

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202290977** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки
2022.07.26(51) Int. Cl. **C04B 28/04** (2006.01)
C04B 20/10 (2006.01)
C04B 103/00 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2020.10.21(54) **СОСТАВ ДОБАВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКОГО БЕТОНА, СОДЕРЖАЩЕГО ПОЛИСТИРОЛЬНЫЕ ГРАНУЛЫ, СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СОСТАВА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ**(31) **P1900365; P2000312**
(32) **2019.10.22; 2020.09.22**
(33) **HU**
(86) **PST/HU2020/000032**
(87) **WO 2021/079162 2021.04.29**
(71) Заявитель:**"ИЦЛЬ" ИННОВАЦИОН
ЦОНЦРЕТЕ ЛАБОРАТОРИ
КОРЛАТОИТ ФЕЛЕЛЁШШЕГЮ
ТАРАШАШАГ (HU)**(72) Изобретатель:
**Турей Арпад, Чордаш Ласло, Шипош
Ференц, Тархан Шандор (HU)**(74) Представитель:
Толыбаев Ж.М. (KZ)

(57) Изобретение относится к составу добавки для производства лёгких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, являющегося смесью органических и неорганических веществ, включающих продукты реакции полиуретановой смолы, тетраэтилортосиликата, гликолевого соединения, ароматического винилового соединения, содержащего ненасыщенную двойную связь, предпочтительно, стирола, и неорганического силикатного соединения, и предпочтительно содержащего следующие компоненты (в весовом соотношении): соединения типа сополимеров гликоля, в количестве 15-10%, соединения типа гликолевого полимера диоксида кремния, в количестве 45-50%, полиуретановая смола, в количестве 13-22%, полистирол, в количестве 2-3%, и гранулы пеностекла - 25-15%, и а) для получения жидкого продукта на основе общего веса вышеуказанного состава органические растворители, в количестве 15-20%, вода - 10-5%; или б) для получения твердого состава на основе общей массы вышеуказанного состава поливинилацетата или поливинилового спирта, в количестве 10-5%; гидроксид алюминия, в количестве 2-5%, и кальцинированная известняковая мука - 8-10%. Изобретение также относится к получению и использованию вышеуказанного состава добавки.

A1**202290977****202290977****A1**

**Состав добавки для производства легкого бетона, содержащего
полистирольные гранулы, способ приготовления состава и его применение**

5

Настоящее изобретение относится к составу добавки для производства легкого бетона, содержащей полистирольные гранулы для улучшения технологических свойств бетона, а также к способу получения состава добавки и его использованию.

10 Известно, что одним из наиболее значимых видов бетона, используемых в области строительства, является легкий бетон, содержащий определённое количество гранул пенополистирола (EPS, ПСВ), имеющий определённые теплоизоляционные и несущие свойства и получаемый путём внесения добавки. Различные легкие бетоны всё чаще используются при изготовлении полов и плит, а также в качестве
15 заполняющих пространство материалов. Однако во многих случаях элементы кладки и структурные элементы тоже изготавливаются из данного типа бетона.

Легкий полистирольный бетон — это тип бетона, который содержит полистирольные гранулы, воду, песок и цемент, а также лёгкие заполнители. Самым простым представителем данного типа бетона является беспесчаный бетон. Беспесчаный бетон в основном используется для теплоизоляции и в качестве
20 дополнительной строительной технологии. Его основными характеристиками являются низкая объёмная плотность (200–400 кг/м³) и относительно низкая прочность на изгиб и сжатие, однако он имеет высокие теплоизоляционные свойства.

Наиболее часто используемой формой лёгких бетонов с объёмной плотностью 400–1000 кг/м³ является газобетон. Данный тип бетона в основном используется в
25 качестве элемента кладки и заполняющего материала; при производстве в бетон подмешивается газ или пенообразующий материал, в результате чего создаётся пористая структура.

Кладка и конструктивные элементы изготавливаются из лёгких бетонов, обладающих высокой насыпной плотностью и прочностью на сжатие, которые
30 характеризуются высоким содержанием цемента и объёмной плотностью, но они также используются при производстве многослойных изделий. В рамках данной технологии лёгкий бетон заливается вокруг центральной стальной конструкции,

функционирующей как внутренний сердечник, которая изготавливается путём изгибания или холодного формования.

Лёгкие полистироловые бетоны имеют широкий спектр применения благодаря своим выгодным свойствам, вследствие чего в последние десятилетия для их производства был разработан ряд технологических процессов. Лёгкие полистироловые бетоны можно разделить на три основных типа в зависимости от их состава и технологии производства.

В первом случае с помощью физического метода поверхность полистирольных гранул покрывается подходящим для этого составом, что позволяет гранулам прилипать к цементно-каменной конструкции за счёт химического взаимодействия между соединениями на их поверхности и частицами гидравлического вяжущего. Такие бетоны обычно имеют низкое содержание полистирола (5–30%) и среднее содержание добавок, а их прочность на сжатие составляет около 5–20 МПа.

Второй тип включает системы, в которых поверхность полистирольных гранул обрабатывается подходящим полимерным соединением (соединениями), которое, вступая в реакцию с материалами, образующимися при гидратации цементных частиц (гелеобразовании), отдельными заполнителями и водой для смешивания, приводит к образованию композитных структур. Такие бетоны характеризуются как высоким содержанием полимерных соединений (3–20%), так и содержанием добавок (30–60%), в результате чего продукт обладает высокой прочностью на сжатие (10–40 МПа).

Третья группа включает процессы, которые сочетают обработку поверхности полистирольных гранул полимерами и способность рассматриваемых полимеров образовывать перекрёстно сшитые структуры с использованием соответствующих соединений. В такой системе не требуются различные известные добавки, равно как и гидравлическое вяжущее (системы синтетическая смола-полистирол: полимербетон). Такие бетоны характеризуются средней прочностью на сжатие и чрезвычайно высокой стойкостью к истиранию.

Описанные выше решения проиллюстрированы в патентной литературе, например, в источниках, приведенных ниже.

В описании раскрытого патента №US4137198A представлен способ получения строительного материала (аэрозоля и аэрогеля), который получается с использованием органического полимера и неорганического агента, в котором частицы гидравлического вяжущего (цемента, гипса) распределяются без добавления

песка. Во время изготовления в водную эмульсию синтетической смолы-полимера-сополимера (полиуретан; поливиниловые соединения) вдувается воздух (вспенивание), а затем в определённом соотношении добавляется неорганический агент. Содержание цемента в полученных таким образом полимерных изделиях колеблется в пределах 0–25%, а их средняя прочность на сжатие составляет от 2,75 до 13,82 МПа.

В описании раскрытого международного патента №WO2009/152617 представлен способ покрытия поверхности пенополистирольных гранул с использованием поливинилацетата и поливинилового спирта и для производства бетонов, изготовленных из этих материалов, с использованием гидравлического вяжущего, воды, песка, суперпластизирующих добавок и армирования полипропиленовыми волокнами. Среднее содержание полистирольных гранул в бетонах, изготовленных таким образом, составляет от 20 до 40%. В описании не приводятся конкретные технологические характеристики, позволяющие чётко определить свойства продукта.

В описании раскрытого патента №US4612748A представлен способ изготовления монолитного строительного блока с арматурным каркасом в заданной компоновке с использованием из бетона, изготовленного из гидравлического вяжущего, воды, песка, полиэфирной синтетической смолы и катализатора.

В описании патента №US9051447B1 представлены полимербетоны, изготавливаемые с использованием комбинации различных мономеров (акрилат/метакрилат) и соевых и других растительных масел с их функциональной группой и применением. Такие бетоны характеризуются отсутствием гидравлического вяжущего (вяжущих) класса I, однако содержание заполнителя в них высокое. Средний состав используемых полимеров составляет в весовом соотношении приблизительно 60% многофункционального акрилатно-метакрилатного растительного масла, не более 10% многофункционального акрилатно-метакрилатного мономера и около 40% многофункционального акрилатно-метакрилатного олигомера. В качестве заполнителей в основном используются молотый доломит и песок. Средний состав этих бетонов может быть описан следующим образом (в весовом соотношении): 8,7–9,6% полимера; 0,1–0,4% активатора; 0,03–0,2% ускорителя; 89,2–91,2% заполнителя (средний состав заполнителя: 43,3–86,2% доломита; 43,3% песка и 3,2–3,9% угольной летучей золы).

В раскрытом патенте № US20030090016A1 представлено применение полиуретанов, образующихся в результате реакции полиолов на основе растительных масел и изоцианатов, для производства бетонов с высоким содержанием добавок. Данный способ основан на взаимодействии растительных полиолов со
5 стехиометрическим количеством изоцианатов и смешивании полученных таким образом полиуретановых соединений с наполнителем (диоксид кремния, оксид алюминия, тальк, угольная летучая зола, известняковая мука, измельченные минералы и т.д.) в количестве 10–200% об. Согласно данным патента, гидроксильное
10 число полиолов напрямую связано с технологическими характеристиками образующихся продуктов, а количество используемой полимерной матрицы варьируется в зависимости от значения участка характеристики. После добавления заданного количества полимера технологические характеристики изменяются в неблагоприятную сторону.

