

УДК 699.86

*В.Г. Куликов,
М.П. Колесниченко,
Е.С. Гаевец*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЕНОКОМПОЗИТОВ

Известно, что во многих случаях толщина существующих ограждающих конструкций зданий и сооружений определяется не характеристиками прочности, а теплотехническим расчетом. Результаты теплотехнического расчета предопределяют излишнюю массу ограждающих строительных конструкций.

Освещены вопросы исследований и проектирования, сформулированы технологические рекомендации по производству конструкционных, тепло- и звукоизоляционных материалов.

Ключевые слова: пенокомпози́ты, ограждающие строительные конструкции, теплотехнический расчет, теплоизоляционные материалы.

Необходимость энергосбережения настоятельно требует создания новых технологий в области теплоизоляционных материалов, а постоянное удорожание энерго- и теплоносителей вызывает перманентный кризис их производства. Одним из способов его преодоления является разработка более эффективных технологий получения теплоизоляционно-конструкционных материалов, изделий и конструкций из них, отличающихся эффективностью, экономичностью и конкурентоспособностью изготавливаемой продукции, отвечающей современным требованиям.

Изучение процессов поризации легковесных смесей происходило путем добавления пенообразующих веществ в процессе их перемешивания, и выявило, что добавление в качестве пенообразующей добавки «ЦНИПС-1» 0,1...0,3 % от веса цемента при $n = 60$ об/мин мешалки приводило к уменьшению объемной массы пенобетона на 6...8 %. При этом снижение прочности бетона от контрольного достигало 40 %. Значения результатов аналогичного порядка получены и при введении ГК (марка ПО-6).

При добавлении «мылонафта» прочность поризованного бетона снижалась в 2-3 раза.

Установлено, что для более эффективного использования пенообразующих свойств рассмотренных добавок время перемешивания смесей необходимо было доводить до 12...15 мин, что не технологично и нерационально.

Вывод. Приведенный способ использования указанных пенообразующих добавок с целью уменьшения объемной массы пеноматериалов не эффективен.

Изучен способ поризации легковесных смесей с применением пены на этапе перемешивания смесей. Пену добавляли в керамзитобетонную смесь приготовленную на керамзитных высевах. При расходе пенообразователя ГК 7...9 л/м³ объемная масса бетона снизилась с 1400 до 800 кг/м³.

*V.G. Kulikov,
M.P. Kolesnichenko,
E.S. Gaevets*

DESIGN AND TECHNOLOGIES OF STRUCTURAL HEAT-INSULATING FOAM COMPOSITES

The authors argue that, in many cases, thicknesses of envelopes of buildings and structures are based on the thermotechnical calculation rather than their strength-related characteristics. Results of the thermotechnical calculation predefine the degree of excess demonstrated by envelopes of buildings and structures. The paper covers the issues of research, design development and technology-related recommendations associated with the production of structural elements, thermal and sound insulation materials.

Key words: building envelope, thermal insulation, sound insulation, strength.

Однако при перемешивании керамзитобетонной смеси с пеной в течение 5-6 мин, не говоря уже о вышеупомянутых 12...15 мин, объем пены снижался до 40...50 % из-за ее разрушения мелким заполнителем.

Сокращение времени перемешивания до 2-3 мин приводило к неравномерной минерализации пены вяжущим, и как следствие этого, к уменьшению однородности поризованной смеси.

Вывод. Это обстоятельство не позволило полномасштабно разработать технологию получения теплоизоляционных конструкционных материалов вышеописанным способом, но и не исключило саму возможность получать аналогичными способами высоко пластичные «удобоформируемые» смеси.

Было установлено, что совместно с тепловлажностной обработкой смесей на основе керамзитных высевок эффективно использовать золу уноса ТЭЦ в качестве активной добавки к цементу. Так при их общем, совместном расходе 350...400 кг/м³ (цемент + зола уноса), — достигалась объемная масса 750...850 кг/м³.

