

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202392168** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.11.30

(22) Дата подачи заявки
2021.12.21

(51) Int. Cl. *B29C 55/12* (2006.01)
B29C 55/14 (2006.01)
B29D 28/00 (2006.01)
B29D 7/00 (2006.01)
B32B 3/10 (2006.01)
B32B 5/02 (2006.01)

(54) ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ МЕХАНИЧЕСКИ СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ ГЕОРЕШЕТКА С УЛУЧШЕННЫМ ГЕОТЕХНИЧЕСКИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

(31) 63/154,209; 63/154,588; 17/355,843;
PCT/US2021/038863

(32) 2021.02.26; 2021.02.26; 2021.06.23;
2021.06.24

(33) US

(86) PCT/US2021/064503

(87) WO 2022/182411 2022.09.01

(71) Заявитель:
**ТЕНСАР ИНТЕРНЭШНЛ
КОРПОРЭЙШН (US)**

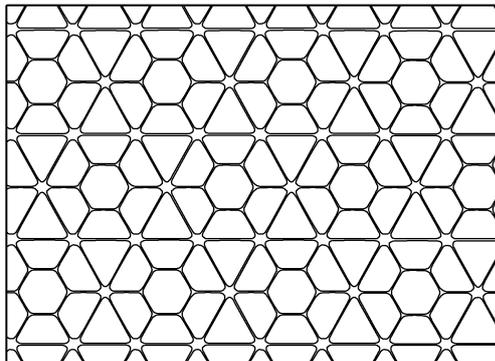
(72) Изобретатель:

**Кёрсон Эндрю, Дженкинс Том Росс,
Уоллер Эндрю Эдвард, Галлахер
Дэниел Джон, Бейкер Дэниел Марк,
Тьяги Манодж Кумар, Кавано Джозеф
(US)**

(74) Представитель:

**Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Дмитриев
А.В., Бучака С.М., Бельтюкова М.В.
(RU)**

(57) Раскрыты аспекты георешеточной системы для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде. В одном аспекте характеристики георешетчатой системы помогают улавливать и удерживать наполнитель и почву. В одном аспекте геотехническая среда выполнена с использованием горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки. В указанном аспекте георешетка экструдируется с полимерным материалом и сжимаемым ячеистым слоем. В указанном аспекте горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка состоит либо из крайних слоев, либо из центрального слоя из полимерного материала, либо дополнительно состоит по меньшей мере из одного сжимаемого ячеистого слоя, выполненного с возможностью прилегания к полимерному материалу. Кроме того, горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка имеет треугольную или трехосную геометрию с структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости. Указанная конфигурация увеличивает улавливание почвы и наполнителей, одновременно уменьшая использование полимеров.



A1

202392168

202392168

A1

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ МЕХАНИЧЕСКИ СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ ГЕОРЕШЕТКА С УЛУЧШЕННЫМ ГЕОТЕХНИЧЕСКИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Приоритет настоящей заявки связан и заявляется по дате подачи заявки на патент США № 17/355,843, озаглавленной «Многоосная интегральная георешетка и способы ее изготовления и использования», поданной 23 июня 2021 г., и по дате подачи международной патентной заявки № PCT/US2021/038863 под названием «Многоосная интегральная георешетка и способы ее изготовления и использования», поданной 24 июня 2021 г.; обе заявки, которые в дальнейшем являются родственными и приоритет которых заявляется по дате подачи предварительной заявки на патент США № 63/043,627, озаглавленной «Многоосная интегральная георешетка и способы ее изготовления и использования», поданной 24 июня 2020 г., предварительной заявке на патент США № 63/154,209, озаглавленной «Многослойные интегральные георешетки, имеющие ячеистую слоистую конструкцию, и способы их изготовления и использования», поданной 26 февраля 2021 г., и предварительной заявки на патент США № 63/154,588, озаглавленной «Горизонтальная механически стабилизирующая георешетка с улучшенным геотехническим взаимодействием», поданной 26 февраля 2021 г. Эта заявка также связана с патентной заявкой на полезную модель, озаглавленной «Многослойные интегральные георешетки, имеющие ячеистую слоистую конструкцию, и способы их изготовления и использования», поданной одновременно с настоящей заявкой. Полное раскрытие упомянутых заявок включено в настоящий документ посредством ссылки во всей своей полноте.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Настоящее изобретение в целом относится к горизонтальной механически стабилизирующей георешетке, используемой для структурного армирования почв, заполнителей и родственных материалов, включая стабилизацию, и для других геотехнических целей. Более конкретно, настоящее изобретение относится, среди прочего, к георешетке, имеющей структуру ребер с осью максимальной жесткости, перемежающихся со структурой искусственных неоднородностей, и улучшающую

эксплуатационные характеристики в части геотехнических взаимодействий благодаря сжимаемому ячеистому слою, а также другим требуемым характеристикам, раскрытым в настоящем документе.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0003] Строительство дорог и земляных работ, аспект геотехнического проектирования, представляет собой инженерную практику, которая обычно облегчается путем резки или засыпки почвы для земляного полотна и обратной засыпки или добавления уплотненных природных материалов, таких как камень или щебеночный подстилающий слой. Важность жизненного цикла дорожного покрытия возрастает по мере увеличения затрат на материалы и уменьшения выбора материалов. Кроме того, с увеличением интенсивности движения и сложности дорожного движения (вес, углы воздействия, материалы и т. д.) срок службы дорожного покрытия еще больше сокращается. Сочетание воздействия на окружающую среду, стоимости материалов и развития геотехнической инженерии привело к тому, что в проектировании и строительстве использовались вяжущие материалы, такие как асфальт и портландцементный бетон.

[0004] Срок службы дорожного покрытия зависит от качества (прочности и жесткости), а также толщины материалов земляного полотна и дорожного покрытия, а также условий окружающей среды, величины транспортной нагрузки и повторяемости транспортной нагрузки. Транспортную нагрузку часто представляют как эквивалентную нагрузку на одну ось (ESAL). Этот стандартизированный показатель обеспечивает возможность конвертировать нагрузки с величинами выше или ниже стандартного ESAL в стандартные ESAL посредством определенного количества повторений нагрузки.

[0005] На срок службы дорожного покрытия условия окружающей среды влияют по-разному. Например, районы с проблемной почвой, например, с почвой с обширными остатками, создают серьезные проблемы для геотехнической инженерии. Другие условия окружающей среды, такие как цикл замерзания и оттаивания в северных широтах, еще больше влияют на жизненный цикл дорожного покрытия. Кроме того, дополнительные проблемы создают слабые и сжимаемые почвы, встречающиеся вдоль береговой линии или вблизи водных путей. Одним из способов устранения этих различных воздействий на окружающую среду являются дополнительные земляные работы или избыточные земляные работы, при которых основные материалы повторно уплотняются или удаляются и заменяются более подходящими материалами. Недостатком этого способа является необходимость использования дорогостоящих материалов и тяжелого оборудования.

