

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕМАТИКИ ЖУРНАЛА «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

«Строительные материалы» — ежемесячный научно-технический и производственный журнал Государственной ассоциации «Союзстройматериалов» и научно-технического центра промышленности строительных материалов («Строминноцентра»). Рассчитан на инженерно-технических работников предприятий строительных материалов, научно-исследовательских, проектных институтов, конструкторских организаций, занимающихся разработкой технологии производства строительных материалов и изделий, конструированием оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, организацией управления производством.

Основными задачами журнала являются активное содействие ускорению развития и технического совершенствования промышленности строительных материалов, углублению научно-технического прогресса, освещению достижений отечественной и зарубежной науки и техники, распространение передового опыта управления производством и экономикой в промышленности строительных материалов.

В соответствии с этим в журнале освещаются:

- Проблемные вопросы общесоюзной стратегии развития производства строительных материалов и изделий, технологического оборудования для этих целей.
- Работы организаций и предприятий ассоциации и концернов по выполнению государственных научно-технических программ по промышленности строительных материалов, важнейших межотраслевых и отраслевых программ, обеспечивающих решение приоритетных задач в развитии отрасли, ускорение темпов ее модернизации, создания новых видов технологического оборудования и систем машин, новых эффективных видов продукции, более совершенных и экологически безопасных технологических процессов в подотраслях промышленности: стеновых материалов (керамического кирпича, камней и других изделий, силикатного кирпича, стеновых материалов из плотного и ячеистого силикатного бетона, пильного камня и др.), вяжущих веществ (кроме портландцемента), мягких кровельных и гидроизоляционных материалов, асбестоцементных листов и труб, полимерных и других отделочных и облицовочных материалов, линолеума, теплоизоляционных материалов, нерудных материалов, природных и искусственных пористых заполнителей для бетонов, неметаллорудных материалов, товаров народного потребления.
- Вопросы совершенствования управления научно-техническим прогрессом в условиях радикальной экономической реформы: в том числе перестройка системы финансирования науки, организационных структур науки, правовое обеспечение научно-технического прогресса, международное научно-техническое сотрудничество, взаимодействие центральных и региональных органов управления в области развития науки и техники.
- Вопросы комплексного развития сырьевой базы в отрасли, меры по рациональному использованию природного сырья, отходов и попутно получаемых продуктов других отраслей промышленности в производстве строительных материалов, охрана окружающей среды.
- Принципиально новые виды исходного сырья и материалов, обеспечивающие коренное повышение качества продукции строительного назначения.
- Направления инвестиционной политики, обеспечивающей сбалансированное и пропорциональное развитие всех подотраслей промышленности строительных материалов, машиностроения для этих целей, рациональное размещение производства по союзным республикам и регионам страны в условиях экономической самостоятельности.
- Деятельность ассоциации по разработке системы экономических и правовых мер, стимулирующих объединения и предприятия отрасли в наращивании выпуска прогрессивных и остродефицитных строительных материалов и изделий, оборудования для их производства, повышении качества продукции.
- Ценообразование в промышленности строительных материалов и отраслевом машиностроении, разработка и экспертиза прейскурантов оптовых цен по важнейшим видам строительных материалов и изделий в соответствии с государственной политикой в этой области.
- Участие в работе ассоциации по проведению мероприятий по изучению спроса населения в продукции и услугах отрасли, маркетингу.
- Развитие экономических и научно-технических связей с зарубежными странами.
- Отраслевая система подготовки кадров, повышение квалификации руководящих и инженерно-строительных работников промышленности строительных материалов и отраслевого машиностроения.
- Освещение передового опыта.
- Новые методы хозяйственной деятельности в условиях развития экономической реформы.
- Торгово-промышленная реклама.

## Эффективность экономики предприятий, работающих на доход

(В порядке обсуждения)

Введение в действие экономической реформы в стране протекает в глубоких противоречиях. Некоторые из этих противоречий заключаются в том, что предприятия (объединения), организации, арендаторы и кооперативы находятся в различных экономических условиях, система товарно-денежных отношений, стержень которой — стоимость товара, научно не обоснована. Предложенная программа экономического оздоровления страны, в которой предполагается улучшение состояния экономики за счет механического перераспределения статей национального дохода, не меняет радикально сам хозяйственный механизм.

Предлагаются различные экономические модели хозяйственного расчета. Однако как обобщающий показатель только доход максимально приближен к показателю «национальный доход». Он приемлем для государственного, арендного или кооперативного предприятий, в любой сфере хозяйствования, понятен рабочему, ученому и руководителю. Преимущества этого показателя подтверждаются не только теорией, но и практикой.

В настоящее время в системе Минстройматериалов РСФСР из тысячи заводов и организаций лятая часть работает на доход. Эти заводы производят продукцию стоимостью 1 млрд. р., или 1/4 общего объема по министерству. На этих предприятиях темпы роста производительности труда в 3 раза выше, чем в трудовых коллективах, где конечным результатом деятельности является прибыль.

Примечательно, что на заводах, где в основу хозяйствования положен доход, действует более надежный контроль за мерой труда и мерой потребления. Если в первом полугодии 1989 г. в трудовых коллективах, где основой хозяйсчета является прибыль, на каждый процент прироста объема производства фонд оплаты труда возрастает на 2%, то на предприятиях, работающих на доход — на 0,8%.

Практика работы показала, что стимулирование трудовых коллективов через доход способствует значительному росту объемов производства в натуральном выражении. Иначе говоря, этот стимул дает возможность увеличивать товарную массу, которая так необходима сейчас в связи с возрастанием инфляции. Например, в производственных объединениях строительных материалов Волгоградской, Смоленской, Свердловской, Вологодской, Куйбышевской, Орловской, Ивановской, Белгородской об-

ластей, работающих на доход, темпы роста производства стеновых материалов в 1989 г. по сравнению с 1988 г. составили 5—20%. К числу предприятий, резко улучшивших работу с переходом на показатель «доход», следует отнести Хабаровский завод отопительного оборудования, Хабаровский картоно-рубероидный завод, Краснодарский комбинат стройматериалов № 1, ИО «Чувашстройматериалы» и др.

Особенно высокую эффективность эти предприятия и объединения показывают в экономике материалов, топлива и энергии. За первое полугодие 1989 г. заводы, работающие на доход, материальные затраты на 1 р. продукции снизили на 5,3%, а предприятия, работающие на прибыль, — только на 2,5%. Кроме того, трудовые коллективы последних при формировании планов, как правило, стремятся брать заниженные по сравнению с достигнутым уровнем объемы производства, завышая тем самым затраты на единицу продукции как по заработной плате, так и по материальным ресурсам. И это в то время, когда существует дефицит в материальном обеспечении, а рост доходов населения опережает рост производства товаров.

В пользу дохода говорят и такой факт: забастовочное движение возникает там, где предприятия работают по-старому. Те коллективы, где конечным результатом хозяйствования является доход, требования по заработной плате и социальным вопросам перед вышестоящими органами не выставляют, поскольку эти вопросы они решают сами на местах, ориентируясь на заработанный доход.

Однако в новом проекте Закона<sup>1</sup> СССР о социалистическом предприятии (объединении) вопреки логике и накопленному уже опыту и вопреки науке прибыль снова предлагается как обобщающий показатель хозяйственной деятельности. Стало быть, по-прежнему будет действовать затратный механизм, который и так принес много бед экономике. Это подтверждается и статистическими данными: и в 1988 г., и в первом полугодии 1989 г. темпы роста совокупного национального продукта, как и раньше, опережают темпы роста национального дохода. Затратный механизм неумолимо обедняет и без того скудный товарный рынок. Достаточно сказать, что в 1988 г. при национальном доходе в сумме 560 млрд. р. стоимость сырья и материалов, осевших на складах, составила 470 млрд. р. Чем

не условия для оскудения рынка и для теневой экономики?

При работе предприятий на доход, как правило, запасы материальных ценностей и ресурсов резко сокращаются; трудовые коллективы стремятся быстрее запустить в дело имеющееся у них оборудование.

Таким образом, можно сделать вывод, что при построении социалистической модели хозяйственного расчета необходимо соблюдать основное условие: все производители материальных благ в стране (госпредприятия, арендаторы и кооператоры) свою хозяйственную деятельность должны осуществлять на основе дохода.

Доход должен стать конечным результатом хозяйственной деятельности трудового коллектива, стимулом к труду, источником покрытия платежей и источником образования фондов предприятия, организации. Через доход должно стать реализовываться принцип распределения материальных благ по труду, что будет способствовать ликвидации противоречий между рабочими и руководством предприятий, созданию одинаковых экономических условий для всех производителей.

Второе необходимое условие социалистической модели хозяйственного расчета состоит в том, чтобы установить новые товарно-денежные отношения между производителями материальных благ и государством. Инструментами этих взаимоотношений должны стать: цена и налог. Цена — главный стимул для производства необходимых народному хозяйству товаров и услуг. Поэтому работа в области ценообразования должна проводиться постоянно, а не через большие промежутки времени. В ценообразовании нет гласности. Зачастую предприятия (объединения), кооперативы, выпускающие одну и ту же продукцию, сбывают ее по разным ценам.

В условиях дефицита товаров ценообразование должно регулировать государство. Более высокая цена на товар может быть оправдана, если за ростом цены следует повышение качества продукции (услуг) или резкое увеличение объемов производства дефицитных товаров с целью насыщения рынка.

В то же время экономически не оправдан такой подход к ценообразованию, когда цены почти на все основные виды продуктов значительно ниже себестоимости. Поэтому необходимо воздействие стимулов к работе и одновременно регулирование подобных цен.

Незерный, на наш взгляд, предлагается порядок налогообложения предприятий. Налог будет отчисляться от прибыли предприятий, а это опять будет способствовать росту доходов над ростом производства товаров. При невыполнении планов по объему и прибыли налог с предприятий будет уменьшаться, но заработки в это время могут возрасти за счет увеличения себестоимости. Практика такая у нас есть. Словом, будет действовать тот же затратный механизм. Чтобы избежать прежних ошибок, налогом следует об-

лагать не прибыль, а доход, что обес- печит экономическую взаимосвязь пока- зателей: выручка от реализации про- дукции (услуг) — доход предприятия — фонд оплаты труда.

Предприятия и организации должны obligаться тремя видами налогов: го- сударственным, республиканским и местным (региональным). Такой подход к вопросам налогообложения будет спо- собствовать внедрению хозрасчета на предприятии, в регионе и государстве в целом. Через цены и налог должен внедряться региональный хозрасчет, а не методом передачи предприятий из одного подчинения (министерства) в другое (облсполкомы, Советы Министров автономных республик).

Третье обязательное условие социа- листической модели хозрасчета состоит в том, чтобы узаконить надежные то- варно-денежные отношения между по- ставщиками и потребителями. Как из- вестно, в настоящее время идет разрыв годами и десятилетиями сложившихся связей. Плохую услугу сыграл госза- каз. Идя на введение госзаказа, надея- лись на то, что, выставив «свободную» продукцию на рынок, предприятия тем самым укрепят его. Вышло наоборот. Поставщики стали искать выгодных по- требителей для продукции, не входя- щей в госзаказ, разрывая связи с теми, кому они поставляли продукцию в те- чение ряда лет, не неся в связи с этим почти никаких финансовых потерь. Примеров тому у нас много. В между- народной практике товарно-денежных отношений такой подход невозможен. Нужно и нам создавать условия, что- бы последнее слово было за потреби- телем.

Социалистический рынок только тог- да можно насытить товарами, когда связи между поставщиками и потреби- телями станут стабильными. Только после удовлетворения постоянного по- требителя поставщик может искать сбыта своей продукции на свободном рынке. Следует установить порядок, когда при непоставке продукции по- требителю по договорам и нарядам по- ставщик возмещает ущерб в полном объеме потерь. И этот порядок должен действовать по всей цепочке следова- ния товара. Лозунг «Потребитель всег- да прав!» — должен стать нормой на- шей жизни.

Четвертое условие состоит в необхо- димости установления контроля за ме- рой труда и мерой потребления по трем пунктам: рост производительности тру- да, рост средней заработной платы и рост цен на потребительские товары.

Для этого следует ввести индекс ре- альных доходов, который будет опреде- ляться соотношением темпов прироста средней заработной платы (доходов), скорректированных на рост цен на по- требительские товары, и темпов при- роста производительности труда.

Запретительные и ограничительные меры в сфере стимулирования труда ни- когда не способствовали повышению эф- фективности производства. Это можно подтвердить примерами сегодняшних дней. За последние два года на пред- приятиях промышленности была прове- дена большая работа по повышению стимулирующей роли заработной платы, что незамедлительно сказалось на рос- те производительности труда. Если в

1987 г. темпы прироста производи- тельности труда по стране составляли 2,4%, в 1988 г. — 5,1%, то в первом квар- тала 1989 г. — 7%. В основном этот шаг связан с мобилизацией организа- ционно-экономических и социальных факторов. Правда, в первом квартале 1989 г. прирост средней заработной платы составил 14% и в два раза опе- режал прирост производительности тру- да.

Однако меры, направленные на сни- жение роста заработной платы, оказа- ли плохую услугу народному хозяйст- ву. За девять месяцев 1989 г. темпы прироста заработной платы удалось сни- зить с 14 до 10%, темпы же прироста производительности труда снизились с 7 до 2,2%. Иначе говоря, коэффициент опережения возрос с 2 до 4,5 ед. Сло- вом, мы потеряли товарную массу, но не смогли сдержать рост доходов тру- дящихся. Да другого и не могло быть, поскольку международная практика то- варно-денежных отношений не имеет по- добных примеров. Не сдерживанием стимулов, а регулированием цен на по- требительские товары следовало бы ре- шать эту проблему.

В США за 1971—1977 гг. рост за- работков составил 168%, производи- тельность труда 127%. Инфляция? Да, поскольку рост цен на потребительские товары составил 158%, а заработков с учетом корректировки на стоимость жизни за указанный период — 105%. В Японии в течение пяти лет подряд (1971—1976 гг.) рост заработков даже с учетом корректировки их на стои- мость жизни опережал рост производи- тельности труда на 5—11 пунктов. В Италии — такое положение было в те- чение семи лет (1971—1977 гг.), в ФРГ — в 1971 г., во Франции — в 1975—1976 гг. Однако с инфляцией там боролись, опираясь на законы стоимо- сти\*.

Отменено нормативное соотношение роста средней заработной платы и про- изводительности труда и введен налог на прирост фонда оплаты труда. По сути, это тот же запретительный ме- тод, что был раньше. Только нас хо- тят убедить в том, что при новом по- рядке сдерживания зарплат можно ис- пользовать интенсивные методы, т. е. сокращая численность, повышать зар- батки. Вроде бы правильно. Однако логично ли в период, когда растет без- работица, сокращать численность на- действующих предприятий? И второе. Разве увеличение объемов производства при той же численности работников не интенсивный метод хозяйствования? Почему бы нам его не использовать? Это позволило бы увеличить производ- ство товаров.

В связи с этим хотелось бы привести пример иного подхода к проблеме кон- троля за мерой труда и мерой потреб- ления.

В системе Минстройматериалов РСФСР была поставлена задача со- хранения высоких темпов роста произ- водительности труда, при использова- нии материальных стимулов и нормализации соотношения роста средней за- работной платы и производительности

труда. Для отдельных предприятий (их 52), на которых осуществлялся ввод мощностей или технологический ремонт печей, временно были установлены нор- мативные соотношения более единицы с учетом того, что на них в ближай- шее время будет прирост объемов про- изводства, а стало быть, и производи- тельности труда.

Много было критики по этому пово- ду со стороны банков, финансовых и планирующих органов.

Однако польза народному хозяйст- ву была принесена. За 1988 г. прирост производительности труда по отрасли составил 8,3% при росте средней за- работной платы — 10,3%; в первом квар- тала 1989 г. соответственно 11,6% и 16%, за полугодие же 11% и 12%, за 9 мес. 10,3 и 11,4%. За год в целом соотношение роста средней заработной платы и производительности труда — в норме. За этот же период выпуск то- варов народного потребления возрос на 1 р. фонда оплаты труда с 97 коп. до 1 р. 10 коп. Таким образом, экономиче- ские методы дают больше пользы, чем запретительные меры, они стимулируют рост производительности труда и уве- личивают товарную массу.

В настоящее время очень много вни- мания уделяется вопросу о собствен- ности. Вопрос очень важный и требу- ет продуманного решения. Нужна и государственная, и колхозная, и аренд- ная, и кооперативная, и частная тру- довая собственность. Однако часто при- ходится слышать, что без частной соб- ственности мы чуть ли не пропадем. Так ли это? В США, в ФРГ, Швеции частные предприниматели составляют 7—8% от экономически активного на- селения, более 90% занятых в народ- ном хозяйстве работают по найму и живут на заработную плату, обеспечи- вающую достаточно высокий уровень жизни.

На рост заработной платы у нас сейчас смотрят как на источник бед во всех случаях. Это неверно. В об- ществе, где организация производства и труда на низком уровне, активизи- ровать работу можно только стимулируя сам труд. «Стимул труда» и «эффектив- ность труда» тесно связаны друг с дру- гом: при ухудшении состояния одного обязательно в худшую сторону изме- няется состояние другого. Поэтому нуж- жен такой закон о собственности, ко- торый бы работал, а формы собствен- ности не противоречили бы друг дру- гу, а наполнили экономическим содер- жанием товарно-денежные отношения.

Сейчас много говорят о коллективном злом. В отдельных случаях он име- ет место, но обвинять всех труженников неправомерно. Так, ситуация, сложив- шаяся на Хабаровском заводе отопи- тельного оборудования, когда не хват- ло денег на строительство жилья, бы- ла решена нетрадиционным путем. Кол- лектив завода решил часть средств на эти цели пополнить за счет фонда оп- латы труда.

Человек стремится к лучшей жизни, и это стремление он может осуществ- лить только, увеличивая доход, кото- рый у него образуется от заработан- ных средств. Поэтому предлагаемая со- циалистическая модель хозяйственного расчета поможет улучшить состояние экономики в стране.

\* Развитие капиталистических стран. Со- циально-экономический справочник. — М.: По- литиздат, 1979.

УДК 686.978.6

А. Н. ПОЛОЗОВ, канд. техн. наук, И. М. ЕСИПОВИЧ, канд. техн. наук, А. А. НЕМЧИНОВ, инж. (ВНИИстроммаш), Я. М. ПАПЛАВСКИС, канд. техн. наук, В. В. ЛИТВИНЦЕВА, канд. техн. наук, Ю. А. МАРГУЛЯН, инж. (НИПСиликатобетон)

## Технологическая линия для производства изделий из ячеистых бетонов производительностью 20 и 35 тыс. м<sup>3</sup> в год

Стеновые мелкие блоки и панели из ячеистого бетона успешно конкурируют с традиционными строительными материалами (силикатный и керамический кирпич, керамзитобетон и др.). Масса 1 м<sup>2</sup> стены из ячеистобетонных мелких блоков в 4 раза меньше, чем стены из полнотелого силикатного кирпича, а масса 1 м<sup>2</sup> панельных стен из ячеистого бетона в 2 и более раз ниже, чем керамзитобетонных панелей. Стоимость 1 м<sup>2</sup> стены из ячеистобетонных мелких блоков в условиях сельского домостроения в 2 раза меньше, чем из эффективного кирпича и из керамзитобетонных панелей. Энергозатраты на изготовление стеновых мелких блоков из ячеистого бетона (я расчете на 1 м<sup>2</sup> стены) в 2,3 раза меньше, чем на производство керамического кирпича и в 1,5 раза меньше, чем на производство силикатного кирпича.

Удельные капиталовложения на 1 м<sup>3</sup> блоков из ячеистого бетона в 2 раза ниже, чем для изделий из керамзитобетона и в 3—5 раз ниже, чем для керамического кирпича.

Ячеистый бетон по сравнению с традиционными видами строительных материалов обладает следующими основными преимуществами: малая плотность; высокая теплоизолирующая способность; высокая прочность при сжатии (при той же плотности); хорошая морозостойкость; быстрая влагонепроницаемость; малая гигроскопичность; негорючесть; возмож-

ность обработки обыкновенными плотническими инструментами (можно легко лить, строгать, фрезеровать, сверлить, забивать гвозди).

Однако, несмотря на преимущества ячеистого бетона, этот строительный материал не нашел еще должного распространения в нашей стране: в общем балансе стеновых на долю изделий из ячеистого бетона приходится всего 4—5%.

Для обеспечения жилищного строительства стеновыми материалами объем производства изделий из ячеистых бетонов планируется увеличить с 4 млн. м<sup>3</sup> в настоящее время до 45 млн. м<sup>3</sup> в 1995 г. Применение конструкций из ячеистых бетонов становится ключевым направлением в строительстве.

Особое значение приобретают заводы малой мощности, предназначенные в основном для сельского строительства и для малых регионов. Эти заводы позволяют быстро, с небольшими затратами организовать изготовление изделий из ячеистых бетонов на местах в относительно небольших объемах.

Экспериментальный образец линии технологического оборудования для производства изделий из ячеистого бетона малой мощности «Агроблок», разработанный НИПСиликатобетон, введен на Светловодском ЗИКК (УССР, 317001, г. Светловодск, Кировоградской обл.) и в настоящее время находится в промышленной эксплуатации.

На базе этой технологической линии

создаются комплексы оборудования по производству изделий из ячеистого бетона мощностью 20 тыс. м<sup>3</sup> в год (при двухсменной работе, пятидневной рабочей неделе и цикле 12 мин) и 35 тыс. м<sup>3</sup> в год при трехсменной работе, пятидневной рабочей неделе и цикле 10 мин).

Технологический процесс предусматривает выпуск ячеистобетонных изделий формованием массивов размерами 3550×588×600 мм с последующей доавтоклавной разрезкой на требуемые элементы.

Комплекс оборудования состоит из следующего нестандартизированного оборудования: устройства для приготовления и дозирования алюминиевой суспензии, смесителя, бортоустановки со съемным поддоном, линии режис с системой удаления отходов, моста передаточного, вагонетки автоклавной, стоек, захватов, контейнеров. Все остальное оборудование для осуществления технологического процесса изготавливается серийно. Оборудование комплекса позволяет изготавливать мелкие ячеистобетонные блоки, а также армированные изделия (панели перекрытия, покрытия). Размещение цеха с таким комплексом возможно в условиях отдельного колхоза или совхоза, с подключением к местным сетям. Привязка к железной дороге не обязательна, так как доставка сырья и готовой продукции осуществляется в основном автомобильным транспортом.

Основными сырьевыми материалами для производства изделий из ячеистого бетона являются: портландцемент, известь негашеная, кварцевый песок, алюминиевая пудра. Можно использовать также отходы производства: шлаки доменные, золы от сжигания бурых и каменных углей, горючие сланцы и др.

Источниками водоснабжения, канализации, электроснабжения приняты городские (заводские) сети. Снабжение цеха сжатым воздухом, теплом (пар Р<sub>к</sub>=0,8—1,2 МПа) осуществляется от собственных компрессорной и котельной.

Цех по производству стеновых мелких блоков включает: склад цемента емкостью 28 т; отделение приема песка и комовой извести с грохочением песка и дроблением комовой извести; помольное отделение; главный корпус, в составе которого смесеприготовительное, формовочное, автоклавное отделение, склад готовой продукции, участок для упаковки готовой продукции, помещения для лаборатории, цехового персонала; компрессорная мощностью 10 м<sup>3</sup>/мин; котельная.

Технологический процесс изготовления ячеистобетонных мелких блоков состоит из следующих стадий: прием и обработка сырьевых материалов, приготовление ячеистобетонной смеси, формование, разрезка и автоклавная обработка массивов, контроль, упаковка, складирование, транспортирование готовой продукции. На рисунке приведена схема размещения оборудования технологической линии по производству изделий из ячеистых бетонов.

