**Производство пенобетона.**

**Назначение данной технологии.**

На сегодняшний день в строительство с огромной силой врываются новые технологии. Одна из таких технологий, обретшая вторую жизнь только сейчас, пенобетон. Использование легкого бетона в строительстве становится все более и более распространенным. Покажем некоторые из типовых областей использования этого бетона в настоящее время. Этот материал используется на крышах и полах как тепло- и звукоизоляция (то есть сам по себе это не конструкционный материал). Он также используется для теннисных кортов и заполнения пустот в кирпичной кладке подземных стен, изоляции в пустотелых блоках и любом другом заполнении, где требуются высокие изоляционные свойства. Используется для изготовления сборных блоков и панелей перегородок, покрывающих плит подвесных потолков, тепло- и звукоизоляции в многоуровневых жилых и коммерческих сооружениях бетон этой плотности также идеален для объемного заполнения. Этот материал используется в бетонных блоках и панелях для наружных стен и перегородок, бетонных плитах для покрытий крыш и перекрытий этажей. Этот материал используется в сборных панелях любой размерности для коммерческого и промышленного использования, монолитных стенах, садовых украшениях и других областях. Покрытия полов слоем пенобетона скрепляют керамические плитки, плиты мраморного мощения, цементные плитки и т.д. Вообще, пенобетон с плотностью 500 кг/м3 используется, чтобы получить тепло и звукоизоляцию при небольшой нагрузке на структуру. Минимальная толщина такого покрытия 40 мм. Перед укладкой материала на существующий пол, поверхность должна быть увлажнена, но не сильно. Эластичные покрытия полов применяется для полов, которые должны быть покрыты ковром, паркетом, виниловыми плитками и т.д. Наиболее подходящая плотность бетона - 1100 кг/м3 с отношением цемента к песку 2:1. Область применения пенобетона: производство строительных блоков, для классического строительства домов и перегородок, монолитное домостроение тепло- и звукоизоляция стен, полов, плит, перекрытий, заполнение пустотных пространств. Пенобетон очень текуч, и им можно заполнять любые пустоты, даже в самых труднодоступных местах через небольшие отверстия (подоконники, трубы и т.п.). Теплоизоляция крыш, пенобетон низкой плотности дает превосходные тепловые свойства изоляции, заполнение траншейных полостей. Пенобетон не оседает, не требует виброуплотнения и имеет превосходные характеристики по распределению нагрузки, обеспечивая заполнение высокого качества, использование в туннелях, пенобетон используется, чтобы заполнить пустоты, которые возникают при прокладке туннелей теплоизоляция трубопроводов (как при производстве труб, так и, непосредственно, на объектах в специальную опалубку).

На пенобетоны имеется ГОСТ и различные сертификаты. Ячеистые бетоны в соответствии с ГОСТ 25495-89 "Бетоны ячеистые, технические условия" подразделяются на два основных типа - неавтоклавный пенобетон и автоклавный газобетон. Различия этих бетонов с точки зрения вторичного использования весьма существенны " первый имеет преимущественно замкнутую пористость, а второй " сквозную. Теплоизоляционный пенобетон согласно ГОСТ 25485 "Бетоны ячеистые. Технические условия" имеет минимальную марку по средней плотности, равную D300, а в соответствии с ГОСТ 5742 "Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные" в зависимости от средней плотности изделия подразделяют на две марки: 350 и 400. Установленный нормативными документами нижний предел марок по средней плотности для ячеистого бетона не соответствует современному уровню знаний о поризованных структурах и практике изготовления теплоизоляционных изделий из цементного пенобетона неавтоклавного твердения. Производство пенобетона со средней плотностью менее 300 кг/м3 потребовало разработки технических условий на плиты из пенобетона теплоизоляционные, которые подразделяют на марки D150, D200, D250, D300 и D350. Изготовление изделий из пенобетона марок D300 и D350 ведется, как правило, без специальных приемов по стабилизации пенобетонной смеси. Получение пенобетона со средней плотностью 250 кг/м3 на портландцементе ПЦ 500-ДО достигнуто использованием добавок, повышающих седиментационную устойчивость частиц твердой фазы в пенобетонной смеси. Снижение средней плотности до 200 кг/м3 при традиционно применяемых схемах производства приводит к коалесценции\* трехфазной пены и формированию крупнопористой структуры пенобетонных изделий размером пор 2"7 мм, а также расслоению пенобетонных смесей, что потребовало дальнейшего совершенствования рецептур и технологических приемов приготовления пенобетонной смеси.

**Физические (химические, биологические) процессы лежащие в основе данной технологии.**

Классическая схема. Сущность способа заключается в смешении пены с растворной смесью. Концентрат пенообразователя и часть воды дозируют по объему, затем их смешивают с получением рабочего раствора пенообразователя. Рабочий раствор пенообразователя поступает в пеногенератор, для получения пены. Вторую часть воды дозируют по объему, цемент и песок - по массе и из них изготавливают растворную смесь. В пенобетоносмеситель подается пена из пеногенератора и растворная смесь. Пенобетонная смесь, приготовленная в пенобетоносмесителе, насосом транспортируется к месту укладки в формы или монолитную конструкцию.

Пеннобаротехнология.

Сущность способа заключается в поризации под избыточным давлением смеси всех сырьевых компонентов. Концентрат пенообразователя и воду дозируют по объему, цемент и песок - по массе (или дозируется по массе специально изготовленная сухая смесь из сухого пенообразователя, цемента и песка). Все компоненты подают в пенобаробетоносмеситель, куда компрессором нагнетается воздух, создавая внутри давление. Пенобетонная смесь, полученная в пенобаробетоносмесителе, под давлением транспортируется из смесителя к месту укладки в формы или монолитную конструкцию. Последующая стадия формования изделий из пенобетонных смесей осуществляется с соблюдением основного условия - получение поризованной массы с хорошо организованной пористостью.

Образование пор в растворе может осуществляться двумя способами: химическим, когда в тесто вяжущего вводят газообразующую добавку и в смеси происходят химические реакции, сопровождающиеся выделением газа; механическим, заключающимся в том, что тесто вяжущего смешивают с отдельно приготовленной устойчивой пеной.