Другой способ улучшения – смешивание почвы с портландцементом и/или с другими добавками. Этот способ является углеродоемким и дорогостоящим, а также требует дополнительного оборудования и ресурсов, которые обычно находятся за пределами геотехнической среды.

[0006] Изготовление и использование интегральных георешеток и других интегральных решетчатых конструкций может быть осуществлено с помощью хорошо известных технологий, как подробно описано в патентах США № 4374798 автора Мерсер (Mercer), № 4590029 автора Мерсер, № 4743486 авторов Мерсер и Мартин (Martin), № 4756946 автора Мерсер и № 5419659 автора Мерсер. Исходный полимерный листовый материал сначала экструдировать, а затем перфорируют для образования необходимой определенной структуры отверстий или углублений. Затем путем необходимого растяжения и ориентации перфорированного листового материала формируется интегральная георешетка. Такие интегральные георешетки, как одноосные интегральные георешетки, так и двухосные интегральные георешетки (совместно «интегральные георешетки» или по отдельности «одноосные интегральные георешетки» или «двухосные интегральные георешетки») были изобретены вышеупомянутым Мерсером в конце 1970-х годов и имели огромный коммерческий успех за последние 35 лет, полностью революционизировав технологию армирования почв, проезжей части под дорожным покрытием и других геотехнических или гражданских инженерных конструкций, изготовленных из гранулированных или дисперсных материалов. Мерсер обнаружил, что, начиная с относительно толстого, по существу унипланарного исходного полимерного листа, предпочтительно толщиной порядка от 1,5 мм (0,059055 дюйма) до 4,0 мм (0,15748 дюйма), со структурой отверстий или впадин, центры которых лежат на условной, по существу, квадратной или прямоугольной решетке из рядов и столбцов, растяжение исходного листа в одностороннем или двухосном направлении так, чтобы ориентация звеньев проходила в места соединений, обеспечивало формирование совершенно новой, по существу, унипланарной интегральной георешетки. По описанию Мерсера, «унипланарность» означает, что все зоны листового материала симметричны относительно медианной плоскости листового материала.

[0007] Изобретения Мерсера показали преимущества полимерных одноосных и двухосных интегральных георешеток. Ячеистая геометрия со звеньями или ребрами в одном или двух направлениях обеспечила решение проблемы стабилизации почвы и геотехнической стабилизации. Изобретения Мерсера также описывают производство и необходимость быстрой крупномасштабной разработки полимерных интегральных

георешеток. Эти усовершенствования заменили традиционные металлические материалы, используемые в геотехнической стабилизации, и, в отличие от металлических материалов, полимерные интегральные георешетки не страдают от быстрой коррозии и деградации, что еще больше увеличило срок службы геотехнической конструкции. Изобретения Мерсера имели огромный коммерческий успех и стало повсеместно использоваться в проектах земляных работ. Однако у изобретения Мерсер есть определенные ограничения, а именно: ребра или звенья перемещаются в одном или двух направлениях, что ограничивает контакт поверхности с окружающей средой.

[0008] В патентах США № 3252181 автора Уро (Hureau), № 3317951 автора Уро, № 3496965 автора Уро, № 4470942 автора Беретта (Beretta), № 4808358 автора Беретта, и № 5053264 автора Беретта исходный материал с необходимым рисунком отверстий или углублений формируется в сочетании с экструзией цилиндрического полимерного материала и существенная унипланарность достигается путем прохождения экструдированного материала через расширяющуюся оправку. Затем расширенный цилиндр разрезается продольно для получения плоского, по существу унипланарного исходного листа. Другая интегральная георешетка описана в патенте США № 7001112, автора Уолш (Walsh) (далее «патент Уолша '112»), переданном Тензар Интернэшнл Лимитед (Tensar International Limited), дочерней компании правопреемника настоящей заявки на патент Тензар Интернэшнл Корпорэйшн (Tensar International Corporation), (далее «Тензар Интернэшнл Лимитед»), Альфаретта, Джорджия, США. В патенте Уолша '112 раскрыты ориентированные полимерные интегральные георешетки, включая двухосно-растянутую интегральную георешетку, в которой ориентированные звенья образуют отверстия треугольной ячейки с частично ориентированным соединением в каждом углу и с шестью высокоориентированными звеньями, встречающимися в каждом соединении (далее иногда называемые в настоящем документе как «трехосная интегральная георешетка»). Трехосные интегральные георешетки по патенту Уолша '112 были коммерциализированы компанией Тензар со значительным успехом.

[0009] Дальнейшие усовершенствования интегральных георешеток раскрыты в патентах США № 9556580 автора Уолш, № 10024002 автора Уолш, и № 10501896 автора Уолш, все из которых принадлежат Тензар Текнолоджиз Лимитед (Tensar Technologies Limited), еще одной дочерней компании правопреемника настоящей заявки на патент. Вышеупомянутые патенты США автора Уолш № 9556580, № 10024002 и № 10501896 раскрывают интегральную георешетку, имеющую то, что известно специалистам в данной области техники как высокое значение соотношения сторон, т.е. отношение толщины или

высоты звена (также называемого как ребро или высота ребра) в поперечном сечении к ширине поперечного сечения звена, то есть больше 1,0. Хотя было показано, что характеристики многоосных интегральных георешеток могут быть улучшены благодаря использования георешетчатой конструкции, имеющей ребра с соотношением сторон больше 1,0, увеличение значения соотношения сторон происходит с увеличением общего количества требуемого полимера, что увеличивает вес и стоимость георешетки.

[00010] Традиционно полимерные материалы, используемые при производстве интегральных георешеток, представляли собой высокомолекулярный гомополимер или сополимер полипропилена и высокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. К этим полимерам добавляются различные добавки, такие как ингибиторы ультрафиолетового излучения, углеродная сажа, технологические добавки и т. д. для достижения требуемого эффекта в готовом продукте и/или эффективности производства. Кроме того, традиционно исходным материалом для производства таких интегральных георешеток обычно является по существу унипланарный лист, имеющий монослойную конструкцию, то есть однородный одиночный слой полимерного материала. Хотя интегральная георешетка, изготовленная из вышеописанных традиционных исходных материалов, в целом демонстрирует удовлетворительные свойства, конструктивно и экономически выгодно производить интегральные георешетки, имеющие относительно более высокую степень жесткости, подходящую для требований определенных применений, как, например, геосинтетическое армирование, или имеющие другие свойства, требуемые для конкретного геосинтетического применения.

