованию экологически вредных отходов — фосфогипса — при производстве гипсовых вяжущих, в том числе и водостойких.

Следует отметить большой вклад А. В. Волженского в создание смешанных малоклинкерных и бесклинкерных вяжущих веществ, использование которых в бетонах позволяет получать последние со свойствами, присущими бетонам на обычном портландцементе.

Заслуживают быть отмеченными исследования по самопроизвольным, а также упругопластическим деформациям разных видов бетона. В настоящее время работы в этом важном направлении продолжаются и создаются предпосылки к разработке теории, устанавливающей глубокую связь между структурой цементного камня и свойствами бетона.

Наконец, нельзя не отметить исключительно важные работы по замене тяжелых бетонов песчаными, особенно с использованием барханных песков.

За время 40-летней педагогической работы А. В. Волженский принял участие в обучении более 2500 инженерно-строительных-технологов и подготовил более 70 кандидатов и докторов технических наук.

Как руководителя научного педагогического коллектива Александра Васильевича отличает глубокая компетентность, научный кругозор и творческий подход во всей его многогранной деятельности. Исключительная тактичность в общении с людьми и огромная доброжелательность к ним — прекрасные черты А. В. Волженского — педагога и руководителя.

Александр Васильевич опубликовал около 400 работ, среди которых 15 монографий и учебник по дисциплине «Минеральные вяжущие вещества».

Александр Васильевич пользуется большим авторитетом среди педагогов, студентов и работников науки. Он хорошо известен и инженерно-техническим работникам, так как под его руководством выполняются договоры о содружестве и осуществляются многочисленные консультации на производстве.

Александр Васильевич успешно сочетает научную и педагогическую деятельность с общественной, являясь членом многих Советов ВУЗов, научно-исследовательских институтов и министерств, членом редколлегии журнала «Строительные материалы».

За разработку и внедрение в строительство сборных деталей и конструкций из силикатного бесцементного бетона А. В. Волженскому с группой товарищей была присуждена Ленинская премия. За заслуги в области науки и техники ему присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР. Он награжден правительственными наградами.

Высшая строительная школа в Лейпциге удостоила А. В. Волженского степени доктора за исследования в области минеральных вяжущих и автоклавных материалов, внедрение их в практику и большую учебно-методическую работу.

Интересы Александра Васильевича весьма разнообразны: он страстный любитель природы, музыки, живописи.

Многочисленный коллектив Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева и его ученики сердечно поздравляют юбиляра и желают ему здоровья, бодрости и осуществления всех намерений и планов.

Ректорат

Группа учеников

## ПОСТАВЛЯЕМ ПО ПРЯМЫМ СВЯЗЯМ

ГРАНУЛИРОВАННЫЙ СУЛЬФАТ НАТРИЯ (ТУ 38.1842—84  
МАРКА А), ПОЛУЧАЕМЫЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА  
СИНТЕТИЧЕСКИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ.

Гранулированный сульфат натрия — это добавка в бетон и цемент.

Введение сульфатной добавки в сырьевой шлам при производстве цемента оказывает минерализующее действие, а наличие органических компонентов — солей карбоновых кислот оказывает пластифицирующее действие. Добавка сульфата натрия в количестве 0,5—0,3% от массы сухих компонентов сырьевого шлама за счет пластифицирующего действия солей карбоновых кислот снижает удельный расход топлива на 1—3%. Снижается расход электроэнергии при помоле шихты. Улучшаются строительно-технические свойства цемента.

При введении в бетон сульфата натрия в количестве 1—2% от массы цемента снижается расход вяжущего на 5—10%, улучшается морозостойкость бетонов.

Рекомендуемая область применения — стройиндустрия.

Техническая документация на заводе имеется.

Гранулированный сульфат натрия реализуется по прямым связям.

Цена одной тонны — 26 р.

Наш адрес: 347347, г. Волгодонск Ростовской обл. Химзавод им. 50-летия ВЛКСМ. Телефон 2-05-42.

## Рефераты опубликованных статей

УДК 622.75:622.367.6

Палавчи А. Е., Цыпкин Е. Ф., Шалюкжа В. А. Обогащение крупновзвешенной асбестовой руды с помощью магнитной сепарации // Строит. материалы, 1989, № 9, — С. 10—12

Рассмотрены вопросы применения магнитной сепарации для предварительного обогащения асбестовых руд Баженовского месторождения. Проведен анализ фракционного состава асбестовой руды на основе  $\gamma$ - и  $\beta$ -функций. Изучена эффективность процесса разделения асбестовой руды на электромагнитном сепараторе ЭБС-80/170 на основе сепарационных характеристик. Приведены результаты опытов с асбестовой рудой на промышленном сепараторе ЭБС-80/170. Сформулирован вывод о возможности применения магнитной сепарации для обогащения крупнокусковой асбестовой руды Баженовского месторождения. Ил. 3 табл. 2, библ. 4.