Материалы, используемые в качестве кремнеземистого компонента, доставляются автомобильным транспортом в приемный бункер, откуда поступают в авто-

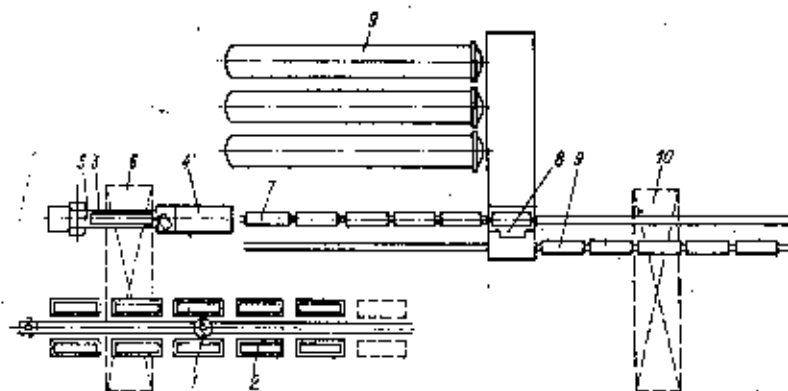


Схема размещения нестандартизированного оборудования технологической линии для производства изделий из ячеистого бетона производительностью 20 и 35 тыс. м<sup>3</sup>/год: 1 — смеситель гидродинамический; 2 — формы; 3 — стол линии режис; 4 — машина режисельная; 5 — система удаления отходов линии режис; 6 — крик-балка с триверсой для поддонов; 7 — вагонетка автоклавная; 8 — мост передаточный; 9 — автоклав; 10 — крик-балка с захватом для мелких блоков.

грохот, где при необходимости отделяются крупные включения (камни, корни).

После грохочения материалы направляются на дотол в шаровые мельницы.

Кварцевый песок размалывается по мокрому способу и используется в виде тонкомолотого песчаного шлама, который направляется в шламбассейны, где перемешивается, нагревается и корректируется по плотности с учетом требований к готовой смеси. Если в качестве кремнеземистого компонента вместо песка используется кислая зола, то она размалывается по сухому способу.

Молотая известь поступает в автоцементовозах; в случае поступления комовой извести предусматривается дробленка. Хранение молотой извести предусматривается в бункере-складе, рассчитанном на 5 сут.

В качестве вяжущего применяются тонкомолотые смеси, получаемые путем совместного помола извести с песком (шлаком, золой). После помола смесь пневмотранспортом транспортируется в бункера смесеприготовительного отделения. Емкость бункера рассчитана на 1,5-суточный запас, при условии работы помольного отделения в одну смену.

Сырьевые материалы, применяемые для изготовления ячеистобетонных мелких блоков, должны удовлетворять требованиям стандартов на них. Материалы, не удовлетворяющие требованиям, изложенным в ГОСТах, должны быть испытаны, и если полученные образцы ячеистого бетона отвечают требованиям ГОСТ 21520-76 и ГОСТ 25485-82, то такие материалы можно использовать в производстве.

Соотношение компонентов в тонкомолотых смесях определяется в зависимо-

сти от вида и качества сырьевых материалов.

Приготовление ячеистобетонной смеси осуществляется в смесеприготовительном отделении. Тонкомолотый песчаный шлам, вода, сухая, известково-песчаная смесь, цемент, добавки и алюминиевая суспензия дозируются по весу в соответствии с установленной рецептурой. Заданный состав обеспечивается точным дозированием компонентов в автоматическом режиме.

Смесь готовят в передвижном гидродинамическом смесителе с вертикальным валом.

Формование ячеистобетонных массивов осуществляется по литевой технологии. Вдоль фронта передвижения смесителя стационарно установлено 12 форм в два ряда по обе стороны параллельно оси передвижения смесителя. Приготовленная смесь заливается в очередную форму. Объем смесителя рассчитан на приготовление смеси для заполнения одной формы. После испускания и набора пластической прочности 20-25 КПа борты формы открываются, сырец на поддоне захватом переносится и устанавливается на стол для резки.

На линии резки при движении резательной машины снимается «горбушка», производится горизонтальная продольная резка массива, после чего осуществляется поперечная резка на блоки. Разрезанный массив на поддоне транспортируется на пост комплектации автоклавных тележек. Отходы, получаемые в результате среза «горбушки», попадают в находящуюся под рабочим столом систему удаления отходов и далее направляются на повторное использование. Размеры заливаемого массива,

мм: длина — 3500, ширина — 588, высота — 600+50 («горбушка»). Размеры разрезанного массива, мм: длина — 3384 или 3456, ширина — 588, высота — 600. Шаг разрезки массива, мм: продольно-горизонтальной — 200 или 300, поперечной — 188 или 288 (бесступенчато регулируемый).

Запаривание ведется в автоклавах в среде насыщенного пара под давлением 0,8-1,2 МПа. Время обработки в автоклаве, включая загрузку и выгрузку, составляет 13-15 ч.

После окончания автоклавной обработки поддоны с изделиями поступают на склад готовой продукции для распалубки, охлаждения и упаковки готовой продукции.

Качество мелких блоков соответствует ГОСТ 21520-76 «Блоки ячеистобетонные»; предпочтительный тип блоков I и IV, размеры соответственно 300x300x600 мм, 200x300x600 мм; первой категории качества; отклонение от линейных размеров блока ±5 мм. При строительстве домов с наружными стенами из ячеистобетонных мелких блоков (масса до 25 кг) кладка может осуществляться собственными силами, без применения подъемных механизмов и участия крановых механизмов.

В таблице приводятся технико-экономические показатели комплексов оборудования производительностью 20 и 35 тыс. м<sup>3</sup> в год и их сравнение с показателями комплекса оборудования «Универсал» и комплекса оборудования для производства керамического кирпича.

Как видно из таблицы, основные технико-экономические показатели разработываемого комплекса оборудования «Агроблок», отнесенные к 1 м<sup>2</sup> стены, превосходят показатели эффективного комплекса для производства керамического кирпича. Следует также учесть значительно меньшие затраты на перевозку готовой продукции, строительные работы и др.

Из таблицы также видно, что при производительности комплекса 35 тыс. м<sup>3</sup> в год себестоимость единицы продукции близка к оптимальной и при дальнейшем увеличении производительности себестоимость практически не снижается. Численность рабочих на заводе производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup> в год — 25 человек, в том числе: основных рабочих — 18, ИТР — 2, вспомогательных рабочих — 5. Численность рабочих на заводе производительностью 35 тыс. м<sup>3</sup> в год — 34.

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ НЕСТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПЛЕКСА НАМЕЧЕНО НА УКОЛОВСКОМ ЗАВОДЕ «СТРОММАШИНА».**

**ПО ВОПРОСАМ, СВЯЗАННЫМ С СОЗДАНИЕМ КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 20-35 ТЫС М<sup>3</sup> В ГОД СЛЕДУЕТ ОБРАЩАТЬСЯ В СЛЕДУЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ:**

**НИПИ Силикатобетон, 200012, г. Таллин, Мялику, 123, директор научной части Паллавские Я. М., телефон 517252 и 517259.**

**ВНИИ Строммаш, 188350, г. Гатчина Ленинградской обл., Железнодорожная ул., 45, директор Полозов А. Н., телефоны 27350 и 39619.**

Наименование показателя	Единица измерения	Комплекс оборудования «Агроблок»		Комплекс оборудования «Универсал» при 3-сменной работе и 357 рабочих днях	Комплекс оборудования для производства керамического кирпича
		При 2-сменном режиме работы к 3-дневной рабочей неделе	При 3-сменном режиме работы к 6-дневной рабочей неделе		
Производительность	тыс. м <sup>3</sup> /год	20	35	120	30/15 млн. шт. в год
	м <sup>3</sup> /ч	4,8	5,6	14	7,2
	тыс. м <sup>3</sup> стены/год	97	117	400	90
	м <sup>2</sup> стены/ч	10	10	46,7	14,4
Цикл формования	мин	10	10	15	—
Размеры массива	мм	3500x588x600	300x600	640x1200x800	—
Число рабочих	чел	25	34	137	50
Годовая выработка на одного рабочего	м <sup>3</sup> стены/чел	2897	3643	3920	1260
Себестоимость единицы продукции	р/м <sup>3</sup>	28	23	33	25,4
Масса оборудования, в том числе формовочного отделения	т	8,4	6,9	6,9	12,7
Установленная мощность, в том числе формовочного отделения	кВт	266,1	318,1	629,7	325
Удельная масса	т/м <sup>3</sup>	86,2	93,6	107,4	—
	т/ч/м <sup>3</sup> стены	562,4	617,4	954,9	650
	т/ч/м <sup>3</sup> стены	51	51	92,4	—
Удельная масса по формовочному отделению	т/ч/м <sup>3</sup>	54,6	65,8	45	48,2
	т/ч/м <sup>3</sup> стены	17,9	17	13,5	22,9
	т/ч/м <sup>3</sup> стены	14,8	16,7	29,1	—
	т/ч/м <sup>3</sup> стены	5,6	5	8,7	—
Удельная потребляемая мощность	кВт·ч/м <sup>3</sup>	157,2	110,3	69,2	90,3
	кВт·ч/м <sup>3</sup> стены	35,1	33,1	29,5	45,1
	кВт·ч/м <sup>3</sup> стены	10,6	9,1	6,6	—
	кВт·ч/м <sup>3</sup> стены	8,18	2,7	1,98	—
Расчетная стоимость строительства в том числе строительно-монтажных работ	млн. р.	2,5	2,6	4,25	3,6
	—	1,5	1,6	2,4	—

## Термическая разрушаемость горных пород, выбор способа их обработки

При изготовлении архитектурно-строительных, дорожных и других массивных изделий из горных пород широкое применение нашел термический способ обработки с помощью бензиновоздушных термоотбойников. Создание технологии, нормирование труда на камнеобрабатывающих предприятиях, прогнозирование характеристик пород вновь открываемых месторождений часто бывает затруднено из-за отсутствия достаточно достоверной и доступной классификации горных пород по термической разрушаемости при обработке.

Существуют классификации горных пород по скорости термического разрушения [1]. Между тем при обработке, кроме скорости термического разрушения, важное значение имеет качество получаемой поверхности изделий [2]. При чрезмерной шероховатости в технологический процесс необходимо вводить дополнительные операции по выравниванию поверхностей с помощью механического инструмента.

Кроме того, указанные классификации предполагают установление принадлежности горной породы к той или иной группе по комплексу физико-механических свойств, для определения которых необходимы сложные приборы, многие из которых отечественной промышленностью не выпускаются.

Проблемой лабораторной новых физических методов разрушения горных пород Казахского политехнического института накоплен большой опыт по определению терморазрушаемости пород различных месторождений. На основании этого опыта и с учетом исследований [3—4] хрупкие горные породы систематизированы по термической разрушаемости при обработке (табл. 1).

Породы различных месторождений страны обобщены в четыре группы по скорости термической обработки и параметрам качества поверхности изделия.

Скорость термической обработки  $V$  измерялась при обработке заготовок со средним припуском 4 см термоотбойником ТРВ-12 м, работающим в оптимальном режиме. Качество поверхности изделий измерялось двумя параметрами: радиусом закругления углов блоков  $R_n$  и  $R_k$  — средним арифметическим отклонением точек профиля термообработанной поверхности от его средней линии по нормали к последней (ГОСТ 25142—82. «Шероховатость покрытий. Термины и определения»). Измерение профиля производилось на базе 500 мм с шагом 1 мм. Обработка результатов измерений производилась на ЭВМ.

К первой группе терморазрушаемости при обработке отнесены породы со скоростью обработки  $V=2,01—3$  м<sup>2</sup>/ч;  $R_n=0,15—0,3$  мм;  $R_k=1—4$  мм. Это кварциты Шокинского (Жарельская АССР),

Златоустовского, Бакальского (Челябинская обл.), Первоуральского (Свердловская обл.) и других месторождений [3].

Ко второй группе отнесены не выветренные мелко- и среднезернистые граниты:  $V=1,41—2$  м<sup>2</sup>/ч;  $R_n=0,31—0,4$  мм,  $R_k=4,1—5$  мм. Перечислим их в порядке убывания скорости: токовский (Днепропетровская обл.), емельяновский, коростышевский (Житомирская обл.), янцевский (Запорожская обл.), новоданиловский (Николаевская обл.), богуславский (Киевская обл.), шарташский, сибирский (Свердловская обл.), ровненский (Ленинградская обл.), курдяйский (Джамбулская обл.), ачкынский, айташский (Ташкентская обл.), аксайский, куртинский (Алма-Атинская обл.), майкульский, акбайский (Джамбулская обл.), канинский (Киргизская АССР), мансуровский (Башкирская АССР), майкинский, эльджуртинский (Кавказско-Балкарская АССР), изербельский (Красноярский край), учалинский (Башкирская АССР) [3, 4].

К третьей группе относятся крупнозернистые граниты со средним размером зерна более 5 мм; граниты, затронутые выветриванием; гранодиориты, порфиристы:  $V=0,81—1,4$  м<sup>2</sup>/ч;  $R_n=0,41—0,5$  мм;  $R_k=5,1—7$  мм. Крупнозернистые граниты: калустинский (Кировоградская обл.), коринский (Житомирская обл.), канинский розовый (Киргизская АССР), бородинский и «Возрождение» (Ленин-

градская обл.), Шайданский (Ленинабадская обл.).

Для некоторых из перечисленных гранитов скорость термической обработки выше 1,4 м<sup>2</sup>/ч, но из-за плохого качества поверхности изготовленных из них изделий они отнесены к третьей группе. Граниты, затронутые выветриванием: капал-арасанский (Талды-Курганская обл.), мвйлисамский (Алма-Атинская обл.), джетынаринский (Кустанайская обл.), бековский, жазкентский (Семиречинская обл.), киндыктинский (Павлодарская обл.), жерновской, горловской, «Светлое» (Алтайский край), тебинский (Кемеровская обл.), «Борок» (г. Новосибирск), гранодиорит кайрактинский (Талды-Курганская обл.).

В эту же группу введены породы среднего по содержанию окиси кремния состава с довольно значительной скоростью термической обработки ( $V=1,3$  м<sup>2</sup>/ч) — абстауский (Карагайдинская обл.) и баян-аульский (Павлодарская обл.) порфиристы.

В четвертую группу сведены основные и средние породы ( $V=0,21—0,8$  м<sup>2</sup>/ч,  $R_n=0,51—2$ ,  $R_k=7,1—30$ ). Это — габбро: слипчикское (Житомирская обл.), ждановское (Ждановская обл.), каражадское (Джезказганская обл.); сyenиты: моховое (г. Красноярск), ак-уленский (Иссык-Кульская обл.); головнинский лабрадорит (Житомирская обл.). В эту же группу включен каменногор-

Таблица 1

Группа горных пород по термической разрушаемости	$V$ , м <sup>2</sup> /ч	$R_n$ , мм	$R_k$ , мм	Дополнительные операции по выравниванию поверхностей	Производительность* изготовления изделий, м <sup>2</sup> /ч		
					бортовой камень ПП	стелы (1600×400) × 1000 мм	параллелограмм (1600×400) × 1000 мм
I Кварциты	2,01—3	0,15—0,3	1—4	—	0,52	0,36	0,25
II Мелко- и среднезернистые граниты	1,41—2	0,31—0,4	4,1—5	—	0,48	0,32	0,3
III Крупнозернистые граниты; граниты, затронутые выветриванием; гранодиориты; порфиристы	0,81—1,4	0,41—0,5	5,1—7	Проходка лент	0,29	0,22	0,12
IV Основные породы, сyenиты	0,21—0,8	0,51—2	7,1—30	Проходка лент и фактурная обработка лацевых поверхностей	0,21	0,13	0,05

\* Производительность изготовления изделий наиболее распространенных типов размеров вычисляла для заготовок с припуском 4 см и коэффициента использования рабочего времени 0,7.

ский гнейсогранит, скорость обработки которого низка ( $V=0,5 \text{ м}^2/\text{ч}$ ) из-за высокого содержания биотита. При изготовлении изделий из пород четвертой группы применять термический способ обработки не рекомендуется.

С увеличением номера группы снижается скорость термической обработки и ухудшается качество поверхности изделий. Последнее происходит из-за более глубокого прогрева породы, растрескивания по границам зерен, и в конечном итоге, из-за отделения более крупных частей.

ГОСТом 23342—78 «Изделия архитектурно-строительные из природного камня. Технические условия» разрешено применение изделий, изготовленных термическим способом с шероховатостью рельефа поверхности высотой до 10 мм. Однако изучение опыта работы ряда камнеобрабатывающих предприятий Казахстана, Киргизии, Западной Сибири и Урала показывает, что такие неровности являются слишком глубокими для архитектурно-строительных изделий.

Если для оценки качества поверхно-

Таблица 4

Изделие	Марка; размер, мм	Пересчетный коэффициент
Бортовой камень	2 ГП	0,76
	3 ГП	0,51
	4 ГП	1,3
Ступень	150×300	0,85
	150×600	1,19
Накывочная плита	150×300	1,85
	150×500	1,19

стей принимать параметры  $R_a$  и  $R_z$ , то большинство предприятий при превышении  $R_a > 0,5$  мм производят фактурное бучардирование, а при  $R_z > 5$  мм — проходку лент на углах термообработанных изделий с помощью скерпелей. Таким образом, дополнительное выравнивание углов требуется для пород III и IV групп, а фактурная обработка — для пород IV группы (табл. 1).

Для расчета производительности изготовления других типоразмеров изделий можно воспользоваться пересчетным коэффициентом (табл. 2).

Таким образом, набор технологических операций и производительность изготовления изделий зависит от группы породы при обработке, которая определяется минералогическим составом, структурой и степенью выветрелости породы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев А. П., Гонимаров С. А. Термодинамические процессы в горных породах. — М.: Недра, 1983.
2. Тер-Азарян И. А., Борезовский В. Г. Эффективность обработки горных пород термическим способом. — М.: Строиниздат, 1967.
3. Физические свойства горных пород при высоких температурах / А. П. Дмитриев, Л. С. Кузнец, Ю. Н. Протасов, В. С. Ямщиков // М.: Недра, 1969.
4. Термическое разрушение крепких горных пород воздушными газоструйными инструментами / И. П. Гольдаев, Е. П. Полещиц, Н. Н. Полюв, А. П. Фурсов, Т. С. Жердев // В кн.: Новые физические методы разрушения минеральных сред. — М.: Недра, 1970.

Основная цепь аппаратов одной из технологических линий комбината состоит (см. рисунок) из сушильного барабана 1, распушительной мельницы 2, центробежного сепаратора 3, блока циклонов диаметром 800 мм грубой очистки 4, блока циклонов диаметром 650 мм тонкой очистки 5, двух вытяжных дымоходов 6 и работает следующим образом.

Высушенный каолин-сырец (до 0,7%) из сушильного барабана 1 шнеком 7 подается в распушительную мельницу 2, где каолин-сырец разбивается (распушается), крупный песок через течку 8 мельницы поступает на транспортер, который подает песок-отходы в бункер, из которого они вывозятся в отвал. Каолин вместе с мелкими песками из мельницы выносится воздушным потоком, создаваемым вытяжными вентилятора-

УДК 622.361.2+621.926.3

Н. Ф. ФЕОФАНОВ, инж., В. И. ЗУБКОВ, инж., С. Н. ФЕОФАНОВ, инж.  
(НПО «Союзнеруд»)

## Обогащение каолина с применением центробежных сепараторов

На Еленинском каолиновом комбинате на трех технологических линиях внедрена новая технология обогащения каолина с применением центробежных сепараторов, разработанных ВНИИнерудом для получения тонкодисперсных материалов.

До установки центробежных сепараторов большое количество полезного

компонента — каолина уходило в отвал вместе с песками-отходами из-за отсутствия совершенного отечественного оборудования. Кроме того, не представлялось возможным в соответствии с ГОСТ 19608—84 «Каолин обогащенный для резинотехнических и пластмассовых изделий, искусственных кож и тканей» получать каолин высших сортов КР, КРТ и П.

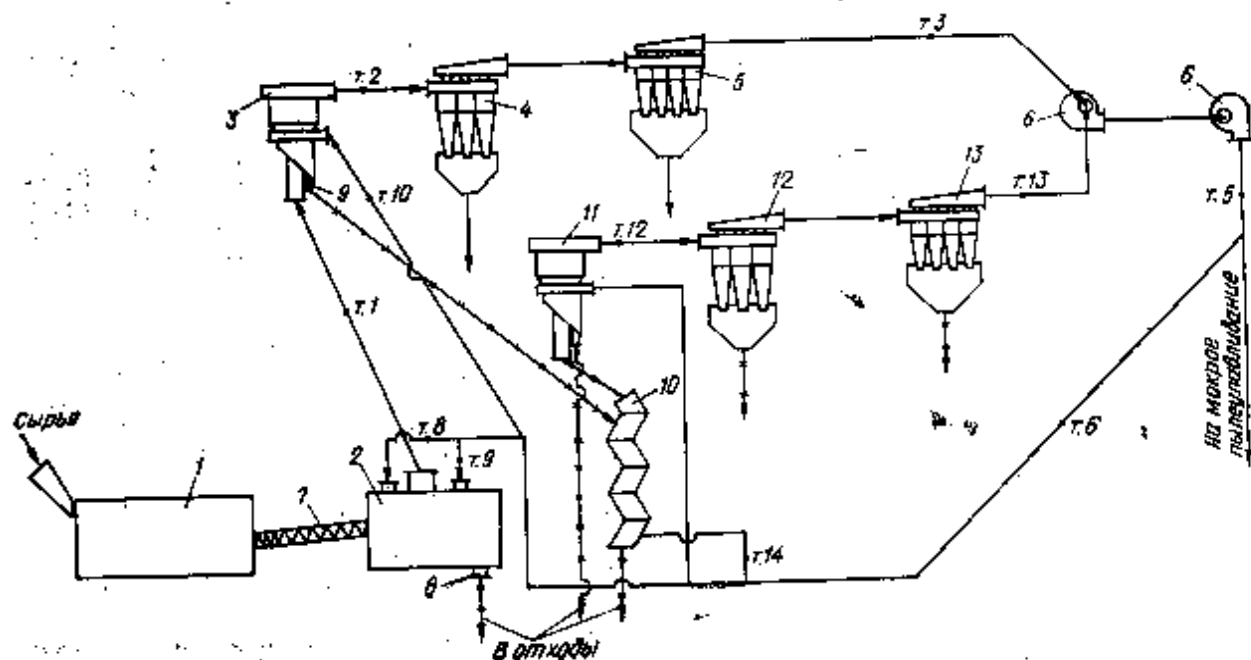


Схема цепи аппаратов основной и перекачивающей линий: 1 — сушильный барабан; 2 — распушительная мельница; 3 — центробежный сепаратор; 4 — циклон грубой очистки; 5 — циклон тонкой очистки; 6 — вытяжной вентилятор; 7 — шнек; 8 — течка; 9 — труба; 10 — сепаратор «ЗИТЗАГ»; 11 — центробежный сепаратор; 12 — циклоны грубой очистки; 13 — циклоны тонкой очистки; Г.1 — Г.14 — точки замера; —(—) — готовый продукт и отходы; — — — пылевоздушная смесь

Технико-экономические показатели	Еленинский каолиновый комбинат		Производственное объединение «Просвянкаолин»	
	до внедрения	после внедрения	до внедрения	после внедрения
Производительность технологических линий — т/ч с остатком на сетке № 014 не более 0,04%	5	7	3,5	5
« не более 0,02% не более 0,005%»	4	5,5	2,5	4,2
Расход каолина-сырца на получение одной тонны готового продукта, т	4,6	3	3,6	2,6
Расход топлива (природного газа) на 1 т каолина, кг	105,8	88,1	92,1	72,7
Расход электроэнергии на 1 т каолина, кВт	43,1	37,5	32,5	23,7

ми, в центробежном сепараторе, где крупные частицы определяются и самотехом по трубе 9 поступают в сепаратор «ЗИГ-ЗАГ» 10, а каолин в виде пылевоздушной смеси выносятся в циклоны грубой очистки, а затем циклоны тонкой очистки, где он оседает и поступает на упаковку в мешки.

Перечистная линия аппаратов технологической линии состоит из сепаратора «ЗИГ-ЗАГ» 10, центробежного сепаратора 11, группы циклонов грубой и тонкой очистки 12 и 13 и работает следующим образом. Крупные частицы на центробежного сепаратора поступают в сепаратор «ЗИГ-ЗАГ», где крупные частицы отделяются и удаляются из технологического процесса транспортером в отвал, а мелкие частицы в виде пылевоздушной смеси поступают в центробежный сепаратор для классификации. В центробежном сепараторе тонкий (готовый) продукт выделяется и уносится из него в виде пылевоздушной смеси в циклоны грубой и тонкой очистки для осаждения с последующим удалением на упаковку, а крупные частицы удаляются.