[00011] Совсем недавно были усовершенствованы технологии производства перфорированных и тянутых георешеток. Например, усовершенствования раскрыты в заявке на патент США № 15/766,960 автора Тьяги (Tyagi), опубликованной как публикация заявки на патент США № 2018/0298582 и переданной Тензар Корпорэйшн, ЛЛС (Tensar Corporation, LLC). В то время как заявка Тьяги раскрывает изготовление георешеток с использованием процесса многократной экструзии (совместной экструзии) для формирования единой решетки, состоящей из интегральных плоских подслоев, Тьяги дополнительно раскрывает формирование многослойного материала, состоящего из обоих исходных материалов до наружной поверхности слоя и переработанный полимерный материал внутри или в качестве центрального слоя. Таким образом, продвигая интегральные георешетки из возобновляемых и повторно используемых материалов, концепция эффективно снизила воздействие интегральных георешеток на окружающую среду. Тем не менее, Тьяги не раскрывает информацию о включении и внедрении

сжимаемых материалов для улучшения характеристик георешетки в отношении жизненного цикла дорожного покрытия, а также для улучшения результатов при увеличении разнообразия движения по дорожному покрытию.

[00012] Таким образом, существует коммерческая и экологическая потребность в материале и системе, которые не только подходят для эффективных процессов, связанных с производством интегральных георешеток, но также обеспечивают лучшие эксплуатационные характеристики по сравнению с георешетками, связанными с традиционными средствами, и обеспечивают дополнительные свойства и преимущества, недоступные современным однослойным интегральным георешеткам. В частности, существует необходимость снизить общее воздействие на окружающую среду и производственные затраты путем замены раскрытых в настоящем документе новых материалов и при этом повысить общую производительность и жизненный цикл интегральных георешеток. Кроме того, хотя интегральная георешетка, изготовленная из обычных исходных материалов и с использованием обычных исходных материалов и геометрических форм, может демонстрировать в целом удовлетворительные свойства, конструктивно и экономически выгодно производить интегральную георешетку, имеющую конструкцию, геометрию и материалы, которые обеспечивают способность взаимодействовать с более крупными объектами и стабилизировать их разнообразие и качество заполнителей и почв с меньшими затратами и экологически чистым способом. Очень важно, что экономически и экологически выгодно создать систему, которая продлевает расчетный срок службы дорожных покрытий без дополнительных экономических и экологических затрат. Таким образом, это изобретение обеспечивает более широкий набор геотехнических применений и может использовать заполнитель более низкого качества, что еще больше повышает эффективность геотехнического проектирования и снижает стоимость земляных работ и геотехнических проектов.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[00013] Раскрыты аспекты георешетчатой системы для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде. В одном аспекте раскрыта георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде. Система содержит геотехническую среду. Кроме того, система содержит по существу планарную георешетку. Георешетка содержит ребра и узлы с осями максимальной жесткости, наряду со структурированной конструкцией искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости. Наконец, георешетка

содержит сжимаемый ячеистый слой, который увеличивает соотношение сторон георешетки.

[00014] Ребра с осями максимальной жесткости могут иметь треугольную или трехосную геометрию, или прямоугольную геометрию. Структурированная конструкция искусственных неоднородностей может образовывать шестиугольную структуру. Шестиугольная конструкция может содержать вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную и внешнюю шестиугольную конструкцию. Пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников могут иметь различное значение соотношения сторон, при этом узлы имеют увеличенное значение соотношения сторон по сравнению с ребрами. Ребра с осями максимальной жесткости могут иметь значение соотношения сторон больше 1,0. Ребра с осями максимальной жесткости могут представлять собой многослойную конструкцию. Многослойная конструкция может содержать центральный слой из полимерного материала и по меньшей мере один сжимаемый ячеистый слой, прикрепленный к центральному слою из полимерного материала. Многослойная конструкция может содержать центральный слой, содержащий сжимаемый ячеистый слой, а на верхней и/или нижней поверхности центрального слоя - слой полимерного материала. Многослойная конструкция может быть получена совместной экструзией.

[00015] В другом аспекте раскрыта георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде. Георешетчатая система образует геотехническую среду. Георешетчатая система дополнительно содержит горизонтальную многослойную механически стабилизирующую георешетку. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка содержит георешетку с узлами и ребрами, причем георешетка содержит структурированные неоднородности и ребра с осями максимальной жесткости. Кроме того, горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка содержит центральный слой, содержащий полимерный материал, а также верхнюю и/или нижнюю поверхность центрального слоя, имеющую сжимаемый ячеистый слой, образующий сжимаемый крайний слой.

[00016] Центральный слой полимерного материала может быть твердым и жестким. Сжимаемый ячеистый слой может снизить потребность в количестве полимерного материала. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может иметь структурированную конструкцию искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости системы. Структурированная конструкция искусственных неоднородностей может образовывать шестиугольную структуру. Шестиугольная структура может содержать вложенные

шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную структуру и внешнюю шестиугольную структуру. Пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников могут иметь различное значение соотношения сторон. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может быть сформирована из слоев различных материалов и способом совместной экструзии. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может быть образована из трех или большего количества слоев. Сжимаемый ячеистый слой может увеличивать значение соотношения сторон георешетки в местах пересечения ребер. Георешетчатая система может дополнительно включать усиление стабилизации частиц, обеспечиваемое сжимаемым ячеистым слоем, обеспечивающее повышенное уплотнение в геотехнической среде. Сжимаемый ячеистый слой может быть выполнен с возможностью препятствовать боковому потоку заполнителя или почвы путем улавливания содержимого благодаря усилению взаимодействия между георешеткой и геотехнической подложкой. Сжимаемый ячеистый слой может быть выполнен с областями, содержащими пустоты, площадь поверхности которых увеличена, что обеспечивает повышенное удержание в них почвы. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может состоять из ребер максимальной жесткости трехосной и/или треугольной геометрии. Георешетка может состоять из ребер максимальной жесткости прямоугольной геометрии. Сжимаемый ячеистый слой может содержать дисперсный материал. Дисперсный материал может представлять собой карбонат кальция. Сжимаемый ячеистый слой может содержать специальный пенообразователь.

[00017] В другом аспекте раскрыта георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде. Георешетчатая система содержит геотехническую среду. Георешетчатая система дополнительно содержит горизонтальную многослойную механически стабилизирующую георешетку. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка содержит центральный слой, причем центральный слой состоит из сжимаемого ячеистого слоя, который увеличивает удлинение горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка дополнительно содержит верхнюю и нижнюю поверхность центрального слоя, имеющую слой полимерного материала, образующий сжимаемый центральный слой.