УДК 666.81.002

Технология получения высокопрочного гипса / Ю. П. Ржануцки, А. А. Морозов, Е. И. Нохашинки, А. Н. Шихов // Строит. материалы, 1989, № 9, С. 14

Описана технология производства высокопрочного гипса, разработанная в Пермском политехническом институте. Технология позволяет повысить прочность вяжущего, получаемого из того же сырья, что и традиционное гипсовое вяжущее, в 3—4 раза, при этом производительность технологического процесса увеличивается в 1,5—2 раза.

УДК 622.35

Косолапов А. И. Увеличение выхода конечной продукции при разработке месторождений облицовочного камня // Строит. материалы, 1989, № 9, С. 15

В статье дан анализ современного состояния проблемы полноты использования недр месторождения облицовочного камня. Доказано, что повышение выхода конечной продукции из добытого камня связано с технологией разработки месторождения. Установлено, что исключение буровзрывных работ при добыче блоков позволяет повысить полноту использования добытого камня для производства естественных облицовочных материалов в 1,2—1,4 раза. Приведены формулы для расчета последующих показателей. Предложено направление реконструкции технологии разработки месторождения облицовочного камня, обеспечивающее увеличение объемов производства соответствующих материалов без дополнительных капитальных затрат. Тбл. 2, библ. 5, ил. 1.

УДК 66.047.37.76

Бойков Л. М. Контактная сушка кровельного картона // Строит. материалы, 1989, № 9, С. 16

Проведено сравнение контактных сушильных установок для сушки кровельного картона по энергетической эффективности, коэффициентам компактности, массе и габаритам. Показано, что оптимальные условия воздуха, обеспечивающие эффективный тепло- и массообмен в процессе сушки, находятся в пределах 20—30 м/с. Получены аналитические зависимости коэффициента теплоотдачи от скорости воздуха и длины полотна картона, а также затрат энергии от коэффициента теплообмена. Приведены графики для выбора оптимальных параметров работы контактных сушильных установок. Ил. 3, табл. 1, библ. 5.

УДК 678.658.62.055

Петерсенов А. В., Теплова Л. А. Хозрасчет в ремонтном производстве (на предприятии полимерных строительных и малярных кровельных материалов) // Строит. материалы, 1989, № 9, С. 19

Выявлены основные направления совершенствования хозрасчета в ремонтном производстве предприятий. Рассмотрены принципы создания хозрасчетных бригад, введения бригадного подряда, эффективные формы оплаты и стимулирования труда при бригадном подряде, целесообразность введения системы хозрасчетных претензий, условия образования и функционирования ремонтного фонда на предприятиях. Библ. 5.

УДК 661.61:669.965.2

Мещеряков Ю. Г., Нестеренко В. В., Весяков В. В. Доломитовая известь для производства автоклавных материалов // Строит. материалы, 1989, № 9, С. 22

Рассмотрены свойства доломитовой извести, полученной из доломита скоростным обжигом. Показано, что скоростным обжигом можно получить известь с высоким содержанием  $MgO$ , пригодную для производства автоклавных материалов. Лабораторные эксперименты подтверждены выпуском опытной партии связующего кирпича из доломитовой извести марки «200», морозостойкостью 36 циклов. Библ. 2, ил. 1.

УДК 666.198.414

Гикп И. Я., Моргенштерн Я. Л., Бирюк А. И. Повышение прочности минераловатных плит при сжатии // Строит. материалы, 1989, № 9, С. 23

Приведены результаты исследования прочности минераловатных плит с частичной вертикальной ориентацией волокон на сжатие. Установлено влияние на прочность минераловатных плит на сжатие их плотности, содержания связующего, а также степени продольного уплотнения минераловатного ковра. Полученные данные могут быть использованы при определении оптимальных параметров производства минераловатных плит с частичной ориентацией волокон. Ил. 3, табл. 1, библ. 6.