В описании раскрытого патента №US4689358A представлен способ получения
15 полимербетонов с высоким содержанием синтетической эпоксидной смолы (21–23% об.) без использования гидравлического вяжущего (вяжущих) класса I, основными характеристиками которого являются высокая морозостойкость и водонепроницаемость. Средний состав описанных продуктов выглядит следующим образом: алюмосиликат с заданным размером частиц (50–100 мкм) (30–36% об.),
20 перлитовый глинистый минерал с покрытием (28–32% об.), тригидрат оксида алюминия (14–15% об.) и синтетическая эпоксидная смола (21–23% об.).

В описании раскрытого патента №US4371639A представлен способ получения полимербетонов с использованием полимеров синтетических смол полиэфирного
25 типа (14–17% в весовом соотношении), угольной летучей золы и различных типов песка по технологии радикальной полимеризации. Основными характеристиками бетонов, получаемых таким способом, являются высокая прочность на сжатие и изгиб (40–60 МПа и 18–26 МПа).

В описании раскрытого патента №US20070062415A1 представлен готовый
30 полистирольный легкий бетон с использованием повторно вспененных ячеистых полистирольных частиц размером 0,2–8 мм и шлакоцемента типа ЦЕМ III, так что полученный продукт содержит 8–20% об. цемента, 11–50% об. песка, 10–31% об. повторно вспененных полистирольных частиц, 9–40% об. тяжелых заполнителей

(молотый сланец) и 10–22% об. воды. Готовая бетонная смесь имеет минимальную прочность на сжатие, равную 9,65 МПа.

В описании раскрытого патента №US7632348B2 представлен способ изготовления бетонных и конструктивных элементов, которые могут быть изготовлены с использованием полимерцементного композита и повторно вспененных полистирольных частиц размером 0,2–8 мм. Легкий бетон, содержащий цементный состав в количестве от 10 до 90% об., и полистироловые частицы в количестве от 10 до 90% об., обладает прочностью на сжатие не менее 11,7 МПа.

Все решения, описанные в вышеупомянутых патентах, и включенные в них процессы приводят к получению продуктов с надлежащими технологическими свойствами бетона, но не обеспечивают удовлетворительного решения для производства содержащего полистирольные гранулы легкого бетона с улучшенными физическими свойствами и широким спектром применений. Кроме того, упомянутые известные решения также неудовлетворительны с точки зрения аспектов исторических и производственных затрат, условий технологии производства, применимости и экологической безопасности.

Следовательно, целью настоящего изобретения является создание составов добавки, пребывающей в различных агрегатных состояниях, но действующей по аналогичному принципу с учётом механизма действия и процесса получения, и использовать эти составы для производства легкого бетона, имеющего улучшенные технологические характеристики (несущие свойства, армируемость, модифицируемость, звукоизоляция, теплоизоляция), который благодаря своим технологическим характеристикам подходит для производства каменной кладки и конструктивных элементов.

В соответствии с настоящим изобретением было обнаружено, что указанные цели достигаются, по существу, за счёт значительного увеличения содержания полистирольных гранул при производстве легкого бетона. Согласно изобретению полистирольные гранулы "встраиваются" в цементную ферму посредством химических реакций с использованием добавки, приготовленной предлагаемым способом, имеющей предлагаемый состав, так, что необходимые активные ингредиенты встраиваются в поверхность полистирольных гранул с помощью поверхностных химических методов. При использовании предлагаемых составов

добавок заданные свойства достигаются во время смешивания/производства легких бетонов.

Составы и способы, известные в настоящее время на соответствующем уровне техники, не дают технического решения, подходящего для достижения вышеуказанных целей.

Было обнаружено, что для химического включения больших количеств полистирольных гранул в легкий бетон требуется добавка, которая способна в желаемой степени изменять свойства химической или физической адсорбции поверхности используемых полистирольных гранул.

Для достижения вышеупомянутых целей в соответствии настоящим изобретением был разработан состав коллоидной добавки, которая включает систему сополимер гликоля/полимер диоксида кремния/гликоль-силикат (далее именуемую "полимер диоксида кремния"), диспергированную в материале-носителе из синтетической смолы, которая может быть использована для модификации и воздействия на определенные характеристики легкого бетона с использованием добавки, также предполагающий возможность использовать специальные смеси пластиковой стружки в качестве армирующего материала, что немаловажно с экологической точки зрения.

Предлагаемый состав добавки обеспечивает реализацию следующей системы условий:

- химическая модификация поверхности используемых полистирольных гранул таким образом, чтобы состав добавки, используемый в процессе, позволял вводить комплексные группы "сополимер-полимер-диоксид кремния-силикат" в поверхность полистирольных гранул различных размеров;

- формирование полистирольных гранул с покрытием из реакционноспособных групп полимер-диоксид кремния (общая формула которых: $\text{OSiO}(\text{OH})_n$) и частиц сополимер/полистирол, сополимер/полимер-диоксид кремния/полистирол и полимер-диоксид кремния/полистирол переменного состава, который можно регулировать параметрами реакции;

- это позволяет образовывать силикатное химическое взаимодействие между частицами полистирола, поверхность которых была модифицирована реакционноспособными группами, полистирольными соединениями, содержащими реакционноспособные группы, образованными во время процесса, и соединениями,

образованными во время гидратации определённых цементирующих компонентов, в результате чего полистирольные гранулы и частицы полистирола с покрытием, образующиеся в результате химической реакции получают потенциал формирования структуры;

5 - это позволяет использовать большое количество пластиковой стружки с применением способа, аналогичного приведенным выше поверхностным химическим реакциям, что выгодно как с эколого-технологической точки зрения, так и с целью улучшения определённых конкретных технологических характеристик изделий (например, повышения прочности на растяжение и изгиб); и

10 - это позволяет осуществлять кинетический контроль процессов гидратации цемента путём дифференциации реакций между полистирольными гранулами и частицами полистирола с покрытием и различными силикатами кальция, образующимися в процессах гидратации цемента, а также уменьшения количества силикатных химических реакций, которые являются менее благоприятными с точки зрения технологических процессов и вероятности их возникновения.

15 Следовательно, настоящее изобретение относится, в частности, к составу добавки для производства легких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, которая представляет собой смесь органических и неорганических материалов, состоящую из продуктов реакции полиуретановой смолы, тетраэтилортосиликата, 20 некоторого гликолевого соединения, ароматического винилового соединения, содержащего ненасыщенные двойные связи (предпочтительно стирол; в дальнейшем для простоты этот компонент обычно именуется "стирол") и неорганического силикатного соединения, который предпочтительно содержит следующие компоненты (в весовом соотношении):

25 соединения типа сополимеров гликоля, 15–10%,
соединения типа гликолевого полимера диоксида кремния, 45–50%,
синтетическая смола на основе полиуретана, 13–22%,
полистирол, 2–3%,
гранулы пеностекла, 25–15%, и

30 а) для получения жидкого продукта на основе общего веса вышеуказанного состава органические растворители, 15–20%, и
вода, 10–5%; или

а) для получения твёрдого продукта на основе общего веса вышеуказанного состава

поливинилацетат или поливиниловый спирт, 10–5%, и
гидроксид алюминия, 2–5%, и
кальцинированная известняковая мука, 8–10%.

Таким образом, предлагаемый состав добавки представляет собой сложную коллоидную систему, которая образуется в результате реакции раствора органического полистирола или смеси полистирол/полимер (2), сложноэфирного соединения органического силана (3), гликолевого соединения (4), полигликолевого соединения (5) и неорганического силикатного соединения (6), диспергированную в синтетической смоле или смеси синтетических смол (1) в качестве дисперсионной среды, на поверхности агента (7), имеющего высокую удельную поверхность, с использованием катализатора (8). Предлагаемый состав добавки также может изготавливаться в виде жидкой суспензии путём разбавления смесью растворителей (9А) заданного состава и добавления других твердых добавок (9В) в виде твердых гранул в соответствии с требованиями к использованию, транспортировке и т.д.

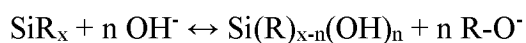
Составляющие исходные соединения, упомянутые выше, могут быть предпочтительно, но не исключительно, следующими:

- (1) синтетическая полиуретановая смола или смесь полиуретана и синтетической полиизоцианатной смолы (далее: ПУ)
- (2) раствор полистирола (далее: исходный раствор ПС) или смесь раствора полистирола и поливинилового спирта (далее: смесь полимеров ПС/ПВС) или раствора полистирола и поливинилацетата (далее: смесь полимеров ПС/ПВА)
- (3) тетраэтилортосиликат (далее: ТЭС)
- (4) 1,2-пропиленгликоль (далее: 1,2-ПГ)
- (5) полипропиленгликоль (далее: ППГ Р400)
- (6) 40% раствор силиката натрия (далее: раствор силиката натрия)
- (7) гранулы пеностекла диаметром 0,63 мм
- (8) смесь безводного $\text{Al}(\text{OH})_3$ и AlCl_3 в массовом соотношении 10:1 и 100:1 соответственно (далее: AlCl_3)
- (9А) смесь дихлорметана (ДХМ) и ацетона в соотношении 60/40
- (9В) Метакаолин, угольная летучая зола и микрокремнезем.