Поиск технологий, улучшающих вышеприведенный способ, привел к варианту перемешивания цементного теста с пеной, и затем — поризованного теста с пористым заполнителем. При этом предварительно приготавливалась пенобетонная масса. Затем она перемешивалась с пористым заполнителем из керамзитных высевок. Было установлено, что наиболее равномерное распределение пористых заполнителей в пенобетонной массе происходило тогда, когда расход заполнителей на 1 м³ бетона превышал 0,7 м³, а объемная масса заполнителей в куске по модулю была близка к объемной массе пенобетонной массы.

Вывод. В процессе экспериментов выявлено, что при перемешивании пористых заполнителей с пенобетонной массой она уплотняется за счет разрушения ячеистой структуры бетонной смеси и отсоса воды из пористого цементного теста в поры заполнителя.

К более существенному разрушению структуры поризованной массы приводит ее перемешивание с пористыми заполнителями, состоящими из песков. При этом несколько увеличивается объемная масса пенобетона, а также расходы вяжущего и пенообразователя.

Вывод. Отсюда, для того чтобы получать поризованные бетоны путем перемешивания пористых заполнителей с пенобетонной массой, предпочтительнее применять заполнители, не содержащие песка.

Рассмотрен метод получения пенобетонной массы перемешиванием пенообразующего вещества, воды и вяжущего (без предварительного приготовления пены) с последующим добавлением пористого заполнителя. Введение минерализаторов в водный раствор пенообразователей перед приготовлением пены в виде небольшого количества пылеватых минерализующих добавок, увеличивало прочность, вязкость и стойкость пены.

В качестве добавок изучались компоненты из минеральных вяжущих и мелкозернистых пылеватых кремнеземистых компонентов. В этих случаях в качестве пенобетонной массы рассматривалась минерализованная пена. Для достижения вспенивания смесь перемешивалась в мешалке при скорости вращения лопастей более чем 240 об/мин. Для получения эффекта использовался «дегте- известковый» пенообразователь состава, %: смола сосновая (галипот) — 2, ССБ — 3, известь негашеная молотая — 30, вода — 65. Было установлено, что вместо извести возможно использовать портландцемент, «известково-песчаное» или «цементно-зольное» вяжущее. Детально изучен вариант состава: смола «сосновая» — 1; ССБ — 1 %; «известково-песчаное» вяжущее (с соотношением известь: песок равным 1:2) — 55; вода — 43 %, при «водо-вяжущем» отношении — 0,78.

Вывод. Для приготовления поризованной легкобетонной смеси требовались два смесителя: один для получения пенобетонной массы, а другой — для перемешивания ее с пористым заполнителем.

Изучена динамика получения «пенокомполитов» от стадии смешивания исходных компонентов до фазы получения готового продукта. Результаты приведены на рис. 1.