**Пенобетон - история возникновения**

История пенобетона берет свое начало в тридцатых годах прошлого века. Советский ученый, строитель-экспериментатор Брюшков добавил в цементный раствор мыльный корень - растение, обитающее в Средней Азии и образующее пену. В итоге на свет появился новый строительный материал - пенобетон. Уже позже специалисты начали активно смешивать цемент с химическими добавками - пено или газообразующими веществами (алюминиевой пудрой, клееканифольным раствором и др.). На основе этих разработок в России стали изготавливать строительные материалы из пенобетона - блоки, перегородки, стеновые панели, которые по своим теплоизоляционным свойствам превышали кирпич и тяжелые бетоны в 3-5 раз. Но, не смотря на свои уникальные теплотехнические свойства, этот строительный материал прижился не сразу. Строители предпочитали использовать в основном традиционные строительные материалы – кирпич, железобетон, древесину. Про пенобетон, принадлежащий к классу ячеистых бетонов, попросту забыли. Несколько лет назад специалисты Минстроя России проводили исследование теплопотерь жилых домов. Выяснилось, что традиционные строительные материалы не обеспечивают надежной теплоизоляции жилых помещений. Для того, чтобы добиться соответствия теплотехнических характеристик ограждающих конструкций новым нормам требовалось значительное увеличение их толщины, что привело бы к значительному росту затрат на строительство. Выход был найден – предлагалось использовать пенобетон, изобретенный порядка семидесяти лет назад. Предприятиям строительной индустрии была дана директива о увеличении выпуска строительной продукции на основе пенобетона, разработке и внедрению технологического оборудования для выпуска пенобетонных блоков. Пенобетон вновь подвергли тщательному анализу и провели ряд испытаний. Для эксперимента выложили две стены - одну из кирпича, другую из пенобетона. Оказалось, что для того, чтобы одинаково сохранить тепло в помещении, кирпичная стена должна быть в пять раз толще пенобетонной. Кроме того, испытания показали, что пенобетон является хорошим звукоизолирующим материалом, который можно применять для звукоизоляции перегородок и перекрытий.

**Основные предприятия (в Украине и за рубежом), работающие по данной технологии.**

На сегодняшний день в строительство с огромной силой врываются новые технологии. Одна из таких технологий, обретшая вторую жизнь только сейчас, пенобетон. В Германии, Голландии, Скандинавских странах, Чехии пенобетон пользуется особой популярностью. Причем, в Чехии блоки из него называют "биоблоками", поскольку в качестве исходного сырья используются только экологически чистые природные компоненты: цемент, песок, вода. Популярность пенобетона не случайна и объясняется тем, что его легко произвести не только на больших заводах с дорогим оборудованием, но и непосредственно на стройке или на небольшом производстве. А практика давно доказала, если технология стала доступной для мелкого и среднего бизнеса, то её ждет большое развитие. На данный момент в России всего лишь несколько крупных производств и довольно большое количество мелких. Точное количество оценить очень трудно, но можно предполагать на основе продаж нескольких фирм-производителей оборудования, что на сегодняшний день в России работает около 1200 мелких производств пенобетона. Данное количество является недостаточным, о чем говорят очереди на пенобетон у большинства производителей. Скорее всего, в ближайшие два года количество производителей пенобетона увеличится, минимум, в четыре раза. Большинство этих производств находится в стадии начального взрывного развития, и после освоения "базового" производства блоков начинают, или начнут, искать варианты увеличения производительности и/или новые в строительном бизнесе связанные с пенобетоном.

Предприятия, производящие пенобетон в Украине:

Фирма «ТЕПЛОМОНТАЖ». - г. Днепропетровск;

ОАО «БУДМАШ ». - г. Винница;

По «ЛУГАНСКЖЕЛЕЗОБЕТОН». - г. Луганск;

ЗАО Завод Железобетонных Конструкций "Бетон Нова". - , Донецкая обл., г. Дебальцево.

ООО «Диск Бетон». - Донецкая обл., г. Макеевка.

ОАО «Опытный Завод Ячеистых Бетонов». - Одесская обл., г. Белгород-днестровский.

Предприятия, производящие пенобетон за рубежом:

**Россия.**

ООО «Люберецкий завод сухих строительных смесей». – г. Москва.

ООО «Максмарбл». – Московская обл. г. Мытищи.

группа компаний KAMROCK/КАМРОК. – г. Москва.

ООО « ПроБилдинг». – г. Санкт-Петербург.

**Беларусь.**

СП «Стимул AG» - г. Минск.

**Европа.**

Фирмы : CREATON, Rathscheck Schiefer, Hausprofi, Flender-Flux. – Германия.

Компания Erlus. – Польша.

Компания KME. – Чехия.

Словацкая компания АО «Компел»

**Сырьё (полуфабрикаты, природные ресурсы ) использующиеся в производстве пенобетона.**

В качестве исходного сырья используются только экологически чистые природные компоненты: цемент, песок, вода. Бесцементные ячеистые бетоны (газо- и пеносиликат) автоклавного твердения изготовляют, применяя молотую негашеную известь. Вяжущее применяют совместно с кремнеземистым компонентом, содержащим двуоксид кремния. Кремнеземистый компонент (молотый кварцевый песок, речной песок, зола-унос ТЭС и молотый гранулированный доменный шлак) уменьшают расход вяжущего, усадку бетона и повышают качество ячеистого бетона. Кварцевый песок обычно размалывают мокрым способом и применяют в виде песчаного шлама. Измельчение увеличивает удельную поверхность кремнеземистого компонента и повышает его химическую активность. Обычно, очень экономически выгодно применение побочных продуктов промышленности (зола-уноса, доменных шлаков, нефелинового шлама) для изготовления ячеистого бетона.

**Вяжущие вещества.**

**Цемент**. Основное влияние на качество цемента оказывает высокое содержание трехкальциевого силиката (так называемого алита), который обладает свойствами быстротвердеющего гидравлического вещества высокой прочности. Двухкальциевый силикат (белит - медленнотвердеющее гидравлическое вяжущее средней прочности. Трехкальциевый алюминат твердеет быстро, но имеет низкую прочность. Изменяя минералогический состав цемента, можно варьировать его качество.  
Наиболее широкое применение в производстве ячеистых бетонов получил портландцемент марок 400-500 (М400, М500). Для более точной характеристики его свойств следует оговаривать количество минеральных добавок. Например, в ПЦ-500Д0 - их до 5%, а в ПЦ-500Д20 - до 20% и т.п.