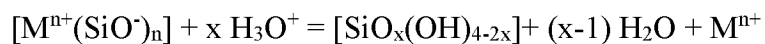
Гликолевое соединение обычно предпочтительно представляет собой алкилгликоль, а ароматическое виниловое соединение, содержащее ненасыщенную двойную связь, представляет собой стирол.

Теоретическая база и основа способа получения предлагаемого состава добавки заключается в нанесении покрытия на материал, имеющий удельную поверхность и поверхностный заряд, в данном случае пеностекло, с полистирольно-полимерным комплексом, содержащим реакционноспособные группы сополимер/полимер диоксида кремния, в качестве субстрата, а для диспергирования материал располагается в полимерной матрице. Основные процессы способа основаны на известном гидролизе используемых органических и неорганических соединений кремния, а именно на том, что реакция используемых соединений кремния с основными соединениями и их кислотный гидролиз могут приводить к образованию различных продуктов реакции в зависимости от pH и температуры. Общей особенностью органического и неорганического соединения кремния является то, что при использовании большого избытка воды конечным продуктом реакций при комнатной температуре является диоксид кремния.

Процесс гидролиза органического соединения кремния с использованием слабого или средне-сильного органического основания обычно описывается следующими уравнениями:



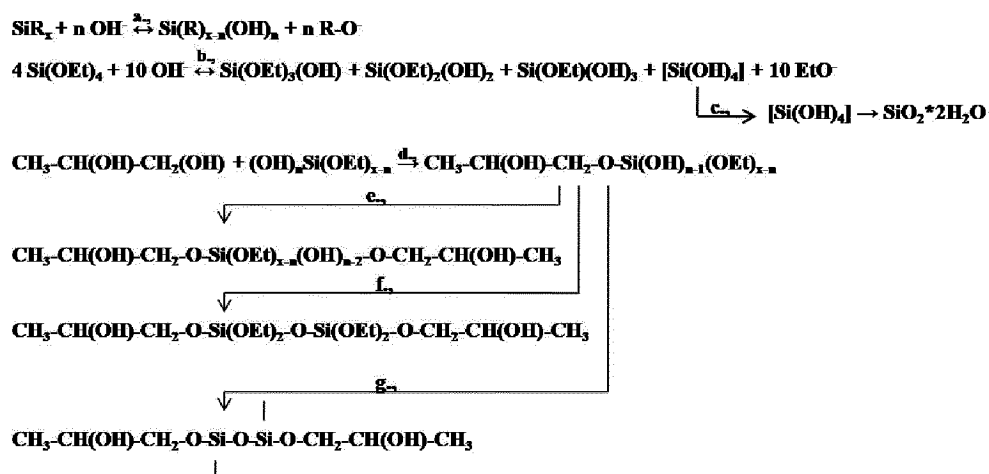
В безводных условиях равновесная реакция может быть практически полностью смещена в сторону образования продуктов типа гидроксисиланол ([Si(R)_{x-n}(OH)_n]). В случае неорганического соединения кремния процесс может быть осуществлен в соответствии со следующим уравнением, в котором в основном путём кислотного гидролиза образуются поликремниевые кислоты смешанного состава (гетеро):



В случае как органических соединений кремния, так и неорганических силикатных соединений, в зависимости от условий реакции, в определенных реакциях образуются продукты смешанной комбинации, которые могут быть представлены формулами $\text{SiR}_{x-n}(\text{OH})_n$ и $\text{SiO}_x(\text{OH})_n$ (далее: "гидроксидные промежуточные продукты").

Было обнаружено, что при осуществлении двух вышеуказанных процессов (катализируемая основанием реакция сополимеризации органического соединения кремния и кислотный гидролиз неорганического силикатного соединения), без ограничения, в смеси алкилгликоля, предпочтительно 1,2-пропиленгликоля и

полипропиленгликоля, данные гидроксидные промежуточные продукты могут быть стабилизированы и подвергнуты дальнейшим реакциям присоединения или конденсации как с соединениями гликоля, так и с полимером в смесях полистирол/полимер, кроме того, эти промежуточные соединения могут взаимодействовать с полимерными частицами заданных смесей полистирол/полимер значительно более эффективно, если вышеуказанные процессы выполняются с добавлением/в присутствии гранул пеностекла с частицами небольшого размера и высокой удельной поверхностью, поскольку "роль" гранул пеностекла с частицами небольшого размера в поверхностном катализе не ограничивается функциями "разделителя заряда" и "носителя заряда". Основная реакция сополимеризации предшественника органического кремния с 1,2-пропиленгликолем и общие формулы полученных промежуточных продуктов описываются следующей схемой:



Где процессы *a* и *b* иллюстрируют процесс общего гидролиза карбоксисиланов и конкретного соединения, тетраэтилортосиликата; процесс *c* показывает разложение гидроксисилана; и процесс *d* показывает реакцию этоксигидроксисилана с 1,2-пропиленгликолем. Процессы, обозначенные *e*, *f* и *g*, иллюстрируют возможные продукты сополимеризации, образующиеся в реакции *d*.

Также было обнаружено, что график введения соединений, используемых в процессе, их относительное соотношение, температура и соответствующий уровень pH в совокупности в значительной степени влияют на исход реакций и, следовательно, на характеристики состава добавки. Было установлено, что соответствующие соединения наиболее предпочтительно образуются в реакционных смесях, в которых молярное соотношение $n_{1,2\text{-ПГ}}/n_{\text{Н-БА}}$ находится в диапазоне

5:1;.....;15:1, молярное соотношение $n_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}/n_{\text{н-БА}}$ находится в диапазоне 5:1;.....;50:1, и молярное соотношение $n_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}/n_{1,2\text{-ПГ}}$ находится в диапазоне 1:11.....; 4:1.

Также было выявлено, что распределение по размерам и реакционная способность микрочастиц сополимера полистирола/гликоля, полимера диоксида кремния и полистирола/полимера диоксида кремния, образующихся в результате реакции, в значительной степени зависят от температуры и молярных соотношений $n_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}/n_{\text{полистирола}}$, которые предпочтительно могут находиться в диапазоне от 5:1 до 40:1.

Исходя из вышеизложенного, процесса имеет следующие подэтапы:

1. Приготовление раствора тетраэтилортосиликата, 1,2-пропиленгликоля, соединений полипропиленгликоля и дихлорметанового растворителя
2. Добавление N-бутиламинового катализатора и гранул пеностекла к раствору, описанному в пункте 1
3. Добавление к смеси раствора силиката натрия
4. Добавление к смеси катализатора, содержащего хлорид алюминия
5. Кислотный гидролиз путём введения раствора с заданным уровнем pH
- 1-5.: Приготовление суспензии "сополимер гликоля-диоксида кремния/гликоль-полимер диоксида кремния/силикат" (концентрат "I")
6. Приготовление двухкомпонентного раствора синтетической смолы
7. Приготовление раствора полистирола или смеси полистирол/полимер с использованием дихлорметанового растворителя или смеси растворителя, содержащего дихлорметан /изопропиловый спирт
- 6-7.: Приготовление эмульсии "синтетическая смола-ПС/полимер" (концентрат "II")
8. Смешивание концентратов "I" и "II"
- 9А. Для получения жидкого продукта: разбавление и гомогенизация после добавления смеси органических растворителей
- 9В. Для получения твердого продукта: выпаривание растворителей и сушка после добавления к продукту твёрдых добавок.

Ниже представлены конкретные варианты осуществления способа получения состава добавки, однако без ограничения применений по количеству примеров.

В первой очереди примеров способа ("A1"—"A10"), состав добавки формируется в виде жидкой дисперсии/суспензии, в то время как в дальнейших примерах ("B1"—"B5") полученный продукт представляет собой твердые гранулы.

Пример „А1”:

- 5 - В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ Р400), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 8,4 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 55°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).
- 10 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 200 мл ~40% раствора силиката натрия* со скоростью потока 10 мл/мин, непрерывно перемешивая, рН смеси увеличивается до 9.2 (этапы 2 и 3).
- 15 - К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=100:1”**, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 2 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).
- 20 - Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании (этап 5).
- Затем в стакане объёмом 500 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 100 мл компонента „А” смешивают со 100 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6).
- 25 Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.
- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 10 г 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола****, 50 мл дихлорметана и дополнительно 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=100:1”, непрерывно перемешивая (этап 7).
- 30 - На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1000 мл,

реакционную систему перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25 °С в течение 1 часа (этап 8.).

- Наконец, беловатую суспензию смешивают со 100 мл смеси дихлорметана/изопропилового спирта/воды в объёмном соотношении 20/60/20 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Полученный продукт представляет собой беловатую суспензию с типичной плотностью 1,32 г/см³.