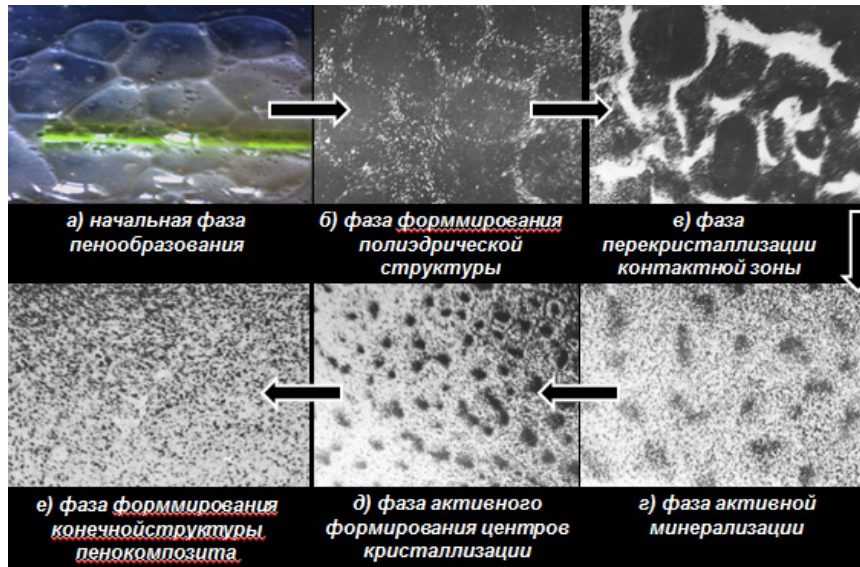


Рис. 1. Динамика превращений, происходящая в процессе получения пенокомполитов

Для получения устойчивых пен жидкая фаза должна содержать по крайней мере два компонента, один из которых обладает поверхностно-активными свойствами и способен адсорбироваться на межфазной поверхности. Таким образом, пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из «ячеек-пузырьков» газа (или пара), разделенных пленками жидкости (рис. 2).

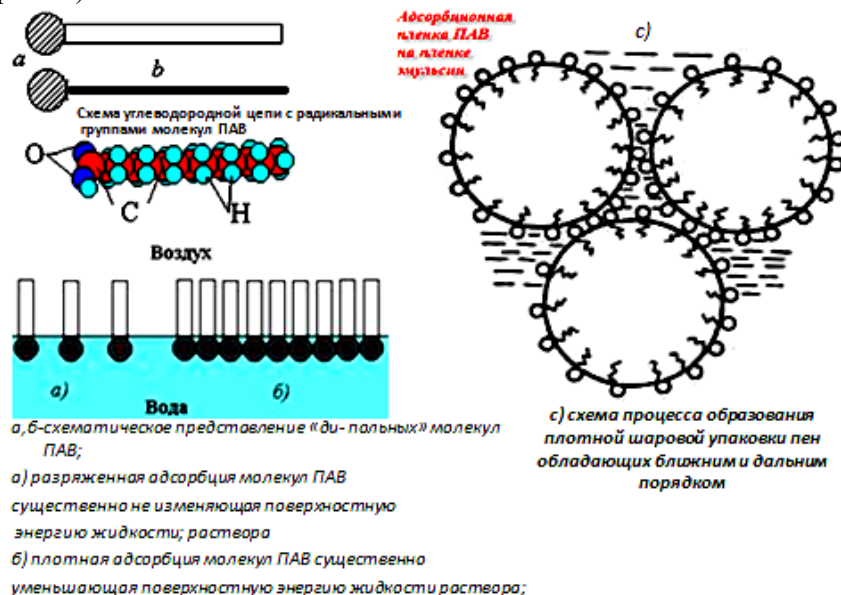


Рис. 2. Схема процесса пенообразования молекулярными группами ПАВ

Пены, в которых дисперсной средой является твердое вещество, образуются при отверждении растворов или расплавов насыщенных газом. Структура пен определяется в основном соотношением объемов газовой и

жидкой фаз, поэтому ячейки пены могут принимать сферическую или многогранную (полиэдрическую) форму.

В процессе изучения выявлено, что ячейки пены принимают форму близкую к сферической, рис. 2 в тех случаях, когда объем газовой фазы превышает объем жидкости не более чем в 10...20 раз, причем пленки пузырьков при этом имеют относительно большую толщину, чем при других соотношениях. Если соотношение объемов газовой и жидкой фаз больше «20», и они разделены тонкими жидкими пленками, то их ячейки представляют собой «полиэдрические» многогранники.

Вывод. Именно вышеприведенное положение может быть использовано технологом в роли «управляющего технологического параметра», с помощью которого можно количественно и качественно управлять формированием внутренней «капиллярно-поровой» структуры «пенокомпозигов».

И еще, установлено, что в процессе старения пен «сфероидная» форма «газовоздушных» пузырьков превращается в многогранную, полиэдрическую. Следовательно, в технологическом регламенте производства «пенокомпозигов» должен быть предусмотрен период стабилизации пен.

Выявлено, что механизм образования пузырьков пены заключается в образовании адсорбционного слоя на межфазной поверхности газообразного или парообразного включения в жидкой среде, содержащей поверхностно активны вещества (ПАВ, см. рис. 2). Скорость формирования этого слоя определяется скоростью диффузии молекул ПАВ из глубины раствора к поверхности включения. При выходе пузырька на поверхность раствора он окружается двойным слоем ориентированных молекул ПАВ.