[00018] Слой полимерного материала может быть твердым и жестким. Сжимаемый ячеистый слой может снизить потребность в количестве полимерного материала. Георешетка может иметь структурированную конструкцию искусственных

неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости системы. Неоднородности могут образовывать шестиугольную структуру. Шестиугольная структура может содержать вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную конструкцию и внешнюю шестиугольную конструкцию. Пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников могут иметь различное значение соотношения сторон. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может быть сформирована из слоев различных материалов и способом совместной экструзии. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может быть образована из трех и большего количества слоев. Сжимаемый ячеистый слой может увеличивать значение соотношения сторон георешетки в местах пересечения ребер. Георешетчатая система может дополнительно включать усиление стабилизации частиц, обеспечиваемое сжимаемым ячеистым слоем, обеспечивающее повышенное уплотнение в геотехнической среде. Сжимаемый ячеистый слой может быть выполнен с возможностью ограничения бокового потока заполнителя или почвы путем улавливания содержимого благодаря увеличению взаимодействия между горизонтальной механически стабилизирующей георешеткой и геотехнической средой. Сжимаемый ячеистый слой может быть выполнен с областями, содержащими пустоты, площадь поверхности которых увеличена, что обеспечивает повышенное удержание в них почвы. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может состоять из ребер с осями максимальной жесткости треугольной геометрии. Горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка может состоять из ребер с осями максимальной жесткости прямоугольной геометрии. Сжимаемый ячеистый слой может содержать дисперсный материал. Дисперсный материал может представлять собой карбонат кальция. По меньшей мере один сжимаемый ячеистый слой может содержать специальный пенообразователь.

[00019] В другом аспекте раскрыт способ улучшения геотехнических условий с помощью горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки. Способ включает применение георешетки с осями максимальной жесткости, структурированными неоднородностями и сжимаемым ячеистым слоем с повышенным значением соотношения сторон в геотехнической среде. При этом применение горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки обеспечивает размещение георешетки в заполнителе и почве. Далее, горизонтальная многослойная механически стабилизированная георешетка уменьшает боковое перемещение заполнителя и почвы в геотехнической среде. Наконец, благодаря горизонтальной многослойной

механически стабилизированной георешетке увеличивается жизненный цикл транспортного потока по геотехнической среде.

[00020] Способ может дополнительно включать взаимодействие сжимаемого ячеистого слоя, причем взаимодействие представляет собой макровзаимодействие вследствие увеличения соотношения сторон ребер георешетки. Способ может дополнительно включать взаимодействие со сжимаемым ячеистым слоем, при этом взаимодействие представляет собой микровзаимодействие, обусловленное многослойной конструкцией, обеспечивающей возможность вложения частиц заполнителя. Увеличение жизненного цикла может увеличить жизненный цикл транспортного потока в соответствии со стандартом эквивалентной нагрузки на одну ось (ESAL).

[00021] Вышеупомянутые варианты выполнения представляют собой лишь несколько примеров конфигураций систем, устройств и способов, раскрытых в настоящем документе. Далее следует раскрытие и подробное описание вариантов выполнения для дальнейшего понимания.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[00022] Многие аспекты настоящего изобретения будут лучше поняты со ссылкой на следующие чертежи. Компоненты на чертежах не обязательно приведены в масштабе, вместо этого акцент делается на четкой иллюстрации принципов изобретения. Кроме того, на чертежах одинаковые номера позиций обозначают соответствующие детали на нескольких видах. Следует признать, что эти реализации и варианты выполнения являются просто иллюстрацией принципов настоящего изобретения. Поэтому на чертежах:

Фиг.1А изображает пример горизонтальной механически стабилизированной георешетки со структурированной неоднородностью и осями максимальной жесткости;

Фиг.1В изображает пример трехосной георешетки без структурированных неоднородностей или осей максимальной жесткости (известный уровень техники);

Фиг.1С изображает пример георешетки прямоугольной геометрии с структурированной неоднородностью;

Фиг.1D изображает пример прямоугольной геометрии, двухосной георешетки без структурированных неоднородностей (известный уровень техники);

Фиг.2А изображает диаграмму, иллюстрирующую примеры испытаний с использованием щетки мелкого заполнителя в треугольной или трехосной георешетке с осями максимальной жесткости со структурированными неоднородностями;

Фиг.2В изображает пример, иллюстрирующий результаты испытаний с

использованием щетки ткой мелкого заполнителя в треугольной или трехосной георешетке со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости;

Фиг.2С изображает диаграмму, иллюстрирующую примеры испытаний с использованием щетки мелкого заполнителя в треугольной или трехосной георешетке без структурированных неоднородностей или осей максимальной жесткости;

Фиг.2D изображает пример, иллюстрирующий результаты испытаний с использованием щетки мелкого заполнителя в треугольной или трехосной георешетке без структурированных неоднородностей и без осей максимальной жесткости;

Фиг.3А изображает пример удерживающих элементов, включая ребра и узлы, треугольной или трехосной георешетки с структурированной неоднородностью и осями максимальной жесткости;

Фиг.3В изображает пример удерживающих элементов, включая ребра и узлы, треугольной или трехосной георешетки без осей максимальной жесткости (известный уровень техники);

Фиг.4А изображает иллюстративные векторы сил треугольной или трехосной георешетки, которая содержит структурированные неоднородности и оси максимальной жесткости;

Фиг.4В изображает пример векторов сил треугольной или трехосной георешетки, которая не содержит структурированные неоднородности или осей максимальной жесткости (уровень техники);

Фиг.5 и 6 изображают пример соотношений сторон вдоль различных ребер и узлов, полученных из треугольной или трехосной георешетки со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости и треугольной или трехосной георешетки без структурированных неоднородностей;

Фиг.7 изображает диаграмму, иллюстрирующую сравнение монослойной георешетки и совместно экструдированной треугольной или трехосной георешетки, когда они подверглись воздействию 10 000 проходов транспорта, демонстрируя преимущество совместной экструзии материала;

Фиг.8 изображает диаграмму, иллюстрирующую сравнение монослойной георешетки и совместно экструдированной треугольной или трехосной георешетки, когда они подверглись воздействию 10 000 проходов транспорта, демонстрируя, что не всегда есть преимущество в совместной экструзии, и что и свойства материала, и геометрия в сочетании играют важную роль;

Фиг.9 изображает пример сравнения значения соотношения сторон ребер,

изображающий уменьшенную отдачу для обеих геометрий: треугольной или трехосной георешетки со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости и трехосной георешетки без неоднородностей и без осей максимальной жесткости, когда они подверглись воздействию 10 000 проходов транспорта.