Пример „А2”:

- В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2.5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 8.2 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 55 °С при скорости нагрева 3–5 °С/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 95 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 2 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=100:1”^{***}, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 2 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30 °С (этап 4).

- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 16,7 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, при этом рН смеси снижается до 7.4 (этап 5).

- Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 100 мл компонента „А” смешивают со 100 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 10 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола^{****}, 350 мл дихлорметана и дополнительно 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=100:1”, непрерывно перемешивая (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объёмном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Полученный продукт представляет собой беловатую суспензию с типичной плотностью 1.23 г/см³.

Пример „А3”:

- В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 8.3 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 65°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 350 мл ~40% раствор силиката натрия^{*} со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=100:1”^{**}, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки.

При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 0.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 61,5 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, при этом pH смеси снижается до 7.7 (этап 5).

- Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 100 мл компонента „А” смешивают со 100 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6).

Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 20 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола^{****} и 100 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объёмном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Полученный продукт представляет собой беловатую суспензию с типичной плотностью 1.23 г/см³.

Пример „А4”:

- В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с pH 8,4 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 55°C при скорости нагрева 3–5°C/мин.

После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

5 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 115 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

10 - К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 2,5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”**, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 2 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

15 - Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 20,2 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.9 (этап 5).

20 - Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 100 мл компонента „А” смешивают со 100 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6).

Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

25 - К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 50 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола****, 150 мл дихлорметана и дополнительно 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”, непрерывно перемешивая (этап 7).

30 - На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объёмном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Пример „А5”:

- 5 - В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2.5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 7.8 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 65°C при скорости нагрева 3–5°C/мин.
- 10 После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).
- В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 15 400 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).
- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 8 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”***, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной 20 мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).
- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании (этап 5).
- 25 - Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 100 мл компонента „А” смешивают со 100 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет 30 собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.
- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 50 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола**** и 150 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакцию систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- 5 - Наконец, полученную беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объёмном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Пример „А6”:

- 10 - В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2.5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 8.1 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 65°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- 15 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 20 125 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 2 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=100:1”**, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакцию систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- 25 - Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 22,0 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом рН смеси снижается до 7.6 (этап 5).

- 30 - Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола

(компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 100 мл компонента „А” смешивают со 100 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

5 - К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 50 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола****, 150 мл дихлорметана и дополнительно 8 г катализатора „ $\text{Al}(\text{OH})_3:\text{AlCl}_3=100:1$ ”, непрерывно перемешивая (этап 7).

10 - На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объёмном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

15 Пример „А7”:

20 - В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2.5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 8.0 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 75°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

25 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 150 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

30 - К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 2 г катализатора „ $\text{Al}(\text{OH})_3:\text{AlCl}_3=10:1$ ”***, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 26,3 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.6 (этап 5).

- Затем в стакане объемом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объемном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют дополнительно 5 г катализатора „ $\text{Al}(\text{OH})_3:\text{AlCl}_3=10:1$ ” и 20 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола**** и 100 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объемом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объемном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Пример „А8”:

- В колбу объемом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с pH 7.8 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 65°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- В химический стакан объемом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют

175 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 2,5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”**, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 2 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 30,7 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.6 (этап 5).

- Затем в стакане объемом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объемном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют дополнительно 5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1” и 50 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола**** и 150 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объемом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объемном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Пример „А9”:

- В колбу объемом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2.5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с pH 8.0 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как

её температуру постепенно повышают до 75°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- 5 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 200 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).
- 10 - К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 2,5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=100:1”***, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 2 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).
- 15 - Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 16,7 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.4 (этап 5).
- 20 - Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 100 мл компонента „А” смешивают со 100 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.
- 25 - К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 20 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола****, 350 мл дихлорметана и дополнительно 5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”, непрерывно перемешивая (этап 7).
- 30 - На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объёмном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Пример „A10”:

- 5 - В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 7.8 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 75°C при скорости нагрева 3–5°C/мин.
- 10 После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).
- В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 15
15 400 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).
- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 15 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”**, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной
20 мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 2 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).
- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании (этап 5).
- 25 - Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет
30 собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.
- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют дополнительно 15 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1” и 50 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола**** и 150 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакцию систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- 5 - Наконец, полученную беловатую суспензию смешивают со 160 мл смеси дихлорметана/воды в объёмном соотношении 60/40 и гомогенизируют непрерывным перемешиванием в течение 3 часов (этап 9А).

Пример „В1”:

- 10 - В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 7.8 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 65°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- 15 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 20 95 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- 25 - К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 2,5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”***, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакцию систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- 30 - Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 16,7 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом рН смеси снижается до 7.4 (этап 5).

- Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола

(компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

5 - К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 25 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола**** и 100 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).

10 - На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакцию систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

15 - Наконец, полученную беловатую суспензию сушат в металлическом поддоне с тефлоновым покрытием или в жаропрочной посуде при 65°C в течение 1 часа, непрерывно перемешивая, с последующим смешиванием с гранулятом 5 г метакаолина, 8 г угольной летучей золы и 20 г гидроксида алюминия, затем полученную смесь измельчают и сушат при 25°C в течение 6 часов (этап 9В).

Продукт, полученный в результате данной процедуры, представляет собой беловатый или серый твердый гранулят с мелкими частицами.

Пример „В2”:

20 - В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 7.8 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 55°C при скорости нагрева 3–5°C/мин.

25 После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

30 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 115 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 5 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”^{***}, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 20,2 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.4 (этап 5).

- Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 25 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола^{****}, 150 мл дихлорметана и дополнительно 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”, непрерывно перемешивая (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию сушат в металлическом поддоне с тефлоновым покрытием или в жаропрочной посуде при 65°C в течение 1 часа, непрерывно перемешивая, с последующим смешиванием с гранулятом 5 г метакаолина, 8 г угольной летучей золы и 20 г гидроксида алюминия, затем полученную смесь измельчают и сушат при 25°C в течение 6 часов (этап 9В).

Пример „В3”:

- В колбу объёмом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с pH 7.9 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как

её температуру постепенно повышают до 55°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- 5 - В химический стакан объёмом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 150 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).
- 10 - К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”**, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).
- 15 - Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 26,3 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.3 (этап 5).
- 20 - Затем в стакане объёмом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объёмном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.
- 25 - К раствору, полученному на этапе 6, добавляют дополнительно 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”, 25 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола****, 20 мл 51% (в весовом соотношении) раствора ПВС и 100 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).
- 30 - На следующем этапе концентрат „I”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „II”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объёмом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию сушат в металлическом поддоне с тефлоновым покрытием или в жаропрочной посуде при 65°C в течение 1 часа, непрерывно перемешивая, с последующим смешиванием с гранулятом 5 г метаканолина, 8 г угольной летучей золы и 20 г гидроксида алюминия, затем полученную смесь измельчают и сушат при 25°C в течение 6 часов (этап 9В).

Пример „В4”:

- В колбу объемом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2.5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с pH 8.1 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 55°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- В химический стакан объемом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 150 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”**, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 26,3 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.4 (этап 5).

- Затем в стакане объемом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объемном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл

компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют дополнительно 10 г катализатора „ $\text{Al}(\text{OH})_3:\text{AlCl}_3=10:1$ ”, 25 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола****, 30 мл 51% раствора ПВС и 100 мл дихлорметана, при этом смесь непрерывно перемешивают (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объемом 1500 мл, реакционную систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию сушат в металлическом поддоне с тефлоновым покрытием или в жаропрочной посуде при 65°C в течение 1 часа, непрерывно перемешивая, с последующим смешиванием с гранулятом 5 г метакаолина, 8 г угольной летучей золы и 20 г гидроксида алюминия, затем полученную смесь измельчают и сушат при 25°C в течение 6 часов (этап 9В).

Пример „B5”:

- В колбу объемом 250 мл добавляют 10 мл тетраэтилортосиликата (ТЭС), 20 мл пропиленгликоля (1,2-ПГ), 5 мл полипропиленгликоля (ППГ), 50 мл дихлорметана (ДХМ) и 2.5 мл н-Бутиламина (н-БА), в результате чего смесь с рН 8.1 затем перемешивают магнитной мешалкой с подогревом, защищают от света, в то время как её температуру постепенно повышают до 55°C при скорости нагрева 3–5°C/мин. После этого смесь перемешивают при данной температуре в течение 1 часа. Продукт, полученный в результате данной реакции, представляет собой слегка непрозрачный вязкий раствор (стадия 1).

- В химический стакан объемом 1000 мл добавляют 100 г гранул пеностекла, затем раствор, полученный на первом этапе, медленно вливают в содержимое стакана, при этом его плавно перемешивают стеклянной палочкой. К полученной смеси добавляют 200 мл ~40% раствор силиката натрия* со скоростью потока 6 мл/мин, непрерывно перемешивая (этапы 2 и 3).