**Известь**. Требуемая технология ячеистого бетона может определять известь в качестве основного вяжущего. При этом особое внимание уделяют значительному количеству активных окиси кальция (СаО) и магния (МgО). Общая активность извести не должна быть менее 75%, количество МgО - не более 1,5%. В производстве можно применять известь - молотую кипелку и пушонку. Известь должна быть равномерно обожженной. Двуводный гипс, добавляемый в бетонное тесто для замедления скорости гашения молотой извести-кипелки, должен иметь тонкость помола, характеризуемую остатком на сите № 02 не более 3 %. Допускается применять полуводный гипс вместе с добавкой поташа.

### Заполнители.

### К заполнителям - кремнеземистым сырьевым компонентам бетонной смеси предъявляются требования, учитывающие особенности их влияния на свойства ячеистого бетона. Наиболее существенное влияние на свойства бетона оказывают зерновой состав, прочность и чистота заполнителя. Кроме того, заполнитель воспринимает усадочные напряжения и может в несколько раз уменьшить усадку бетона по сравнению с усадкой цементного камня.

### В производстве ячеистых бетонов следует использовать мелкие заполнители из естественных или искусственных песков. Также могут применяться зола-унос тепловых электростанций, маршалит и другие материалы.

### Песок. Чаще всего используют естественные кварцевые пески с примесью зерен минералов, реже - более дорогой песок, получаемый дроблением горных пород. Рекомендуется применять чистые кварцевые пески (речной или горный), содержащие не менее 90 % кремнезема, не более 5 % глины и 0,5 % слюды. Песок в зависимости от плотности ячеистого бетона должен иметь удельную поверхность 1200- 2000 см2/г.

### Зола-унос, применяемая при изготовлении ячеистых бетонов вместо молотого песка, отличается неоднородностью химико-минералогического состава. Зола характеризуется высокой пористостью и дисперсностью. Эти особенности свойств золы способствуют повышенной влагоемкости и замедленной водоотдаче бетона, его пониженной трещиностойкости. К преимуществам золы по сравнению с песком можно отнести возможность применения ее в отдельных случаях без предварительного размола. Это позволяет получать изделия меньшей плотности, чем с кварцевым песком. Зола-унос должна содержать кремнезема не менее 40%; потеря в массе при прокаливании в золах, получаемых при сжигании антрацита и каменного угля, не должна превышать 8%, в

### остальных, золах-5%; удельная поверхность составляет2000 - 3000 см2/г.

### Вода.

### Для приготовления бетонной смеси используют водопроводную питьевую, а также любую воду, имеющую водородный показатель рН не менее 4 (т. е. некислую, не окрашивающую лакмусовую бумагу в красный цвет). Вода не должна содержать сульфатов более 2700 мг/л (в пересчете на 304) и всех солей более 5000 мг/л. В сомнительных случаях пригодность воды для приготовления бетонной смеси необходимо проверять путем сравнительных испытаний образцов, изготовленных на данной воде и на обычной водопроводной.

### Порообразователи

       Поробразователи: газообразующие, пенообразующие - специальные добавки, регулирующие плотность и пористость бетонной смеси и ячеистого бетона в целом. Большинство порообразователей растворимы в воде и их вводят в смеситель в виде предварительно приготовленного раствора. Некоторые добавки вводят в виде эмульсии или в виде взвесей в воде. Оптимальная дозировка добавки зависит от вида цемента, состава бетонной смеси, технологии изготовления изделий из ячеистого бетона. Обычно применяют от массы цемента 0,1-0,3% порообразователя. На практике оптимальную дозировку добавки определяют опытным путем.

**Пенообразователи**. Применяемый пенообразователь должен способствующих получению устойчивых пен. В качестве пенообразователей используют несколько видов поверхностно-активных веществ.

Применяют протеиновые (клееканифольный, смолосапониновый и некоторые другие) и синтетические пенообразователи, которые позволяют получить пену с выходом пор (отношением объема пены к массе пенообразователя) не менее 15. Размеры воздушных ячеек пены 1-2 мм; пена не должна разрушаться при перемешивании с раствором.

**Этапы основного процесса получения пенобетона.**

Технология приготовления пенобетона достаточно проста. В цементно-песчаную смесь добавляется пенообразователь или готовая пена. После перемешивания компонентов смесь готова для формирования из нее различных строительных изделий: стеновых блоков, перегородок, перемычек, плит перекрытия и т.д. Такой пенобетон с успехом можно использовать для заливки в формы, пола, кровли, а также для монолитного строительства. В отличие от ячеистого газобетона, при получении пенобетона используется менее энергоемкая безавтоклавная технология. Кроме простоты производства, пенобетон обладает и множеством других положительных качеств. Например, в процессе его приготовления легко удается придать этому материалу требуемую плотность путем изменения подачи количества пенообразователя. В результате возможно получение изделий плотностью от 200 кг/м3 до самых предельных значений легкого бетона 1200-1500 кг/м3.

Его пористость создаётся не только сферическими ячейками, но и капиллярными порами, образующимися от гидратирующей и избыточной воды затворения (контракционная и капиллярная пористость). Поэтому содержание воздуха в пенобетонах может достигать 95 и более процентов. Однако, могут быть пенобетоны, которые изготовляют с небольшим количеством воздуха для повышения их морозостойкости и кавитационной стойкости, но при сохранении высоких прочностных свойств. Это так называемые мелкозернистые поризованные бетоны объёмной массой от 1 300 до 1 800 кг/ м3 (марок по плотности Д1300-Д1800).