Созданная ВНИИнерудом технологическая линия по производству каолина с использованием центробежного сепаратора позволяет основной массе технологического запыленного воздуха находиться в замкнутой циркуляции, а в атмосферу удаляется не более 15% воздушного потока, находящегося в технологическом процессе, т. е. тот избыточный воздушный поток, который подсаживается в систему в местах загрузки и выгрузки материала.

Циркуляция воздушного потока происходит следующим образом. Воздушный поток, создаваемый вентиляторами, движется через распылительную мельницу, центробежный сепаратор 3, группы циклонов 4 и 5 в основной технологической линии и через сепаратор «ЗИГ-ЗАГ», центробежный сепаратор 11 и группы циклонов 12 и 13 в перечистной технологической линии.

Из вентиляторов 6, воздушный поток направляется в распылительную мельни-

цу, центробежные сепараторы 3 и 11 и сепаратор «ЗИГ-ЗАГ», создавая, таким образом, замкнутую циркуляцию технологического воздушного потока. До 15% воздушного потока направляется на обеспыливание с последующим выбросом его в атмосферу.

Аналогичным образом эксплуатируются центробежные сепараторы на фабрике сухого обогащения каолина ПО «Просвянкаолин». Эксплуатация вновь созданных технологических линий по производству каолина сухого обогащения с использованием центробежных сепараторов показала высокую эффективность их работы (см. таблицу).

Из таблицы видно, что производительность технологической линии при получении шпильных сортов каолина повысилась на 40%, расход топлива на получение 1 т каолина снизился на 20%, электроэнергии — на 15%, а расход каолина-сырца — на 30%. Кроме того, внедренные технологические линии на Еленинском комбинате и ПО «Просвянкаолин» позволяют получать каолин выс-

ших сортов, таких, как КР, КРШП в соответствии с ГОСТ 19608—84, что на ранее действующем оборудовании без резкого снижения производительности получить не представлялось возможным.

Применение новой технологии с использованием центробежного сепаратора конструкции ВНИИнеруда только при производстве каолина дало народному хозяйству значительный фактический экономический эффект только по ПО «Просвянкаолин» и Еленинскому каолиновому комбинату. Прогрессивная технология с центробежным сепаратором ВНИИнеруда внедрена и на Завальевском графитовом комбинате для получения тигельного графита также со значительным экономическим эффектом.

В 1990 г. предполагается внедрение технологических линий с применением центробежного сепаратора для производства слюды на ГОКе «Мамслюда» и на Гурьевском заводе «Труд» для производства охры.

## ВНИМАНИЮ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ, КООПЕРАТИВОВ

Если в составе Вашего предприятия организуется строительный цех или участок, Вас заинтересует информация о полимерном покрытии для щитов опалубочных систем. Оно предназначено для модификации поверхности фанеры и других древесных материалов, используемых для изготовления щитов.

**Состав покрытия — фенолформальдегидные олигомеры и отходы химических производств.**

### Технические характеристики фанеры с полимерным покрытием

Предел прочности при кратковременном статическом изгибе поперек волокон наружных слоев, МПа, не менее . . . . .	120
Поверхностная твердость, МПа, не менее . . . . .	50
Адгезия к бетону, МПа, не более . . . . .	0,06
Стойкость к воздействию переменных температур, %	100
Коэффициент объемного разбухания за 24 ч, %, не более . . . . .	4,5
Влагопоглощение за 24 ч, %, не более . . . . .	0,6
Температурный диапазон эксплуатации, °С . . . . .	от +90 до -30

Расход материала покрытия, г/м<sup>2</sup> . . . . . 150—250  
 Отверждение покрытия в сушильной камере при температуре 120°C.

Покрытие обеспечивает высокую твердость, прочность к ударным и термоциклическим воздействиям, водо- и влагостойкость, низкую адгезию к бетону, повышение оборачиваемости опалубки в 5—7 раз.

Предлагаем техническую и технологическую документацию.

Мы обеспечим Вам техническую помощь при организации производства, авторский надзор при изготовлении и монтаже технологического оборудования.

**Дополнительные сведения и условия оказания технической помощи можно запросить по адресу: 220023, Минск, ГСП, Староборисовский тракт, 13, НПО «Белстройнаука», тел. 63-51-93, 64-79-45.**



# Расширение сырьевой базы путем использования отходов

УДК 694.02.2.030.55

П. П. ГЕДЕОНОВ, канд. техн. наук, С. П. ЧЕЧУЛИН, инж. (Ижевский механический институт)

## Теплоизоляционные плиты из отходов пенополиуретана

Расширить сырьевую базу для производства местных строительных материалов можно за счет отходов пенополиуретанов, представленных в основном — интегральным, эластичным и термопластом, которых только на Ижевском заводе пластмасс накапливается ежегодно свыше 500 т.

Менее трети всего объема таких отходов перерабатывается по технологии, созданной Ижевским заводом пластмасс по данным, представленным фирмой «Байер-Хенке» (ФРГ). Остальная часть отходов захороняется, что отрицательно сказывается на экологии района и ведет к нерациональному использованию земли.

Анализ основных свойств отходов пенополиуретана показал, что, благодаря низкой теплопроводности  $\lambda=0,05...0,06$  Вт/(м·К) и малой средней плотности ( $\rho=25-140$  кг/м<sup>3</sup>), они после предварительной переработки могут быть использованы в качестве заполнителя в теплоизоляционных материалах.

Применение отходов без предварительной переработки возможно, даже более экономически выгодно, но в таком случае теплоизоляционные материалы имеют, как правило, неоднородную структуру и низкую прочность. Поэтому отходы пенополиуретана в виде «бобы-

шек» следует перерабатывать на роторном измельчителе пластмасс ИПР-150М в крошку с размерами от 5 до 10 мм. Отходы в виде «облоя» были переработаны в фибру размерами  $(5-20) \times (10-15) \times (1-5)$  мм тепловым способом на установке, разработанной в Ижевском механическом институте, а также механическим способом с помощью ножниц.

В качестве вяжущих для изготовления теплоизоляционных плит использовали портландцемент марки 400, гипс марки Г-3, Г-5, известь, а связующими — жидкое натриевое стекло  $\rho=1,3$  кг/м<sup>3</sup>, битум марки БНК 90/30.

Технология получения теплоизоляционных плит из отходов пенополиуретана на неорганических вяжущих — цементе, гипсе, жидком стекле заключается в следующем (рис. 1).

Отходы эластичного и интегрального пенополиуретанов в виде «бобышек» со склада по конвейеру подаются в приемный бункер роторного измельчителя пластмасс ИПР-150М (производительность 60—160 кг/ч), в котором они перерабатываются в крошку. Отходы в виде «облоя» на установке, разработанной в Ижевском механическом институте, перерабатываются в фибру.

Переработанные отходы дозируются на весовом дозаторе и загружаются в сме-



Рис. 2. Металлическая форма для теплоизоляционных плит

ситель принудительного действия марки СО-23Б производительностью 1,2—1,5 м<sup>3</sup> в 1 ч. Вяжущее (цемент, гипс или жидкое стекло), вода и добавки, отдозированные, загружали в смеситель. После перемешивания до получения однородной массы готовую смесь укладывают в металлические формы с внутренними размерами 1000×500×150 мм (рис. 2), разравнивают и уплотняют путем вдавливания крышки специальными винтами. При этом создается равномерно распределенная нагрузка на смесь — 0,002 МПа на 1 м<sup>2</sup>. После термообработки формы раскрывают и изделия поступают на склад готовой продукции.

В технологии изготовления плит на цементном и гипсовом вяжущих имеются незначительные различия. В первом случае в барабан смесителя сначала подается заполнитель и начинается процесс смешения. При работающем смесителе равномерно подается цемент, процесс перемешивания длится 3—5 мин. После этого в смеситель заливается вода и процесс перемешивания продолжается до получения однородной массы — 4—6 мин.

При приготовлении материала на гипсовом вяжущем перемешивание готовой смеси сокращается до 1—2 мин. Поразному проходит и тепловлажностная обработка. Формование изделий на цементе проходит пропаривание в камере (ТП-409-10-26) в течение 6 ч, а на гипсовом вяжущем — распадаблываются после 20-минутного твердения и подаются в сушильную камеру конвекторного типа. Продолжительность сушки — 4—6 ч.

Технология производства теплоизоляционных плит с наполнителем из пенополиуретана на битумном связующем заключается в следующем (рис. 3).

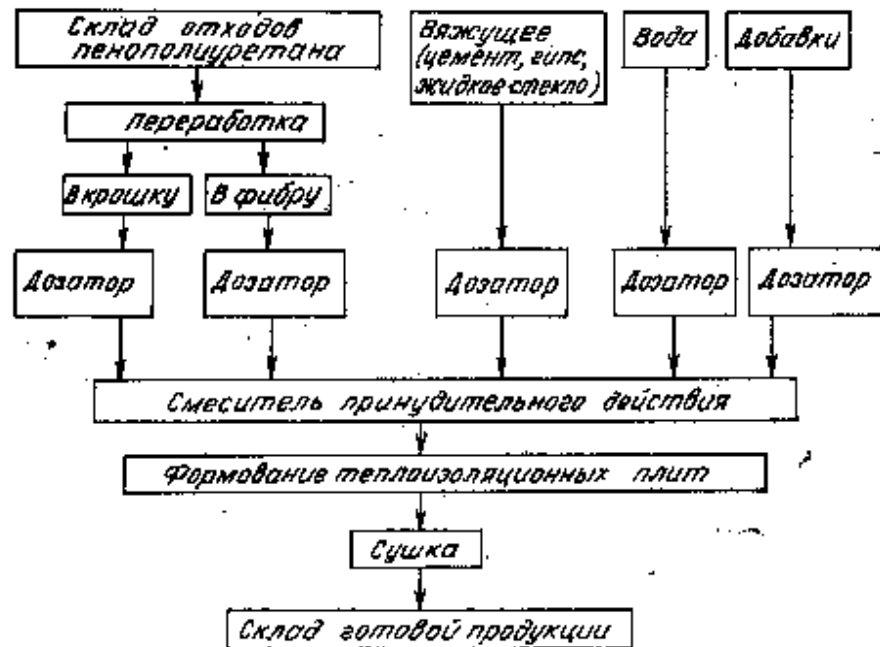


Рис. 1. Технологическая схема производства теплоизоляционных изделий из отходов пенополиуретанов

Крошка пенополиуретана дозируется на четыре равные части, фибра — па три. Битум марки СО-100А подается в машину для подогрева до температуры 130—140°C, перемешивания и дальнейшего транспортирования. Четвертая часть крошки подается в форму и разравнивается. Через форсунку машины для нанесения битума СО-122А последний наносится (1/6 часть требуемого объема) на изделие. Засыпается вторая часть объема крошки и подпрессовывается в течение 20—40 с при удельном давлении 0,001—0,003 МПа. После чего разбрызгивается очередная (шестая) часть битума, укладывается слой фибры и подпрессовывается. Таким же образом укладываются оставшиеся слои. Через 60—80 мин изделие распластывается и направляется на склад готовой продукции.

При подборе составов композиции было установлено, что, когда в качестве заполнителя использовали только одну крошку, теплоизоляционные плиты (промышленных размеров 1000×500×50 мм) были недостаточно плотны и разрушались. Поэтому в композицию ввели фибру. Это позволило значительно улучшить структуру и свойства полученного теплоизоляционного материала. Оптимальные его составы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вязущее	Состав компонентов, % по массе			
	Вязущее	Вода	Фибра	Крошка
Цемент	46	84	11	9
Известь	47	85	12	8
Гипс	48	34	10	10
Битум	56	—	20	23

На основе подобранных составов были изготовлены теплоизоляционные изделия промышленных размеров и испытаны.

Среднюю плотность определяли по ГОСТ 17.177—71. Для этого образцы размерами 100×100×50 мм высушивали до постоянной массы при нормальных условиях: температуре 20±2°C, давлении 0,098 МПа, влажности воздуха 50%. Кривые сушки образцов представлены на рис. 4. Как видно из рисунка, высушивание до постоянной массы изделий на любом из вязущих происходит на 8—9-е сутки. После этого их можно укладывать в дело. Изделия же на битумном связующем обладают постоянной массой уже сразу после изготовления.

Теплопроводность материала испытывали по ГОСТ 7076—78 во ВНИИтеплоизоляции (в г. Вильнюсе). Предел прочности при сжатии, изгибе и растяжении, а также остаточную деформацию сжатия и коэффициент возвратимости определяли по ГОСТ 17.177—71. Основные свойства теплоизоляционных изделий оптимальных составов представлены в табл. 2.

В пожарной лаборатории УПО МВД УдмАССР проведены испытания на огнестойкость по ГОСТ 16363—76 образцов теплоизоляционных изделий на различных связующих в нормальных условиях — при температуре 26°C, давлении 0,098 МПа, влажности 50% (табл. 3).

По результатам испытаний на огнестойкость теплоизоляционные изделия с

Таблица 2

Теплоизоляционные наполнители на вязущем	Средняя плотность, кг/м³	Предел прочности, МПа, при			Теплопроводность, Вт/(м·К)	Огнестойкость
		сжатии	растяжении	изгибе		
Цементном Гипсовом Жидком стекле	250—350	0,15—0,2	0,1—0,3	0,1—0,15	0,07—0,08	Трудногорючие
	250—350	0,16—0,2	0,1—0,3	0,1—0,15	0,07—0,08	
Битуме	120—250	0,06—0,08	0,1—0,3	0,1—0,15	0,06—0,07	Трудно воспламеняемые
	100—200	0,02—0,03	0,2—0,5	Образец не разрушается при любых прогибах	До 0,06	Сгораемые

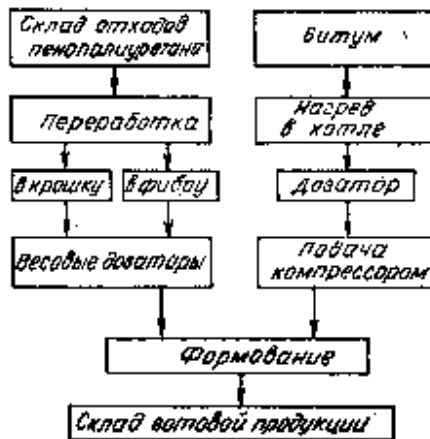


Рис. 3. Технологическая схема производства теплоизоляционных изделий на битумном связующем

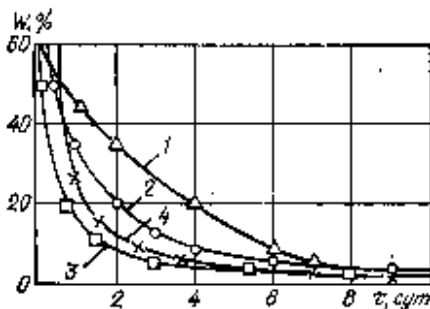


Рис. 4. Кривые сушки в естественных условиях образцов теплоизоляционных материалов на различных вязущих: 1 — на жидком стекле; 2 — цементном вязущем; 3 — известковом вязущем; 4 — гипсовом вязущем

Таблица 4

Теплоизоляционные изделия	Средняя плотность, кг/м³	Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°C)	Термическое сопротивление теплопередаче слоя материала толщиной 5 см, м²·ч·°C/ккал	Толщина слоя материала при R=0,8 м²·ч·°C/ккал, м
Плиты мягкие полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующем СНиП П-3-79*	пос. 132	0,078	0,641	0,082
	пос. 133	0,072	0,694	0,088
	пос. 134	0,05	0,833	0,048
	Минераловатные плиты жесткие на битумной основе (Кстовский завод минераловатных изделий)	214	0,082	0,807
Минераловатные плиты полужесткие на синтетической основе (Коммунарский завод строительных конструкций)	300	0,045	1,111	0,039
Теплоизоляционные плиты с заполнителем из отходов ППУ на гипсовом вязущем	250—350	0,095	0,599	0,068
	250—350	0,082	0,699	0,059
	120—250	0,07	0,714	0,056
	100—200	0,05	0,909	0,044

\* С заповидью из отходов пенополиуретана.

заполнителем из пенополиуретана на цементном и гипсовом вязущем относятся к трудногорючим. Изделия на силикатном вязущем относятся к трудно воспламеняемым (среднее значение потери массы 9,4%), а на битумном связующем — к горючим (потери массы 26,8%).

Известно, что СНиП П-3-79\* рекомендует для теплоизоляции ограждающих конструкций наружных стен, перегородок, чердачных перекрытий, перекрытий над холодными подвалами и техническими подпольями также теплоизоляционные материалы, как мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих плиты, минераловат-

ные повышенной жесткости на орга-но-фосфорном связующем и др.

По существующей классификации изделия относятся к группе СП (средней плотности) с плотностью 200—350 кг/м<sup>3</sup>, по жесткости (относительной деформации сжатия) изделия на цементном и гипсовом вяжущих относятся к группе ПЖ (повышенной жесткости), на жидком стекле — к группе Ж (жесткие), на битуме — к группе П (полужесткие). По теплопроводности изделия относятся к классу В (средней теплопроводности в пределах 0,06—0,115 Вт/(м·К).

Сравнивая теплотехнические показатели теплоизоляционных изделий, изготовленных с использованием заполнителя из отходов пенополиуретанов и традиционных теплоизоляционных материалов (табл. 4), можно сделать вывод о том, что разработанные теплоизоляционные изделия по своим свойствам удовлетворяют требованиям СНиП II-8-79\* и могут применяться наравне с выпускаемыми промышленностью.

По разработанной технологии в цехе железобетонных изделий комбината производственных предприятий Промышленно-строительного управления г. Ижевска был организован опытный участок по производству теплоизоляционных плит на основе отходов пенополиуретанов Ижевского завода пластмасс. Плиты (рис. 5) использованы на строитель-

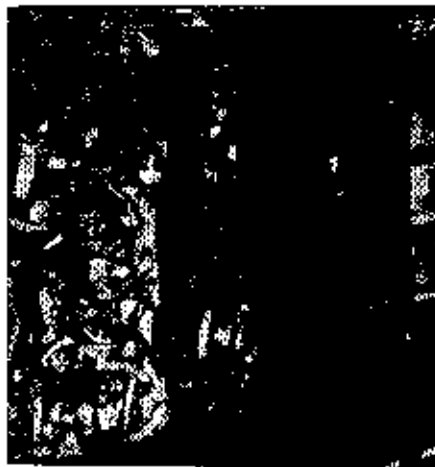


Рис. 5. Теплоизоляционные изделия опытно-промышленной партии с заполнителем из отходов пенополиуретана

стве производственного корпуса взамен традиционных минераловатных плит.

Как показывает технико-экономический расчет, если вместо применяемых в Промышленно-строительном управлении минераловатных плит использовать плиты из отходов пенополиуретанов на

цементном вяжущем, годовой эффект составит свыше 48 тыс. р., а на каждый 1 м<sup>3</sup> плиты экономия составит 24,31 р.

Экономический эффект при использовании теплоизоляционных изделий на других вяжущих — силикатном, гипсовом, битумном будет находиться в тех же пределах. Это без учета эффекта, получаемого от освобождения территорий, необходимых для захоронения отходов и улучшения состояния окружающей среды.

Промышленно-строительным управлением г. Ижевска приняты к внедрению теплоизоляционные плиты на цементном вяжущем. Есть решение Совета Министров Удмуртской АССР о создании цеха по изготовлению таких изделий и одновременно — утилизации отходов Ижевского завода пластмасс. Результаты разработки экспонировались на выставке «Ресурсосбережение-88» на ВДНХ СССР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гедесонов П. П., Чечулин С. П. Использование отходов пенополиуретанов для производства теплоизоляционных материалов. Рсф. сб. / ВНИИЭСМ. — 1988. — Вып. 10.
2. Гедесонов П. П., Чечулин П. П. Сочетание эколого-экономических факторов на примере утилизации отходов пластмасс. — Тез. докл. республ. научно-практической конф. «Человек и окружающая среда». — Изд. УдГУ. — Ижевск, 1989.

УДК 667.998.004.8.691.144

Б. С. УСТИНОВ, канд. техн. наук (Брестский политехнический институт)

## Теплоизоляционный материал из отходов картонно-рубероидного производства

На картонно-рубероидных заводах с мощностью более 130 млн. м<sup>2</sup> рубероида в год каждый ежегодно с промышленными стоками уходит более 12 т влажного шлама — сырья для получения картона, состоящего из 50—55% макулатуры, 25—30% тряпья и 15—20% древесных волокон. Одновременно с этими отходами также ежегодно образуется 10—11 т отходов битуминозных кровельных материалов (хопсов и обрывков кусков рубероида). Эти отходы являются значительным резервом сырья для производства, например, теплоизоляционных материалов.

Использование технологических отходов картонно-рубероидного производства в качестве вторичного сырья для приготовления теплоизоляционных материалов может стать одним из направлений в создании безотходных технологий на заводах. Например, измельченные битуминозные отходы можно рассматривать как связующее при изготовлении теплоизоляционных материалов [1], а влажный шлам картона — как наполнитель.

В Брестском политехническом институте (БРПИ) на основе отходов картон-

но-рубероидного производства создан теплоизоляционный материал ОРТИ-КОБ (органический теплоизоляционный) и технологическая установка для его изготовления [2].

Технологическая установка (рис. 1) состоит из емкости с рабочей камерой, загрузочного бункера и шпателя. На внутренних стенках рабочей камеры размещены выступающие за плоскость неподвижные пластинчатые ножи. На стеновой верхней крышке с внешней стороны смонтированы электродвигатели, обеспечивающие вращение рабочих режущих верхних ножей, а на внешней стороне днища емкости также находятся электродвигатели, от которых вращаются рабочие режущие нижние ножи. Верхние и нижние ножи размещены соосно один над другим.

Емкость смонтирована на опрокидывающейся платформе, которая закреплена на опорном шарнире. Горизонтальное положение емкости фиксируется на неподвижной опоре с гидродомъемником. Загрузочный бункер через отверстие связан системой трубопровода с дозиру-

ющим баком для воды. В рабочем режиме емкость переключается от загрузочного бункера вазлонкой.

В стенке емкости вмонтирован остекленный проем для фиксации уровня перемещаемой формовочной массы, которая транспортируется на карусельный конвейер.

Карусельный конвейер представляет собой многогранную раму, вращающуюся вокруг вертикальной оси. По периметру рамы смонтированы металлические перфорированные площадки, на которых установлены формы для заполнения формовочной массой из бункера-накопителя через дозатор. Над формой (на второй позиции после заполнения формы массой) находится виброплощадка. Порция строительной массы заливается в форму выше ее бортов на 10—15 мм с учетом последующего прессования и осадки массы. Поверхность последней выравнивают рейкой. Карусельный конвейер поворачивается на 90° и перемещает заалленную форму под виброустройство. В процессе вибрации масса заполняет форму, а вытесняемая вода через перфорации в площадке стекает в

водосборное корыто, находящееся под конвейером, отводится на очистку и подается в оборотный цикл.

Отформованные плиты на поддонах подаются на стол приема, затем загружаются на транспортные средства и ложатся в сушильную камеру для термической обработки.

Чтобы не было коробления изделий в процессе сорбционного улаживания при эксплуатации, их пропускают через увлажнительные камеры до достижения ими равновесной влажности — 6—10%. Затем изделия поступают на склад. Размеры изделий 1000×500×60—70 мм. У конечного поста ярусельного конвейера установлен стол приема для отформованных изделий, связанный с транспортным средством.

Формовочную массу для изготовления изделий ОРГТИКОБ получают следующим образом. Через загрузочный бункер в рабочую камеру подают отходы рубероида. Одновременно через отверстия в загрузочном бункере дозирруется вода. Объем отходов фиксируется по отметке смотрового проема — по поднятому уровню воды. При загрузке емкости заслонка бункера должна быть открыта (поднятое положение). Для равномерного распределения загружаемых отходов в рабочей камере на малых оборотах включаются нижние электродвигатели. Рабочие нижние ножи приводят в движение кровельные материалы в воде, не давая им осесть на дно. После загрузки камеры водой и отходами (например, в соотношении 9:1) заслонку опускают, переключая рабочую камеру от загрузочного бункера. Включают все электродвигатели, увеличивая по требуемому рабочему режиму обороты нижних и верхних ножей. Причем последние могут вращаться в различных направлениях. За счет центробежных сил смесь воды с отходами рубероида вращается в рабочей камере, ударяясь потоками о неподвижные пластинчатые ножи.