Строение молекул ПАВ влияет на пенообразующую способность растворов. Так для натриевых солей жирных кислот нормального строения она повышается с увеличением длины цепи углеводородного радикала. Наибольшей пенообразующей способностью в ряду растворов солей насыщенных жирных кислот обладают водные растворы солей миристиновой кислоты с концентрацией 0,5 г/л (25...30 °С). Растворы натриевой соли каприновой кислоты не пенятся при концентрации до 1,7 г/л, а растворы солей лауриновой кислоты при этой концентрации дают относительно небольшой объем пены. Растворы стеарата натрия пенятся еще хуже. Наибольшую пенообразующую способность в ряду солей ненасыщенных кислот имеют растворы олеата. Для линолеата пенообразующая способность значительно меньше, а растворы лицинолеата вспениваются еще слабее. Разветвленность молекул солей жирных кислот положительно влияет на пенообразующую способность их растворов.

Пенообразующая способность водных растворов первичных алкилсульфонатов (20 °С) возрастает с увеличением длины углеводородного радикала, достигая максимального значения для додецилсульфата. У более высокомолекулярных гомологов пенообразующая способность при комнатной температуре ниже из-за их меньшей растворимости в воде. Вторичные алкилсульфонаты в этом отношении ведут себя подобно первичным.

Растворы алкилсульфонатов, начиная с C11, обладают высокой пенообразующей способностью при концентрациях около 0,5 г/л, причем максимальное значение достигается для гомолога C15, а у более высокомолекулярных алкилсульфонатов она ниже.

Пенообразующая способность растворов ПАВ зависит от расположения в молекуле гидрофильной группы: чем ближе она расположена к середине молекулы, тем активность растворов выше. Присутствие дисульфонов, образующихся при производстве алкилсульфонатов, вызывает умень-

шение пенообразующей способности. Увеличение рассматриваемых свойств данных соединений с ростом длины цепи углеводородного радикала обусловлено повышением их поверхностной активности вследствие усиления «выталкивания» из воды гидрофобных частей молекул. Однако с удлинением алкильной цепи свыше 14 атомов углерода возрастает роль агрегирования молекул внутри раствора, что способствует увеличению поверхностного натяжения и уменьшению пенообразующей способности. Считается, что вещества, содержащие в алкильной цепи 8...10 атомов углерода, как правило, либо обладают низкой пенообразующей способностью, либо не обладают ею вообще. Это же относится к соединениям с C16...C19. Максимальной вспениваемостью обладают вещества с 12...15 атомами углерода, причем различий между сульфатами и сульфонатами не обнаруживается.

Пенообразующая способность растворов ПАВ зависит также от вида катиона. Так высота столба пены, мм, для различных мыл (натриевого и калиевого): лаурат — 169, 232; мирилат — 489, 494; пальмитат — 54, 204; стеарат — 16, 73; олеат — 154, 212; линолеат — 11, 62. Причем наблюдается более низкая пенообразующая способность аммонийных солей сульфонатов по сравнению с натриевыми солями этих же кислот, что можно связать с сольватацией катиона.

Пенообразующая способность растворов неионогенных ПАВ зависит как от длины гидрофобной цепи, так и от числа групп $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ -. В ряду оксиэтилированных жирных спиртов пенообразующая способность увеличивается от C4 до C10...C12, а затем уменьшается. Спиртам нормального строения присуща большая пенообразующая способность, причем ее максимум приходится на высшие спирты с разветвленной цепью. Оксиэтиленовые группы влияют на пенообразующую способность неионогенных ПАВ таким образом, что с ростом числа этих групп данное свойство увеличивается, только до некоторого значения, после чего она остается постоянной. Число таких групп, которому соответствует максимальная пенообразующая способность при данной гидрофобной цепи, называют критическим гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ).