- К смеси, полученной на этапах 1–3, добавляют 10 г катализатора „ $\text{Al}(\text{OH})_3:\text{AlCl}_3=10:1$ ”***, смесь энергично перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки. При начале дозирования также начинают облучать реакционную систему

ультрафиолетовым светом с длиной волны 350 нм в течение 1.5 минут, при этом температура поддерживается на уровне 30°C (этап 4).

- Реакционную систему перемешивают в течение 30 минут, затем смеси дают остыть до комнатной температуры при непрерывном перемешивании. Затем к суспензии добавляют 35,1 мл 18% (в весовом соотношении) раствора соляной кислоты при скорости потока 5 мл/мин, и систему снова перемешивают в течение 30 минут, при этом pH смеси снижается до 7.4 (этап 5).

- Затем в стакане объемом 1000 мл приготавливают смесь синтетических смол, являющуюся основой матрицы из синтетических смол, с использованием полиола (компонент „А”) и полиизоцианатного сшивающего вещества (компонент „В”) в объемном соотношении 1:1, т.е. 50 мл компонента „А” смешивают со 50 мл компонента „В”, непрерывно перемешивая (этап 6). Полученная смесь представляет собой крайне непрозрачную бледно-желтую смесь.

- К раствору, полученному на этапе 6, добавляют 25 мл 10% (в весовом соотношении) раствора полистирола****, 50 мл 51% (в весовом соотношении) раствора ПВС, 150 мл дихлорметанового растворителя и дополнительно 10 г катализатора „Al(OH)₃:AlCl₃=10:1”, непрерывно перемешивая (этап 7).

- На следующем этапе концентрат „Г”, приготовленный на этапах 1–5, и концентрат „П”, приготовленный на этапах 6–7, выливают вместе в стакан объемом 1500 мл, реакцию систему интенсивно перемешивают с помощью верхнеприводной мешалки при 25°C в течение 1 часа (этап 8).

- Наконец, полученную беловатую суспензию сушат в металлическом поддоне с тефлоновым покрытием или в жаропрочной посуде при 65°C в течение 1 часа, непрерывно перемешивая, с последующим смешиванием с гранулятом 5 г метакаолина, 8 г угольной летучей золы и 20 г гидроксида алюминия, затем полученную смесь измельчают и сушат при 25°C в течение 6 часов (этап 9В).

Продукт, полученный в результате данной процедуры, представляет собой беловатый или серый твердый гранулят с мелкими частицами.

Примечания:

*: поскольку различные соединения SiO_x(OH)_n (гетерополикислоты) могут выпадать в осадок из раствора силиката натрия при стоянии, для использования на опытной установке или в промышленных масштабах, перед измерениями рекомендуется измерить плотность раствора силиката натрия и процентное содержание по массе. Это

может быть выполнено посредством гравиметрического титрования, при котором раствор титруется раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$, затем концентрация и процентное содержание по массе рассчитываются из массы полученного осажденного материала. Необходимый объём раствора силиката натрия, указанный в мл, можно рассчитать, подставив полученные данные в приведенную ниже формулу:

$$V_{\text{раствора силиката натрия}} \approx V_{\text{ТЕС}} / (1,016 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{\text{раствора силиката натрия}} \cdot \%(\text{в весовом соотношении} \\ \text{раствора силиката натрия}))$$

**: катализатор с маркировкой „ $\text{Al}(\text{OH})_3:\text{AlCl}_3=100:1$ ” получается путём смешивания безводного гидроксида алюминия с хлоридом алюминия, используя 100 [г] весовых частей гидроксида алюминия ($\text{Al}(\text{OH})_3$) и 1 [г] хлорида алюминия (AlCl_3). Полученную смесь следует хранить в безводных условиях.

***: использование ультрафиолетового света с определенной длиной волны для ускорения катализа практически только в том при приготовлении небольшого количества смеси в лаборатории; этот процесс неприменим на опытной установке или в промышленном масштабе.

****: растворы полистирола, используемые для процесса, всегда готовят путём растворения сыпучих полистирольных гранул, полученных из измельченных отходов полистирола, в дихлорметановом растворителе следующим образом: 50 г отходов полистирола растворяют в 500 мл дихлорметана, непрерывно перемешивая, затем полученный раствор фильтруют для удаления твердых примесей.

Условия реакции в примерах „A1”–„A10” и „B1”–„B5” и применяемые молярные соотношения изложены в таблице ниже:

Пример	Входные материалы																
	ТЭС [мл]	1,2-ПГ [мл]	ПГГ Р400 [мл]	Группы невоскеса [г]	Н-Бутиламин [мл]	pH ₁	Раствор силиката натрия (40%) [мл]	Раствор HCl (18%) [мл]	pH ₂	Компоненты "А" [мл]	Компоненты "В" [мл]	Основной раствор ПС (10%) [мл]	AlCl ₃ 100:1 [г]	AlCl ₃ 10:1 [г]	Дисперсия ПВС (31%) [мл]	ДХМ [мл]	Нормализованная мола [мол]
A1	10	20	5	100	5	8,4	200	-	9,2	100	100	20	-	-	-	150	200
A2	10	20	5	100	2,5	8,2	95	16,7	7,4	100	100	20	-	-	-	150	150
A3	10	20	5	200	5	8,3	350	61,5	7,7	100	100	20	-	-	-	150	200
A4	10	20	5	100	5	8,4	115	20,2	7,9	100	100	50	-	12,5	-	200	150
A5	10	20	5	100	2,5	7,8	400	-	9,4	100	100	50	-	10	-	200	150
A6	10	20	5	200	2,5	8,1	125	22	7,6	100	100	50	10	-	-	200	150
A7	10	20	5	100	2,5	8,0	150	26,3	7,6	50	50	20	-	5	10	150	150
A8	10	20	5	100	2	7,8	175	30,7	7,6	50	50	50	-	7,5	10	200	150
A9	10	20	5	200	2,5	8,0	200	35,1	7,5	50	50	50	-	7,5	15	200	150
A10	10	20	5	200	2	7,8	400	-	9,5	50	50	50	30	-	20	200	200
B1	10	20	5	100	2	7,8	95	16,7	7,4	50	50	25	-	5	-	100	100
B2	10	20	5	100	2	7,8	115	20,2	7,4	50	50	25	-	15	-	100	100
B3	10	20	5	200	2	7,9	150	26,3	7,3	50	50	25	-	20	20	100	100
B4	10	20	5	100	2,5	8,1	150	26,3	7,4	50	50	25	-	20	30	100	100
B5	10	20	5	100	2,5	8,1	200	35,1	7,4	50	50	25	-	20	50	100	100

Пример	Условия реакции и основные параметры												Операция
	Н-Бутилламин [мл]	pH ₁	Температура [°C]	Раствор силиката натрия (40%) [мл]	Время ультрафиолетового облучения [сек]	Раствор HCl (18%) [мл]	pH ₂	p _{1,2} -ПГ / ТЭС	p _{1,2} -ПГ / p _{1,2} -БА	p _{Na2SiO3} / p _{1,2} -БА	p _{Na2SiO3} / ППС	p _{Na2SiO3} / p _{1,2} -ПГ	

A1	5	8.4	55	200	120	-	9,2	6,1	5,4	10,0	23,2	1,9	разбавлен ие/гомоге низация
A2	2,5	8.2	55	95	120	16,7	7,4	6,1	10,8	9,5	11,0	0,9	разбавлен ие/гомоге низация
A3	5	8.3	65	350	30	61,5	7,7	6,1	5,4	17,5	40,5	3,3	разбавлен ие/гомоге низация
A4	5	8.4	55	115	120	20,2	7,9	6,1	5,4	5,8	5,3	1,1	разбавлен ие/гомоге низация
A5	2,5	7.8	65	400	90	-	9,4	6,1	10,8	40,1	18,5	3,7	разбавлен ие/гомоге низация
A6	2,5	8.1	65	125	90	22	7,6	6,1	10,8	12,5	5,8	1,2	разбавлен ие/гомоге низация
A7	2,5	8,0	75	150	90	26,3	7,6	6,1	10,8	15,0	17,4	1,4	разбавлен ие/гомоге низация
A8	2	7.8	75	175	120	30,7	7,6	6,1	13.5	21,9	8.1	1,6	разбавлен ие/гомоге низация
A9	2,5	8,0	75	200	120	35,1	7,5	6,1	10,8	20,0	9,3	1,9	разбавлен ие/гомоге низация
A10	2	7.8	75	400	120	-	9,5	6,1	13.5	50,1	18,5	3,7	разбавлен ие/гомоге низация
B1	2	7.8	65	95	90	16,7	7,4	6,1	13.5	11,9	8,8	0,9	концентри рование/с ушка
B2	2	7.8	55	115	90	20,2	7,4	6,1	13.5	14,4	10,7	1,1	концентри рование/с ушка
B3	2	7,9	55	150	90	26,3	7,3	6,1	13.5	18,8	13,9	1,4	концентри рование/с ушка
B4	2,5	8.1	55	150	90	26,3	7,4	6,1	10,8	15,0	13,9	1,4	концентри рование/с ушка
B5	2,5	8.1	55	200	90	35,1	7,4	6,1	10,8	20,0	18,5	1,9	концентри рование/с ушка

Состав добавки может включать следующее:

Основываясь на идеальном стечении обстоятельств с оптимальной эффективностью без ограничений и учитывая, что на практике могут иметь место отклонения, конечное содержание состава добавки выглядит следующим образом:

- соединения типа гликоль-сополимер: 15–10% в весовом соотношении
- 5 • гликоль-полимер диоксида кремния: 45–50% в весовом соотношении
- синтетическая полиуретановая смола: 13–22% в весовом соотношении
- полистирол: 2–3% в весовом соотношении, и в данном конкретном случае
- органические растворители: 15–25% в весовом соотношении
- вода (в качестве растворителя и дисперсионной среды) 15–25% в весовом
- 10 соотношении, или
- твердые добавки.