Фиг.10 изображает пример сравнения влияния геометрии на взаимосвязь между соотношением сторон ребра и деформацией поверхности треугольной или трехосной георешетки со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости по сравнению с трехосной георешеткой без неоднородностей и без осей максимальной жесткости, когда они подверглись 10 000 проходам транспорта;

Фиг.11 изображает диаграмму, показывающую иллюстративные эксплуатационные характеристики, связанные с транспортным потоком, треугольной или трехосной георешетки аналогичной геометрии, имеющей структурированные неоднородности и оси максимальной жесткости, при этом испытание вариантов выполнения, имеющих сжимаемый крайний ячеистый слой, по сравнению с вариантами выполнения, имеющими сжимаемый центральный ячеистый слой, показывает, что сжимаемый крайний ячеистый слой имеет лучшие эксплуатационные характеристики;

Фиг.12 изображает диаграмму, иллюстрирующую примеры влияния положения сжимаемого слоя и соотношения сторон ребра применительно к деформации поверхности в геометрии треугольной или трехосной георешетки, имеющей структурированные неоднородности и оси максимальной жесткости со сжимаемым крайним ячеистым слоем и сжимаемым центральным ячеистым слоем;

Фиг.13 изображает диаграмму, которая иллюстрирует преимущества оптимизированной геометрии треугольной или трехосной георешетки с добавлением структурированных неоднородностей и осей максимальной жесткости, а также добавлением деформируемых крайних слоев по сравнению с известными из уровня техники треугольной или трехосной георешетки с высоким значением соотношения сторон и несжимаемым крайним ячеистым слоем без структурированных неоднородностей;

Фиг.14А изображает диаграмму, иллюстрирующую пример усовершенствования треугольной или трехосной геометрии с осями максимальной жесткости и структурированными неоднородностями, а также сжимаемым ячеистым слоем, по сравнению с примерами предшествующего уровня техники, что указывает на несколько усовершенствований эксплуатационных характеристик георешеток, наблюдаемых при испытаниях на сжатие;

Фиг.14В изображает диаграмму, иллюстрирующую пример сжимаемости в мм при

силе 125 Н с использованием испытания, показанного на Фиг.14, с примером треугольной или трехосной геометрии с осями максимальной жесткости и структурированными неоднородностями, а также с примерами георешеток предшествующего уровня техники;

Фиг.14С изображает иллюстративное испытание для определения сжимаемости на Фиг.14А-В;

Фиг.15 изображает диаграмму, иллюстрирующую сравнение иллюстративных вариантов выполнения треугольной или трехосной геометрии с искусственными неоднородностями структуры и осями максимальной жесткости с контрольной треугольной или трехосной геометрией без неоднородностей структуры или осями максимальной жесткости;

Фиг.16А изображает иллюстративную полимерную треугольную или трехосную георешетку без структурированных неоднородностей или осей максимальной жесткости (известный уровень техники);

Фиг.16В-С изображают пример треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями, в этом примере полимерный материал находится сверху и снизу сжимаемого ячеистого слоя, называемого в настоящем документе сжимаемым ячеистым центральным слоем или сжимаемым центральным слоем и иллюстрирует на диаграмме С различия в геометрии;

Фиг.17А изображает иллюстративную полимерную треугольную или трехосную георешетку (известный уровень техники);

Фиг.17В изображает пример треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем, называемым в настоящем документе сжимаемым ячеистым центральным слоем, между двумя полимерными листами;

Фиг.17С изображает пример треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем, называемым в настоящем документе сжимаемым ячеистым центральным слоем, между двумя полимерными листами, где значение соотношения сторон ребра показано в сравнении со значением соотношения сторон узла;

Фиг.17D изображает пример треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем, называемым в настоящем документе сжимаемым крайним ячеистым слоем, сверху и снизу полимерного листа;

Фиг.18А изображает пример совокупной нагрузки, перемещающейся горизонтально

по треугольной или трехосной георешетке с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем;

Фиг.18В изображает иллюстративную полимерную треугольную или трехосную георешетку, демонстрирующую отсутствие сжимаемого ячеистого слоя, отсутствие «плавающих» ребер, которые обеспечивают возможность заполнителю перемещаться по ребру;

Фиг.19А-С изображает пример вертикального сжатия треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем, известным в настоящем документе как сжимаемый ячеистый центральный слой;

Фиг.20 изображает пример пустот, создаваемых при вертикальном сжатии (как показано на Фиг.19А-С) сжимаемого ячеистого слоя или сжимаемого ячеистого центрального слоя треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями;

Фиг.21А изображает пример увеличенного изображения сжимаемого ячеистого слоя с добавками, имеющего поверхностную энергию, вдвое превышающую поверхностную энергию полимерного материала, в сечении треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем;

Фиг.21В изображает пример увеличенного изображения сжимаемого ячеистого слоя с добавками, имеющего поверхностную энергию, аналогичную поверхностной энергии полимерного материала, в сечении треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем;

Фиг.22 изображает дополнительный пример увеличенного изображения сжимаемого ячеистого слоя с добавками в сечении треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем;

Фиг.23А-В изображает пример увеличенного изображения реберной секции треугольной или трехосной георешетки с осями максимальной жесткости и искусственными структурированными неоднородностями со сжимаемым ячеистым слоем, называемым в настоящем документе сжимаемым ячеистым центральным слоем, как в растянутой форме (А), так и в свернутой/раздавленной форме (В);

Фиг.24А-В изображает пример микроскопического изображения сравнения

полимерной поверхности и поверхности сжимаемого ячеистого слоя, такого как сжимаемый ячеистый крайний слой, иллюстрирующего повышенную шероховатость сжимаемого ячеистого слоя;

Фиг.25А-В изображает пример измерения угла контакта в зависимости от поверхностной энергии для георешетки треугольной или трехосной геометрии с высокой поверхностной энергией сжимаемого ячеистого слоя по сравнению с низкой поверхностной энергией традиционной полимерной георешетки; и

Фиг.26 изображает пример стенда для проведения испытаний несущей способности почвы при помощи нагруженной плиты (PLTR), используемой для измерения смещения различных вариантов выполнения георешетки, в частности, твердого пенопласта и мягкого пенопласта.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[00023] Раскрытый в настоящем документе объект изобретения будет описан более подробно ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показаны некоторые, но не все варианты выполнения раскрытого в настоящем документе объекта. Одинаковые номера повсюду относятся к одинаковым элементам. Раскрытый в настоящем документе объект изобретения может быть воплощен во многих различных формах и не должен рассматриваться как ограниченный вариантами выполнения, изложенными в настоящем документе; скорее, эти варианты выполнения представлены для того, чтобы данное изобретение удовлетворяло применимым законодательным требованиям. Действительно, многие модификации и другие варианты выполнения раскрытого в настоящем документе объекта изобретения, изложенного в настоящем документе, придут на ум специалисту в области техники, к которой относится раскрытый в настоящем документе объект, воспользовавшись идеями, представленными в предшествующих описаниях и связанных с ними чертежах. Следовательно, следует понимать, что раскрытый в настоящем документе объект не ограничивается конкретными раскрытыми вариантами выполнения и что модификации и другие варианты выполнения предназначены для включения в объем прилагаемой формулы изобретения.

[00024] В настоящем описании и формуле изобретения термины «содержать», «содержит» и «содержащий» используются в неисключительном смысле, за исключением случаев, когда из контекста следует иное. Аналогичным образом, термин «включает» и его грамматические варианты не являются ограничительными, так что перечисление элементов в списке не исключает других подобных элементов, которые могут быть заменены или

добавлены к перечисленным элементам.