При приготовлении  пенобетона воздух под избыточным давлением вводится в бетонную смесь с помощью отдельно приготовленной пены или скоростным перемешиванием (взбиванием) растворных смесей со специальными поверхностно-активными добавками (ПАВ), снижающими поверхностное натяжение воды и удерживающими вовлечённый при перемешивании воздух. В ходе структурообразования пенобетона с помощью ПАВ раствор, состоящий из пузырьков воздуха, на поверхности которых равномерно распределены частицы цемента, имеющие размер от 20 до 80 микрон, постепенно преобразуется в поризованный камень.

      Совмещение технологических операций перемешивания, транспортирования и формирования пор существенно влияет на свойства конечного продукта и позволяет получать заданную плотность и теплопроводность пенобетона. Прогрессивная технология и современное оборудование позволяют производить пенобетон плотностью от 400 до 1200 кг/м3, твердеющий при атмосферном давлении. В процессе формовки для ускорения твердения пенобетонов иногда применяют пропарку при атмосферном давлении, электропрогрев, быстротвердеющие цементы или химические добавки-ускорители.

     Пену готовят из водных растворов специальных пенообразователей с добавками ПАВ в лопастных пеновзбивателях или центробежных насосах. Применяют клееканифольный, смолосапоиновый, алюмосульфо-нафтеновый и синтетические пенообразователи. Стабилизаторами пены служат добавки раствора животного клея, жидкого стекла или сернокислого железа; минерализаторами же являются цемент и известь.

     В результате выполнения основных технологических операций приготовления пенобетона, вышеописанных в общем виде, в бетонной смеси происходят качественные изменения, его молекулярная структура приобретает свойства системы сферических ячеек диаметром от 0,1 до 2 мм в неограниченной матрице (например, в цементно-песчаной). Окончательно структура готового изделия создается, после его формования и твердения.

     Пористая структура полностью формируется в очень короткий промежуток времени в условиях механического перемешивания под избыточным давлением. Поэтому температура окружающей среды, точность дозировки компонентов, в том числе строгое выдерживание водотвердого отношения, постоянство свойств вяжущего и кремнеземистых заполнителей не оказывают в этом случае такого большого влияния на свойства материала, как для газобетонов. Основной показатель ячеистого бетона - средняя плотность, легко корректируется непосредственно в ходе технологического процесса. Это очень важно при изготовлении таких бетонов на малых предприятиях или строительных площадках.

    Обычные пенобетоны делятся на теплоизоляционные (Д200-Д400), конструкционно-теплоизоляционные (Д500-Д800) и конструкционные (Д900-Д1200).

**Технологическое оборудование для производства пенобетона.**

**Бетоносмеситель для производства ячеистого бетона**

       Бетоносмеситель для производства ячеистого бетона  представляет собой цельнометаллический сосуд - тонкостенную стальную чашу или цистерну. В зависимости от требуемой емкости смеситель может иметь вертикальное или горизонтальное расположение чаши. Смеситель - центральный компонент технологической линии - производственного участка или отдельной установки, например пенобетонной. Особенности технологического цикла смесеобразования обуславливают применение  в качестве смесителя сосуда, работающего как при обычном атмосферном давлении, так и при повышенном.

|  |
| --- |
| **Рис.1 Смеситель ячеистобетонный стандартный:** 1 - смесительный барабан; 2- загрузочная воронка;  3- электродвигатель; 4 - смесительные лопатки; 5 - выгрузочное устройство |

По способу смесеобразования, бетоносмеситель для производства ячеистого бетона, относится в классу смесителей принудительного перемешивания. В отличии от бетоносмесителей тяжелых бетонов, так называемых смесителей гравитационного действия, смешивание ячеистобетонной смеси производится  лопатками, насаженными на валы, которые монтируют вдоль продольной оси сосуда (см. рис.1).

Основное требование к процессу перемешивания средствами бетоносмесителя - обеспечить однородность бетонной массы и исключить расслоение ее структуры. Смесители принудительного промешивания  целесообразны для приготовления кроме ячеистых бетонов также  смесей повышенной жесткости и смесей из легких бетонов на пористых заполнителях (пористые заполнители не могут эффективно участвовать в перемешивании теста в смесителях свободного падения -  гравитационных, используемых доля приготовления тяжелых бетонов).

Время перемешивания зависит от подвижности бетонной смеси и вместимости бетоносмесителя. Чем меньше подвижность бетонной смеси и больше вместимость бетоносмесителя, тем больше время, необходимое для перемешивания. Например, для емкости смесителя 500 дм3 оно составляет 1,5...2 мин, а для емкости 2400 дм3  -3 мин. и более.

Смесители промышленных линий по производству изделий из пенобетона представлены на рис.2.

# Баросмеситель

|  |
| --- |
| **Рис.1 Схема баросмесителя:** 1- баросмеситель; 2 - электродвигатель;  3 - воздуховод; 4 - манометр; 5 - защитный кожух;  6 - пульт управления; 7- вал;  8 - крышка; 9 - напорный кран; 10-штуцер; 11-рукоядка |

       Баросмеситель предназначен для производства пенобетонной смеси по одностадийной схеме. Он служит для изготовления пенобетонов плотностью от 400 до 1600 кг/куб.м и транспортировки их по бетонопроводу к месту использования. Позволяет производить заливку полов и кровель, заполнение подготовленных строительных пустот, изготовление блоков различного размера и плотности. Обеспечивает в период гомогенизации заполнение емкости смесителя компонентами пенобетонной смеси и ее перемешивание на малой скорости вращения вала смесителя, и последующий высокоскоростной режим  поризации смеси. При этом происходит насыщение пеномассы в смесителе сжатым воздухом.

 Баросмеситель совмещает функции смесителя, пеногенератора, пневмокамерного насоса и обеспечивает ввод всех сырьевых компонентов, подачу под давлением пенобетонной смеси на формование. Он оснащен валом со специально разработанными лопастями минимального аэродинамического сопротивления, вращающимися со скоростью до 800 об/мин, что создает турбулентный поток пеномассы. На концах полостей могут располагаться кавитационные насадки. Популярная модель пенобетонной установки "Турбо-0.25", выполненной на основе баросмесителя, поставляемой фирмой СтромРос имеет следующие характеристики:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | Производительность, куб.м/час | до 4,0 | | Объем емкости смесителя, куб.м | 0,27 | | Установленная мощность, кВт | 6,5 | | Рабочее давление воздуха, МПа | до 0,15 | | Подача материала по бетонопроводу, м:  по горизонтали  по вертикали | 30 10 | | Габариты, м | 1,3х0,7х1,55 | | Масса, кг | 200 | | Средний срок окупаемости, мес | 1-2 | |

**Пеногенератор**

Пеногенератор предназначена для приготовления пены, используемой  в двухстадийной (классической) схеме получения пенобетонной  смеси.