Отходы кровельных материалов измельчаются и превращаются в пастообразную массу. Время измельчения определяется опытным путем. Скорость вращения верхних и нижних режущих ножей постепенно уменьшают с полной остановкой верхней пары. А нижние ножи работают на малых оборотах. При этом режиме работы поднимается заслонка и через бункер в рабочую камеру дробилки (соблюдая соотношение воды и отходов по массе и контролируя уровень смеси по отметке смотрового проема) загружают мокрый шлам картонного производства, антисептик и антипирен. Заслонка опускается, включаются все электродвигатели и ножи, вращаясь, перемешивают строительную массу. Затем снова останавливают верхние ножи, и на самых малых оборотах нижних ножей перемешанная масса через питатель выгружается из рабочей камеры в бункер-накопитель. Чтобы формовочная масса в бункере-накопителе не расслаивалась, ее периодически перемешивают лопастной мешалкой. Разомольная емкость снова приводится в горизонтальное положение и операции повторяются.

Чтобы плиты ОРГТИКОБ получались однородной структуры, отходы кровельного материала должны быть без крупных включений, кусков камней, бетона,

раствора и др. В заводских условиях для этого обрезки и куски рубероида и пергамин сортируют и складывают в емкости-накопители, которые в момент их заполнения доставляют грузоподъемными средствами к измельчителю. Емкости с кровельными отходами выгружают механически разгрузчиком на ленточный конвейер, который подает отходы в загрузочный бункер измельчителя. Шлам картона как один из компонентов формовочной массы влажностью 90—95% разгрузчиком выгружают из отстойников и доставляют в цех, где готовят плиты ОРГТИКОБ, и выгружают в бункер-накопитель с ячейковым питателем. А из бункера-накопителя шлам подают в измельчитель шнековым конвейером.

Основными компонентами формовочной массы для получения материала ОРГТИКОБ являются битуминозные отходы (рубероид, пергамин), целлюлоза (макулатура, тряпье, древесные воло-

ка) и добавки — антисептик и антипирен.

Отходы битуминозных материалов состоят из целлюлозы, битума и минеральных наполнителей. В качестве последних использовали асбест, в качестве антисептика — фтористый натрий, например, а антипиреном служила средняя аммонийная соль ортофосфорной кислоты.

В результате интенсивного пережевывания битуминозных отходов и волокнистой массы целлюлозы на поверхности волокон осаждаются частички битума, служащие связующей основой изготавливаемых изделий. В процессе тепловой обработки последних битум расплавляется, пронизывает волокнистую основу строительной массы и обволакивает частички, склеивая их между собой.

Тепловая обработка изделий из материала ОРГТИКОБ осуществляется по следующему режиму, т: удаление основной массы воды при температуре 200—220°C — 5—6; сушка до полного удале-

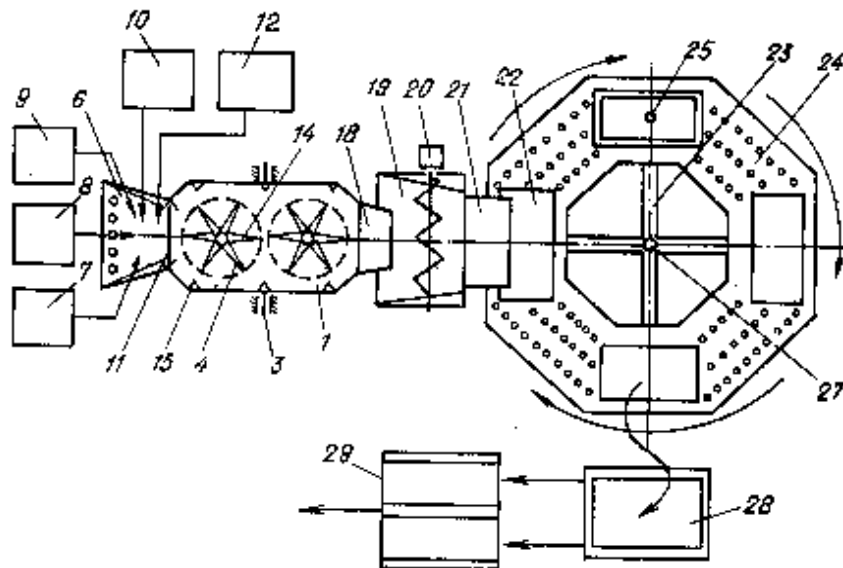
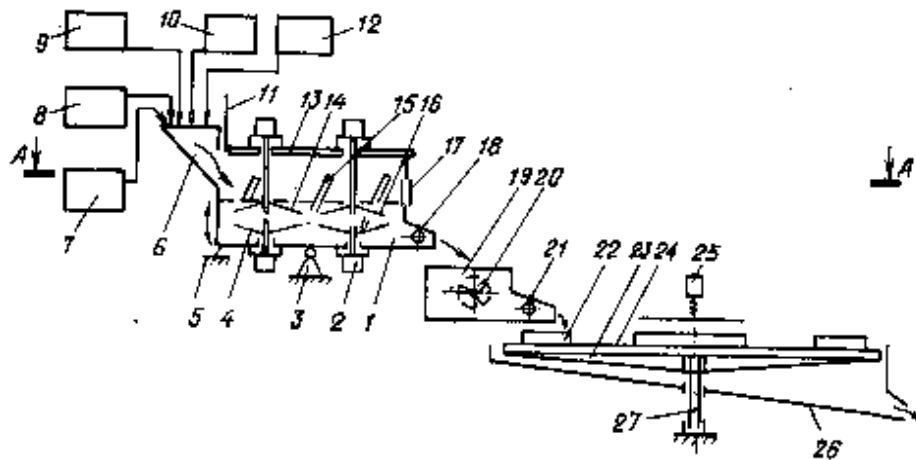


Рис. 1. Технологическая схема производства теплоизоляционного материала ОРГТИКОБ  
1 — рабочая камера; 2 — электродвигатель; 3 — осевой шарнир; 4 — нижние режущие ножи; 5 — опора с гидродвигателем; 6 — загрузочный бункер; 7 — емкость с отходами рубероида; 8 — дозировочный бак для воды; 9 — емкость со шламом картона; 10 — емкость для антисептика; 11 — заслонка; 12 — емкость для антипирена; 13 — стемная крышка дробилки; 14 — верхние режущие ножи; 15 — пластинчатые неподвижные ножи; 16 — строительная масса; 17 — остекленный проем; 18 — питатель; 19 — бункер-накопитель; 20 — лопастная мешалка; 21 — дозатор; 22 — форма; 23 — вращающаяся рама; 24 — перфорированная площадка; 25 — андролоциалка; 26 — водосборное корыто; 27 — вертикальная ось; 28 — приемный стол; 29 — транспортное средство

Составляющие формовочной массы	Содержание компонента, % по массе в составе		
	1	2	3
Целлюлоза — отходы картонно-рубероидно- го производства	63	58	73
Отходы битумно- вых рулонных кро- вельных материалов	30	26	23
Фтористый натрий	1	1,5	2
Антисептик	6	4,5	3

ния влаги при температуре 160—180°C — 4—6; расплавление битума при 160—180°C — 4—5; охлаждение до 30°C — 1—1,5.

Состав массы для получения теплоизоляционного материала ОРТИКОБ приведен в таблице.

По своим свойствам материал ОРТИКОБ (рис. 2) отвечает основным требованиям, предъявляемым, например, к теплоизоляционным древесно-волокнистым плитам, а по гидрофобности и водопоглощению имеет лучшие показатели. Физико-механические характеристики материала следующие: средняя плотность — 220—250 кг/м<sup>3</sup>; теплопроводность — 0,065—0,08 Вт/(м·°C); предел прочности при изгибе — 1,1—1,3 МПа; водопоглощение — 12—15%; морозостойкость — 25 циклов.

Материал трудновоспламеняем. Температура применения — от -50 до +100°C.

Свойства материала ОРТИКОБ зависят от содержания размельченных битуминозных отходов в массе: чем их больше, тем выше прочность и ниже водопоглощение.

Гидрофобность материалу придает битум, он препятствует поглощению влаги. Поэтому при изготовлении ОРТИКОБ не нужно дополнительно вводить в строительную массу гидрофобизаторы. Присутствие битума предохраняет материал также от гниения.

Из 1 т битуминозных кровельных отходов можно получить более 2 м<sup>3</sup> размельченной массы в качестве связующего, а из 1 т шлама картона — 3—3,5 м<sup>3</sup> полочниковой массы наполнителя. Таким образом, на картонно-рубероидных заво-

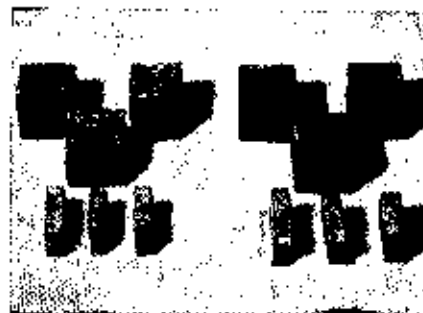


Рис. 2. Образцы теплоизоляционного материала ОРТИКОБ  
1, 2 — составы формовочной массы; 1 — слева; 2 — справа

дах с годовой производительностью более 180 млн. м<sup>3</sup> рубероида (Осиновском, Луцком, Павлодарском и др.) можно производить дополнительно к основной продукции от 65 до 65 м<sup>3</sup> теплоизоляционных изделий в сутки с экономическим эффектом от их реализации 650—700 тыс. р. в год.

Для изготовления 1—1,5 т изоляционного материала ОРТИКОБ необходимо 15—20 т воды. Причем формовочную массу можно замешивать на сточной воде от производства картона. Это позволяет сократить ежесуточный сброс в естественные водоемы более чем 1100—1400 м<sup>3</sup> загрязненных стоков.

Технологическая установка по производству изделий ОРТИКОБ несложная. Дробилка, например, с объемом рабочей камеры 1,5—2 м<sup>3</sup> может быть изготовлена непосредственно на предприятии. Производительность такой дробилки — 2—3 м<sup>3</sup> формовочной массы в 1 ч, что обеспечит переработку суточного объема кровельных отходов. Карусельные прессы широко применяются при производстве торфяных плит. Таким образом, изготовление и наладка этих технологических установок не потребует больших капитальных затрат.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устинов Б. С. Теплоизоляционные материалы из отходов картоно-рубероидного производства // Строит. материалы, 1988, № 7.
2. А. с. № 148367 СССР. Установка для изготовления строительных материалов, преимущественно кровельных отходов / Б. С. Устинов (СССР) // Открытия. Изобретения. — 1989, — № 21.

УДК 688.973.2+66.016.842

Г. Ю. ЧЕРНЯВСКИЙ, управляющий трестом «Карагандауглестрой», В. О. БЛЮМ, главный инженер треста, И. С. ЧИЖ, начальник Центральной строительной лаборатории

## Производство шлакощелочного бетона

С целью поиска заменителей традиционных вяжущих для производства бетонов и растворов в тресте «Карагандауглестрой» исследована возможность применения шлакощелочных вяжущих для этих целей. Вяжущее получают путем размельчения гранулированного доменного, сталеплавильного или другого шлака и затворения его водным раствором щелочных металлов.

Страна располагает миллионами тонн доменных, электротермофосфорных и других шлаков, которые могли бы стать сырьем для производства высокопрочных шлакощелочных вяжущих, и заменить десятки миллионов тонн портландцемента.

В качестве соединений щелочных металлов используются технические продукты — сода, растворимые щелочные силикаты, щелочесодержащие отходы производства, которые выводятся из технологического процесса в виде щелочных растворов различной концентрации.

На Заводе железобетонных изделий

треста «Карагандауглестрой» организован участок по изготовлению бесцементных шлакощелочных бетонов и формовочных изделий из них. С этой целью реконструирован бетонорастворный узел на выпуск только бесцементных бетонов.

Производство шлакощелочного бетона включает в себя крытый склад для хранения молотого шлака, емкость-накопитель для щелочи, емкость для ее растворения, т. е. дозедения до требуемой концентрации, и дозатор. Инертный заполнитель (песок и щебень) ленточным конвейером загружается в весовой дозатор, туда же по цементопроводу поступает молотый шлак. Щелочь подается специальным насосом.

Отдозированные компоненты бетонной смеси загружаются в лопастный бетономеситель принудительного действия в определенной последовательности: песок, молотый шлак, щебень. Щелочь равномерно вливается в процессе перемешивания.

Активность шлакощелочного бетона

зависит от тонкости помола шлака и концентрации щелочи и в определенных пределах увеличивается с ростом этих показателей. Применяется молотый шлак с удельной поверхностью до 3000 см<sup>2</sup>/г. При хранении он практически не теряет своей активности, но способен поглощать влагу и слеживаться. Не допускается попадание посторонних примесей в емкости и транспортные средства.

При изготовлении шлакощелочного бетона приходится постоянно корректировать состав бетонной смеси с учетом влажности заполнителей, так как вода снижает концентрацию щелочи, а следовательно, и прочность бетона.

В настоящее время Завод железобетонных изделий работает на электротермофосфорном шлаке Каратау-Джамбулского фосфорного комбината, а в качестве щелочного компонента применяется жидкий каустик павлодарского завода «Красный каустик». Установлено, что прочность шлакощелочного бетона растет при увеличении концентрации щелочи до 25%. Свыше этой концентрации происходит пресыщение щелочью шлака и начинается падение прочности бетона. Максимальная марка бетона, которой удалось достичь — М 600.

В результате поиска других щелочесодержащих компонентов опробован отход производства Уральского алюминиевого завода, который в своем составе содержит до 70% сульфата натрия и до 20% —

карбоната натрия. Первые результаты экспериментального исследования обнадеживают.

Изделия из шлакощелочного бетона формируют как с немедленной распалубкой, так и в сборно-разборных металлических формах. Для снижения адгезии металла к бетону применяют в основном обработанное масло. Бетонная смесь заполняет формы и процессе вибрации ее на вибростоле. Продолжительность виброуплотнения зависит от типа и размеров конструкции и должна быть не менее удвоенного показателя по удобоукладываемости бетонной смеси.

Основными признаками, свидетельствующими, что требуемое уплотнение уже достигнуто, являются прокрашивание осадка бетона, заполнение всех углов формы, гладкая поверхность смеси.

Термообработка изделий из шлакощелочного бетона осуществляется в пропарочных камерах явного типа при температуре изотермического прогрева  $85 \pm 5^\circ\text{C}$ . Оптимальная предварительная выдержка и подъем температуры составляет 3—4 ч, изотермический прогрев 6 ч, охлаждение изделий до температуры  $30—40^\circ\text{C}$  — 2—3 ч. При подборе бетонной смеси следует учитывать, что изделия после тепловой обработки набирают 90—95% проектной прочности.

Нормативная прочность изделий из шлакощелочного бетона пока ограничена. В соответствии с техническими условиями изготавливаются шахтная затяжка, шахтные водосточные лотки, фундаментные блоки подвалов жилых и промышленных зданий, крышки смотровых колодцев и др. В дальнейшем области применения шлакощелочного бетона будут расширены.

Заводом железобетонных изделий треста «Карагапдаульстрой» с сентября прошлого года по настоящее время выпущено 2500 м<sup>3</sup> сборного железобетона. Анализ специальных свойств этого железобетона показал, что шлакощелочное вяжущее обладает высокими механической прочностью, адгезионными свойствами по отношению к заполнителям. Это делает их пригодными для получения высокопрочных бетонов. Сроки схватывания несколько короче, чем у бетонов на портландцементе. Их можно регулировать, варьируя водовязущие отношения, содержание щелочного компонента.

Бетоны интенсивно твердеют в раннем возрасте, что характерно для получения быстротвердеющих бетонов.

Плотная структура, малая растворимость новообразований, замкнутая пористость определяют водонепроницаемость, водостойкость, морозостойкость шлакощелочного бетона. Стойкость в коррозионных средах, в первую очередь в условиях магnezальной и сульфатной агрессии, в водах с низкой гидрокарбонатной жесткостью и других делает полученные бетоны коррозионно-стойкими.

Экономическая эффективность шлакощелочных бетонов по сравнению с портландцементными очевидна, так как сырьем для них в основном служат местные продукты и отходы производства. Стоимость шлаков и щелочных продуктов незначительна, а изготавливаемые из них бетоны и железобетонные конструкции долговечны, для их обработки требуется меньшее количество тепла, электроэнергии, чем на производство бетонов из портландцемента.

# ИЩЕМ ПАРТНЕРОВ

## ОЭП Минского НИИСтройматериалов

### ПРЕДЛАГАЕТ

**ИЗНОСОСТОЙКИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КЕРНЫ**  
для производства пустотелого глиняного кирпича.

Керны обеспечивают выпуск 1,1—1,6 млн. шт. усл. кирпича при максимальном износе 0,6 мм на сторону.

Поставляются отдельными комплектами и в сборе с кернодержателями и мундштуками.

Могут изготавливаться любых размеров и конфигурации по чертежам заказчика.

Ориентировочная стоимость комплекта кернов — 20—30 р., а в сборе с кернодержателем и мундштуком — 300—500 р.

Централизованная поставка износостойких кернов и оснастки освобождает керамические предприятия от забот по их изготовлению.

Экономический эффект от использования каждого комплекта оснастки составляет 1—1,5 тыс. р.

Позволяет высвободить в системе промышленности строительных материалов более 100 рабочих, занятых кустарным изготовлением оснастки на заводах.

Оплата предварительная на р/с № 581607 в Центральном отделении ПСБ г. Минска, НИИСМ.

**ЗАЯВКИ НАПРАВЛЯТЬ по адресу:**  
220600, г. Минск, ул. Минина, 23,  
НИИСМ, телефон 25-49-43.

УДК 686.8—492.2.039.215.4.002.8

В. В. СЫЧЕНКОВ, канд. техн. наук, А. И. ПОЛУХИН, инж. (НПО «Союзнеруд»)

## Экспресс-анализатор дисперсного состава порошкообразных материалов ЭИП-Ит

Резкий подъем производства и потребления порошкообразных материалов на современном этапе обусловлен тем, что они обладают гораздо более активными физико-механическими свойствами, чем неизмельченные материалы, что, в свою очередь, позволяет получать изделия с улучшенными технологическими свойствами и более высоким качеством. Таким образом, качество изделий, выпускаемых на основе порошкообразных материалов, в значительной степени определяется степенью их помола.

Одной из важнейших характеристик порошкообразных материалов, в значительной степени определяющей их физико-механические свойства, технологические качества и область практического использования, является дисперсный состав. Реальнее в природе высокодисперсных материалов, способах их получения и требованиях к размерам частиц, дж-тукемых технологий производства и потребления, предопределили создание разнообразных методов дисперсного анализа. В настоящее время известно более 160 методов и их модификаций, применяемых для анализа дисперсности [1, 2, 3, 4]. Ни один из них не является универсальным, каждый дает определенную информацию о дисперсности и имеет свою предпочтительную область применения.

Способы контроля дисперсности подразделяются на две большие группы: интегральные и дифференциальные. К интегральным относятся методы, которые дают информацию об усредненных статистических параметрах, характеризующих дисперсную фазу исследуемого материала в целом. Дифференциальные методы представляют информацию об определяющих параметрах каждой отдельной частицы дисперсной фазы. Измерительные преобразователи приборов, построенных на принципе дифференциальных методов, обычно выполнены так, чтобы каждая частица в отдельности поступала в зону преобразования. Интегральные методы подразделяются на селективные и глобальные: селективные основаны на различных способах классификации; глобальные — на использовании параметров, характеризующих порошковый материал в целом, например, средний размер, удельную поверхность и т. д.

Наибольшую известность среди указанных методов получили ставшие уже классическими ситовой, седиментационный и микроскопический методы. Однако широкое распространение в промышленности данных методов сдерживается

присущими им недостатками, обусловленными высокой трудоемкостью, большой длительностью анализа и невысокой точностью. Поэтому совершенствование указанных методов дисперсного анализа в части повышения точности и снижения трудоемкости актуально и в основном направлено по пути их автоматизации.

В этом направлении известны успешные разработки ряда зарубежных фирм: приборы серии «Analyzette», выпускаемые фирмой «Pritsch» (ФРГ), серия «SKC-2000», выпускаемые фирмой «Seisip» (Япония), «Sedigraph» фирмы «Microperitics» (США), основанные на седиментационном методе; приборы типа «Madigan» фирмы «Gof's Lofb» (Англия), фирмы «Nicol» (Япония), основанные на микроскопическом методе и приборы типа «RPS-75» фирмы «Seisip» (Япония), основанные на ситовом методе и т. д. Кроме того, широкое распространение за рубежом и в СССР получил новый кондуктометрический метод, известный как метод «Коултера» [5].

Многообразие методов и приборов дисперсного анализа, появившихся в последнее время в различных странах, привело к резким противоречиям в оценке качества порошкообразных материалов. Это обусловлено тем, что различные методы дисперсного анализа дают, как это было отмечено ранее, различные характеристики о дисперсном составе одного и того же материала. Проведенные авторами совместно с фирмой «Лохъ» исследования большинства существующих методов дисперсного анализа показали, что результаты анализа при определении дис-

персного состава одного и того же материала различными методами носят несопоставимый характер (рис. 1).

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

Многообразие методов и приборов дисперсного анализа, появившееся в последнее время в мире, не является гарантией качества выпускаемых порошкообразных материалов.

— В настоящее время не существует унифицированного метода дисперсного анализа, который можно было бы рекомендовать для всего многообразия порошкообразных материалов, выпускаемых промышленностью.

— Наиболее важной задачей на современном этапе в области дисперсного анализа порошкообразных материалов является разработка метрологического обеспечения, т. е. разработка и принятие единых международных концепций по определению точностных параметров применяемых методов дисперсного анализа.

Таким образом, основной задачей на современном этапе применительно к дисперсному анализу, по мнению авторов, является выработка критерия для оценки порошкообразных материалов по совокупности параметров, позволяющего достигать требуемую точность.

Так как порошкообразный материал является многопараметрическим объектом, характеристики которого зависят от материала и технологии его получения, то для оценки частиц применяют различные параметры (минимальный или максимальный размер, диаметр «Мартина» или «Фере», среднеквадратичный или среднегеометрический линейные размеры, аэродинамический или седиментационный радиусы и др.).

Одним из путей достижения достоверности и воспроизводимости результатов измерений при определении размеров частиц является калибровка по эталонным дисперсным средам. Создание эталонов сводится к разработке технологий получения порошков, близких к многодисперсным, частицы которых имеют одинаковую форму. Имея набор таких порошков к закону распределения определенности признака, можно осуществлять калибровку анализаторов дисперсности.

В процессе исследований, проводимых в период с 1980 по 1987 гг., была сделана попытка решения данной проблемы. Авторами впервые предложен новый способ измерения дисперсного состава, а также разработано его метрологическое обеспечение. В основу предложенного способа измерения дисперсного состава положен принцип электропротектизации

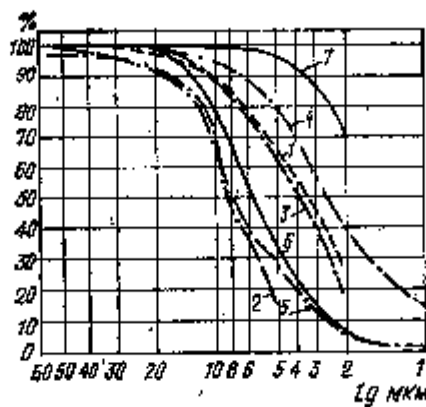


Рис. 1. Результаты испытаний различных методов дисперсного анализа  
1 — ситовка ЛМОТ; 2 — микроскопический метод; 3 — прибор ЭИП-Ит; 4 — седиментационный метод (США); 5 — кондуктометр-715 (Франция); 6 — анализетт-20 (ФРГ); 7 — Мадиган-2 (Англия)

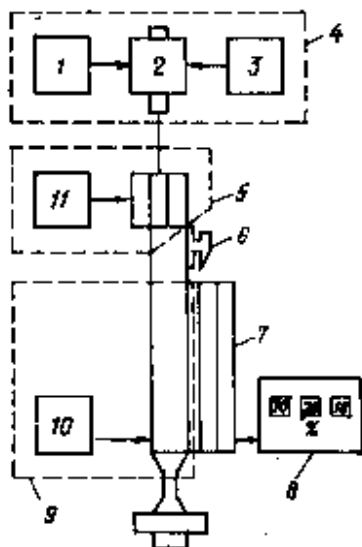


Рис. 2. Функциональная схема электропреципитационного способа измерения дисперсности: 1 — преобразователь; 2 — воздуходувка; 3 — генератор; 4 — диспергатор; 5 — зарядное устройство; 6 — электростатический фильтр; 7 — считывающее устройство; 8 — блок обработки информации; 9 — осадительный конденсатор; 10, 11 — высоковольтные источники питания

[6, 7]. Сущность способа заключается в сообщении частицами анализируемого порошка в поле коронного разряда высокоинтенсивных зарядов, пропорошковых их поверхности, с последующим их разделением в электростатическом поле на фракции. Измерение совокупных зарядов фракций частиц позволяет определить дисперсный состав анализируемого порошкообразного материала. Способ запатентован в США, во Франции и в Финляндии [8, 9, 10].