[00025] Георешетки ограничивают наполнитель на основе взаимодействия наполнителя с отверстиями решетки, узлами решетки, ребрами решетки, углами решетки, химическими свойствами решетки, площадью поверхности решетки и расстоянием между ребром и планарной плоскостью. Эти элементы взаимодействуют с почвой и объединяются, образуя геотехническую среду. В геотехнической среде отверстия георешетки образуют пустые области или открытые области между узлами георешетки и ребрами георешетки. Различные высоты узлов и ребер, значение соотношения сторон и длина создают различные поверхности контакта, а также угловатость ограничения. Точные геометрические формы основаны на обширных испытаниях для разработки геометрических форм георешетки и других вариантов выполнения, раскрытых в настоящем документе. Например, представление нескольких контактных поверхностей и углов, как показано в испытаниях с использованием щетки (Фиг.2А-В), и в данных по сжимаемости (Фиг.14А-В) иллюстрируют, что в некоторых примерах повышенное удерживание наполнителя возможно путем небольших изменений. Испытания также показывают, что включение искусственных неоднородностей структуры (например, геометрии на Фиг.1А) в каркас ребер с осями максимальной жесткости (например, осей максимальной жесткости) снижает сопротивление наполнителя уплотнению, увеличивая плотность наполнителя, а также жесткость при вертикальной нагрузке. Дополнительные испытания дополнительно указывают на положительное влияние на поперечное и вертикальное ограничение наполнителя, подчеркнутое многослойной конструкцией (Фиг.17В-С), где в одном варианте выполнения полимерный материал образует жесткую основу, сверху и снизу, при этом между ними образуется сжимаемый ячеистый слой; этот пример также известен как сжимаемый ячеистый центральный слой, причем сжимаемый ячеистый слой (сжимаемый ячеистый центральный слой) дополнительно фиксирует наполнитель и улучшает результаты в геотехнической среде.

[00026] В одном аспекте сжимаемый ячеистый слой находится снаружи полимерного материала, этот пример упоминается в настоящем документе как сжимаемый крайний слой или сжимаемый ячеистый крайний слой, и образует сжимаемый ячеистый слой. Полимерный материал может представлять собой первичный материал или смесь переработанного полимерного материала, такого как термопластичный полимер полипропилена, полиэтилена или сложного полиэфира, и это лишь некоторые из них. К георешетке может быть добавлен любой термопласт, отвечающий необходимым физико-механическим свойствам. Сжимаемость внешних слоев многослойной георешетки создает

микроскопические трещины вокруг материалов, рассчитанных на размер частиц, распределение частиц по размерам и поверхностную энергию, диспергированные в полимерной матрице экструдированного листа. В одном примере сжимаемый ячеистый слой, либо сжимаемый крайний слой, либо сжимаемый центральный слой, на листе термопластичного полимера имеет значение соотношения сторон от 3 мм до 10 мм и состоит из CaCO_3 . В других аспектах добавка к пене или другой наполнитель в виде частиц может содержать сжимаемый ячеистый центральный слой или сжимаемый ячеистый центральный слой. Трещины образуются, на примере CaCO_3 , внутри сжимаемого ячеистого слоя, значение соотношения сторон которого во время многоосной ориентации ослабленной полимерной матрицы может иметь значение от 1% до 500%. Эти трещины улавливают почву и наполнители и в дальнейшем способствуют увеличению площади поверхности и ее шероховатости. Таким образом, в процессе производства совместно экструдированный полимерный лист с дисперсным наполнителем может подвергаться утончению и удлинению, приводя к образованию трещин.

[00027] В одном аспекте, когда сжимаемый ячеистый слой подвергается действию нагрузки, трещины подвергаются деформации, что обеспечивает сжимаемому ячеистому слою возможность увеличить взаимодействие между частицами с уплотненным наполнителем, аналогично сдавливанию. Другим аспектом сжимаемого ячеистого слоя является способность внутренних трещин удлиняться во время ориентации, тем самым дополнительно увеличивая шероховатость поверхности, которая, как было зарегистрировано, в 2-10 раз превышает среднюю изменчивость или шероховатость поверхности. Традиционным полимерным георешеткам не хватает шероховатости поверхности и, кроме того, им не хватает способности к раздавливанию, и, следовательно, они менее способны удерживать наполнители, помещенные в отверстия. Сжимаемый ячеистый слой дополнительно увеличивает поверхностную энергию благодаря изменения гидрофобной реакции стандартного полимера на гидрофильную, при этом в некоторых вариантах выполнения гидрофильная природа сжимаемого ячеистого слоя обеспечивает дальнейшее взаимодействие между частицами, поскольку силы сцепления от взаимодействия молекул воды с подложкой, почвой и сжимаемым слоем дополнительно связывают засыпанный материал со сжимаемым ячеистым слоем.

[00028] Далее обсуждается сжимаемый ячеистый слой, аспект которого заключается в том, чтобы вмещать наполнители в полном диапазоне типов и размеров. Типы наполнителей варьируются от технологических до щебня, гравия, песка и наполнителя. Увеличение шероховатости поверхности из-за растрескивания при сжатии способствует

уплотнению и дальнейшему «запиранию» заполнителя в геотехнической среде, обеспечивая возможность более мелким частицам, присутствующим в заполнителях всех типов, взаимодействовать с поверхностью сжимаемого ячеистого слоя и далее внедряться в его конструкцию. Геотехническая среда, как известно и понимается в данном документе, представляет собой среду, в которой используется георешетка с заполнителем для улучшения состояния почвы. Геотехнические среды часто используются для поддержки дорожного покрытия или зон с интенсивным движением или тяжелыми нагрузками. Дополнительное использование может заключаться в поддержке инфраструктуры, включая здания, мосты, дороги, железные дороги и другую инфраструктуру, известную инженеру-геологу.

[00029] В одном аспекте целью настоящего изобретения является получение улучшенных функциональных характеристик горизонтальных многослойных механически стабилизирующих георешеток, которые в одном примере представляют собой треугольные или трехосные георешетки с искусственными неоднородностями структуры, осями максимальной жесткости и сжимаемым ячеистым слоем, таким как центральный слой или крайний слой. Горизонтальные или по существу плоские георешетки размещаются или вводятся в геотехническую среду, и их ориентация относительно направления силы тяжести может отклоняться в зависимости от наклона, градиента и местоположения в почве и заполнителе. Усовершенствования георешетки в почве достигаются благодаря улучшению определенных физических, механических и геометрических свойств георешетчатой конструкции, что улучшает функциональные характеристики в геотехнической среде. Примеры усовершенствований в определенных аспектах включают модификацию и/или включение других новых физических, механических, химических и геометрических свойств в многослойную систему, будь то с двумя полимерными листами и сжимаемым ячеистым центральным слоем или сжимаемым ячеистым крайним слоем на основе полимерного листа. В этих примерах и на иллюстрациях результаты получены благодаря точному физическому геометрическому позиционированию, использованию векторов силы и других физических свойств (например, геометрии, соотношению сторон, площади поверхности), а также благодаря регулированию количества различных полимерных материалов, дисперсных наполнителей, материальных наполнителей и специальных пенообразователей, чтобы иметь требуемые механические и физические свойства в определенных местах горизонтальной механически стабилизированной георешетки.