Пеногенератор работает от сжатого воздуха (требуется компрессор) и состоит из трех основных частей: емкости для пеноконцентрата (танка или емкости-ресивера для пеноагента), пеногенераторного узла и сопла-ланцета с аксессуарами (вентили, штуцера и шланги). Разовая загрузка пеноконцентратом танка емкостью  60 л.  обеспечивает изготовление пены для 4 - 6 м.куб пенобетона. Пеногенераторы могут выполняться в стационарном и мобильном исполнении.

**Бетононасос**

На строительной площадке подачу пенобетонной смеси к месту заливки,  в опалубку и т.п., можно осуществлять по схеме "кран-бадья", при этом достаточно соблюдать технологическое соответствие способа транспортным средствам. Заливка пенобетонной смеси c применением тяжелых подъемно-транспортных средств не редко длительный и неэкономичный процесс. В явном виде недостаточная эффективность схемы проявляется при интенсивности бетонирования свыше 4-6 м3/час, а также при бетонировании труднодоступных мест (изоляция междуэтажных перекрытий и т.д.).

     Повышение производительности процессов раздачи на стройплощадке пенобетонной смеси обеспечивает замена технологии "кран-бадья" на технологию с применением насосного оборудования. Для заливки сложных конструкций использование бетононасоса кроме повышения производительности снимает также проблему защиты смести от атмосферных влияний (осадки, жара, холод и т.д.).

     Наиболее подходящий для транспортировки пенобетона – допускается применение плунжерного (поршневого) насоса, дающего небольшой процент (2-3%) потери воздушных пор. Применение центробежных (лопастных) насосов категорически запрещено ввиду практически полного уничтожения рабочим колесом воздушных пор в смеси.

**Вспомогательное оборудование.**

**Питатель вяжущего ячеистобетонной установки**

Питатель вяжущего (цемента) ячеистобетонной установки (ЯБУ) предназначен для хранения, дозирования при приготовлении смеси, транспортировки цемента или его аналогов из склада в смеситель ЯБУ.

Дозирование вяжущего осуществляется по массе с точностью не более 2% от расчетной. Объемное дозирование цемента не допускается.

Техническое решение питателя определяется производительностью и компановкой ЯБУ, видом смесителя, количеством марок смеси и другими факторами. Наиболее распространены полуавтоматические и автоматические цикличные весовые питатели вяжущего ЯБУ. В полуавтоматических питателях загрузку и взвешивание материалов производят автоматически; оператор осуществляет их подачу в смеситель. В автоматических дозаторах необходимые операции осуществляют без вмешательства оператора.

       Оборудование питателя вяжущего ЯБУ комплектуется из готовых и заказных изделий применительно к требуемой ЯБУ. Структура питателя включает склад вяжущего, дозирующее устройство, средства энергообеспечения и автоматики. Последние включаются в систему управления ЯБУ. На аналогичных принципах назначения, структурной компановки и управления строятся **питатели заполнителя**, воды и добавок ЯБУ.

**Питатель заполнителя ячеистобетонной установки**

Питатель заполнителя ячеистобетонной установки (ЯБУ) предназначен для хранения, дозирования при приготовлении смеси, транспортировки песка или его заменителей из склада в смеситель ЯБУ.

Дозирование заполнителя осуществляется по массе с точностью не более 2,5 % от расчетной. Объемное дозирование заполнителя разрешается лишь при изготовлении небольших количеств ячеистобетонной смеси и бетонировании неответственных конструкций. При объемном дозировании существенные погрешности объясняются колебаниями объемной насыпной массы сыпучих материалов, в особенности при изменении их влажности.

Технологическая схема, принципы компоновки и комплектации питателя заполнителя схожи с питателем вяжущего ЯБУ.

# Опалубка для отливки изделий и конструкций из ячеистого бетона.

Опалубка предназначена для возведения монолитных конструкций различных размеров и конфигураций (например, стеновых колонн и т.п.). Благодаря подвижности ячеистого бетона с помощью опалубки возможно получение большого числа конструкций любой формы, включая криволинейную.

При разработке и изготовлении опалубки следует учитывать следующие факторы, прежде всего подвижности бетона.

Литой пористый бетон требует более герметичную опалубку, чем обычный текущий бетон. Это условие необходимо обеспечить для того, чтобы предотвратить возможное вытекание смеси. Кроме того, при расчете вертикальной опалубки необходимо учитывать, что за счет увеличения активного слоя бетона боковое давление на опалубку возрастает на 20-30% по сравнению с обычным тяжелым бетоном такой же плотности.

С другой стороны, пенобетон легче обычного бетона и не требует вибрации, поэтому опалубка может быть очень простой конструкции. Можно применять пластмассовую, металлическую, алюминиевую, деревянную (с защитой от впитывания деревом воды из бетона, либо с максимальной пропиткой дерева водой за 1 час до бетонирования).

Оборудование работает от электричества, мощность 380 В.

**Отходы и потери образующиеся при производстве пенобетона.**

Объем отходов пенобетона в виде производственного брака невелик.

**Ячеистые бетоны** в соответствии с ГОСТ 25495- неавтоклавный пенобетон. Пенобетон имеет преимущественно замкнутую пористость.   
Лом неавтоклавного пенобетона может быть пущен в производство блоков после двухстадиального дробления. При этом в первой стадии дробления рекомендуется применять облегченные конструкции дробилок со сложным качанием щеки. В нашей практике эксплуатируется подобная дробилка с удлиненной щекой и разгрузочной щелью, регулируемой в пределах 5"20 мм. Дробилка позволяет дробить обломки пенобетона крупностью до 350"400 мм в двух измерениях со степенью сокращения 20"25. Масса дробилки 60 кг без станины, установленная мощность привода 3-4 кВт. Производительность облегченных щековых дробилок при переработке отходов ячеистых бетонов составляет 0,5"0,8 м3/ч.