Молекулы веществ, обладающие критическим значением ГЛБ, образуют пленки, сопротивление разрыву которых максимально (т.е. силы сцепления молекул максимальны).

В целом, анионоактивные ПАВ обладают большей пенообразующей способностью, чем неионогенные, что связывают с различием скоростей образования адсорбированного слоя, которая больше для анионных ПАВ. Хотя неионогенные ПАВ обладают лишь средней пенообразующей способностью, но они пригодны для использования в качестве веществ, усиливающих вспениваемость.

Идея технологии пенного метода получения теплоизоляционно-конструкционных материалов заключается в создании и сохранении в дисперсной системе ячеистой структуры — пространственной сетки из минеральных частиц. При этом схема строения формовочной массы пенобетона (рис. 3) включает: раствор ПАВ и стабилизаторов в воде (1); частицы минерала на

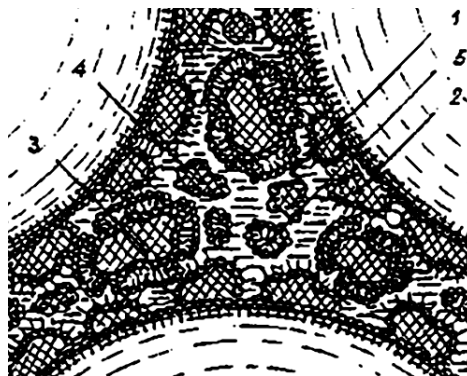


Рис. 3. Строение контактной зоны

поверхности пузырьков (2); частицы цемента в растворе (3); частицы керамзитового песка (высевки) и глины в растворе (4); комплексы молекул ПАВ (мицеллы) (5).

Таким образом, изложенные положения теории и практические исследования применения пен позволяют авторам выделить ряд технологических приемов, повышающих эффективность поризованных масс.

1. *Повышение механической прочности и эластичности адсорбционных слоев.* Выбор пенообразователя с сильными гидрофильными группами (число ГЛБ не ниже 18). Это связано с их активной гидратацией, которая приводит к образованию молекулярных комплексов, включающих значительные объемы воды. Возникающая в результате адсорбции и гидратации ПАВ структурированная оболочка вокруг воздушного пузырька может быть усилена гидрофильными добавками-загустителями: глицерина, этиленгликоля или метиллцеллюлозы. При этом молекулы этих веществ, встраиваясь в «частокол» молекул пенообразователя, связывают их в прочные объединения.

2. *Повышение вязкости пленочного раствора.* Применение высокоэффективных ПАВ, позволяющих значительно снизить поверхностное натяжение воды, еще не гарантирует высокую устойчивость пен. Только в присутствии стабилизаторов возможно получение обильных «долгоживущих» пен. Введение в «пенконцентрат» органических веществ, способных образовывать коллоидные или полукolloидные растворы, в десятки раз повышает структурную вязкость пленочной жидкости. В качестве стабилизаторов используют мыла, желатин, костный клей, крахмал, жидкое стекло, глицерин, продукты производства целлюлозы — ССБ, СДБ, КМЦ. Особенно перспективными считаются ПАВ, сочетающие функции пенообразователей и стабилизаторов, например пенообразователи белкового происхождения типа «Ниапор», «Эдема» (Германия) и «Ниэт» (Казахстан). Механизм действия стабилизатора-загустителя состоит в образовании в растворе молекулярных агрегатов (мицелл) с углеводородным ядром в центре и обращенными наружу гидрофильными группами, окруженными гидратными оболочками. Коллоидные частицы, входящие в адсорбционный слой пузырьков, выполняют барьерные функции в диффузионном переносе воздуха в пене. Кроме того, адсорбированные на поверхности твердых частиц молекулы стабилизатора образуют двусторонние коллоидные пленки, препятствующие седиментации.