Разработанный прибор, в основу которого положен новый способ, предназначен для измерения дисперсного состава порошкообразных материалов в диапазоне размеров частиц от 0,5 до 63 мкм. время измерения одной пробы не превышает 3 мин. Функциональная схема, поясняющая принцип работы предложенного способа, и внешний вид разработанного устройства представлены на рис. 2 и 3.

Сравнительные испытания предложенного метода с седиментационным методом, проведенные на различных материалах, форма частиц которых близка к сферической, представлены на рис. 4. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о хорошей сходности результатов дисперсного анализа седиментационного и предложенного методов.

С целью обеспечения единства измерений дисперсного состава при оценке качества порошкообразных материалов средствами, основанными на электропреципитационном методе, авторами была разработана локальная проверочная схема передачи точности (рис. 5).

В основу разработанной схемы положен принцип точности от отраслевого стандартного образца размера частиц дисперсных материалов, выступающего в качестве образцового средства измерений первого разряда, через средства измерений второго разряда к рабочим средствам измерений. Для реализации созданной поверочной схемы авторами были разработаны отраслевой стандартный об-



Рис. 3. Электронный измеритель дисперсности порошков ЗИП-117

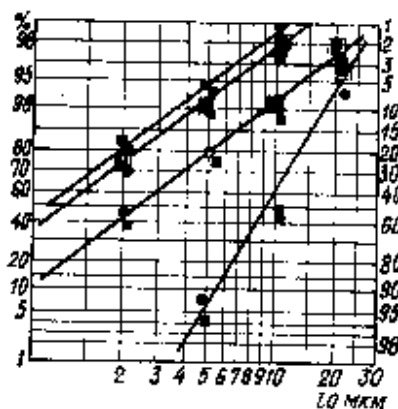


Рис. 4. Сравнительные испытания электропреципитационного метода и седиментационного: ■ — прибор ЗИП-117; ● — седиментационный метод



Рис. 5. Схема передачи точности

разец размера частиц дисперсных материалов ОСОЧ-18-86 первого разряда, образцовый прибор ЗИП-11-0 и отраслевой стандартный образец II разряда. Соотношение пределов допускаемых погрешностей стандартного образца I разряда и образцового прибора 1:2, образцового прибора к стандартному образцу II разряда 1:2, стандартного образца II разряда и рабочих средств измерений 1:2.

Стандартный образец ОСОЧ-18-86 выполнен в виде набора, состоящего из трех стандартных образцов. Каждый стандартный образец, входящий в набор, представляет собой полидисперсную порошкообразную систему в диапазоне размеров частиц от 0,5 до 63 мкм и имеет строго установленный дисперсный состав. Дисперсный состав стандартных образцов является постоянным во времени и выбран таким образом, что перекрывает диапазон измерений разработанных средств.

Для создания стандартных образцов, входящих в набор, были предложены специальные технологии и методы анализа, позволяющие получать полидисперсные порошкообразные материалы с заранее заданным дисперсным составом. В технологическую схему получения стандартных полидисперсных порошкообразных образцов входит: шаровая мельница, струйная мельница, четырехбатарейный циклон, рукавный фильтр в системе воздухопроводов. Измельченные порошкообразные материалы для образца № 1 отбираются после шаровой мельницы, для образца № 2 отбор производится после струйной мельницы и для образца № 3 — после рукавного фильтра. В основу метода анализа дисперсного состава полидисперсных стандартных мер положен микроскопический метод, позволяющий, по мнению авторов, наиболее достоверно судить о дисперсном составе порошкообразных материалов.

Образцовый прибор ЗИП-11-0 представляет собой модификацию прибора, основанного на электропреципитационном методе высокого уровня точности. Это единственное, по мнению авторов, из существующих в мировой практике средств, позволяющее получать информацию о дисперсном составе порошкообразных материалов двумя считывающими устройствами — электронным и оптическим, что позволяет добиться высокой достоверности и точности результата анализа. Прибор ЗИП-11-0 предназначен для оценки дисперсного состава полидисперсных образцовых мер II разряда, представляющих собой эквиваленты ОСОЧ-18-86 и также состоящих из трех стандартных мер.

Разработанный НИО «Союзэнерд» прибор для измерения дисперсного состава порошков ЗИП-117 внедрен на различных предприятиях б. Минстрояматериалов СССР, Минудобрений, Миллэдрама и других министерств и ведомств со значительным экономическим эффектом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходаков Г. С. Физика замельчения. — М.: Наука, 1972.
2. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и замельченных материалов. — Л.: Химия, 1967.
3. Ходаков Г. С. Основные методы дисперсного анализа порошков. — М.: Химия, 1966.
4. Мяздриков О. А. Дифференциальные



5. Рябляков Ф. М. Кондуктометрический метод дисперсного анализа. — Л.: Химия, 1970.
6. Велов В. И. Флюидизационно-электролитическая классификация товокомелерных материалов. — М.: Недра, 1977.
7. Green H. Lane W. Particulate clouds: dusts, smokes and mists. — London, 1964.
8. Патент 4.546.849 США, GC 601 № 27/62. Устройство для измерения грансостава порошкообразных материалов / Л. И. Калакутский, В. В. Сычевский, Л. В. Власов, А. В. Дубровский (СССР). — 470.956; Заявлено 01.03.83; Опубл. 03.12.83.
9. Патент 2542091 Франция, G 01 № 27/60, 16/00. Устройство для измерения грансостава порошкообразных материалов / Л. И. Калакутский, В. В. Сычевский, В. В. Власов, А. В. Дубровский (СССР). — № 8303482; Заявлено 02.03.83; Опубл. 07.09.84.
10. Патент 74361 Финляндия, G 01 № 15/02. Устройство для измерения грансостава порошкообразных материалов / Л. И. Калакутский, В. В. Сычевский, В. В. Власов, А. В. Дубровский (СССР). — № 830600; Заявлено 23.02.83; Опубл. 11.01.88.

## Новые книги Стройиздата

Строкин И. И., Поляков П. Е. Интенсификация производства в промышленности строительных материалов. — М.: Стройиздат, 1989. — 268 с.; ил. — 95 к.

Рассмотрены пути интенсификации производства на основе эффективного использования производственных ресурсов, повышения производительности труда, снижения материальных затрат, внедрения методов материального стимулирования, улучшения организации управления трудом. Изложен ряд организационных мер, способствующих ускорению научно-технического прогресса в отрасли.

Книга предназначена для инженерно-технических работников промышленности строительных материалов.

Сычев Ю. И., Барлин Ю. Я. Распиловка камня: Учеб. для проф.-техн. училищ. — М.: Стройиздат, 1989. — 18 л.; ил. — 60 к.

Освещено резанье техники и технологии обработки природного камня. Дана характеристика основных камнеобрабатывающих предприятий в СССР. Рассмотрены вопросы охраны и организации труда, технология распиловки камня, основные положения механизации и автоматизации процесса распиловки. Приведены классификация, характеристика и конструкции камнераспиловочных станков и режущего инструмента. Уделено внимание мероприятиям по предупреждению брака, росту производительности труда, повышению качества и снижению материалоемкости продукции.

Книга предназначена для учащихся профессионально-технических училищ, а также профессионального обучения рабочих на производстве.

Г. А. КАРТАШОВ, инж. (НПО «Росавтоматстром»)

## Система безопасности тепловых агрегатов

В НПО «Росавтоматстром» подготовлено производство систем безопасности тепловых агрегатов, служащих для замены существующих повсеместно на заводах строительных материалов контактных систем того же назначения.

Как известно, системы безопасности тепловых агрегатов, в том числе многоконтурных: туннельных печей, роликовых линий, башенных распылительных сушилок и т. д. предназначены для подачи сигнала на устройства звуковой и световой сигнализации, а также управления механизмами отсечки газа при отклонении параметров технологического процесса (температура, давление, расход и т. д.) от заданных, возможно допустимых значений. Существующие контактные системы безопасности ненадежны в эксплуатации, особенно в условиях запыленности производства строительных материалов и работы системы в ждущем режиме, т. е. когда контакты реле очень редко переключаются.

Созданная в НПО «Росавтоматстром» система безопасности разработана на базе современной высоконадежной элементной базы с расширением функциональных возможностей.

Система обеспечивает контроль параметров тепловых агрегатов в автоматическом режиме с выполнением следующих функций: подача сигнала на механизм отсечки газа с регулируемой выдержкой времени при поступлении сигнала  $\pm 24$  В на один из первых шести входов; подача сигнала в схему звуковой сигнализации при поступлении соответствующих сигналов на один из любых шестнадцати каналов; защита от коротких замыканий в цепях нагрузки; питание датчика контроля параметра.

Система обеспечивает в ручном режиме выполнение следующих функций: контроль работоспособности схемы; установка выдержки времени на отсечку газа; сброс выходного сигнала на отсечку газа.

Система сохраняет работоспособность при непрерывной круглосуточной работе. Ниже приводятся электрические параметры системы.

Количество входов	16
Входное сопротивление каждого из входов, Ом	не менее 500
Питание от сети переменного тока напряжением, В	220
Потребляемая мощность, Вт	не более 10
Количество выходов	2
Нагрузочные способности выходных каналов напряжением 220 В, А	3
Средний ресурс системы, лет	не менее 5000
Средний срок службы, лет	не менее 5
Габаритные размеры конструкции, мм	144×170×262
Масса блока, кг	2,5

Система безопасности тепловых агрегатов состоит из следующих основных составляющих: платы индикации, включающей в себя элементы индикации каждого из 16-ти контролируемых параметров и устройств проверки работоспособности системы в целом; модуля

выходных сигналов, содержащего узлы формирования входных сигналов, устройство защиты выходных ключей от коротких замыканий, устройство выдержки времени, схема формирования сигналов управления силовыми ключами; модуль силовых ключей, содержащего модуль питания и выходные силовые ключи.

Система работает следующим образом.

Сигналы контролируемых параметров  $\pm 24$  В поступают на соответствующие индикаторные светодиоды и на входные сборки по ИЛИ платы индикации для дальнейшей обработки сигналов. На плате индикации также расположена схема контроля работоспособности системы. Схема содержит кнопку «Проверка», нажатие которой приводит к работе счетчика типа К 561 ИЕ 10 и соответственно дешифратора К 176 ИД1, выходы которого усиливаются транзисторами КТ 315, нагрузкой которых служат светодиоды и диодные сборки. Таким образом с частотой 1 Гц осуществляется проверка каждого из каналов системы.

Сигнал с диодной сборки, объединяющей сигналы со входов 1...6 системы поступает через узел нормирования на модуль выдержки типа К 561 ИЕ 10 и триггера типа К 561 ТД1.

Регулировка выдержки времени производится с помощью потенциометра, изменяющего частоту генератора, построенного на базе микросхемы К 561 ЛА 7. При наличии на входах 1...6 сигнала по времени более установленной выдержки времени срабатывает триггер, выдающий управляющий сигнал на выходной силовой ключ, управляющий отсечкой газа. При подаче сигнала на один из 16-ти входов системы срабатывает триггер, управляющий силовым ключом, служащим для подачи звукового сигнала.

Конструктивно система выполнена в приборном варианте для крепления на панели. Конструкция состоит из двух легко разнимающихся частей, причем для защиты от пыли имеется резиновое уплотнение. Кроме того, для удобства обслуживания предусмотрено отделение закрепляемое на панели обрамление с табличкой, где указаны контролируемые параметры, т. е. систему можно менять независимо от того, какие параметры она контролирует.

На передней панели установлены элементы индикации каждого из шестнадцати параметров, индикация «отсечка газа», «сирена», «перегрузка» (индикация срабатывания устройства защиты по перегрузке), «сигнал» (наличие сигнала на входе подачи звукового сигнала), « $\pm 9$ В» (наличие напряжения питания  $\pm 9$ В).

Внедрение первых систем безопасности начато в 1990 г.

Адрес НПО «Росавтоматстром»: 428018, г. Чебоксары, ул. Афанасьева, 8; телефон 24-01-83.

УДК 678.287.026.5

Л. М. БОЙКОВ, канд. техн. наук (Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности)

## Кинетика сушки кровельного картона

Для сушки ленточных волоконистых материалов преимущественно используются контактные сушильные установки, в которых теплота от нагретой поверхности сушильных цилиндров к влажному материалу передается непосредственно.

Отдельные вопросы интенсификации сушки кровельного картона освещены в ряде работ на основе исследований, проведенных в период с 1967 по 1975 г.г. по контактной и радиационной сушке [1], т.е. инфракрасной, диэлектрической и комбинационной сушке [2], по контактной сушке и увлажнению кровельного картона под воздействием атмосферной влаги.

Однако сравнительный анализ процесса сушки при разных способах энергоподвода отсутствовал, что не позволяло определить оптимальный способ сушки картона на перспективу. Поэтому в промышленности нетрадиционные методы сушки не получили широкого распространения, а ряд установок такого типа был демонтирован.

Средняя интенсивность контактной сушки картона достигает  $12 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Контактные сушильные установки имеют существенные недостатки: большую металлоемкость, высокую стоимость оборудования и сложность эксплуатации.

Удельные затраты металла при сушке картона достигают  $10 \text{ т}$  на  $1 \text{ т}$  испаряемой влаги в  $1 \text{ ч}$ . Фактический удельный расход греющего пара в  $1,2$ — $1,6$  раза выше теоретического.

Дальнейшая интенсификация и повышение производительности контактных сушильных установок связаны с повышением давления пара в цилиндрах, уменьшением стенок цилиндров и увеличением их количества. В связи с этим проведены исследования по замене или дополнению контактной сушки другими способами. На рис. 1 и 2 в графическом виде представлены кинетика и интенсивность сушки кровельного картона при различных способах энергоподвода: контактом, конвективом, радиационном, радиационно-конвективном и фильтрационном.

Методика и результаты промышленных и лабораторных исследований сушки кровельного картона рассматривались ранее [1—12].

Сравнительный анализ кинетических характеристик позволяет качественно и количественно оценить эффективность каждого способа сушки.

Наиболее медленное испарение влаги отмечается при контактном и конвективном способах энергоподвода. Средняя интенсивность властейема колеблется от  $8,7$  до  $12,2 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Ускоренный процесс термического обезвоживания полотна картона характерен для радиационно-конвективной и фильтрационной сушки, интенсивность которых можно повысить до  $18,7$ — $20,2 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Тепловые расчеты показали, что сушка картона при равных способах энергоподвода протекает с разными скоростями, что обусловлено их удельными тепловыми потоками. Наиболее существенный тепловой поток характерен для контактной сушки —  $20 \text{ кВт}/\text{м}^2$ .

Промышленная апробация предложенных рекомендаций произведена на бытовых и талочных контактных сушильных установках. Кондопожского целлюлозно-бумажного комбината и Жидачевского целлюлозно-картонного завода.

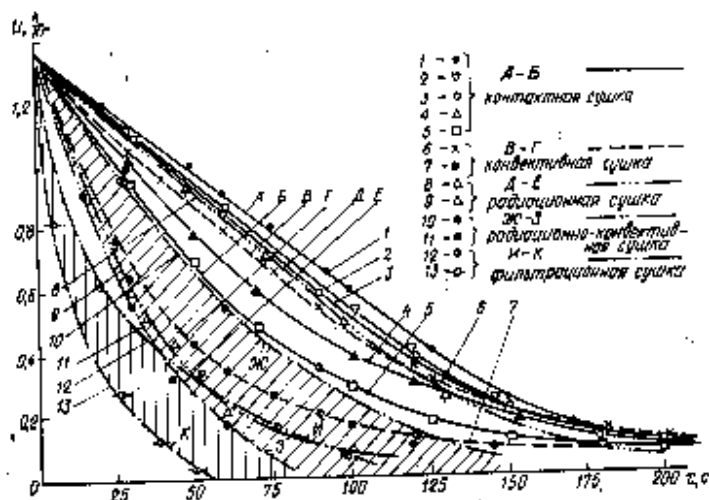


Рис. 1. Кинетика сушки кровельного картона при различных способах подвода энергоресурсов  
1, 2, 3, 4, 5 — контактная сушка на картоноделательной машине (КДМ) Киевского комбината «Стройиндустрия»; КДМ типа К-2 Красноводского комбината стройматериалов, КДМ Ленинградского завода «Картонтол», КДМ типа К-2М и К-3М Рязанского картоно-рубероидного завода; 6, 7 — конвективная сушка картона соответственно при  $t_{\text{в}} = 120^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{в}} = 5 \text{ м/с}$  и  $t_{\text{в}} = 180^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{в}} = 15 \text{ м/с}$ ; 8, 9 — радиационная сушка картона при  $t_{\text{в}} = 400, 500^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{в}} = 15 \text{ м/с}$ ; 10, 11 — радиационно-конвективная сушка материала при  $t_{\text{в}} = 300^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{в}} = 15 \text{ м/с}$ ,  $t_{\text{в}} = 100^\circ\text{C}$  или  $t_{\text{в}} = 160^\circ\text{C}$ ; 12, 13 — фильтрационная сушка кровельного картона при  $\Delta P = 2,5 \text{ кПа}$ ;  $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$  или  $t_{\text{в}} = 100^\circ\text{C}$   
По осязкам 6—13 результаты исследований получены в лабораторных условиях

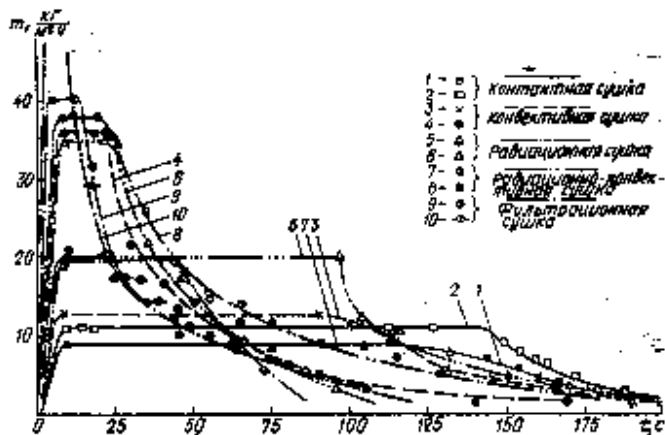


Рис. 2. Интенсивность сушки кровельного картона при различных способах энергоподвода  
1, 2 — контактная сушка картона на картоноделательной машине Киевского комбината «Стройиндустрия» и картоноделательной машине типа К-2М Рязанского картоно-рубероидного завода; 3, 4 — конвективная сушка картона соответственно при  $t_{\text{в}} = 120^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{в}} = 5 \text{ м/с}$  и  $t_{\text{в}} = 180^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{в}} = 15 \text{ м/с}$ ; 5, 6 — радиационная сушка картона при  $t_{\text{в}} = 400$  и  $500^\circ\text{C}$ ; 7, 8 — радиационно-конвективная сушка картона при  $t_{\text{в}} = 300^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{в}} = 15 \text{ м/с}$ ,  $t_{\text{в}} = 100^\circ\text{C}$  или  $t_{\text{в}} = 160^\circ\text{C}$ ; 9, 10 — фильтрационная сушка картона при  $\Delta P = 2,5 \text{ кПа}$ ,  $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$  или  $t_{\text{в}} = 100^\circ\text{C}$

На этих бумагоделательных машинах № 3 были отключены цилиндры нижнего яруса по пару и конденсату. Машины проработали полную рабочую смену. Анализ работы машин показал, что качество выпускаемой продукции и пригодность машины существенно не изменились. При отключенных цилиндрах значительно увеличивается свободный пробег полотна между двумя ближайшими верхними цилиндрами, благодаря чему происходит дополнительное испарение влаги из полотна. Контактная сушка при этом превращается в некотором роде в конвективную.

Опыт эксплуатации картонаделательных машин приводит к выводу, что конструкция современной двухъярусной сушильной установки не является оптимальной и эффективной и не обеспечивает экономии энергии и металла.

Для сравнительной оценки эффективности сушки при разном способе энергоподвода необходимы также коэффициенты, которые были бы одинаково справедливы для оценки различных способов сушки картона, независимо от схемы энергообеспечения. Известно, что для оценки тепловой эффективности конвективных поверхностей теплообмена используется энергетический коэффициент

$$e = Q/N, \quad (1)$$

представляющий собой отношение количества передаваемой теплоты  $Q$  к энергии на преодоление сопротивлений  $N$ , выраженных в тепловых единицах. Чем выше значение  $e$ , тем эффективнее поверхность нагрева с энергетической точки зрения. Однако данная методика сравнения энергетической эффективности не может быть использована для определения эффективности различных способов сушки.

Эффективность процесса сушки кровельного картона марки А-420 определяется двумя показателями: суммарным удельным расходом энергии  $\Sigma \epsilon$  и средней интенсивностью процесса  $m$  (см. таблицу). Суммарный удельный расход энергии на сушку  $\Sigma \epsilon$  складывается из затрат энергии в виде теплоты  $\Sigma \epsilon_T$  и электроэнергии  $\Sigma \epsilon_N$  кВт на 1 кг влаги:

$$\Sigma \epsilon = \Sigma \epsilon_T + \Sigma \epsilon_N. \quad (2)$$

Для сравнения эффективности различных способов сушки при разных видах энергоподвода в качестве универсальной характеристики предлагается использовать коэффициент энергетической эффективности способа сушки, представляющий собой суммарные затраты мощности к единице поверхности высушиваемого полотна, кВт/м<sup>2</sup>,

$$E = \Sigma \epsilon (\overline{m})_{\Sigma}. \quad (3)$$

где  $(\overline{m})_{\Sigma}$  — средняя суммарная удельная интенсивность процесса сушки, отнесенная к 1 м<sup>2</sup> полотна, кг влаги/м<sup>2</sup>.

Коэффициент энергетической эффективности способа сушки ( $K_{ЭЭСС}$ ), отнесенный к 1 кг испаряемой влаги

$$E_0 = \frac{E}{P_{с.п.}(U_0 - U_2)}. \quad (4)$$

где  $P_{с.п.}$  — масса 1 м<sup>2</sup> полотна картона, кг;  $U_0, U_2$  — начальное и конечное влагосодержание картона, кг/кг.

Чем меньше коэффициенты  $E$  и  $E_0$ , тем ниже затраты энергии на сушку и тем эффективнее данный способ. Сравнительный анализ показал, что наименьшими энергозатратами характеризуются конвективный, радиационно-конвективный, и фильтрационный способы сушки. Однако для фильтрационной сушки требуется применение специальных (сотовых) цилиндров, а следовательно, конструкция сушильной установки существенно меняется в сторону усложнения. Кроме того, фильтрационный способ применяется для сушки строго ограниченного ассортимента волокнистых материалов, а именно для санитарно-гигиенических видов бумаг.

Радиационно-конвективная сушка может протекать при низких  $K_{ЭЭСС}$  —  $E_0 = 0,57—0,63$  кВт на 1 кг влаги лишь при использовании температуры излучателя 400°C и выше, что является неприемлемым решением в отношении пожарной опасности. Кроме того, существенно усложняется конструкция сушильной установки.