Что касается диапазонов состава, приведенных выше, важно отметить, что вязкие, пастообразные составы добавок, полученные способами, описанными в примерах, учитывая, что они были разработаны для промышленного использования,

15 после применения дополнительных химических процессов (разбавления и гомогенизации, а также сушки и измельчения), предполагаются для использования в двух агрегатных состояниях.

С точки зрения своих физических характеристик предлагаемый состав добавки представляет собой жидкость грязновато-белого цвета с характерным запахом,

20 большей плотности, чем вода, или пористые твердые гранулы грязновато-белого – бледно-желтого цвета.

Принцип использования предлагаемого состава добавки можно обобщить следующим образом:

Состав добавки представляет собой диспергированную в синтетической смоле или смеси синтетических смол в качестве дисперсионной среды сложную коллоидную систему, образованную в результате реакции раствора органического полистирола или смеси полистирол/полимер, сложноэфирного соединения органического силана, гликольного соединения, полигликольного соединения и неорганического силикатного соединения – на поверхности агента с поверхностным зарядом – с

25 использованием катализатора. При внесении состава во время смешивания легкого бетона, содержащего полистирольные гранулы, коллоидная суспензия разлагается при добавлении воды для смешивания, синтетическая смола покрывает поверхность полистирольных гранул, и в то же время реакционноспособные агенты полимера

30

диоксида кремния внедряются в поверхность гранул. В результате полистирольные гранулы разных размеров не только взаимодействуют с веществами, образующимися во время гидратации цементирующих компонентов, посредством процессов физической абсорбции, но также непосредственно реагируют с системой силикатного геля в процессе химической адсорбции. Параллельно частицы полистирола с покрытием из групп полимер-диоксид кремния высвобождаются из системы, что позволяет им включаться в формирующуюся силикатную структуру, в то же время выполняя роль заполнения пространства. Этот процесс можно рассматривать как “введение добавки с виде собственного материала”, поскольку в дополнение к полистирольным гранулам диаметром 3–5 мм и 1–2 мм, используемым в качестве добавок в процессе, также образуются частицы полистирола чрезвычайно малого размера — в среднем 0,2–0,75 мм в диаметре. Используемые гранулы пеностекла, выступающие в качестве материала-носителя и катализатора во время приготовления смеси, катализируют этот процесс благодаря своей высокой удельной поверхности и поверхностному заряду, в то время как сами они встраиваются в цементную ферму. Во время внесения состава добавки не только химически модифицируется поверхность используемых полистирольных гранул целесообразно контролируемого размера (3–5 мм и 1–2 мм), но также поверхность пластиковой стружки “покрывается” комплексным соединением синтетической смолы-полимера-диоксида кремния, в связи с чем данная пластиковая стружка также способна в ещё большей степени изменять характеристики готового легкого бетона.

“Реакционноспособные” группы полимера диоксида кремния, встроенные в поверхность сформированных частиц полистирола и полистирольных гранул, вступают в реакцию с системой силикатного геля, образующейся во время гидратации цемента, так что эти материалы в легком бетоне играют не только роль заполнения пространства и/или засыпки (и опционально армирования волокнами), но по существу становятся структурными компонентами цементно-каменной фермы. Включение “реакционноспособных” групп полимера диоксида кремния в поверхность полистирольных гранул и образование реакционноспособных частиц полистирола оказывает прямое влияние на технологические свойства бетонов; они повышают прочность легких бетонов на сжатие и изгиб, влияют на водонепроницаемость и огнестойкость.

Поскольку во время реакции плотность аутоагрегации и химические свойства полистирольных гранул также изменяются, при использовании состава добавки уменьшается возможность нежелательного расслоения бетонов, улучшается их однородность и обрабатываемость, а также уменьшается усадка готового продукта.

5 Процесс отверждения бетонов, хотя и описан многими способами, в основном определяется гидратацией соединений силиката кальция и алюмосиликата кальция. Во время добавления воды для смешивания нет предпочтительного порядка гидратации цементирующих компонентов, процесс гелеобразования начинается немедленно на поверхности тонко измельченных частиц цемента. По мере увеличения
10 удельной поверхности цементирующих компонентов процесс гидратации ускоряется, и в то же время возрастает вероятность возникновения возможных побочных реакций. Другие компоненты в различных типах цемента и легкие добавки, используемые при производстве бетонов, могут существенно влиять на данные процессы гидратации, во многих случаях оказывая значительное влияние на химические свойства готовых
15 изделий. Одним из наиболее значительных эффектов использования состава добавки и других твердофазных добавок (гидравлические вяжущие II класса: метакраулин, угольная летучая зола) является уменьшение количества нежелательных, потенциально вредных химических реакций в бетоне, вероятности их возникновения и соответствующих неблагоприятных последствий.

20 Добавки влияют на pH системы, поэтому щелочные реакции, оказывающие особенно нежелательное воздействие (например, образование основных хлоридов), ограничиваются, образующийся скелет гидрата (гидратов) силиката кальция становится более структурированным и однородным, количество реакций вторичного структурообразования (феррит и алюмосиликат), возникающих во время гидратации,
25 значительно уменьшается. Гидроксид кальция, образующийся при образовании гидратов силиката кальция, “активируется” при комплексировании и, как источник кальция, участвует в образовании новых гидратов силиката. Компоненты состава добавки изменяют содержание кальция и кремния (соотношение Ca/Si) в системе силикатного геля, вследствие чего благоприятно влияют на относительные пропорции
30 образующихся гидратов силиката кальция (C_2S и C_3S).

Дополнительным преимуществом использования предлагаемого состава добавки является возможность армировать лёгкие бетоны с высоким содержанием полистирольных гранул. Условием применения стальной арматуры, используемой с

различными типами бетона, является взаимодействие компонентов бетона и поверхности арматурного стержня. Это “взаимодействие” (адгезия) на практике представляет собой сумму действий между поверхностями арматуры и бетона. Общепринятым принципом строительства считается то, что стальная арматура может
 5 быть использована только с насыщенными бетонами и что тип добавки (добавок) является ключевым фактором, определяющим применимость арматуры. Описанный выше активный ингредиент состава добавки "синтетическая смола-полимер диоксид кремния" вступает в химическую реакцию с поверхностью арматурного стержня и значительно увеличивает адгезионное взаимодействие между бетонным и
 10 поверхностью стальной арматуры. Поверхность стальной арматуры покрыта очень тонким слоем синтетической смолы-полимера диоксида кремния, и компоненты системы гидрата силиката кальция встраиваются в этот слой с помощью физического взаимодействия и химической реакции.

Другим преимуществом “покрытия” поверхности арматуры является то, что в
 15 бетоне с меньшей вероятностью образуются пустоты там, где поверхность арматуры не входит в контакт с компонентами бетона или используемыми добавками, что значительно повышает коррозионную стойкость арматуры. Дополнительным преимуществом является то, что усадка системы гидрата силиката кальция оказывает лишь небольшое влияние на адгезионное взаимодействие между поверхностью
 20 арматуры и компонентами бетона.

В некоторых случаях нет необходимости в значительной степени изменять химические свойства легких полистирольных бетонов, поскольку это не требуется для конкретного применения. В таких случаях при изготовлении бетонных изделий возможно использование только предлагаемого состава добавки в жидкой форме,
 25 наиболее предпочтительно в случаях, когда при низком или среднем содержании цемента (200–350 кг; 350–600 кг) и объёмной плотности (250–650 кг/м³; 650–1600 кг/м³) используется большое количество полистирольных гранул (30–60%).