3. *Развитие расклинивающегося давления в пленке.* При равенстве давлений в дисперсной среде и воздушных пузырьках достигается определенное равновесное состояние в системе. Давление на стенки пузырьков со стороны жидкости создается взаимным отталкиванием коллоидных частиц из молекул ПАВ и твердой фазы, несущих адсорбированные слои с одноименными зарядами. Эффект расклинивающего действия усиливается при введении в систему тонкодисперсной глины, частицы которой образуют развитые гидратные оболочки с аномально высокой вязкостью. При определении состава пенных масс необходимо учитывать то, что условием возникновения расклинивающего давления в пленочной жидкости являются активные гидратационные процессы и ионизация частиц.

4. *Бронирование пузырьков воздуха твердыми частицами смеси.* насыщение минеральными частицами адсорбционных слоев окружающих воздушные пузырьки способствует агрегативной устойчивости ячеистой системы. Частицы твердой фазы прочно прилипают к пузырькам, встраиваясь в адсорбционный слой молекул пенообразователя в том случае, если их поверхность гидрофобизирована. Для частиц портландцемента, несущих в водной среде положительный заряд, гидрофобизатором является сам пенообразователь — ионоактивный ПАВ. Этим можно объяснить преимущест-

венную адсорбцию цемента на пузырьках воздуха в пенобетонных массах, содержащих песчаные и другие компоненты. Зерна кварца, глины и других минералов кислого характера с отрицательным зарядом на поверхности подвергаются гидрофобизации в растворах катионоактивных химреагентов. Наиболее распространенными ПАВ такого вида являются соли алифатических аминов и четвертичных аммониевых оснований, а также другие сложные органические соединения, содержащие азот и фосфор. При диссоциации в водных растворах солей аминов образуется катион, включающий углеводородную группу. Адсорбция сложного катиона дегидратированными кислородными участками кислого минерала сопровождается образованием насыщенного слоя молекул ПАВ, ориентированных углеводородными «хвостами» в окружающую среду.

Эффективность бронирующего действия минеральных частиц, окружающих воздушные пузырьки, подтверждается тем, что введение в раствор СНВ гидроксида кальция увеличивает время жизни пены более чем в 6 раз, а время существования пены, полученной на основе того же пенообразователя в суспензии цемента 1:10, возрастает в 40 раз. Устойчивость системы достигается в первом случае посредством формирования пленок из трудно растворимых кальциевых солей — продуктов взаимодействия гидроксида кальция с ПАВ, а во втором случае — за счет отверждения минерализованных цементом оболочек и образования из них пространственной сетки.

5. *Сужение каналов Плато.* Равномерное распределение и устойчивое положение частиц твердой фазы в межпузырьковом пространстве сокращает свободное сечение каналов, уменьшая истечение воды из пеномассы. Стабилизирующее действие на систему оказывают гидрофильные ПАВ, такие как ССБ, СДБ, КМЦ и неорганические электролиты (Na_2SiO_3 , NaOH и др.). Введение их в раствор усиливает взаимодействие частиц с водой. Первые связывают свободную воду в комплексные образования (коллоиды), а вторые, избирательно адсорбируясь на поверхности частиц минерала, участвуют в образовании вокруг них двойного электрического слоя. Такие лиофильные минералы, как силикаты, алюмосиликаты и вещества с кислотными группировками на поверхности в водной среде, несут отрицательный заряд. Электрический заряд на поверхности кремнезема создается слоем ионов SiO_3^{2-} , образующихся в результате гидратации кремневой кислоты. Ион водорода переходит в раствор и участвует в формировании слоя противоионов. На зернах глинообразующего минерала заряд возникает в результате адсорбции из раствора гидроксильных групп (OH^-). Положительный заряд частиц гидратированного цемента обусловлен адсорбцией ионов кальция, причем одноименный заряд несут в водной суспензии и частицы гидроксида кальция. В водных растворах заряженные частицы минералов ведут себя как макроионы, создавая в окружающем электростатическом поле двухслойные катионные оболочки. Разность потенциалов между заряженной сферой адсорбционного слоя и дисперсионной средой определяет величину электрокинетического потенциала (дзета-потенциала), представляющего часть общей разности потенциалов двойного электрического слоя. Связь частицы с окружающей средой зависит от толщины диффузного слоя, который экранирует действие межмолекулярных сил притяжения. Поэтому дзета-потенциал может служить в определенной мере показателем устойчивости дисперсной системы. Стабилизирующий эффект, связанный с введением в раствор электролитов-активаторов, обусловлен адсорбцией на зернах минерала катионов, например Na^+ , имеющих собственные гидратные оболочки. Включение их в общий гидратный слой частицы расширяет диффузную область и соответственно увеличивает дзета-потенциал. Наличие водородных и гидроксильных