[00030] Другим аспектом изобретения является создание горизонтальной

многослойной механически стабилизирующей георешетки, в которой ее слои модифицированы для уменьшения количества требуемого полимера путем преобразования полимера в этих слоях из твердой, то есть непрерывной, конструкции в ячеистую конструкцию, то есть конструкцию, по которой распределены пустоты, полости, поры, пузыри, отверстия или другие типы открытых пространств, полученные в соответствии с описанными в настоящем документе способами. Более конкретно, было обнаружено, что улучшенные геотехнические аспекты могут быть достигнуты с помощью настоящего изобретения при использовании меньшего количества полимерного материала. В одном аспекте сжимаемый ячеистый слой, содержащий пустоты, полости, поры, пузыри, отверстия или другую конструкцию, содержащую пустоты, создает более высокое значение соотношения сторон, что улучшает взаимодействие заполнителей при меньших затратах. Увеличенное значение соотношения сторон благодаря сжимаемому ячеистому слою увеличивает уплотнение заполнителя и его прилегание, одновременно уменьшая количество полимерного материала, необходимого для производства. Кроме того, сжимаемый ячеистый слой с поверхностными пустотами обеспечивает возможность улавливания микрочастиц, тем самым стабилизируя меньшие размеры частиц почвы. В одном аспекте стабилизация микрочастиц дополнительно усиливает стабилизацию макрочастиц почвы. В связи с этим микрочастицы накапливаются и образуют более прочную армирующую и стабилизирующую конструкцию. В дополнительных аспектах полимерный материал обеспечивает осевую жесткость, тогда как сжимаемый ячеистый слой повышает общую стабилизацию благодаря различным микро- и макровзаимодействиям с почвой.

[00031] В одном аспекте минимальная толщина или высота горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки, имеющей один или несколько содержащих пустоты сжимаемых ячеистых слоев, составляет по меньшей мере 3 мм и предпочтительно более 4 мм. В другом аспекте минимальная толщина или высота многослойной георешетки составляет 7 мм. В еще дополнительных аспектах минимальная толщина может представлять собой переменный диапазон из-за того, что сжимаемый ячеистый слой имеет пустоты, толщина которых может изменяться, включая диапазон от 1 мм до 3 мм, и другой диапазон от 3 мм до 5 мм, и, тем не менее, даже далее варьируется от 5 мм до 7 мм и от 5 мм до 10 мм. Эти диапазоны даны для понимания, причем специалистам в данной области техники известно, что этот диапазон может варьироваться в ходе производства горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки, и что в зависимости от сжимаемого ячеистого слоя, химического состава и производства

такие диапазоны будут скорее всего, различаться.

[00032] В другом аспекте значение соотношения сторон ребер горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки, которая содержит один или несколько содержащих пустоты ячеистых слоев, составляет от по меньшей мере 1:1 до 3,5:1. В другом аспекте первоначальная высота или толщина указанного одного или нескольких содержащих пустоты сжимаемых ячеистых слоев на их самой тонкой высоте (скорее всего в средней точке звеньев или ребер) составляет по меньшей мере 3 мм, а предпочтительно по меньшей мере 5 мм. В другом аспекте пустоты или ячеистые отверстия одного или нескольких содержащих пустоты сжимаемых ячеистых слоев составляют по меньшей мере двадцать пять процентов (25%) по объему одного или нескольких содержащих пустоты ячеистых слоев и предпочтительно по меньшей мере пятьдесят процентов (50%). В других вариантах выполнения после завершения уплотнения под нагрузкой сжимаемые ячеистые слои, указанный один или несколько содержащих пустоты ячеистых слоев имеют минимальное «сжатие» или уменьшение высоты под нагрузкой по меньшей мере на двадцать пять процентов (25%) и предпочтительно по меньшей мере на пятьдесят процентов (50%). В другом иллюстративном варианте выполнения указанный один или несколько содержащих пустоты ячеистых слоев имеют такое значение соотношения сторон, что их высота или толщина составляет по меньшей мере 2:1 к высоте или толщине самого тонкого внутреннего слоя и предпочтительно по меньшей мере 3:1; при этом указанный один или несколько содержащих пустоты ячеистых слоев имеют высоту или толщину, которая составляет по меньшей мере сорок процентов (40%) от общей высоты конечной интегральной георешетки, а предпочтительно по меньшей мере семьдесят процентов (70%).

[00033] В одном аспекте сжимаемый ячеистый слой обеспечивает повышенную шероховатость поверхности, тогда как из-за увеличения площади поверхности благодаря содержащим пустоты областям сжимаемого ячеистого слоя засыпанная почва и частицы заполнителя прилипают к поверхности, создавая большее полное удержание почвы и стабилизацию. Шероховатость поверхности, или текстура, является мерой неровностей поверхности и обычно состоит из трех элементов: 1) шероховатости, 2) волнистости и 3) формы. При расчете среднего значения шероховатости поверхности (R_a), также известного как среднее арифметическое, представляет собой среднее отклонение пиков и впадин, выраженное в мм, в стандартах ISO используется термин «среднее по центральной линии», где $R_a = CLA = (M1 + M2 + M3 + M4) / 4$. Преимущества сжимаемых ячеистых слоев на поверхности полимерного материала увеличивают площади поверхности и, тем самым,

обеспечивают повышенное трение и улавливание частиц почвы (см. Фиг.24А). В одном аспекте сжимаемый ячеистый слой с увеличенной площадью взаимодействия частиц благодаря пустотам и шероховатости обеспечивает возможность улавливания частиц и уменьшения горизонтального перемещения (см. Фиг.23А-В). В других аспектах стабилизация почвы с помощью сжимаемого ячеистого слоя обеспечивает возможность использовать материалы более низкого качества, увеличивая экономию окружающей среды и обеспечивая повышенную стабилизацию и более длительный срок службы инфраструктуры.

[00034] В одном аспекте раскрыты многослойные георешетки, причем многослойная георешетка имеет различное соотношение высот сторон в основных узлах и зависимых узлах. В этом аспекте основными узлами являются узлы, образующие внешнюю границу, имеющие изотропную геометрию с 2 или 3 непрерывными ребрами, которые сбалансированы. Эта сбалансированная геометрия, состоящая из непрерывных ребер, проходящих в 2, 3 или более планарных направлениях, перемежается искусственными неоднородностями, состоящими из прерывистых ребер и нефункциональных узлов.