УДК 662.87.004.8.65.012.12

Особенности технического анализа угледожидов / П. А. Иващенко, Л. Д. Ашмарки, В. П. Варлахов, Л. В. Воропаева // Строит. материалы, 1989, № 9, С. 26

Предложены методики проведения полного технического анализа угледожидов как сырья для стеновых керамических материалов: определения влажности, содержания летучих компонентов топлива, углерода коксового остатка как основного энергетического отхода, зольности, летучих веществ минеральной части и теплоты сгорания. Методики позволяют избежать искажения результатов анализа по известным методикам действующих ГОСТов для твердых топлив (угли бурые, каменные, антрацит, торфяные сланцы и торф). Ил. 1.

Nisnetich M. L., Levina E. I., Anisimova E. I., Stepanova V. F., Lipel O. A., Kharitonova L. P. Use of marine water for washing crushed stone and chippings formed as the result of crushing operations

Oganessian R. B. Energy saving firing unit for expanded clay gravel production

Bukheich G. R., Karpova T. N., Melnikova V. M. Efficient use of machines provided with milling cutter at mining work

Volzheny A. V., Ryazanov A. N., Chistov Ju. D., Karpova T. A. Fuel-saving technology of lime-ash cement production

Pelevin A. E., Tsybin E. F., Schaljugina V. A. Separation of large-lump

Razdolnyj V. A., Romanov Ju. S. Increasing the efficiency of hydromechanization

Rzhanitsyn Ju. P., Morova A. A., Novopashina E. I., Shikhov A. N. High-strength gypsum technology

Kosolapov A. I. Increasing the final product output at mining the facing stone deposits

Boikov L. M. Convective drying of roofing felt

Mastak Ju. V. The device for unloading and pneumatic transportation of cement

Pogorelov A. V., Teplova L. A. Repair facilities operating on profit-and-loss basis (at enterprises for the production of polymer building as well as soft roofing materials)

Meshcherjakov Ju. G., Nesterenko V. V., Beljakov V. V. Dolomite lime used for autoclave material production

Gnip I. Ja., Morgenstern Ja. L., Birjuk A. I. Increasing the strength of mineral wool slabs at compression

Serjogin N. N., Churkin A. I., Lomatsky Ju. I. The choice of clay deposit working system in order to increase the quality of expanded clay gravel

Ivashchenko P. A., Ashmarin G. D., Varlamov V. P., Voropaeva L. V. The peculiarities of technical analysis of coal wastes

Suleimenov S. T., Estemesov Z. A., Urilbaev Zh. S., Daukaraev Zh. M. The effect of clinker minerals on slag binder activity

Nisnetitsch M. L., Lewina E. I., Anisimowa E. I., Stepanowa W. F., Lipel O. A., Charitonowa L. P. Anwendung vom Meerwasser für die Spülung des Schotters und Brechenaussiebens

Oganessian K. B. Energiesparende Feuerungsanlage zur Keramsitkiesherstellung

Bukheiwitsch G. R., Karpowa T. N., Melnikowa W. M. Anwendungsnutzen von Maschinen mit Fräsvorrichtung für Bergbauarbeiten

Volzheny A. W., Ryazanow A. N., Tschistow Ju. D., Karpowa T. A. Brennstoff-sparende Technologie von Kaik-Ascen-Zement Herstellung

Pelewine A. E., Zypin E. F., Schaljugina W. A. Anreicherung des Asbestertes mit der Hilfe des magnetischen Separation

Razdolnyj W. A., Romanow Ju. S. Erhöhung der Wirksamkeit von Hydromechanisierung

Rzhanitsyn Ju. P., Morowa A. A., Nowopaschina E. I., Schichow A. N. Herstellungstechnologie von hochfestem Gips

Kosolapow A. I. Steigerung der Endproduktion beim Abbau von Stellen zur Blendstängelgewinnung

Boikow L. M. Konvektive Trocknung von Dachpappe

Mastak Ju. W. Vorrichtung zur Ausladung und pneumatischen Förderung des Zements

Pogorelow A. W., Teplova L. A. Wirtschaftliche Rechnungsführung auf den Reparaturbetrieben (auf den Betrieben zur Herstellung von Polymerbaustoffen und weichen Dachmaterialien)

Meschischerjakow Ju. G., Nesterenko W. W., Beljakow W. W. Dolomitkalk zur Herstellung von autoklav behandelten Materialien

Gnip I. Ja., Morgenstern Ja. L., Birjuk A. I. Steigerung der Druckfestigkeit von Mineralwattplatten