Технология производства легких полистирольных бетонов с использованием предлагаемого состава добавки

30 Эффективность предлагаемого состава добавки или комбинированного использования состава добавки с другими вспомогательными веществами может быть проиллюстрирована только путём сравнения их с данным эталоном. По этой причине в дополнение к изготовленным нами лёгким бетонам ICL, содержащим 800 кг

портландцемента, мы также представляем технологический процесс производства так называемых эталонных лёгких бетонов, содержащих 800 кг цемента, что позволит сравнить составы и технологические характеристики лёгких бетонов, изготовленных с использованием только состава добавки (ICL400A; ICL600A и ICL800A),
 5 изготовленных путём комбинированного использования состава добавки и вспомогательных веществ (ICL400AS; ICL600AS и ICL800AS), и тех, что не содержат добавок или вспомогательных веществ (REF400; REF600 и REF800). Чтобы продемонстрировать эффективность предлагаемого состава добавки, приготовленные нами бетонные смеси также сравниваются с бетонными смесями, приведёнными в
 10 качестве примеров в патентах соответствующего уровня техники. Технологические процессы и способы получения приведены для смесей, содержащих 800 кг портландцемента и 450 л полистирольных гранул, однако в таблице приведены состав и характеристики бетонов, полученных с использованием 400 кг портландцемента и 1000 л полистирольных гранул, а также 600 кг портландцемента и 700 л
 15 полистирольных гранул.

Предлагаемые варианты изготовления полистирольного бетона с использованием состава добавки, полученного способом "A1" (далее именуемого "состав добавки "A1"") и гидравлического вяжущего класса I (далее именуемого "портландцемент ЦЕМII/A-Ш 42,5Н"), песка для бетонной смеси размером 0–4 мм (далее: "0–4 ОН"),
 20 воды для смешивания, полистирольных гранул разных размеров – обычно 1–2 мм и 3–5 мм соответственно – (далее: "ПС-гранулы v"), суперпластификатора типа Marei X-Tend W200г (далее: "суперпластификатор"), гидравлического связующего класса II (далее: "кварцевый порошок") и добавок (далее: "метакаолин, угольная летучая зола и кальцинированная известняковая мука") приведены следующим образом:

25 Вариант изготовления "A0.0" (сравнительный пример): для бетонной смеси с маркировкой "REF800", приготовленной с использованием 800 кг портландцемента и 450 л ПС-гранул разных размеров, НЕ содержащей предлагаемый состав добавки и другие вспомогательные вещества, без ограничения только примером.

- В смесителе взвешивают 225 л полистирольных гранул с размером 3–5 мм и 225
 30 л полистирольных гранул с размером 1–2 мм (этап 1)
- В смесителе взвешивают 577 кг (при 0% влажности) 0–4 ОН (этап 2)
- В систему добавляют 800 кг цемента ЦЕМII/A-Ш 42,5Н, непрерывном перемешивая (этап 3)

- В смеситель добавляют 305 кг воды для смешивания (этап 4)
- В смесителе взвешивают 1,2 кг суперпластификатора (этап 5)
- Бетонную смесь перемешивают в течение не менее 5 минут (шаг 6)
- Из готовой бетонной смеси изготавливают 3 стандартных тестовых куба из 150×150×150 мм (шаг 7)

Вариант изготовления “A1.1”: для бетонной смеси с маркировкой “ICL800A”, приготовленной с использованием 800 кг портландцемента и 450 л ПС-гранул разных размеров, СОДЕРЖАЩЕЙ предлагаемый состав добавки и НЕ содержащей другие вспомогательные вещества, без ограничения только примером.

- 10 • В смесителе взвешивают 225 л полистирольных гранул с размером 3–5 мм и 225 л полистирольных гранул с размером 1–2 мм (этап 1)
- В смесителе взвешивают 38 кг жидкого состава добавки, приготовленного способом “A1” (этап 2)
- В смесителе взвешивают 590 кг (при 0% влажности) 0–4 ОН (этап 3)
- 15 • В систему добавляют 800 кг цемента ЦЕМШ/А-Ш 42,5Н, непрерывном перемешивая (этап 4)
- В смеситель добавляют 270 кг воды для смешивания (этап 5)
- В смесителе взвешивают 2,4 кг суперпластификатора (этап 6)
- Бетонную смесь перемешивают в течение не менее 5 минут (шаг 7)
- 20 • Из готовой бетонной смеси изготавливают 3 стандартных тестовых куба из 150×150×150 мм (шаг 8)

Вариант изготовления “A1.2”: для бетонной смеси с маркировкой “ICL800AS”, приготовленной с использованием 800 кг портландцемента и 450 л ПС-гранул разных размеров, содержащей предлагаемый состав добавки И другие вспомогательные вещества, без ограничения только примером.

- 25 • В смесителе взвешивают 225 л полистирольных гранул с размером 3–5 мм и 225 л полистирольных гранул с размером 1–2 мм (этап 1)
- В смесителе взвешивают 28 кг жидкого состава добавки, приготовленного способом “A1” (этап 2)
- 30 • В смесителе взвешивают 100 кг (при 0% влажности) 0–4 ОН (этап 3)
- В смесителе взвешивают 60 кг метакаолина, 60 кг угольной летучей золы и 60 кг кальцинированной известняковой муки (всего 180 кг) (этап 4)

- В смеситель добавляют 88 кг кварцевого порошка (этап 5)
- В систему добавляют 800 кг цемента ЦЕМП/А-Ш 42,5Н, непрерывном перемешивая (этап 6)
- В смеситель добавляют 337 кг воды для смешивания (этап 7)
- 5 • В смесителе взвешивают 2,4 кг суперпластификатора (этап 8)
- Бетонную смесь перемешивают в течение не менее 5 минут (шаг 9)
- Из готовой бетонной смеси изготавливают 3 стандартных тестовых куба из 150×150×150 мм (шаг 10)

Вариант изготовления “А1.3”: для бетонной смеси с маркировкой “ICL800ASPP”, приготовленной с использованием 800 кг портландцемента и 450 л ПС-гранул разных размеров, содержащей предлагаемый состав добавки, другие вспомогательные вещества И пластиковую стружку, без ограничения только примером.

- 15 • В смесителе взвешивают 225 л полистирольных гранул с размером 3–5 мм и 225 л полистирольных гранул с размером 1–2 мм (этап 1)
- В смесителе взвешивают 28 кг жидкого состава добавки, приготовленного способом “А1” (этап 2)
- В смесителе взвешивают 1,7 кг синтетического полипропиленового (ПП) волокна длиной в среднем 5–7 см (этап 3)
- 20 • В смесителе взвешивают 100 кг (при 0% влажности) 0–4 ОН (этап 4)
- В смесителе взвешивают 60 кг метакеолина, 60 кг угольной летучей золы и 60 кг кальцинированной известняковой муки (всего 180 кг) (этап 5)
- В смеситель добавляют 88 кг кварцевого порошка (этап 6)
- В систему добавляют 800 кг цемента ЦЕМП/А-Ш 42,5Н, непрерывном перемешивая (этап 7)
- 25 • В смеситель добавляют 337 кг воды для смешивания (этап 8)
- В смесителе взвешивают 2,4 кг суперпластификатора (этап 9)
- Бетонную смесь перемешивают в течение не менее 5 минут (шаг 10)
- Из готовой бетонной смеси изготавливают 3 стандартных тестовых куба из 150×150×150 мм (шаг 11)
- 30

Составы добавок для способов получения в вариантах “А0.0”, “А1.1” и “А1.2” и конкретные технологические характеристики стандартного тестового образца изложены в таблице ниже:

	%(мольн. соотн.) (% об.)	REF400	ICL400A	ICL400AS	REF600	ICL600A	ICL600AS	REF800 „А0.0”	ICL800A „А1.1”	ICL800AS „А1.2”
Компоненты бетона	Цемент	41,97 (8.92)	40,83 (8.83)	44,02 (8.85)	44,12 (14.69)	43,20 (14.50)	48,29 (14.62)	47,10 (20.92)	46,71 (20.96)	51,69 (21.31)
	ПС-гранулы*	2,85 (68.87)	2,78 (68.17)	2,99 (68.38)	1,40 (52.99)	1,37 (52.28)	1,53 (52.72)	0,72 (36.35)	0,71 (36.44)	0,79 (37.05)
	0-4 ОН	34,63 (8.74)	33,69 (8.65)	11,01 (2.63)	37,50 (14.85)	36,72 (14.65)	8,05 (2.89)	34,15 (18.02)	34,45 (18.38)	6,46 (3.17)
	Суперпластификатор	0,08 (0.039)	0,24 (0.12)	0,26 (0.12)	0,07 (0.049)	0,13 (0.095)	0,19 (0.128)	0,07 (0.069)	0,14 (0.138)	0,16 (0.140)
	Добавка-А1	-	3,88 (1.96)	3,08 (1.45)	-	2,74 (2.03)	2,25 (1.51)	-	2,22 (2.19)	1,81 (1.64)
	Вода для смешивания**	20,46 (13.43)	18,58 (12.27)	23,88 (14.83)	16,91 (17.41)	15,84 (16.43)	23,50 (21.99)	17,96 (24.64)	15,77 (21.86)	21,78 (27.74)
	Метакаолин	-	-	3,30 (0.82)	-	-	3,62 (1.35)	-	-	3,88 (1.98)
	Угольная летучая зола	-	-	3,30 (0.83)	-	-	3,62 (1.35)	-	-	3,88 (1.98)
	Кальцинированная известняковая мука	-	-	3,30 (0.82)	-	-	3,62 (1.35)	-	-	3,88 (1.98)
	Кварцевый порошок	-	-	4,84 (1.25)	-	-	5,31 (2.07)	-	-	5,69 (3.02)