Вторая стадия дробления осуществляется в быстроходной валковой дробилке, позволяющей получить 70% продукта крупностью мельче 0,4 мм с максимальным размером единичных зерен 1,2 мм. Такой продукт также можно непосредственно использовать в производстве пенобетона по классической схеме.

Благодаря простоте конструкции и малой массе обе упомянутые дробилки отличаются высокой ремонтопригодностью; их легко эксплуатировать даже в системе малого бизнеса при отсутствии специализированной механической службы. Одним из наиболее серьезных вопросов их эксплуатации является смазка узлов подшипников дробилок. Даже при относительно невысокой прочности дробимого материала эти узлы работают в условиях запыленности и большой энергонапряженности, обусловленной высокой степенью сокращения дробимого материала. Это требует особого внимания к подбору смазочных материалов.

Фракция -50+5 мм находит применение в качестве теплоизолирующей засыпки, что не слишком рентабельно, так как она может быть реализована только в ценовой категории керамзитов. Фракция -12 +1 мм находит применение в качестве абсорбирующего носителя для очистки и кондиционирования бытовых и промышленных сточных вод. После удаления пылевидной фракции и соответствующей модификации поверхности абсорбирующий носитель может быть использован как в режиме одноразового (сменяемого) продукта, так и в режиме регенерируемого продукта. Такая фракция обладает более высокой добавленной стоимостью и обеспечивает рентабельность переработки.

Фактические экономические показатели промышленной переработки отходов ячеистых бетонов приведены в табл. 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исходное сырье** | **Конечный продукт** | **Себестоимость конечного продукта, тыс. грн/т** | **Среднеоптовая цена конечного продукта, тыс. грн/т** | **Примечание** |
| Отходы неавтоклавного    пенобетона | Песчаная фракция -1,2 мм для повторного использования | 0,8-1,2 | 0,3-0,5 | Альтернатива: захоронение на свалке по цене 400-500 грн/т |

**Аварийные ситуации и (сбои) в ходе производства пенобетона.**

При производстве пенобетона применяются различные добавки и смеси. Утечка этих смесей или несоблюдение элементарных правил безопасности при работе с этими материалами при попадании на кожу, слизистые оболочки глаз, случайном проглатывании, вдыхании паров может вызвать раздражение верхних дыхательных путей и отравление.

Избежать этого можно соблюдая правила безопасности при работе с добавками и смесями. Следует применять индивидуальные средства защиты - халат, респиратор, резиновые перчатки. В аварийных ситуациях необходимо использовать противогаз.

**Противоморозная добавка Формиат Натрия.**  Добавка используется для возведения монолитных (изготовления сборных) бетонных и железобетонных конструкций при отрицательной температуре наружного воздуха от 0оС до -15оС.

Технология приготовления бетонной смеси с добавлением формиата натрия отличается от обычной тем, что в процессе её приготовления дополнительно вводится предварительно отдозированный раствор добавки.

Формиат натрия технический взрывобезопасен и не горюч, однако в местах хранения и работы с ним следует запрещать курение и применение открытого огня, по степени воздействия на организм относится к веществам 3-го класса опасности. При работе с формиатом натрия следует применять индивидуальные средства защиты - халат, респиратор резиновые перчатки. В аварийных ситуациях необходимо использовать противогаз марки А или М.

**"Пенообразователь ПБ-2000. "**

Малоопасное вещество. При попадании в глаза вызывает развитие

конъюнктивита и блефарита в умеренной степени. При многократном

воздейтвии обладает кожно-раздражающим действием в слабой

степени. Горючее, невзрывоопасное вещество. Может загрязнять

окружающую среду. ОСНОВНЫЕ ОПАСНЫЕ КОМПОНЕНТЫ: Натриевая соль алкилсульфатов смеси спиртов

Т.к. оборудование работает при высоком напряжении 380 В, во избежание несчастных случаев на производстве, следует строго соблюдать правила техники безопасности, при работе с данным оборудованием. Также необходимо знать и выполнять нормативно- правовые акты об охране труда, пользоваться средствами коллективной и индивидуальной защиты.

**Экологические последствия производства пенобетона.**

Отрицательные последствия для экологии при производстве пенобетона не наблюдаются. В качестве исходного сырья используются только экологически чистые природные компоненты: цемент, песок, вода. Ядовитые и токсические материалы не применяются. Пенообразователь Ареком-4 является экологически чистым, биоразлагаемым продуктом. Внешний вид однородная прозрачная жидкость светло-коричневого цвета Плотность 1000-1200 Водородный показатель (рН) пенообразователя, в пределах 8-9. При производстве пенобетона используют биологически разлагаемые смазки (например, Компил), что позволяет получать экологически чистую и внешне привлекательную продукцию. Пенобетон не горит, обладает высокой противопожарной устойчивостью, что делает его привлекательным материалом при возведении огнестойких конструкций. Если при производстве пенобетона возникающий брак, не выкидывается на свалку, тем самым, загрязняя окружающую среду, а подлежат дроблению и повторному использованию.

При производстве пенобетона, даже в больших промышленных масштабах, нет вредных для экологии выбросов и отходов.

Коэффициент экологичности пенобетона, по данным Минздрава Украины, составляет 2,0 и уступает только древесине (коэффициент 1,0). Он "дышит", регулируя влажность в здании. Преимущества ячеистого бетона - его теплоизоляционные свойства, используемые как в теплых, так и в холодных климатических условиях. Материал не гниет и не горит, в отличие от дерева, не ржавеет, по сравнению с металлом. Он не стареет. Обладает свойствами дерева и камня одновременно.

**Условия труда работников занятых на производстве пенобетона.**

Согласно нормам действующего законодательства, работодатель обязан обеспечить необходимые условия труда для работника. Условия и безопасность труда должна быть доведена до нормативных требований. Также работодателю необходимо выполнять комплексные мероприятия по предотвращению случаев производственного травматизма, профессиональных заболеваний и аварий. Мероприятия по охране труда на каждом рабочем месте предприятия (производства) являются приоритетными и направлены на сохранение здоровья, работоспособности работников, на снижение потерь рабочего времени и, как следствие, на повышение производительности труда.