ионов, определяющих рН среды, существенно влияет на величину электрокинетического потенциала. Необходимая корректировка этого показателя для конкретной системы должна устанавливаться экспериментально. Вода в гидратных оболочках частиц и молекулярных комплексах ПАВ (коллоидных образованиях) обладает повышенной плотностью $1,28 \dots 1,4 \text{ г/см}^3$ и, следовательно, вязкостью. При использовании в качестве компонентов минеральной смеси цемента, золы уноса, гидроксида кальция и карбонатов, в жидкой фазе образуются нерастворимые осадки из кальциевых солей и продуктов кристаллизации, вносящие дополнительный вклад в закупорку каналов Плато.

Учитывая вышеизложенное разработана автоматизированная линия и технология для производства изделий из полимодальных ячеистых «пено керамзитокompозитов» из неавтоклавногo ячеистогo бетона.

Технология производства обеспечивает высокую геометрическую точность изделий, стабильное высокое качество, отвечающее современным требованиям к пено-керамзито-композитам по всем техническим параметрам. Линия обеспечивает производство пенокерамзитокompозитов различных марок: теплоизоляционных изделий плотностью 500 кг/м^3 ; конструктивно-теплоизоляционных изделий плотностью $600 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$ (гарантированно 700); конструктивных изделий с плотностью $1100 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$.

Технология. Производственная линия состоит из следующих технологических переделов: 1) приема и хранения сырья; 2) дозирования сырья; 3) приготовления пенокерамзитокompозитов; 4) формования массивов; 5) набора пластической прочности; 6) резки массивов; 7) твердения (дозревание) изделий; 8) пакетирования; 9) склада готовой продукции.

Сырьевые материалы: 1) цемент; 2) керамзитовые высевки фракций $0,05 \dots 20 \text{ мм}$; 3) вода; 4) полимодальный пенный концентрат; 5) химические добавки.

Цемент, высевки и вода периодически подаются в приемно-расходные бункера и расходную емкость (рис. 4), откуда поступают в весовые дозаторы (рис. 5). Дозировка компонентов производится с точностью $\pm 1 \%$ по массе.

Сырьевые компоненты после дозирования поступают по заданному технологическому регламенту в бетоносмеситель закрытого типа принудительного действия рис. 6. Размеры бетоносмесителя рассчитаны так, чтобы объем одного замеса был равен объему формы-вагонетки.



Рис. 4. Подача инертных материалов



Рис. 5. Весовые дозаторы

Рис. 6. Горизонтальный смеситель

Загруженные в бетоносмеситель компоненты перемешиваются до получения качественного гомогенного раствора, после чего вводится заданный объем полимодальной пены.

Технологический процесс комплектуется двумя пеногенераторами которые позволяют стабильно получать пену требуемого размера и качества. Количество пены подаваемой в бетоносмеситель для формирования пенобетона требуемой вязкости, регулируется управляемыми технологическими параметрами и временем работы пеногенераторов (рис. 7).

В результате перемешивания в смесителе, получается пенокерамзитокomпозитная масса со стабильной, полимодальной структурой, которую выгружают в форму-вагонетку (рис. 8).