5

Для смешивания 1 м ³		REF400	ICL400A	ICL400AS	REF600	ICL600A	ICL600AS	REF800 „А0.0”	ICL800A „А1.1”	ICL800AS „А1.2”
Компоненты бетона	Цемент [кг]	400	400	400	600	600	600	800	800	800
	ПС-гранулы* [л]	1000	1000	1000	700	700	700	450	450	450
	0-4 ОН [кг]	330	330	100	510	510	100	580	590	100
	Суперпластификатор [кг]	0,8	2,4	2,4	0,9	1,8	2,4	1,2	2,4	2,4
	Добавка-А1 [кг]	-	38	28	-	38	28	-	38	28
	Вода для смешивания** [кг]	195	180	217	230	220	292	305	270	337

	Метакаолин [кг]	-	-	30	-	-	45	-	-	60
	Угольная летучая зола [кг]	-	-	30	-	-	45	-	-	60
	Кальцинированная известняковая мука [кг]	-	-	30	-	-	45	-	-	60
	Кварцевый порошок [кг]	-	-	44	-	-	66	-	-	88
Технологические характеристики бетона (28 дней)	Объёмная плотность [кг/м³]	874	826	753	1285	1254	1116	1594	1586	1415
	Прочность на сжатие [МПа]	2.8	4.9	6.2	6.5	11.8	13.5	13.9	16.8	24.5
	Прочность на изгиб [МПа]	0.9	1.7	2.1	1.2	2.2	2.4	1.5	2.2	3.2
	Водоцементное отношение	0.38	0.45	0.49	0.38	0.37	0.44	0.38	0.34	0.38

Примечания:

*: Плотность ПС-гранул ₃₋₅ (размером 3–5 мм) и ПС-гранул ₁₋₂ (размером 1–2 мм) может незначительно отличаться в зависимости от производителя и распределения по размерам. Объёмная плотность ПС-гранул ₃₋₅ (размером 3–5 мм) находится в диапазоне приблизительно 15—20 кг/м³ (в нашем случае рассчитано на 16,4 кг/м³, согласно заявленному производителем), плотность частиц ПС-гранул ₁₋₂ (размером 1–2 мм) находится в диапазоне приблизительно 30–40 кг/м³ (в нашем случае рассчитано на 38 кг/м³), основываясь на нашем опыте.

**: Поскольку во время указанных производственных процессов используется жидкий состав добавки, изготовленный в соответствии с процессом “А1” и содержащий воду, количество воды для смешивания должно быть рассчитано в соответствии со следующим соотношением: *масса воды для смешивания, скорректированная = масса воды для смешивания, рассчитанная – 0,3 × масса состава добавки = масса воды для смешивания, рассчитанная – 0,372 × объём состава добавки*

На основании полученных результатов очевиден положительный эффект использования состава добавки и комбинированного использования состава добавки с вспомогательными веществами. Ниже результаты двух изготовленных нами смесей,

ICL600A и ICL600AS, сравниваются с некоторыми результатами смесей, взятых из примеров в патентах соответствующего уровня техники. Основой сравнения является практически одинаковое содержание цемента.

		„Пример 4” Образец D	„Пример 13” Прим. СС	ICL600A	ICL600AS
Компоненты бетона	Цемент [кг]	672 (ЦЕМ III)	500 (ЦЕМ III)	600 (ЦЕМ II)	600 (ЦЕМ II)
	ПС-гранул v ¹ [л]	370	391	700	700
	0–4 ОН [кг]	520	714	510	590
	Вода для смешивания ² [кг]	235	199,6	220	292
	Суперпластификатор [кг]	п.а.	п.а.	1.8	2.4
	Состав добавки-, A1” [кг]	-	-	38	28
	Вспомогательные вещества [кг]	-	-	-	201
Технологические характеристики бетона (28 дней)	Объёмная плотность [кг/м³]	1435,4	1425,8	1254	1116
	Прочность на сжатие [МПа]	8,6	11.8	11.8	13.5
	Водоцементное отношение	0,35	0,4	0.37	0.44

Из данных в таблице хорошо видно, что использование предлагаемого состава добавки значительно улучшает технологические характеристики лёгких бетонов. При сравнении изготовленного нами лёгкого бетона (ICL600AS), приготовленного с использованием 600 кг цемента и 700 л ПС-гранул, а также состава добавки и вспомогательных веществ с легким бетоном с составом, приведенным в „Примере 4” на стр. 13 в описании раскрытого патента № US20070062415A1, можно утверждать, что, используя почти на 10% меньше цемента и почти на 90% больше ПС-гранул, можно получить изделия со значительно меньшей насыпной плотностью и более высокой прочностью на сжатие. В случае легкого бетона с составом, приведенным в “Примере 13” на странице 32 раскрытого патента № US7632348B2, можно также утверждать, что при использовании почти на 80% большего количества ПС-гранул может быть достигнута значительно более высокая прочность на сжатие даже при значительно меньшей насыпной плотности, даже если в двух упомянутых примерах использовалось гидравлическое вяжущее лучшего качества, чем в нашем случае.

Предлагаемое решение позволяет производить лёгкие бетоны с более высоким содержанием полистирольных гранул, физические параметры которых могут быть

изменены в соответствии с требованиями потребителя, а также предлагает экологически чистый способ переработки отходов.

ФОРМУЛА

1. Состав добавки для производства лёгких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, отличающийся тем, что является смесью органических и неорганических веществ, являющихся продуктами реакции синтетической полиуретановой смолы, тетраэтилортосиликата, некоторого гликолевого соединения, ароматического винилового соединения, содержащего ненасыщенную двойную связь, предпочтительно, стирола, и неорганического силиката, и предпочтительно содержащего следующие компоненты (в весовом соотношении):
- соединения типа сополимеров гликоля, в количестве 15–10%,
соединения типа гликолевого полимера диоксида кремния, 45–50%,
синтетическая смола на основе полиуретана, 13–22%,
полистирол, 2–3%, и
- гранулы пеностекла, в количестве 25–15%, и
- а) для получения жидкого продукта на основе общего веса вышеуказанного состава
- органические растворители, 15–20%, и
вода, 10–5%; или
- б) для получения твердого состава на основе общей массы вышеуказанного состава поливинилацетата или поливинилового спирта в количестве 10–5%,
гидроксид алюминия, 2–5%, и
кальцинированная известняковая мука, 8—10%.
2. Состав добавки для производства лёгких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, согласно пункту 1 формулы, отличающийся тем, что гликолевое соединение представляет собой алкилгликоль.
3. Состав добавки для производства лёгких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, согласно пунктам 1 и 2 формулы, отличающийся тем, что ароматическое виниловое соединение, содержащее ненасыщенную двойную связь, представляет собой стирол.
4. Способ получения состава добавки, согласно пункту 1 формулы, отличающийся тем, что раствор органического полистирола или смесь полистирола/полимера

диспергируют в синтетической смоле или смеси синтетических смол в качестве дисперсионной среды, в ходе которого

i) тетраэтилортосиликат растворяют в органическом растворителе, добавляют к раствору гранулы пеностекла и катализатор, добавляют раствор силиката натрия, затем катализатор, содержащий хлорид алюминия, раствор подвергают кислотному гидролизу с образованием суспензии сополимер гликоля диоксида кремния/полимер гликоля диоксида кремния/силикат;

ii) готовят двухкомпонентный раствор синтетической смолы путём растворения полистирола или смеси полистирол/полимер в органическом растворителе, так что образуется эмульсия ПС-смолы/полимера, смешивают продукты, полученные на стадиях i) и ii), и

(iii) для получения жидкого продукта его разбавляют и гомогенизируют, или

iv) для получения твердого продукта его сушат и добавляют к нему твердые добавки.

5. Способ, согласно пункту формулы 4, отличающийся тем, что молярное соотношение Na_2SiO_3 и 1,2-пропиленгликоля выбирают из диапазона от 1:1 до 4:1.

6. Способ, согласно пунктам формулы 4 и 5, отличающийся тем, что молярное соотношение 1,2-пропиленгликоля и тетраэтилортосиликата выбирают из диапазона от 3:1 до 6:1.

7. Способ, согласно пунктам формулы 4–6, отличающийся тем, что молярное соотношение Na_2SiO_3 и полистирола выбирают из диапазона от 5:1 до 40:1.

8. Применение состава добавки, согласно любому из пунктов 1–3, для производства лёгких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, в которых используется только состав добавки, согласно пунктам 1–3.

9. Применение состава добавки, согласно любому из пунктов 1–3, для производства лёгких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, в которых используется состав добавки, согласно пунктам 1–3, в сочетании с одним или более вспомогательными веществами: метакаолином, угольной летучей золой, кварцевым порошком и кальцинированным карбонатом кальция.

10. Применение состава добавки, согласно любому из пунктов 1–3, для производства лёгких бетонов, содержащих полистирольные гранулы, в которых

при изготовлении, помимо вспомогательных веществ, используется пластиковая стружка.