Мероприятиями должно предусматриваться обеспечение работников, непосредственно связанных с производством пенобетона, специальными одеждой, обувью и другими средствами индивидуальной защиты, а именно: халат, респиратор, резиновые перчатки, а также обеспечение надлежащего лечебно-профилактического обслуживания работающих.

**Сроки носки спецодежды:**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование спецодежды | сроки носки в мес. |
| Халат | 12 |
| Перчатки резиновые | 3 |
| рукавицы брезентовые | 3 |
| Респиратор | 1 |
| Ботинки кожаные | 12 |

Вслучае преждевременного износа этих средств, не по вине работника, предприятию следует производить замену.

Санитарно-гигиенические условия труда должны обеспечивать оптимальность микроклимата (температуры, влажности, чистоты воздушной среды, естественного и искусственного освещения, уровня производственных шумов, вибрации и др.).

Создать условия для прохождения обязательного медицинского осмотра работников. Не предлагать работнику работу, которая по медицинскому заключению, противопоказана ему по состоянию здоровья.

Также необходимо проводить обучение работников по вопросам охраны труда, в соответствии с требованиями соответствующих нормативно-правовых актов об охране труда.

Вредные и опасные факторы при производстве пенобетона имеются.

А именно:

- работа противоморозной добавки Формиат Натрия;

- работа с пенообразователем «ПБ-2000».

- работа с цементом;

**Технологии позволяющие заменить пенобетон.**

**Пенополистирол.**

Пенополистирол (пенопласт) - изоляционный материал белого цвета на 98% состоящий из воздуха, заключенного в миллиарды микроскопических тонкостенных клеток из вспененного полистирола.

- Изделия из пенополистирола (пенопласта) биологически безопасны и используются для упаковки продуктов питания.

- Пенополистирол устойчив к воздействию влаги, устойчив к старению, не подвержен воздействию микроорганизмов.

- Как наиболее эффективные, изоляционные материалы из пенопласта, пенополистирола вот уже 30 лет применяются для теплоизоляции кровли, стен, потолков и полов в жилых и административных зданиях.

- Легкость обработки при помощи ручной пилы или ножа, низкий объемный вес, возможность склеивания с различными строительными материалами, простота механического крепления - несомненные достоинства пенополистирола (пенопласта).

     Достоинства - низкая цена и высокая теплозащита / сразу после изготовления/. Недостатки материала - недолговечность, низкая теплостойкость, ядовитые выделения, низкая паропроницаемость, высокое водопоглощение, невозможность вести работы зимой и при осадках. Все это относится как к самому материалу, так и к строительным конструкциям с их использованием. Так долговечность пенополистирола при оптимальных условиях его эксплуатации производителями гарантируется в пределах 15-20 лет, что на порядок меньше основных стеновых конструкций. Естественный процесс старения сильно ускоряется под влиянием различных факторов. Так в результате исследований НИИСФ/2001 г./ с привлечением специалистов общественных организаций установлен целый ряд факторов существенно влияющих на ухудшение физико-технических характеристик пенополистирола и его полную деструкцию в строительных конструкциях, при этом выделяющиеся из полистирола летучие вещества в свою очередь разлагают примыкающие материалы . Это имеет место при соприкосновении пенополистирола со многими гидроизоляционными материалами, углеводородными выделениями многих фасадных красок, кислорода, озона, воды и т.д.

## Газобетон

  Еще совсем недавно первая разновидность ячеистых бетонов - газобетон имел преимущественное развитие. Технология газобетона достаточно проста и позволяет получить материал пониженной плотности со стабильными свойствами.   
     Газобетон приготовляют из смеси портландцемента (часто с добавкой воздушной извести или едкого натра), кремнеземистого компонента и газообразователя. По типу химических реакций газообразователи делят на следующие виды:

- вступающие в химические взаимодействие с вяжущим или продуктами его гидратации (алюминиевая пудра);

- разлагающиеся с выделением газа (пергидроль);

- взаимодействующие между собой и выделяющие газ в результате обменных реакций (например, молотый известняк и соляная кислота).

Чаще всего газообразователем служит алюминиевая пудра, которая, реагируя с гидратом окиси кальция, выделяет водород.

**Газобетон как материал обладает следующими свойствами:**

Прочный, но легкий.

Не горит, не гниет и не боится сырости.

Теплоудерживающий (работает как аккумулятор тепла).

Экологически чистый (не содержит вредных для здоровья веществ).

Удерживает благоприятный микроклимат в помещениях (дышащий материал).

Применяя конструкции из газобетона, вы обеспечиваете своему дому и другим строениям целый ряд существенных преимуществ перед традиционными строительными материалами:

Простоту в монтаже, которая достигается высокой размерной геометрической точностью блоков (+\- 1 мм) и возможность кладки на клей (специальная сухая смесь упакованная в мешках и приготовляемая путем добавления воды).

Отсутствие мостиков холода (толщина кладочного шва до 3 мм и соответственно исключение промерзания)

Уменьшение трудоемкости и расхода материалов на кладке ( 1м3 - 25 кг клея или 1м3 - 250 кг бетонного раствора) и штукатурных работах (за счет точной геометрии блоков).

Архитектурную выразительность благодаря легкости обработки (легко пилится, режется и фрезеруется).

Экологическая чистота - коэффициент экологичности: ячеистый бетон - 2,0.

Пожаробезопасность: несгораемый материал (изделия соответствуют всем требованиям классов сопротивления огню).

Экономию на 20% - 30% средств на отопление помещений благодаря высоким теплоизоляционным свойствам.

При использовании в наружных стеновых конструкциях блоков удельным весом 600 кг/м3 и толщиной 300мм по действующим нормам и СниП не требуется применения дополнительной теплоизоляции.

Хорошие звукоизоляционные характеристики, влагоустойчивость и морозоустойчивость.

**Газосиликат**

  Газосиликат  - ячеистые бетон, получаемый из смеси извести с молотым кварцевым песком путём вспучивания предварительно приготовленного шлама (теста) с помощью газообразователя  твердения в различных условиях (автоклавная обработка, пропаривание и др.).