Таким образом, наиболее приемлемым способом сушки кровельного картона по энергозатратам  $E_0 = 0,52—0,66$  кВт на 1 кг влаги является конвективный способ сушки, характеризующийся малыми удельными затратами энергии на испарение 1 кг влаги:  $\Sigma \epsilon = 0,58—0,62$  кВт и протекающих при интенсивных удельных влагосъемках  $(\overline{m})_{\Sigma} = 0,46—0,47$  кг влаги/м<sup>2</sup>. Нагрев сушильного агента от 100 до 160°C и повышение скорости потока с 5 до 15 м/с позволит сократить длительность процесса сушки со 195 до 140 с и тем самым обеспечить повышение скорости и интенсивности сушки на 27% по сравнению с контактным способом сушки.

Сравнение сушильных установок по их металлоемкости показало, что установка для конвективной сушки имеет наименьшую металлоемкость, которая в 3 раза меньше, чем установка для контактной сушки.

В конвективной сушильной установке (КСУ) полотно высушиваемого материала протягивается с небольшим усилием, которое превышает сопротивление воздуха. В КСУ, например в установках типа Флект, натяжение полотна составляет 35—60 Н/м, а при сушке на цилиндрах — 100—500 Н/м. Вследствие этого КСУ может быть использована для сушки картона (или бумаги) с меньшей прочностью на растяжение.

При контактной сушке на цилиндрах полотно сжимается между поверхностью цилиндра и сукном, и, следовательно, усадка материала ограничивается. В КСУ усадка кровельного картона происходит свободно в поперечном и продольном направлениях машины в диапазоне степени сухости от 50 до 85%. При этом

Характеристики сушки	Способ сушки кровельного картона									
	Контактный	Конвективный при $t_{\text{в}} \text{ и } v_{\text{в}}$		Радиационно-конвективный при $t_{\text{изл}}$		Радиационно-конвективный при $t_{\text{изл}} = 300^\circ\text{C}$ , $v_{\text{в}} = 15 \text{ м/с}$ , $v_{\text{изл}}$		Фильтрационный при $\Delta P = 2,5 \text{ кПа}$ и $t_{\text{в}}$		
		КДМ типа К-2М	120°C 15 м/с	160°C 15 м/с	400°C	500°C	100°C	160°C	20°C	100°C
$\overline{m}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$	9,6	8,7	12,2	12,6	16	10,4	20,2	13	18,7	
$Q_{\Sigma}, \text{ кВт}$	2154	1960	2736	2822	3576	2326	4529	2908	4200	
$q_{\Sigma}, \frac{\text{кВт}}{\text{кг влаги}}$	22,2	22,4	22,6	22,7	22,3	22,5	22,4	22,2	22,5	
$e_{\Sigma}, \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	—	2,3	
$\tau, \text{ с}$	195	196	140	135	105	175	85	115	115	
$\Sigma \epsilon, \frac{\text{кВт}}{\text{кг влаги}}$	2,14	0,58	0,52	0,85	0,82	0,66	0,63	0,24	0,54	
$E, \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$	1,11	0,27	0,29	0,58	0,36	0,33	0,3	0,12	0,33	
$E_0, \frac{\text{кВт}}{\text{кг влаги}}$	2,12	0,52	0,56	1,1	0,73	0,63	0,57	0,23	0,64	
$m_{\Sigma}, \frac{\text{кг}}{\text{кг ч}}$	31	8,9	6,4	22,7	17,9	36,6	18,9	40,7	28,2	
$K$	1	0,29	0,21	0,73	0,58	1,18	0,81	1,31	0,91	

Примечание. В таблице:  $\overline{m}$  — средняя интенсивность сушки;  $Q_{\Sigma}$  — теплота, затрачиваемая на сушку;  $q_{\Sigma}$  — удельный поток теплоты, отнесенный к 1 кг влаги;  $q_{\tau}$  — удельный тепловой поток;  $\tau$  — время сушки;  $E, E_0$  — коэффициенты эффективности сушки в тепловых единицах;  $m_{\Sigma}$  — удельный расход металла;  $K = m_{\Sigma} / m_{\text{конт}}$  — соотношение по металлоемкости.

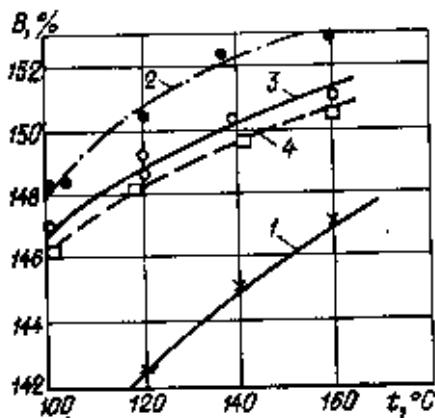


Рис. 3. Зависимость впитываемости кровельного картона от температур при различных способах сушки (масса 1 м<sup>2</sup> картона 0,35 кг) 1 — контактная сушка; 2, 3, 4 — конвективная сушка при разных скоростях воздуха, м/с: ● — 3; ○ — 10; □ — 15

плотно приобретает прочность на 20—30% большую, чем при контактной сушке. Повышение прочности картона в свою очередь позволяет экономить тепло.

Температура картона в первом периоде контактной сушки составляет 90—100°C, во втором — в среднем 110—115°C. В КСУ полотно картона не контактирует с металлической поверхностью. Кроме того, под влиянием охлаждающего эффекта испарения влаги конвективная сушка осуществляется при низкой температуре мокрого термометра, которая составляет 65—70°C. Вследствие этого улучшаются качественные характеристики материала.

Для температуры сушильного агента 110—140°C характерны высокие температура точки росы 68—75°C и влагосодержание теплоносителя, что приводит к увеличению ассимилирующей способности воздуха. Это позволяет снизить требуемый его расход, обеспечивать низкое потребление теплоты и высокую тепловую эффективность КСУ.

Результаты экспериментальных исследований качественных показателей кровельного картона при контактной и конвективной энергоподводе приведены на рис. 3—5 [3, 4, 6, 8, 9].

Анализ приведенных данных свидетельствует, что по основным показателям кровельного картона (по ГОСТ 3135—82) — впитываемости, времени пропитки и разрывному усилию — конвективный способ сушки имеет предпочтение по сравнению с контактным. Причем с увеличением скорости воздуха впитывающая способность материала улучшается, а время пропитки сокращается. Анализ контактного и конвективного способов сушки по показателю разрывного усилия приводит к выводу, что преимущество здесь также имеет конвективный теплоноситель.

Выполненные расчеты показали, что производительность КСУ может быть на 20—50% выше, чем при контактной сушке. При одинаковой производительности габариты конвективной сушильной установки на 1/3 меньше, чем габариты контактной. Для КСУ данного модельного

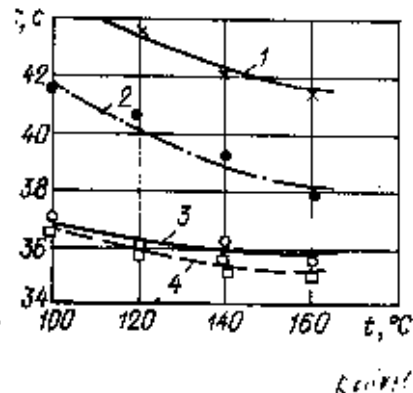


Рис. 4. Зависимость времени пропитки кровельного картона от температур при различных способах подвода энергоносителя 1 — контактная сушка; 2, 3, 4 — конвективная сушка при разных скоростях воздуха (усл. обозначения те же, что на рис. 1). Масса 1 м<sup>2</sup> картона 0,35 кг

эксплуатационные расходы и потребляемые теплоты.

Высокоэффективные КСУ, например шведской фирмы «Флект», могут работать с параметрами широкого диапазона: с производительностью — от 0,12 до 10,5 кг/с, массой 1 м<sup>2</sup> полотна картона 40—600 г/м<sup>2</sup>, скоростью машины 0,83—15 м/с, шириной полотна 1—8 м. Длина установки может быть от 10 до 35 м. Установки типа Флект уже находятся в эксплуатации на более чем 400 зарубежных предприятиях.

В настоящее время нами разработана высокоэффективная конвективная сушильная установка с регулируемой аэродинамикой теплоносителя. Создана физическая модель такой установки, которая позволяет определить основные ее конструктивные элементы и изучить аэродинамику движения воздуха в зависимости от конфигурации и расположения турбулизаторных элементов. На модели можно определить тепловую эффективность данного сушильного агрегата в сравнении с традиционной или компактной конвективной установкой типа Флект.

Несмотря на то, что выводы сравнительного анализа различных способов сушки по энергетическим затратам, металлоемкости агрегатов и качественным характеристикам кровельного картона носят предварительный характер и необходима промышленная апробация результатов исследований, он показал все же, что конвективный метод сушки кровельного картона перспективен и с успехом может заменить другие.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нирехштейн Э. Ш. Сушка кровельного картона и пути ее интенсификации. Одесское правление Украинского НТО промышленности строительных материалов. — Одесса, 1987.
2. Девятков Д. В. Исследование в разработке способа интенсификации производства кровельного картона с использованием инфракрасного и диелектрического нагрева. — Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. — М., 1975.
3. Бойков Л. М., Рыжов П. Т. Исследования пропитки кровельного картона // Межуз, сб. науч. тр. / ЛТА: Химия и технология бумаги. — Л., 1981. — Вып. 9.
4. Влияние температуры греющей поверхно-

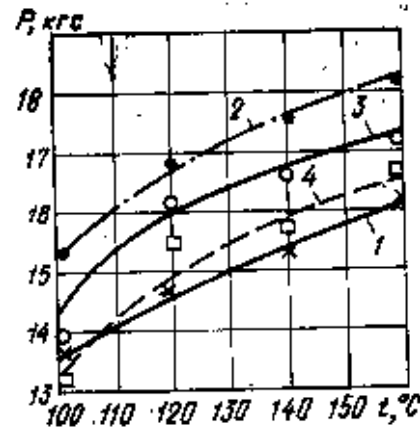


Рис. 5. Зависимость разрывного усилия кровельного картона от температур при различных способах энергоподвода 1 — контактная сушка; 2, 3, 4 — конвективная сушка при разных скоростях воздуха (усл. обозначения те же, что на рис. 1). Масса 1 м<sup>2</sup> картона 0,35 кг

сти сушильного цилиндра на качественные показатели кровельного картона / С. С. Захаров, А. Б. Добров, А. А. Щершнев, А. В. Сидястров // Техн. информ. ВНИИЭСМ. Промышленность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов. Сер. 6. — М., 1980.

5. Бойков Л. М., Войцеховская И. И., Гайичев В. А. Кинетика сушки кровельного картона // Химия и технология бумаги: Межуз, сб. науч. тр. / ЛТА. — Л., 1982. — Вып. 10.
6. Бойков Л. М., Войцеховский И. И., Гайичев В. А. Исследования конвективной сушки кровельного картона // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: Межуз, сб. науч. тр. / ЛТА. — Л., 1980. — Вып. 8.
7. Бойков Л. М., Рыжов П. Т., Потвяхин Л. Д. Исследования пропитки сушки кровельного картона // Техн. информ. ВНИИЭСМ / Промышленность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов. — Вып. 8. — М., 1982.
8. Бельский А. П., Малышева Л. В., Монсеев Ю. Б. Влияние режима контактной сушки на качественные показатели тарного картона // Межуз, сб. науч. тр.: Химия и технология бумаги / ЛТА. — Л., 1976. — Вып. 4.
9. Исследования условия при контактной сушке картона / А. П. Бельский, Л. В. Малышева, Ю. Б. Монсеев, Е. Ф. Кузнецова // Межуз, сб. науч. тр.: Химия и технология бумаги / ЛТА. — Л., 1982. — Вып. 10.
10. Бойков Л. М. Интенсификация сушки картона // Межуз, сб. науч. тр.: Химия и технология бумаги / ЛТА. — Л., 1986.
11. Бойков Л. М. Формы связи влаги в кровельном картоне // Межуз, сб. науч. тр.: Химия и технология бумаги / ЛТА. — Л., 1988.
12. Кинетика процессов радиационно-конвективной сушки тонколистных материалов / И. И. Войцеховский, Л. М. Бойков, С. В. Алтуфьев, В. Ю. Лакомкин, Л. В. Малышева // Межуз, сб. науч. тр.: Химия и технология бумаги / ЛТА. — Л., 1988.

## Разработка математической модели сушки пористого заполнителя

Одним из этапов технологического процесса производства гранулированного пористого заполнителя является сушка гранул в сушилке барабанного типа, представляющей собой объект с распределенными параметрами.

Повышение эффективности и надежности работы сушилки неразрывно связано с улучшением рабочих параметров (влажностей, температур, скоростей и др.), часть из которых поддается непосредственному измерению, а остальные можно определить в результате решения задачи параметрической идентификации.

Математическая модель воздушно-конвективной сушки с учетом законов сохранения энергии, массы матрицы и влаги можно представить в виде

$$\tau \frac{\partial w}{\partial y} + M_M \frac{\partial w}{\partial \tau} = -k(w - w_{равн}); \quad (1)$$

$$c_M G \frac{\partial t_M}{\partial y} + c_M M_M \frac{\partial t_M}{\partial \tau} = \alpha F_M (t_{вг} - t_M); \quad (2)$$

где  $M_M$ ,  $G$ ,  $F_M$ ,  $c_M$  — соответственно масса, раскол, площадь, теплоемкость материала;  $t_M$ ,  $t_{вг}$  — соответственно температура материала и теплоносителя;  $w$  — влажность материала;  $k$  — коэффициент сушки;  $w_{равн}$  — равновесное влагосодержание;  $\alpha$  — коэффициент теплопередачи от воздуха к материалу;  $y = x/L$  — приведенная координата;  $x$  — текущая пространственная координата;  $L$  — длина сушилки;  $\tau$  — текущее время;  $\tau \in [0, \mu]$ .

Начальные и граничные условия определяются

$$w(y, 0) = w_0; \quad t_M(y, 0) = t_0; \quad (3)$$

$$w(0, \tau) = w_1(\tau); \quad t_M(0, \tau) = t_1(\tau), \quad (4)$$

где  $t_0$ ,  $w_0$  — начальные значения температуры и влажности;  $t_1(\tau)$ ,  $w_1(\tau)$  — известные функции, описывающие граничные условия.

Уравнения измерения, описывающие процесс функционирования датчиков влажности и температуры, представим в виде

$$v(y_i, \tau) = R u(y_i, \tau) + \xi(y_i, \tau), \quad (5)$$

где  $u(y_i, \tau) = (w(y_i, \tau), t_M(y_i, \tau))^T$  — вектор состояния процесса, координата-

ми которого являются влажность  $w(y_i, \tau)$  и температура материала  $t_M(y_i, \tau)$ , определяемые процессом сушки;

$R = \text{diag}(r_1, r_2)$  — значения элементов матрицы, которые определяются местами размещения датчиков  $u_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ),  $m$  — количество мест размещения;  $\xi(y, \tau)$  — двумерный вектор шума измерения, представляющий собой белый гауссовский процесс

$$M[\xi(y, \tau)] = 0, \quad M[\xi(y, \tau) \xi^T(x, s)] \times \\ \times \Delta(y, \tau) \delta(\tau - s) \delta(y - x),$$

$$M[\cdot] =$$

математическое ожидание;  $\delta(\cdot)$  — дельта-функция;  $\tilde{T}$  — знак транспортирования.

Значения  $F_M$ ,  $c_M$  — известны;  $G$ ,  $M_M$  — рассчитываются аналитически,

$$G = \frac{60 \cdot D \cdot n \cdot i}{0,308(\varphi + 24)};$$

$$M_M = 0,00785 \psi \cdot D^2 \cdot G, \quad (6)$$

где  $D$  — диаметр барабана;  $n$  — частота вращения;  $i$  — угол наклона барабана;  $\varphi$  — угол естественного откоса гранул;  $\psi$  — коэффициент заполнения барабана.

Параметры  $k$  и  $\alpha$  необходимо рассчитывать на основании результатов эксперимента.

В качестве критерия идентификации, определяющего точность оценивания параметров  $k$  и  $\alpha$ , рассмотрим функционал вида

$$I = \int_0^{\mu} \int_0^1 [v(y, \tau) - R u(y, \tau)]^T B_1 \times$$

$$\times [v(y, \tau) - R u(y, \tau)] dy d\tau, \quad (7)$$

где  $B_1$  — матрица веса.

Для решения поставленной задачи используем спектральный метод, обладающий высокой степенью помехоустойчивости и позволяющий перейти от дифференциального уравнения в частных производных к системе алгебраических уравнений [1]. С этой целью введем понятие переменной спектральной характеристики. Некоторую функцию двух аргументов  $q(y, \theta)$  ( $y$  — пространственного  $0 \leq y \leq 1$ ,  $\theta$  — временного  $\theta \geq \theta_0$ ), интегрируемую в квадрате на

переменных отрезках  $[0, \tau]$  и  $[0, t]$  можно разложить двумерный ряд

$$q(y, \tau) = \sum_i \sum_j Q_{ij}(\theta, t) \varphi_i(\tau) \varphi_j(y), \quad (8)$$

где  $\{\varphi(\tau)\}$ ,  $\{\varphi(y)\}$  системы базисных функций, ортонормированных на переменных отрезках  $[0, \tau]$  и  $[0, 1]$  соответственно, например, полиномы Лежандра.

Коэффициенты разложения вычисляются по формуле

$$Q_{ij}(\theta, t) = \int_0^t \int_0^1 q(y, \tau) \varphi_i(\tau) \times \\ \times \varphi_j(y) dy d\tau \quad (9)$$

и являются переменной спектральной характеристикой (ПСХ) функции  $q(y, \tau)$ . Обозначим оператор определения ПСХ (9) через  $s^2$

$$Q(\theta, t) = s^2 [q(y, \tau)].$$

Для преобразования системы уравнений (1)–(4) в алгебраические, введем правила дифференцирования в спектральной области.

В спектральной области операция дифференцирования функции по временному  $\tau$  и пространственному аргументу соответственно определяются правилами

$$s^2 [\partial q / \partial \tau] = P Q - \Delta_\tau(0) s [q(y, 0)]; \quad (10)$$

$$s^2 [\partial q / \partial y] = Q P^T - s [q(0, \tau)] \Delta_y(0), \quad (11)$$

где  $P$  — спектральная характеристика оператора дифференцирования [2];  $\Delta_\tau(0)$  — спектральная характеристика дельта-функции  $\delta(\tau - 0)$ ;  $q(y, 0)$  — начальное значение функции  $q(y, \tau)$ ;  $s[\cdot]$  — оператор определения одномерной спектральной характеристики;  $q(0, \tau)$  — крайние значения функции  $q(y, \tau)$ ;  $\Delta_y(0)$  — спектральная характеристика дельта-функции  $\delta(y - 0)$ .

Тогда алгоритм решения поставленной задачи можно представить следующим образом.

1. Задаемся порядком  $N$  матриц  $W = s^2[w(y, \tau)]$ ,  $T = s^2[t_M(y, \tau)]$ . Для сушилки целесообразно задать  $N = 5$  или  $N = 6$ .

2. Определяем коэффициенты разло-

жения (8) измеряемых функций  $w(y, \tau)$ ,  $t_M(y, \tau)$

$$W = (DD^T)^{-1} D w(y_j, \tau_i) F^T (FF^T)^{-1}; \quad (12)$$

$= (DD^T)^{-1} D t_M(y_j, \tau_i) F^T (FF^T)^{-1}$ , где  $D$ ,  $F$  — матрицы базисных функций — полиномов Лежандра;  $\tau_i$ ,  $y_j$  ( $i = \overline{1, K}$ ;  $j = \overline{1, M}$ ) — дискретные значения временного и пространственного аргументов соответственно.

3. Используя правила (10), (11), систему уравнений (1) — (2) в спектральной области, можно представить

$$P W - \Delta_\tau s [w(y, 0)] \div a \{W P^T - s [w(0, \tau)] \Delta_y\} = b_1 \{s^2 [w_{равн}] - W\}; \quad (13)$$

$$P T - \Delta_\tau s [t_M(y, 0)] \div + a \{T R^T - s [t_M(0, \tau)] \Delta_y\} = b_2 \{s^2 [t_{2T}] - T\}; \quad (14)$$

где  $a = G/M$ ,  $b_1 = k/M$ ,  $b_2 = \alpha F_M / c_M$ .

Умножим уравнения (13) и (14) слева на спектральную характеристику оператора интегрирования  $P^{-1}$ , справа на  $(P^{-1})^T$  и, учитывая, что

$$P P^{-1} = P^T (P^{-1})^T = E,$$

где  $E$  — единичная матрица, получим

$$\begin{aligned} W (P^{-1})^T - P^{-1} \Delta_\tau s [w(y, 0)] \times \\ \times (P^{-1})^T \div a \{P^{-1} W - \\ - P s [w(0, \tau)] (P^{-1})^T\} = \\ = b_1 P^{-1} \{s^2 [w_{равн}] - W\} (P^{-1})^T; \quad (15) \\ T (P^{-1})^T - P^{-1} \Delta_\tau s [t(y, 0)] \times \\ \times (P^{-1})^T \div a \{P^{-1} T - P s [t(0, \tau)] \times \\ \times (P^{-1})^T\} = b_2 P^{-1} \{s^2 [t_{2T}] - \\ - T\} (P^{-1})^T. \quad (16) \end{aligned}$$

4. Вычисляем матрицы  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  согласно выражений

$$\begin{aligned} c_1 &= W (P^{-1})^T - P^{-1} \Delta_\tau s [w(y, 0)] \times \\ &\times (P^{-1})^T \div a \{P^{-1} W - \\ &- P s [w(0, \tau)] (P^{-1})^T\}; \\ A_1 &= P^{-1} \{s^2 [w_{равн}] - W\} (P^{-1})^T; \\ c_2 &= T (P^{-1})^T - P^{-1} \Delta_\tau s [t(y, 0)] \times \\ &\times (P^{-1})^T \div a \{P^{-1} T - P s [t(0, \tau)] \times \\ &\times (P^{-1})^T + a \{P^{-1} T - P s \times \\ &\times [t(0, \tau)] (P^{-1})^T\}; \quad (17) \\ A_2 &= P^{-1} \{s^2 [t_{2T}] - T\} (P^{-1})^T; \end{aligned}$$

где  $\Delta = [1, -\sqrt{3}, \sqrt{5}, -\sqrt{7}, 3]$ .

Перепишем (15), (16) в виде

$$A b = C, \quad (18)$$

где

$$A = \text{diag} (A_1; A_2), \quad C = (c_1; c_2)^T, \\ b = (b_1, b_2)^T$$

5. Для нахождения оценки вектора параметров  $b$  используем метод наименьших квадратов. В этом случае функционал  $I$ , принимает следующий вид

$$I = \int_0^M \int_0^1 (A b - C)^T B_2 \times \\ \times (A b - C) d\theta dt, \quad (19)$$

где в  $A$  и  $C$  вместо  $W$  и  $T$  подставляются соответственно матрицы

$$s^2 \left[ \frac{1}{r_1} v_1(y, \tau) \right] \text{ и } s^2 \left[ \frac{1}{r_2} v_2(y, \tau) \right].$$

Оценка  $b$  определяется из выражения

$$\hat{b} = (A^T B_2 A)^{-1} A^T B_2 C. \quad (20)$$

Значения полученной оценки  $b$  в зависимости от уровня шума измерения приведены в таблице.

На основании (20) согласно (14) находим

$$\hat{k} = \hat{b}_1 M, \quad \hat{\alpha} = \hat{b}_2 c_M / F_M.$$

Оценка	Уровень шума измерения				Истинное значение
	0	1%	5%	10%	
$b_1$	0,22	0,25	0,3	0,4	0,2
$b_2$	0,96	0,98	0,957	0,944	0,9

Математическая модель (1), (2) с определенными  $k$ ,  $\alpha$  может быть использована как для выбора оптимальных параметров сушки, так и для отработки алгоритма управления, что позволит сократить время проектирования и доводки технологического процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краскевич В. Е., Клежков Ю. А. Спектральное представление линейных объектов с распределенными параметрами // Кибернетика на морском транспорте. — 1981. — Вып. 10.
2. Солодовников В. В., Семенов В. В. Спектральная теория нестационарных систем управления. — М.: Наука, 1974.