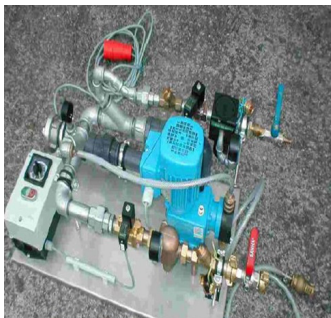


Рис. 7. Генератор



Рис. 8. Пост формирования изделий

Применение распределительного экрана при загрузке формы смягчает гидравлический удар пенокерамзитокomпозита о дно формы, что предотвращает изменение его структуры, а также его разбрызгивание. Массив пенокерамзитокomпозита набирает пластическую прочность в «стабилизационном» туннеле (рис. 9).



Рис. 9. Пост стабилизации пены

Время выдержки массива в туннеле составляет 4-5 ч, в зависимости от плотности пенокерамзитокomпозитов. После набора пластической прочности производится распалубка массива (рис. 10).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / М.А. Иванова и др. М. : РИОР, 2006. 289 с.
2. Гусев Б.В., Куликов В.Г. Обоснование факторов, формирующих моноэдрическую ячеистую структуру пеноматериалов // ПГС. 2008. № 8.
3. Сергеев В.Н. Курс коллоидной химии. М., 2008. 174 с.
4. Капустин Д.И. Научные задачи решения проблемы организации восстановления объектов специального назначения Спецстроем России // Научно-технический сборник. Балашиха : ВТУ, 2009. Вып. 9.



Рис. 10. Пост распалубки изделий

REFERENCES

1. Ivanova M.A. and others. *Analiticheskaya khimiya i fiziko-khimicheskie metody analiza* [Analytical Chemistry and Physical and Chemical Methods of Analysis]. Moscow, RIOR Publ., 2006, 289 p.
2. Gusev B.V., Kulikov V.G. *Obosnovanie faktorov, formiruyushchikh monoedricheskuyu yacheistuyu strukturu penomaterialov* [Substantiation of Factors That Shape Up the Single-Nucleus Cellular Structure of Foam Materials]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2008, no. 8.
3. Sergeev V.N. *Kurs kolloidnoy khimii* [Course of Colloid Chemistry]. Moscow, 2008, 174 p.
4. Kapustin D.I. *Nauchnye zadachi resheniya problemy organizatsii vosstanovleniya ob'ektov spetsial'nogo naznacheniya Spetsstroem Rossii* [Research Aspects of Resolution to the Problem of Restoration of Special-Purpose Construction Facilities by Federal Agency of Special Construction]. *Nauchno-tekhnicheskii sbornik* [Collection of Scientific and Technical Papers], no. 9, Balashikha, VTU, 2009.

Поступила в редакцию в феврале 2012 г.

Об авторах: **Куликов Владимир Георгиевич**, доцент, кандидат технических наук, профессор кафедры ИСТАС, **ФГБОУ ВРО «МГСУ»**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kulikov-miit@mail.ru;

Колесниченко Михаил Павлович, полковник, начальник кафедры № 23, **Военно-технический университет**, г. Балашиха;

Гаевец Евгений Сергеевич, адъюнкт кафедры № 23, **Военно-технический университет**, г. Балашиха

About authors: **Kulikov Vladimir Georgievich**, Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE), 26 Yaroslavskoye shosse, 129337, Moscow, Russian Federation, kulikov-miit@mail.ru;

Kolesnichenko Mikhail Pavlovich, Voenno-tekhnicheskii universitet [Military-Technical University], Balashikha, Russian Federation;

Gaevets Evgeniy Sergeevich, Voenno-tekhnicheskii universitet [Military-Technical University], Balashikha, Russian Federation

Для цитирования:

Куликов В.Г., Колесниченко М.П., Гаевец Е.С. Проектирование технологий конструкционных теплоизоляционных пенокомпозигов // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. Вып. 1. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Kulikov V.G., Kolesnichenko M.P., Gaevets E.S. *Proektirovanie tekhnologiy konstruktsionnykh teploizolyatsionnykh penokompozitov* [Design and technologies of structural heat-insulating foam composites]. *Nauchno-prakticheskii Internet-zhurnal «Nauka. Stroitel'stvo. Obrazovanie»*. [Science, construction, education], 2012, no 1. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.