Serjogin N. N., Tschurkin A. I., Lomatskij Ju. I. Auswahl des Systems für Tongewinnung zur Steigerung der Qualität vom Keramsitkies

Iwaschenko P. A., Ashmarin G. D., Warlamow W. P., Woropaewa L. W. Die Besonderheiten der technischen Analyse von Kohlabfällen

Suleimenowa S. T., Estemesow S. A., Urilbaewa Sh. S., Daukaraew Sh. M. Einfluss von Klinkerstoffen auf die Aktivität des Schlackenbinders

Nisnetitch M. L., Levina E. I., Anisimova E. I., Stepanova V. F., Lipel O. A., Kharitonova L. P. L'utilisation de l'eau de mer pour le lavage des pierres concassees et du résidu de criblage.

Oganessian P. B. L'installation de cuisson economisant l'energie pour la production de gravier en argile expansée

Bukhevitich G. P., Karpova T. N., Melnikova V. M. L'efficacité de l'utilisation des mécanismes à fraise lors des travaux de mine

Vojzenski A. Y., Riazanov A. N., Tschistov Y. D., Karpova T. A. La technologie de liant de chaux à cendres volantes economisant le combustible

Pelevine A. E., Tsybine E. F., Chalougina V. A. La préparation de l'amiante à gros morceaux à l'aide de la séparation magnétique

Razdolny V. A., Romanov Y. S. L'élévation d'efficacité de l'hydromécanisation

Rjanitzine Y. P., Morova A. A., Novopashina E. I., Chikhov A. N. La technologie du plâtre à haute résistance

Kosolapov A. I. L'augmentation du produit final lors de l'exploitation des gisements de pierre de parement

Boikov L. M. Le séchage par convection du carton pour toiture

Mastak Y. V. L'installation pour le décharge et le transport pneumatique du ciment

Pogorelov A. V., Teplova L. A. Le bilan commercial des travaux de réparation (dans les entreprises de matériaux polymères et de couverture)

Meschcherjakov Y. G., Nesterenko V. V., Beljakov V. V. La chaux de dolomite pour la production des matériaux d'autoclave

Gnip I. Y., Morguenshtern Y. L., Birjuk A. I. L'élévation de la résistance à la compression des dalles en fibre minérale

Seraguine N. N., Tchourkine A. I., Lomatsky Y. I. Le choix du système d'exploitation des gisements d'argiles afin d'élever la qualité du gravier en argile expansée

Ivashchenko P. A., Achmarine G. D., Varlamov V. P., Voropaeva I. V. Les particularités de l'analyse technique des déchets du charbon

Suleimenova S. T., Estemessov Z. A., Ourlibaev I. S., Daukaraev I. M. L'influence des minéraux de clinker sur l'activité du liant à base de laitier

Редакционная коллегия:

Л. А. МАУЯТИН (главный редактор), М. Г. РУБЛЕВСКАЯ (зам. главного редактора), Н. В. АССОВСКИЙ, А. С. БОЛДЫРЕВ, Ю. М. ВКНОГРАДОВ, А. В. ВОЛЖЕНСКИЙ, Х. С. ВОРОБЬЕВ, Ю. А. ВОСТРЕЦОВ, Ю. В. ГУДКОВ, Б. К. ДЕМИДОВИЧ, Л. Б. ЗАВАР, А. Ю. КАМНИСКИЙ, П. М. ДУКЬЯНЧУК, А. Н. ЛЮСОВ, Б. П. НАРЫШКОВ, А. Ф. ПОЛУЯНОВ, С. Д. РУЖАНСКИЙ, Ю. Л. СЕРГИН, Ш. Э. УДАЧКИН, И. И. ФЛИНТОВИЧ, Л. С. ЗЬКИНА

Оформление обложки художника А. Д. Ильина

Технический редактор Е. Л. Сангурова  
Корректор М. Е. Шабалина

Сдано в набор 20.07.87  
Подписано в печать 01.09.89  
Формат 60x90/16. Бумага газетно-журнальная  
Печать высокая Усл. печ. л. 4,0  
Усл. экз.-отт. 6,0 Уч. изд. л. 6,20  
Тираж 14834 экз. Зак. № 9. Цена 60 к.

Адрес редакции: 103051, Москва, Большой Сухаревский пер., д. 19.  
Тел.: 204-57-78

Подольский филиал ПО «Первоздк»  
Союзполиграфпрома при Госкомиздате СССР  
142110, г. Подольск, ул. Кирова, д. 25