### ДОМ ТЕХНИЧЕСКОЙ КНИГИ Г. КРАСНОЯРСКА ИМЕЕТ В НАЛИЧИИ И ВЫСЫЛАЕТ НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ ЛИТЕРАТУРУ СТРОЙИЗДАТА:

- Богуславский Л. Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции: Учеб. для вузов. — 1988. — 1 р. 10 к.
- Борщов Д. Я. Эксплуатация отопительной котельной на газообразном топливе. — 1988. — 65 к.
- Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) — 2-е изд., перераб. и доп. — 1988. — 1 р. 40 к.
- Каменные конструкции и их возведение. — 2-е изд., перераб. и доп. (Справочник строителя). — 1989. — 80 к.
- Киевский Л. В. Комплексность и поток (организация застройки микрорайона). — 1987. — 45 к.
- Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. — 2-е изд., перераб. и доп. — 1988. — 85 к.
- Ласков Ю. М. и др. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — 1987. — 70 к.
- Минаев П. А. Монтаж проводок систем автоматизации. — 1988. — 60 к.
- Напалков Л. И. и др. Инженеру-строителю о технической информации. — 2-е изд., перераб. и доп. — 1986. — 55 к.
- Семенова А. И. Научно-техническая интеграция стран — членов СЭВ в области строительства. — 2-е изд., перераб. и доп. — 1988. — 1 р. 90 к.

Заказы направляйте по адресу:  
660049, г. Красноярск, пр. Мира, 86.

В. А. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук (ОИПО «Пластполимер»)

## Механизм влагопереноса и развитие капиллярных сил на контакте связной породы и антиадгезионного покрытия бункеров и узлов перегрузок

Ежегодно увеличивается объем транспортируемой горной массы и к 2000 г. он составит в промышленности строительных материалов 2500—2700 млн. м<sup>3</sup>, в черной металлургии — 1220—1270 млн. м<sup>3</sup>, в цветной — 1500—1600 млн. м<sup>3</sup> [1]. Большая часть полезных ископаемых: нерудные материалы 100%, железные руды 85%, уголь 48%, минеральные удобрения 80% — будут добываться открытым способом и преимущественно в тех климатических районах страны, в которых осенне-зимний период длится 7—9 мес — в Сибири, Якутии, Магадане, Дальнем Востоке. В связи с этим появляется проблема борьбы с налипанием и замерзанием липких и влажных сыпучих материалов к рабочим поверхностям емкостного оборудования (бункеров, течек, воронок и других узлов перегрузок), определяющих производительность поточного оборудования (сушильных барабанов, мельниц, печей, агломерационных машин, роторных комплексов и др.) по всей технологической цепочке производства.

Из-за того, что сегодня нет эффективного способа защиты внутренних поверхностей емкостного оборудования от налипания и замерзания горной массы, народному хозяйству страны наносится значительный ущерб. Так, в промышленности строительных материалов пропускная способность бункеров в зимне-осенний период снижается до 50—60%, в 3 раза повышаются автотранспортные расходы, увеличивается более чем на 0,5 кг расход топлива на 1 т высушиваемого материала [2], в то время, когда снижение затрат на добычу нерудных материалов только на 1% экономит более 400 млн. р. ежегодно [3].

Дополнительные затраты на выгрузку сплывших и смерзшихся связных пород с учетом простоя бункеров и вагонов составляют в целом по стране около 250 млн. р. [4].

Анализ современных способов и средств борьбы с налипанием связных

пород на внутренние поверхности емкостного оборудования показывает их недостаточную эффективность. Это объясняется в основном тем, что существующие критерии и требования, предъявляемые к ним, не соответствуют природе явления прилипания связных пород.

Известно, что налипание связных пород на стенку оборудования обусловлено как адгезией, так и сцеплением. При этом свойства контактирующей поверхности влияют только на величину адгезионного взаимодействия. Кроме того, без учета развития капиллярных сил в процессе отрыва связных пород от рабочей поверхности и изменения влажности на их контакте, невозможно установить и обосновать физическую природу явления налипания.

Исследован процесс влагопереноса на контакте связной породы и антиадгезионного покрытия стенок бункеров. Рассмотрим возможные механизмы изменения влажности породы на ее контакте с гидрофобным покрытием стенок бункера.

Перенос влаги к адгезионному контак-

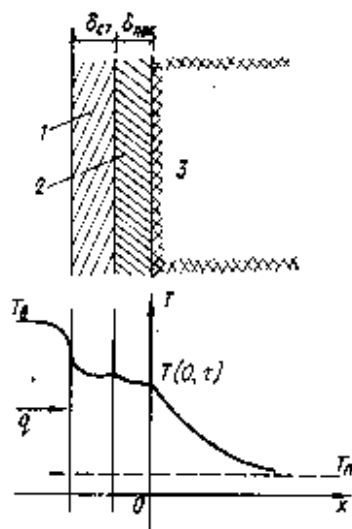


Рис. 1. Тепловая модель для расчета термодиффузионного влагопереноса  
1 — стенка бункера; 2 — антиадгезионное покрытие; 3 — порода

ту или от него может быть обусловлен такими факторами, как неравномерная влажность породы по глубине, когда влагоперенос осуществляется за счет диффузии влаги, или же тем, что имеется градиент температуры в приконтактном слое породы. Относительно первой возможности следует заметить, что обычно на практике степень неравномерности влаги в породе, загружаемой в бункер, недостаточна для заметного изменения влажности на контакте. Вследствие этого можно принять, что диффузионный механизм переноса влаги не имеет места в бункерах. Что касается термодиффузионного механизма переноса влаги, то причиной такового в рассматриваемом случае может быть разность температур стенок бункера и загружаемой породы.

Если порода после загрузки ее в бункер находится в нем длительное время, то в зависимости от знака указанной разности температур возможен как отток влаги от контакта, так и ее приток к нему. Тепло- и массоперенос для этого случая применительно к конвейерному транспорту был рассмотрен ранее, где было показано, что при естественных температурах влияние термодиффузии на адгезионные свойства породы незначительно.

Однако на практике, в силу назначения узлов перегрузок, в частности бункеров, перемещается порода вдоль стенок этих сосудов. При этом, если рассматривать путь движения приконтактного слоя породы вдоль стенок бункера, то в стационарном режиме непрерывного поступления и выгрузки горной массы температура стенок бункера и породы в начале указанного пути должна быть одинаковой. Далее, по мере перемещения породы происходит ее нагрев (охлаждение) в результате поступления (оттока) тепла путем конвективного теплообмена окружающего воздуха с внешней поверхностью бункера. При этом плотность теплового потока может быть принята постоянной.

Тепловая модель расчета термодиффузионного влагопереноса представлена на рис. 1.

Породу в бункере считаем полубесконечным телом и располагаем начало координат на адгезионном контакте. Так как плотность теплового потока  $q$  постоянна, данную тепловую задачу решаем при граничных условиях II рода. Решение ее известно [5] и имеет вид

$$T(x, \tau) = T_a - \frac{2q}{\lambda_n} \sqrt{a_n \tau} \operatorname{ierfc} \left( \frac{x}{2\sqrt{a_n \tau}} \right), \quad (1)$$

где  $a_n$  — температуропроводность породы;  $x$  и  $\tau$  — текущие координаты и время.

Уравнение влагопереноса для данного случая запишем в виде

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_m \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \delta_n \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right), \quad (2)$$

где  $a_m$  — коэффициент диффузии влаги;  $\delta_n$  — относительный коэффициент термодиффузии влаги;  $u(x, \tau)$  — влагосодержание породы.

Уравнение (2) решаем при следующих краевых условиях: начальное условие  $u(x, 0) = u_0$ ; граничные условия  $u(\infty, \tau) = U_0$ .

$$\frac{\partial u(0, \tau)}{\partial x} + \delta_n \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} = 0.$$

Последнее из граничных условий выражает непроницаемость гидрофобного покрытия для влаги.

Дифференцируя уравнение (1) и подставляя найденную вторую производную температуры в (2), решим полученное уравнение операционным методом. Применяя преобразование Лапласа, получим линейное неоднородное уравнение второго порядка. Его общее решение находим методом неопределенных коэффициентов и, применив обратное преобразование Лапласа, находим искомое решение:

$$u(x, \tau) = a_0 + \frac{2\sqrt{a_m \tau} \delta_n q}{\lambda} \left( \frac{1}{L_u - 1} \right) \times \left[ \operatorname{ierfc} \left( \frac{x}{2\sqrt{a_m \tau}} \right) - \sqrt{L_u} \operatorname{ierfc} \left( \frac{x}{2\sqrt{a_m \tau}} \right) \right], \quad (3)$$

где  $L_u$  — критерий Льюиса.

Это решение позволяет найти распределение влагосодержания по толщине породы в различные моменты времени ее пребывания в бункере. Изменение влагосодержания породы на адгезионном контакте определяется выражением

$$u(0, \tau) = a_0 + \frac{2\sqrt{a_m \tau} \delta_n q}{\sqrt{\pi} \lambda_n} \left( \frac{1 - \sqrt{L_u}}{L_u - 1} \right), \quad (4)$$

Для определения плотности теплового потока  $q$  рассмотрим теплопередачу через двухслойную стенку, внешний и внутренний слои которой изготовлены соответственно из стали и гидрофобного покрытия. Тогда

$$q = k(T_n - T_{ст}), \quad (5)$$

$k = 1 / \left( \frac{1}{\alpha_{ст}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{пок}}{\lambda_{пок}} \right)$  — коэффициент теплопередачи,  $\delta_{ст}$  — коэффи-

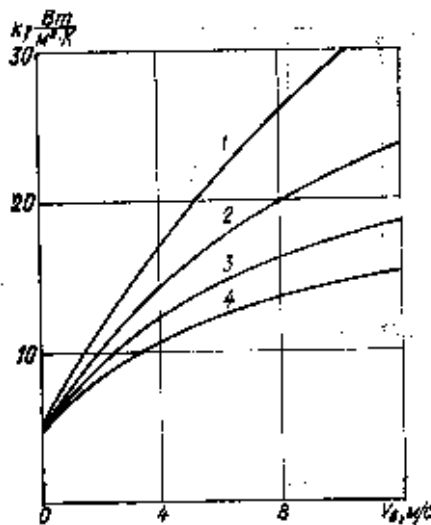


Рис. 2. Изменение коэффициента теплопередачи  $k$  в зависимости от скорости ветра  $V_{в}$ . 1 —  $\delta_{пок} = 0,005$  м; 2 —  $\delta_{пок} = 0,01$  м; 3 —  $\delta_{пок} = 0,015$  м; 4 —  $\delta_{пок} = 0,02$  м

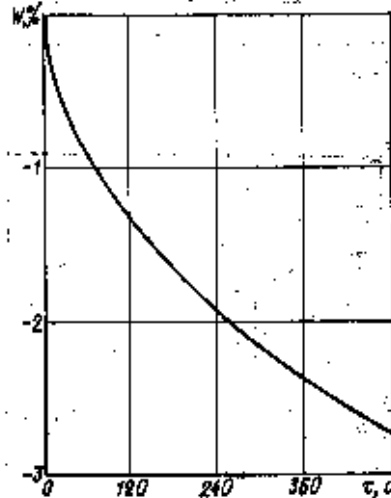


Рис. 3. Изменение влажности  $W$  на адгезионном контакте в зависимости от времени пребывания горной массы в бункере.  $W_0 = 21\%$

циент теплоотдачи от воздуха к бункеру [6].

Изменение влажности как внутри породы, так и на адгезионном контакте, согласно уравнениям (3) и (4), пропорционально плотности теплового потока, поэтому представляет интерес зависимость коэффициента теплопередачи от толщины гидрофобного покрытия и величины  $\alpha_{ст}$ . Результаты расчета в виде графической зависимости представлены на рис. 2, а.

Расчет изменения влагосодержания на адгезионном контакте осуществлен на ЭВМ, согласно уравнению (4), и представлен в графическом виде на рис. 3. Как видно из графика, по мере увеличения продолжительности пребывания породы в бункере ее влажность на

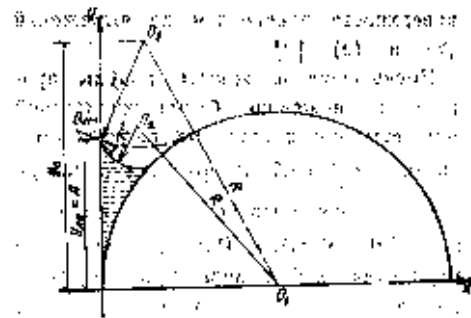


Рис. 4. Капиллярное взаимодействие сферической частицы с твердой поверхностью при оттоке влаги от адгезионного контакта

адгезионном контакте существенно снижается. В частности, при времени пребывания, равной 10 мин, влажность породы на контакте уменьшается примерно на 17% по сравнению с ее начальным значением. Такое изменение влажности на контакте может привести к изменению капиллярных сил пралипания связанных пород.

Исследовано развитие капиллярных сил взаимодействия минеральной частицы и твердой поверхности при изменении влажности на контакте.

Ранее указывалось [7], что при отсосе влаги из контактного слоя породы липкость последней к различным гидрофобным покрытиям существенно возрастала и достигала величин, характерных для гидрофильных поверхностей. При этом, естественно, преимущества гидрофобных покрытий сводились к минимуму. Следует отметить, что рост липкости при отсосе влаги имеет место в равновесном случае, когда отрыв частиц отсутствует и связан с гистерезисом угла смачивания поверхности. Поэтому созданию гидрофобных покрытий с заданными адгезионными свойствами должны предшествовать анализ и выявление физической природы указанного явления.

Рассмотрим глинистую частицу сферической формы радиусом  $R$ , находящуюся в контакте с твердой поверхностью, равновесный угол и угол отклонения которой соответственно равны  $\theta$  и  $\theta_0$  (рис. 4). Найдем зависимость капиллярных сил от объема жидкостной манжеты на контакте в равновесном случае (зазор  $h = \theta$ ). Объем жидкостной манжеты  $V_m$  в начальный момент времени, когда отсутствует перенос влаги от контакта в глубь породы, соответствующий некоторой ее влажности  $W$ , определяемой коэффициентом влажности  $k$ , находим из уравнения (1) [8]. Соответственно радиус кривизны меридианальной кривой мениска в области смачивания твердой



поверхности определяем из выражений (2) и (3) [8].

Уменьшение влажности породы приводит к снижению объема жидкостной манжеты при постоянных радиусе смачивания  $\bar{r}'_{00} = A$  поверхности и зазоре  $\bar{L} = 0$  и изменяющемся угле смачивания  $\theta' (\theta \geq \theta' \geq \theta_{от})$ . Радиус  $\bar{r}'$  кривизны меридианальной кривой мениска находим из условия постоянства радиуса смачивания, т. е. из выражения

$$\bar{y}'_0 - \bar{r}' \sin \theta' = A, \quad (6)$$

где  $\bar{y}'_0 = \sqrt{(1 + \bar{r}'^2) - (1 - \bar{r}' \cos \theta')^2}$  — ордината центра кривизны меридианальной кривой мениска при заданном угле смачивания  $\theta'$ .

Преобразуя уравнение (6) имеем:

$$\bar{r}' = A^2/2 (1 + \cos \theta' - A \sin \theta'). \quad (7)$$

Изменение величины радиуса  $\bar{r}'$  меридианальной кривой мениска в зависимости от гистерезиса угла смачивания  $\Delta\theta$  приведено на рис. 5. При возрастании  $\Delta\theta$  радиус  $\bar{r}'$  резко уменьшается, причем убывает  $\bar{r}'$  тем существеннее, чем больше угол смачивания  $\theta$  в равновесном случае. Так, при  $\theta = 70^\circ$  и  $\theta = 100^\circ$  для  $\Delta\theta = 20^\circ$  величина  $\bar{r}'$  снижается соответственно в 2,04 и 2,74 раза.

Объем жидкостной манжеты  $\bar{V}'_M$  соответствующий данному радиусу меридианальной кривой составит:

$$\begin{aligned} \bar{V}'_M = \frac{3}{4} \left\{ \bar{r}' (\cos \alpha + \cos \theta') \times \right. \\ \times [(1 + \bar{r}'^2) \sin^2 \alpha + \bar{r}'^2] - \\ - (1 + \bar{r}'^2) \bar{r}'^2 \sin \alpha \left[ \frac{1}{2} \sin 2\alpha + \right. \\ \left. + \arcsin (\cos \alpha) + \frac{1}{2} \sin 2\theta' + \frac{\pi}{2} - \theta \right] - \\ - \frac{1}{3} [\bar{r}'^3 \cos^3 \alpha + \bar{r}'^3 \cos^3 \theta' + \\ \left. + (1 - \cos \alpha)^2, (2 + \cos \alpha) \right\} \quad (8) \end{aligned}$$

где  $\alpha = \arccos \left( \frac{1 - \bar{r}' \cos \theta'}{1 + \bar{r}'^2} \right)$ .

Соответственно, относительная сила капиллярного взаимодействия с учетом равенств (8) [9] и вышеприведенного (7) будет равна

$$\bar{F} = 1 - \frac{1}{2} A^2 + \cos \theta'. \quad (9)$$

Отмечается зависимость капиллярной силы  $\bar{F}$ , а также степени ее возрастания  $\bar{F}/F_0$  от гистерезиса  $\Delta\theta$  краевого угла смачивания поверхности по сравнению с равновесным случаем. Максимальное возрастание силы  $\bar{F}$  может

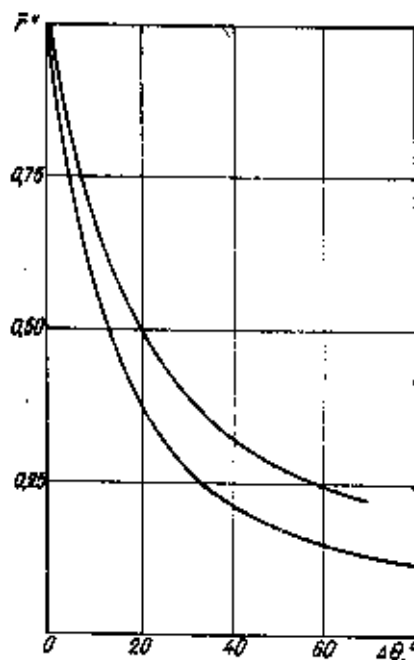


Рис. 5. Влияние гистерезиса  $\Delta\theta$  краевого угла смачивания поверхности на радиус  $\bar{r}'$  меридианальной кривой мениска жидкостной манжеты  
1 —  $\theta = 100^\circ$ ; 2 —  $\theta = 70^\circ$

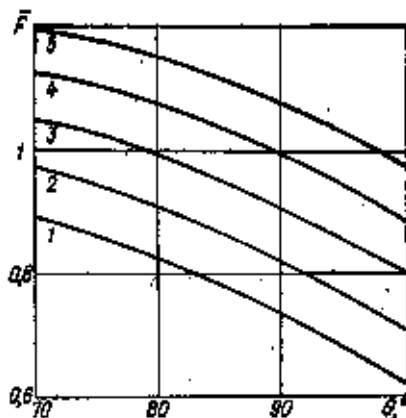


Рис. 6. Влияние равновесного краевого угла смачивания  $\theta$  на силу капиллярного взаимодействия  $\bar{F}$  при определенных значениях гистерезиса угла смачивания поверхности  $\Delta\theta$   
1 —  $\Delta\theta = 0$ ; 2 —  $\Delta\theta = 5^\circ$ ; 3 —  $\Delta\theta = 10^\circ$ ; 4 —  $\Delta\theta = 15^\circ$ ; 5 —  $\Delta\theta = 20^\circ$

быть почти в три раза ( $\Delta\theta = 100^\circ$ ). Даже при наличии небольшого гистерезиса угла смачивания имеет место значительный прирост величины  $\bar{F}$ . При  $\Delta\theta = 20^\circ$  капиллярная сила возрастает примерно в 1,52 раза. Рост силы капиллярного взаимодействия обусловлен уменьшением кривизны мениска, что приводит к увеличению составляющей  $\bar{F}$ , связанной с капиллярным давлением.

При больших значениях  $\Delta\theta$  основной вклад вносит сила капиллярного давления. На рис. 6 показана зависимость силы  $\bar{F}$  от равновесного угла смачивания  $\theta$  при разных значениях гистерезиса угла смачивания  $\Delta\theta$ . Функция

$\bar{F}(\theta)$  является монотонно убывающей.

Таким образом, уменьшение объема жидкостной манжеты вызывает изменение угла смачивания от  $\theta$  до  $\theta'$ , при этом сила капиллярного взаимодействия изменяется по косинусoidalному закону и достигает максимального значения при  $\theta' = \theta_{от}$ , т. е.

$$\bar{F}_{\max} = 1 - \frac{1}{2} A^2 + \cos \theta_{от}. \quad (10)$$

На основе изложенных теоретических предпосылок, а также результатов проведенных исследований можно сделать следующий вывод: влажность горной массы на адгезионном контакте вследствие вытекает тепло- и влагопереноса в ней из-за естественной разности температур породы и окружающего воздуха снижается на 10—30% от его первоначального значения, что приводит к изменению силы капиллярного взаимодействия между рабочей поверхностью и горной массой по косинусoidalному закону. При этом в зависимости от гистерезиса краевого угла смачивания прирост указанной силы может достигать 300%.

С учетом полученных результатов разработаны требования к свойствам антиадгезионных полимерных покрытий рабочих поверхностей емкостного оборудования, позволяющих предотвращать налипание на них горной массы. Угол смачивания этих поверхностей должен составлять не менее  $105^\circ$  при гистерезисе краевого угла смачивания не менее  $8^\circ$ . На основании этих требований ОНПО «Пластполимер» разработаны технологии изготовления полимерных материалов с улучшенными адгезионными свойствами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров С. А. Адгезионные процессы при перемещении горной массы. — М.: МГИ, 1976.
2. Опыт эффективного применения полноплексных и полистирольных пластинок в различных областях народного хозяйства // Б. А. Фрикельштейн, В. И. Шмурак, И. В. Губко и др. / Л.: ЛДНТП, 1982.
3. Строительные материалы / М. И. Хитрович, Г. И. Гончаров, И. А. Рыбьев и др. / М.: Высшая школа, 1982.
4. Ускорить решение важнейшей проблемы // Промышленный транспорт, 1972, № 9.
5. Лыков А. В. Теория теплопроводности. — М.: Высшая школа, 1967.
6. Исаченко Н. П., Осипова В. А., Сухомел А. С. Теплопередача. — М.: Энергия, 1969.
7. Медведович М. К., Чернин С. В. О влиянии гидрофобизации порошков и твердых поверхностей на величину сил взаимодействия капиллярной природы. — В кн.: Исследования в области поверхностных сил. — М.: Наука, 1967.
8. Слуцкий В. А., Дугардыренов А. В. Влияние адгезионного отрыва минеральных частиц связных пород от твердой поверхности на силу их прилипания. — В кн.: Кровельные и гидроизоляционные материалы. Разработка и исследования. ВНИИ-стройполимер. М.: 1980.
9. Слуцкий В. А., Дугардыренов А. В. Влияние гистерезиса краевого угла смачивания твердой поверхности на силу прилипания микрочастиц связных пород. Там же.

В. А. КАРПЕВ, инж. (ВНИПИИстромсырье), П. Д. ЛИТВИНЕЦ, канд. физ.-мет наук (ХИСИ)

## Методика расчета конических гидрогрохотов с оптимальным выбором основных параметров

Конические гидрогрохоты широко применяются на гидромеханизированных карьерах при производстве песка и гравия благодаря простоте устройства и эксплуатации, низким металлоемкости и трудоемкости изготовления, высокой производительности и эффективности работы. Наиболее рациональными по конструктивным и технологическим параметрам и надежными в работе оказались конические гидрогрохоты типа КГГР с износостойкими решетками, состоящими из резиновых вкладышей. Однако до настоящего времени отсутствовал достоверный инженерный метод расчета конических гидрогрохотов, что сдерживало разработку новых конструкций, а также модернизацию и внедрение существующих типов таких грохотов.

Сложность гидродинамического процесса движения двухфазного потока песчано-гравийной гидросмеси с переменным вдоль пути движения расходом затрудняет создание физической модели и разработку надежного метода расчета этого аппарата. Некоторыми авторами получены упрощенные, чисто эмпирические формулы расчета гидрогрохотов. Так, предложены вошедшие в Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов расчетные зависимости, дающие приближенные результаты в узком диапазоне значений и в основном для цилиндрических гидрогрохотов.

В соответствующих формулах норм не задействованы важнейшие конструктивные и технологические параметры, а именно размеры и форма ячеек решета, консистенция исходной песчано-гравийной гидросмеси, содержание в ней гравия, лещадных и «трудных» зерен, диаметр граничного зерна.