     Газосиликат автоклавного твердения в отличие от газобетона изготовляют на основе известково-кремнеземистого вяжущего, используя местные дешевые материалы - воздушную известь и песок, золу-унос и металлургические шлаки. Изделия из газосиликата приобретают нужную прочность и морозостойкость только после автоклавной обработки, обеспечивающей химическое взаимодействие между известью и кремнеземистым компонентом и образование нерастворимых в воде гидросиликатов кальция.

   В газосиликатах неавтоклавного твердения вспенивание производится не в результате химической реакции, а специальными миксерами.

       По способу применения газосиликаты малой плотности в основном относят к теплоизоляционным бетонам. Пористая структура придает материалу ряд физико-механических свойств, которые делают его хорошим стеновым материалом.  Газосиликатные блоки предназначены для кладки наружных, внутренних стен и перегородок зданий с относительной влажностью воздуха помещений не более 75% при неагрессивной среде.

Материал достаточно легок. Стандартный блок размером 600х200х300 мм. марки D600 имеет массу 26 кг (после усыхания - 22 кг) и может заменить в ограждающей стене 30 кирпичей, вес которых более 120 кг. При низкой объемной массе газосиликат имеет довольно высокую прочность на сжатие. Максимальная этажность зданий с несущими станами составляет 4 этажа.

Считается, что материал морозостоек, если его водонасыщение не превышает критической величины - 60% от массы. На практике же, при правильной эксплуатации, эта величина не превышает 35%.

Пенобетон вне конкуренции по сравнению с газобетоном. Их характеристики по некоторым показателям схожи, но, в основном пенобетон превосходит своего «собрата».

Единственное преимущество газобетона в том, что он (при одинаковой плотности) имеет прочность несколько выше, чем пенобетон (за счет автоклавирования)

**Пеносиликат**

        Пеносиликат  - разновидность ячеистого бетона, получаемого из смеси известково-кремнеземистых вяжущих и наполнителей с помощью пенообразователей.  Пеносиликат получают различными способами. Имеются разработки пеносиликата на основе вспененного жидкого стекла, расплава промотходов и др.  Пеносиликат на основе вспененного жидкого стекла  получают из сырьевой смеси, содержащей в своем составе кроме жидкого стекла также тонкомолотые минеральные наполнители, специальные добавки.

        Отличительной особенностью технологии пеносиликатов является использование для получения материала преимущественно отходов промышленных предприятий. Пеносиликат, полученный из промышленных отходов, находится в рентгено-аморфном состоянии, которое повышает гидравлическую активность его при взаимодействии со связующим. Это обеспечивает получаемому ячеистому бетону необходимые свойства для использования его в качестве звуко- и теплоизоляционного материала. Низкое значение теплопроводности и высокая пористость приводит к увеличению общей пористости получаемого ячеистого бетона и к снижению его теплопроводности.

Технологические особенности получения пеносиликатов из расплава промотходов (металургических, угольных, рудных) на основе технологических схем отходообразующих производств сводятся к выделению из расплава промотходов силикатной части.

       Выбор состава расплава обеспечивает как условия хорошего формирования и разделения металлической (Fe-Si) и силикатной фаз, так и условия пенообразования. Силикатная часть расплава, при охлаждении которой в воде получается новый, высокопористый, стабилизированный по химическому составу материал (пеносиликат) широкого круга использования, в том числе в качестве исходного материала для получения стеклокристаллических материалов и пенокерамик с заданной структурой и пористостью.

**Таблица 1. Основные характеристики пеносиликата**

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование характеристик** | **Показатели** |
| Насыпная плотность, | кг/м3 50-500 |
| Теплопроводность, Вт/м.К | 0,04-0,09 |
| Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа | 0,1-0,9 |
| Сорбционная влажность, % | 1,2-1,6 |
| Морозостойкость после 15 циклов, % | Не более 8 |
| Устойчивость против силикатного распада, потеря массы, % | Не более 8 |
| Потеря массы при кипячении, % | Не более 5 |
| Естественная активность радионуклидов, Бк/кг | Не более 370 |

Производство пенополистирола, газобетона, газосиликата и пеносиликата – является более дорогостоящим, затратным и экологически вредным.

**Таблица. Состав и свойства пенобетона**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Состав сухой смеси, % | | Вода | Расход материалов на 1  M3 бетона, кг | | | | Прочность |
| Тип пенобетона и его средняя плотность | ПЦ 500 ДО | песок  Мкр -  1,7 | твердое отношение | цемент | песок | водный раствор пенообра- зователя | "Морпен" товарный | Бетона при сжатии, МПа |
| Теплоизоляционный, 300 кг/м | 100 | - | 0,57 | 260 | - | 148 | 0,74 | 0,4 |
| Теплоизоляционно-конструкционный, 600 кг/м3 | 60 | 40 | 0,41 | 330 | 210 | 220 | 1 ,1 | 2,3 |
| Конструкционный, 1 000 кг/м3 | 50 | 50 | 0,24 | 465 | 465 | 223 | 1 ,12 | 7,5 |

Вывод: технология производства пенобетона превосходит другие технологии по производительности, качеству и эффективности использованию ресурсов.

**Литература**

1. Верещагин О. Н.История развития строительства из ячеистых бетонов и пенобетона как их  разновидности. //Строительная альтернатива. - 2002. - № 1.  
2. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. М., Стойиздат 1984. 672с.  
3. Пинкер В. А.Пенобетон в современном строительстве // Строительная альтернатива. - 2002. - № 3  
4. Удачкин В.И., Смирнов В.М. и др. Новая технология и оборудование для производства изделий из пенобетона без автоклавной обработки. Строительные материалы, 2002г.   
5. Михайлов В. В. Расширяющиеся, напрягающиеся цементы и самонапряженные железобетонные конструкции /Михайлов В, В.,  Литвер С. Л. - М.: Стройиздат, 1998.  
6. http://www.e-concrete.ru, Новости 2003г.  
7. Батраков В. Г.Модифицированные бетоны. - М.: Технопроект, 1998.  
8. http://www.ybeton.ru/content.htm