На основе анализа результатов экспериментальных исследований, проведенных на стенде Обуховского опытно-промышленного предприятия (ОПП) ВНИПИИстромсырье в 1979—1989 гг., а также данных заводских и ведомственных прямых испытаний опытно-

промышленных образцов конических гидрогрохотов типов КГГ-1000, КГГ-2500, КГГ-5500 с литыми колосниками из марганцовистой стали, проведенных на участке Дмитровского завода, Обуховском ОПП, карьере Старицкого завода нерудных материалов, и конических гидрогрохотов типов КГГР-2500 и КГГР-5500 с решетками из резиновых вкладышей, проведенных на Пензенском и Солдато-Александровском песчано-гравийных карьерах, была предложена, а затем уточнена расчетная формула производительности конического гидрогрохота.

$$Q = A \cdot V \cdot \frac{d_{гр}}{b} \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \times K_7, \quad (1)$$

где  $V$  — средняя скорость потока исходной гидросмеси на выходе из подводящего патрубка гидрогрохота, м/с;  $d_{гр}$  — диаметр граничного зерна, по которому следует разделять песчано-гравийную гидросмесь на песок и гравий, м;  $b$  — ширина прямоугольной ячейки, щели или диаметр круглого отверстия колосников конического решета, м;  $D_1$  — внутренний диаметр цилиндрической части гидрогрохота или диаметр верхнего сечения конического решета, м;  $D_2$  — диаметр нижнего сечения конического решета или диаметр песчаного патрубка гидрогрохота, м.

$$d_{гр} = 5 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (2)$$

В предложенной формуле (1) неизвестные параметры  $A$ ,  $K_4$ ,  $K_5$ ,  $K_6$ ,  $K_7$  разделяются на две группы. К первой группе относятся технологические параметры:  $K_5$  — коэффициент, учитывающий влияние консистенции исходной гидросмеси и  $K_4$  — коэффициент, учитывающий содержание гравия в исходной песчано-гравийной смеси, а ко второй — конструктивные параметры:  $A$  — параметрический коэффициент, зависящий от типоразмера гидрогрохота,  $K_6$  — коэффициент, учитывающий отношение площади световой поверхности ко всей площади конического решета и  $K_7$  — коэффициент, учитывающий форму ячеек конического решета.

Отправляясь от базовых значений  $K_4$ ,  $K_5$ ,  $K_6$ ,  $K_7$  с помощью интерполированных многочленов, вычисляемых по программе LAGRAN для ЭВМ, были найдены аналитические выражения, позволяющие получать промежуточные значения этих коэффициентов. Так, для коэффициента  $K_5$ , зависящего от аргумента  $x = T/J$ , где  $T/J$  — отношение твердого компонента к жидкому в исходной гидросмеси, одна из полученных формул имеет вид

$$K_5 = -0,00002 x^6 + 0,00103 x^4 - 0,0203 x^2 + 0,17722 x - 0,59553 x + 1,20584, \quad (3)$$

Аналогично для коэффициента  $K_6$  как функции от %-ного содержания гравия в исходной песчано-гравийной гидросмеси получена формула

$$K_6 = -0,01 y + 1,1, \quad (4)$$

$$\text{где } y = \frac{Q_{гр}}{Q_{тв}} \cdot 100\%.$$

Для нахождения конструктивных параметров  $A$ ,  $K_4$ ,  $K_7$  применялся следующий метод. Рассматривались серии экспериментов с номерами  $j = 1, 2, \dots, N$ , которые задавали наборы значений  $Q_j$ ,  $V_j$ ,  $d_{гр(j)}$ ,  $K_5(j)$ ,  $K_6(j)$ , при этом значения  $K_4(j)$  и  $K_7(j)$  вычислялись по формулам (3) и (4).

Тогда из формулы (1) следует, что

$$Q_j = A \cdot V_j \cdot \frac{d_{гр(j)}}{b} \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot K_4 \times K_5(j) \cdot K_6(j) \cdot K_7, \quad (5)$$

при  $j = \overline{1, N}$ .

Уравнений здесь  $N$ , а подлежащих уточнению постоянных — три. Найдём такие значения  $A$ ,  $K_4$ ,  $K_7$ , чтобы в определенном смысле удовлетворяли бы всем  $N$  уравнениям.

С целью математической формализации этой задачи перепишем уравнение (5) в виде

$$\ln A + \ln K_4 + \ln K_7 = \ln \frac{b Q_j}{V_j d_{гр(j)} (D_1^2 - D_2^2) K_5(j) K_6(j)}, \quad (6)$$

$j = 1, 2, \dots, N$ .

Пусть

$$\ln A = x, \quad \ln K_4 = y, \quad \ln K_7 = z,$$

а

$$\ln \frac{b Q_j}{V_j d_{гр(j)} (D_1^2 - D_2^2) K_5(j) K_6(j)} = b_j, \quad (7)$$

Тогда получаем следующую систему уравнений

$$x + y + z = b_j, \quad j = \overline{1, N}. \quad (8)$$

Таблица 1

Основные параметры конического гидрогрохота ЭКГР-20							
Производительность $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	Скорость потока $v$ , м/с	Диаметр гранитного зерна $d_{гр}$ , мм	Консистенция Т/Ж	$K_5$	Содержание глины $\gamma_{гр}$ , %	$K_6$	$b_j$
105,14	4,16	4,3	1/20	1,201	34	0,76	5,209
102,78	4,1	4,5	1/14	1,047	36	0,74	5,297
98,96	3,98	4,9	1/12	—	38	0,72	5,309
93	3,83	5,2	1/10	—	40	0,7	5,282
88,91	3,96	4,5	1/12	—	35	0,75	5,351
87,17	3,86	4,8	1/12	—	40	0,7	5,361
82,87	3,7	5,1	1/11	—	50	0,6	5,395
81,54	3,64	5,0	1/11	—	60	0,5	5,49

В общем случае система (8) несовместна и в классическом смысле решения не имеет. Однако существуют эвристические ограничения вида

$$\begin{aligned} \alpha_1 &\leq A \leq \beta_1, \\ \alpha_2 &\leq K_4 \leq \beta_2, \\ \alpha_3 &\leq K_7 \leq \beta_3, \end{aligned} \quad (9)$$

причем часть этих ограничений (например, на  $A$ ) может отсутствовать. Поэтому, объединяя систему (8) и ограничения (9), приходим к следующей задаче

$$\begin{aligned} x + y + z - t &= 0, \\ t - b_j &= v_j, \quad j = \overline{1, N}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \ln \alpha_1 &\leq x \leq \ln \beta_1, \\ \ln \alpha_2 &\leq y \leq \ln \beta_2, \\ \ln \alpha_{(3)} &\leq z \leq \ln \beta_3, \\ \max |v_j| &\rightarrow \min \\ 1 &\leq j \leq N \end{aligned}$$

Задачу (10) теперь сведем к задаче линейного программирования, для чего введем дополнительную переменную  $\theta$  и запишем в виде

$$\begin{aligned} x + y + z - t &= 0, \\ \ln \alpha_1 &\leq x \leq \ln \beta_1, \\ \ln \alpha_2 &\leq y \leq \ln \beta_2, \\ \ln \alpha_3 &\leq z \leq \ln \beta_3, \\ |t - b_j| &\leq \theta, \quad j = \overline{1, N}, \\ \theta &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (11)$$

Заметим, что в обработанных по предложенной методике экспериментальных данных получался единственный вектор решения. Однако не исключена возможность в других случаях получения нескольких таких векторов, из которых следует выбрать наиболее приемлемый.

Таким образом, алгоритм вычислений состоял в том, что по результатам опытов с целью определения оптимальных значений  $A$ ,  $K_4$ ,  $K_7$  вычислялись значения  $b_j$ ,  $j = \overline{1, N}$  по формуле (7). Затем по реализованному в виде программы для ЭВМ модифицированному

Таблица 2

Основные параметры конического гидрогрохота КГР-2500							
Производительность $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	Скорость потока $v$ , м/с	Диаметр гранитного зерна $d_{гр}$ , мм	Консистенция Т/Ж	$K_4$	Содержание глины в исходном ПГГ $\gamma_{гр}$ , %	$K_6$	$b_j$
1960	6,2	4,8	1/25	0,7	27	0,83	5,68
1890	6,8	4,3	1/23	0,8	23	0,87	5,67
2070	6,3	4,1	1/21	0,905	21	0,89	5,82
2180	4,9	4,8	1/18	1,31	32	0,78	5,55
2290	4,6	4,5	1/16	1,1	29	0,81	5,89

симплекс-методу находилось решение задачи (11), т. е. вектор решений  $x^*$ ,  $y^*$ ,  $z^*$ , минимизирующий целевую функцию  $\theta$ .

Окончательный результат получен после применения формул

$$A = e^{x^*}, \quad K_4 = e^{y^*}, \quad K_7 = e^{z^*}. \quad (12)$$

В результате обработки экспериментальных данных стендовых исследований, проведенных на стенде Обуховско-

го ОПГ с коническим гидрогрохотом ЭКГР-20 с решетом из резиновых вкладышей ( $D_1=0,64$  м,  $D_2=0,24$  м, размер ячеек  $8 \times 12$  мм) с использованием проб природной песчано-гравийной массы Солдато-Александровского песчано-гравийного карьера (табл. 1) были получены следующие оптимальные значения конструктивных параметров:

$$A=1326,1; \quad K_4=0,2; \quad K_7=0,8.$$

В табл. 2 приведены результаты приемочных испытаний опытно-промышленного образца конического гидрогрохота КГР-2500 с решетом из резиновых вкладышей на Пензенском песчано-гравийном карьере ( $D_1=2,5$  м,  $D_2=0,7$  м, размер ячеек  $8 \times 12$  мм) с использованием исходного сырья этого карьера.

Для этой и предыдущей серии опытов были введены ограничения:

$$\begin{aligned} 0,2 &\leq K_4 \leq 0,3; \\ 0,8 &\leq K_7 \leq 1. \end{aligned}$$

В результате обработки опытных данных приемочных испытаний были получены следующие оптимальные значения конструктивных параметров:

$$A=1408,7; \quad K_4=0,2; \quad K_7=0,8.$$

Предложенная методика позволяет решать две задачи: во-первых, для имеющихся гидрогрохотов получать расчетные формулы производительности с достоверными значениями основных параметров; во-вторых, фиксируя одни параметры и меняя другие, заранее прогнозировать степень влияния тех или иных конструктивных особенностей. К примеру, размеров и формы отверстий, их количества и размеров конического решета на производительность гидрогрохота.

## ВНИМАНИЮ РУКОВОДИТЕЛЕЙ КООПЕРАТИВОВ, ОРГАНИЗАЦИЙ, ПРЕДПРИЯТИЙ

Готовится к печати тематический номер журнала  
«СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»,  
посвященный технологическим и техническим решениям  
организации производства местных строительных материалов  
на участках с малой механизацией небольшой мощности.

Освещается отечественный и зарубежный опыт.  
ЧИТАЙТЕ ЖУРНАЛ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»  
№ 5 1990 г.г.

## Утилизация пластмассовых отходов

Как известно, утилизация пластмассовых отходов является серьезной технической проблемой в большинстве стран. В Венгрии создано совместное венгерско-западногерманское предприятие для этой цели. В стране ежегодно скапливается до 160 тыс. т промышленных и бытовых отходов из пластмассы. До недавнего времени перерабатывалась для вторичного применения только одна пятая часть, остальное сжигалось с ущербом для окружающей среды.

Среди учредителей совместного предприятия — завод по переработке пластмассы, трест по утилизации сырья и ряд фирм. В основу положена технология западно-германской фирмы «Редиклен», отличающаяся возможностью переработки не только чистых пластмасс, но и смесей поливинилхлорида, полиэтилена, полипропилена.

Планируется начать производство в июле текущего года. Согласно планам предстоит перерабатывать ежегодно

2,4 тыс. т отходов из пластмассы. Готовой продукцией будут, в частности, плитки для полов промышленных зданий, поддоны, различная тара и упаковка. Часть продукции пойдет на экспорт. В случае успешной эксплуатации предприятия учредители намерены пустить дополнительные поточные линии.

Экономическая информация Венгерской хозяйственной палаты

## Рефераты опубликованных статей

УДК 666.973.6

Технологическая линия для производства изделий из чистого бетона производительностью 20 и 25 тыс. м<sup>3</sup> в год / А. Н. Полозов, И. М. Ескадрин, А. А. Немчинов, Я. М. Паплавский, В. В. Литвинцева, Ю. А. Маргулик // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 3—8

Описаны технология и оборудование технологической линии для производства изделий из чистобетонных блоков производительностью 20 и 25 тыс. м<sup>3</sup> в год. Приведены технико-экономические показатели линии в сравнении с известными комплексами «Агроблок» и комплексом для производства керамического кирпича австрийской производительности. Показаны преимущества изделий из чистого бетона. Ил. 1, табл. 1.

УДК 601.212.001.6

Шварц В. В. Термическая разрушаемость горных пород, выбор способа их обработки // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 7—8.

Крепкие строительные горные породы систематизованы по термической разрушаемости при обработке. В первую группу входят кварциты, во вторую — мелко- и среднезернистые граниты, в третью — крупнозернистые граниты, гравиты, затронутые выветриванием, Гнейсы, ритмы, в четвертую — основные породы. Для получения удовлетворительного качества поверхности углы изделий из пород третьей и четвертой групп, а также лицевые поверхности из четвертой группы необходимо подвергать дополнительной механической обработке. Приведены производительности изготовления ступеней, бортовых камней, плит. Табл. 2, библ. 4.

УДК 660.82.2.035.85

Гуденков П. П., Чечулин С. П. Теплоизоляционные плиты из отходов пенополиуретана // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 10—12

Предложены теплоизоляционные материалы на основе отходов пенополиуретана с различными вяжущими — цемент, гипс, известняк и связующими: жидкого стекла, битума, поливинилацетатной эмульсии. Работаемые изделия применяют для теплоизоляции ограждающих конструкций — наружных и внутренних стен, покрытий, чердачных перекрытий и т. д. Приведены физико-механические и теплотехнические свойства материала, а также технологические схемы его производства на различных вяжущих. Показаны преимущества теплоизоляционных плит из отходов пенополиуретана перед минераловатными: это — лучшие теплотехнические показатели, меньшая средняя плотность и низкая себестоимость. На Заводе железобетонных изделий Промстройуправления г. Ижевска создан опытный участок по изготовлению теплоизоляционных плит из отходов пенополиуретана на цементном вяжущем, выпущена опытная партия изделий. Ил. 5, табл. 4, библ. 2.

УДК 662.996.004.8.091.144

Устинов В. С. Теплоизоляционный материал из отходов картоно-рубромного производства // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 12—14

Рассмотрены возможности использования технологических отходов картоно-рубромного производства в качестве вторичного сырья для приготовления теплоизоляционного материала ФРГИКОБ. Описана технологическая установка по приготовлению материала. Приведены его состав и физико-механические характеристики. Показаны преимущества нового теплоизоляционного материала перед древесно-волокнистыми плитами. Табл. 1, бл. 2.

УДК 666.973.2+65.018.842

Чернышевский Г. Ю., Блюх В. О., Чиж И. С. Производство шлакоцементного бетона // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 14—18

Описана технология производства шлакоцементного бетона на основе отходов производства. Рассмотрены технологические требования к составляющим бетонной смеси, показаны факторы, влияющие на рост прочности бетона. Охарактеризованы отходы производства, пригодные для приготовления шлакоцементного бетона. Указаны технологические параметры уплотнения, твердения бетонной смеси. Приведены физико-механические свойства шлакоцементного бетона. Показаны его преимущества перед аналогичным по назначению бетоном, а также экономическая эффективность при его применении.

УДК 68.042.65.012.6

Картышов Г. А. Система безопасности тепловых агрегатов // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 18

В НПО «Росавтоматром» подготовлено производство систем безопасности тепловых агрегатов, предназначенных для замены существующих контактных систем того же назначения, не обладающих достаточной надежностью в эксплуатации. В статье приведены технические данные системы, кратко описаны электрической схемы.

УДК 676.267.026.6

Бойков Л. М. Кнестика сушики кровельного картона // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 19—21

Приведены результаты исследований кнестики сушики кровельного картона при различных способах энергоподвода. Показано, что конвективная сушка характеризуется малыми энергозатратами и позволяет улучшить качественные показатели картона. Установки для ее реализации отличаются большой металлоемкостью. Предложено также в качестве универсальной характеристики для сравнения эффективности различных способов сушки использовать коэффициент энергетической эффективности способа сушки (КЭЭС), представляющий собой отношение суммарных затрат мощности к единице поверхности высушиваемого материала. Ил. 5, табл. 1, библ. 12.

УДК 621.86.067.678.7:666.94

Слудский В. А. Механизм влагопереноса к разрыву капиллярных сил на контакте связанной породы и антиадгезионного покрытия бункера и уловов перегрузки // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 24—28

Изложены результаты исследования адгезионных явлений, возникающих на контакте связанных, высокодисперсных сыпучих пород с рабочей поверхностями оборудования. Рассмотрен вопрос влагопереноса и соответствующего развития капиллярных сил взаимодействия на контакте минеральной частицы в твердой поверхности. Сделан вывод о влиянии изменяющейся влажности сыпучих пород на силу капиллярного взаимодействия между рабочей поверхностью и связанной породой. Ил. 5, библ. 9.

УДК 621.928.26.001.24

Карпов В. А., Литвинцев П. Д. Методика расчета конвективных гидротехнических параметров // Стронт. материалы. 1990. № 4. С. 27—28

Предложена расчетная формула производительности конвективного гидротехнического, дан метод расчета входящих коэффициентов с применением ЭВМ, которые могут быть использованы для модернизации гидротехнических и разработки новых конструкций, а также при проектировании гидромеханических сооружений. Табл. 2.

*Martynov G. A.* Economic efficiency of enterprises aimed at getting income

*Polozov A. N., Esipovitch I. M., Nemchinov A. A., Paplavskis Ja. M., Litvitsseva V. V., Marguljan Ju. A.* Technological line for manufacture of cellular concrete products with 20 and 35 thou. m<sup>3</sup>/year capacity

*Shaparev S. V.* Thermal damage of rocks and their processing technology

*Feofanov N. F., Zubkov V. I., Feofanov S. N.* Separation of kaolin by using centrifugal separators

*Gedeonov P. P., Chechjulin S. P.* Heat insulation slabs made of polyurethane foam wastes

*Ustinov B. S.* Heat insulation material made of cardboard and ruberoid wastes

*Chernjavsky G. Ju., Bljum V. O., Chizh I. S.* Production of slag and alkali-containing concrete

*Sytschenkov V. V., Polukhin A. I.* Express-analyser of dispersion composition of powder-type materials ЭИП-III

*Kartashov G. A.* Safety system of heat generation units

*Boikov L. M.* The kinetics of roofing felt drying process

*Sineglazov V. M., Kleutsov Ju. A.* Elaboration of mathematical model for porous aggregate drying process

*Slutsky V. A.* Moist transfer mechanism and development of capillary forces at the contact of cohesive rock and anti-adhesive covering of bins and junction joints

*Karpeev V. A., Litvinets P. D.* The methods of designing cone-type hydraulic screens with an optimum selection of main parameters

*Martynow G. A.* Okonomische Wirksamkeit von Betrieben die für Gewinn arbeiten

*Polosow A. N., Esipowitsch I. M., Nemtschinow A. A., Paplawskis Ja. M., Litwitssewa W. W., Marguljan Ju. A.* Technologische Linie mit der Leistung von 20 und 35 taus. m<sup>3</sup>/Jahr Zellbetonerzeugnissen

*Schoparew S. W.* Thermische Zerstörung von Gesteinen und die Technologie ihrer Bearbeitung

*Feofanow N. F., Subkow W. I., Feofanow S. N.* Kaolinaufbereitung durch Anwendung von Zentrifugalabscheidern

*Gedeonow P. P., Tschetschulin S. P.* Wärmedämmplatten aus Schaumpolyurethanabfällen

*Ustinow B. S.* Wärmedämmstoff aus Abfällen von Karton- und Ruberoiderzeugung

*Tschernjawschij G. Ju., Bljum W. O., Tschizh I. S.* Die Erzeugung von schlacke und alkali-haltigen Beton

*Sytschenkow W. W., Polychin A. I.* Express-Analysator der Dispersionszusammensetzung von pulverförmigen Stoffen ЭИП-III

*Kartaschow G. A.* Sicherheitssystem von Wärmeaggregaten

*Boikow L. M.* Die Kinetics von Dachpappetrocknung

*Sineglasow W. M., Kleuzow Ju. A.* Die Erarbeitung des mathematischen Modells zur Trocknung von porigen Zuschlagstoffen

*Sluukij W. A.* Feuchtigkeitsübertragung und Entwicklung von Kapillarkräften auf dem Kontakt von bindigen Gesteinen und Adhäsionsschutzanstrichen von Bunkern und Umschlagpunkten

*Karpeew W. A., Litwinet P. D.* Die Methodik der Berechnung von konischen hydraulischen Siebanlagen mit optimaler Auswahl von Hauptparametern

*Martynov G. A.* L'efficacité économique des entreprises travaillant à profit (sujet à discuter)

*Polozov A. N., Essipovitch I. M., Nemchinov A. A., Paplavskis Y. M., Litvitsseva V. V., Margoullan Y. A.* La ligne technologique pour les produits en bétons cellulaires de capacité annuelle de 20 000 et de 35 000 m<sup>3</sup>

*Chaparev S. V.* La destructibilité thermique des roches et la technologie de leur traitement

*Féofanov N. F., Zoubkov V. I., Féofanov S. N.* Le traitement du kaolin avec utilisation des séparateurs centrifuges

*Guéd-onov P. P., Tchétchoulne S. P.* Les dalles calorifuges à partir des déchets de mousse de polyuréthane

*Oustinov B. S.* Le matériau calorifuge à partir des déchets de la production de carton et de rubéroïde

*Tcherniauskij G. Y., Blum V. O., Tchizh I. S.* La production du béton antialcoïl de laitier

*Sytschenkov V. V., Polykhine A. I.* L'analyseur-express de la composition de dispersion des matériaux pulvérulents ЭИП-III

*Kartashov G. A.* Le système de sécurité des groupes thermiques

*Kartachov G. A.* Le système de sécurité des groupes thermiques

*Boikov L. M.* La cinétique du séchage du carton pour toiture

*Sineglazov V. M., Kleutsov Y. A.* Le modèle mathématique du séchage des agrégats poreux

*Slouiski V. A.* Le mécanisme du transport de l'humidité et le développement des forces capillaires au contact de la roche cohérente et du revêtement antiadhésif des trémies et des blocs de rechargement

*Karpeev V. A., Litvinets P. D.* Le calcul des cribles hydrauliques coniques à paramètres optimaux

#### Редакционная коллегия:

М. Г. РУБЛЕВСКАЯ (н. о. главного редактора),  
И. В. АССОВСКИЙ, А. С. БОЛДЫРЕВ, Ю. М. ВЕКОВРАДОВ, А. В. ВОЛЖЕНСКАЯ,  
Х. С. ВОРОВЬЕВ, Ю. А. ВОСТРЕЦОВ, Ю. В. ГУДКОВ, В. Х. ДЕМИДОВИЧ, Л. В. ЗАБАР,  
А. Ю. КАМИНСКАЯ, П. М. ЛУКЬЯНЧУК, А. Н. ЛЮСОВ, Л. А. МАТЯНИ, Б. П. ПАРИМБЕТОВ,  
А. Ф. ПОЛУЯНОВ, С. Д. РУЖАНСКИЙ, Ю. Л. СЫРНИ, М. В. УДАЧКИН,  
Н. Н. ФИЛИПОВИЧ, Л. С. ЭЛЬКЕНД

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

Оформление обложки художника  
В. А. Андросова

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

Сделано в набор 22.02.90.  
Подписано в печать 29.03.90.  
Формат 60×90%. Бумага книжно-журнальная  
Печать высокая Усл. печ. л. 4,0  
Усл. кр.-отт. 5,0 Уч.-изд. л. 6,14  
Тираж 16000 экз. Звк. № 141 Цена 60 к.

Подольский филиал ПО «Периодика»  
Государственного комитета СССР по печати  
142110, г. Подольск, ул. Карова, д. 26