I. Системы и способы создания горизонтальной механически стабилизированной георешетки

[00035] В этом отношении, со ссылкой теперь на Фиг.1А-В, на которых показано трехосное расположение ребер на Фиг.1В (известный уровень техники) и на Фиг.1А, горизонтальная механически стабилизированная георешетка, имеющая расположение структурированных искусственных неоднородностей и оси максимальной жесткости, представлена в виде шестиугольников или шестиугольной геометрии. В одном варианте выполнения высота основных узлов или нефункциональных узлов (внешний шестиугольник) может составлять 7 мм, тогда как высота вторичных или функциональных узлов (внутренний шестиугольник) может составлять 5 мм, тем самым создавая ограниченное движение в направлении Z, которое допускает ограниченную дифференциальную осадку и вложение заполнителя и почвы. В одном варианте выполнения вогнутый и геометрически податливый характер внутренней неоднородности, показанной на Фиг.1А, в виде подвешенного шестиугольника, образует несущую область плоской георешетки, которая обеспечивает заполнителю возможность оседать и сжиматься внутри слоя, обеспечивая боковое перемещение заполнителя во время уплотнения, дополнительно улавливая частицы и стабилизируя геотехническую среду. В дополнительном аспекте сжимаемый ячеистый слой, такой как сжимаемый крайний слой

или сжимаемый центральный слой, может содержать такие добавки, которые действуют как изотропный придающий жесткость агент, который стабилизирует и обеспечивает дополнительную осевую жесткость ребер, тем самым обеспечивая возможность сократить использование полимеров в производстве.

[00036] Все также со ссылкой на Фиг. 1А, горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка имеет основные и вторичные узлы, при этом вторичные узлы обеспечивают большее вложение заполнителя, а основные узлы обеспечивают планарную прочность и жесткость. В одном аспекте основные узлы образуют внешний шестиугольник, состоящий из непрерывных ребер, а вторичные узлы образуют внутренний шестиугольник, который образует планарную неоднородность с прерывистыми ребрами, называемую структурированной неоднородностью или искусственной неоднородностью, при этом основные узлы обеспечивают стабильность и жесткость георешетки, а вторичные узлы помогают улавливать заполнители и микрочастицы во время укладки и уплотнения (см. также Фиг. 5). Таким образом, структурированная конструкция искусственных неоднородностей усиливает уплотнение подложки и увеличивает внепланарную жесткость системы. Планарная нагрузка — это нагрузка вдоль оси поверхности, в некотором отношении это можно продемонстрировать как нагрузку по оси X. Внепланарная нагрузка или нагрузка вне плоскости — это нагрузка, перпендикулярная поверхности, например, нагрузка по оси Z. Таким образом, структурированные неоднородности повышают характеристики путем увеличения жесткости системы при нагрузке, перпендикулярной поверхности, причем структура вместе с осями максимальной жесткости обеспечивает боковое ограничение, перпендикулярное расположению георешетки. Кроме того, основные и вторичные узлы могут быть дополнительно выполнены с несколькими сжимаемыми ячеистыми слоями (1, 3, 5 и т. д.), при этом каждый слой может иметь пустоты или поры, причем для увеличения или уменьшения осевой жесткости ребер или, при необходимости, увеличения сжимаемости поверхности могут быть использованы добавки (обсуждаемые позже, такие как порошковые наполнители или пенные добавки).

[00037] В другом аспекте раскрыта горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка, в которой центральный слой состоит из ячеистой конструкции, называемой сжимаемым ячеистым центральным слоем. Ячеистая конструкция поддерживается снаружи, например, сверху и снизу, полимерным материалом, который определяет жесткость многослойной георешетки (см. Фиг. 17В-С). Ячеистый слой может быть сжимаемым или содержать добавки, такие как пенообразователь, которые увеличивают осевую жесткость в зависимости от заполнителя и почвы в геотехнической

среде. Кроме того, полимерная верхняя и нижняя часть могут быть покрыты агентом, таким как пенообразователь, описанным в настоящем документе, или другим агентом, таким как дисперсный агент или наполнитель, для увеличения шероховатости поверхности и увеличения поверхностной энергии, как проиллюстрировано на Фиг.24А, тем самым обеспечивая повышенное сцепление почвы и стабилизацию почвы.

[00038] Снова обратимся к Фиг.1В, который иллюстрирует пример структурированной георешетки без неоднородности (известный уровень техники), и Фиг.1А со структурированной неоднородностью и осями максимальной жесткости. В варианте выполнения, показанном на Фиг.1А геометрическая структура представляет собой треугольную или трехосную геометрию, а структурированная неоднородность показана образующей шестиугольник. Неоднородность в некоторых вариантах выполнения обеспечивает возможность увеличить диапазон отверстий на 400%, тем самым обеспечивая как функциональные, так и нефункциональные узлы, а также в результате чего заполнитель и подложка могут захватываться для повышения геотехнической стабилизации и бокового ограничения. Преимущество увеличенного диапазона отверстия обеспечивает экономию материалов, включая затраты и экологические преимущества, одновременно увеличивая производительность, как было продемонстрировано при испытании различных геометрических форм (Фиг.9).

[00039] Как обсуждалось ранее, области отверстий или пустот, которые попадают между ребрами и узлами, каждая из которых может иметь увеличенное значение соотношения сторон, являются важными характеристиками для сцепленного заполнителя и, таким образом, содержат элементы почвы в геотехнической среде. В отличие от того, что раскрыто в предшествующем уровне техники, треугольная или трехосная георешетка (Фиг.1В) с однородным размером и формой отверстий не имеет структурированной неоднородности, что обеспечивает возможность лучше улавливать различные заполнители, поскольку заполнители обычно не являются однородными и со временем становятся еще более разнообразными. Кроме того, в георешетке предшествующего уровня техники, показанной на Фиг.1В, отсутствуют оси максимальной жесткости, которые непрерывно проходят по всей георешетке и которые обеспечивают прочность и жесткость по оси z или вне плоскости. Структурированная неоднородность горизонтальной стабилизирующей многослойной георешетки в некоторых аспектах образует «корзину» для удержания подложки, поскольку как внутренний, так и внешний шестиугольник захватывают заполнитель и почву. Кроме того, когда шестиугольная геометрия, как вариант, сочетается с многослойным аспектом, таким как совместно экструдированный сжимаемый ячеистый

слой, горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка увеличивает стабилизацию и обеспечивает возможность использовать материалы подложки более низкого качества в еще более сложных условиях, таких как те, что встречаются в низинах с илистыми и глинистыми материалами.

[00040] Многочисленные преимущества, связанные с горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешеткой, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, различаются по своей природе, причем выбранные материалы различаются в зависимости от среды, в которой установлена георешетка. Благодаря повторяющимся неоднородностям со структурой осей максимальной жесткости, ориентированным звеньям и отверстиям, а также повышенному значению соотношения сторон, интегральная георешетка лучше удерживает заполнители и почвы по сравнению с георешеткой, у которой отсутствуют структурированные неоднородности и многослойные элементы. Горизонтальная механически стабилизированная георешетка с структурированными неоднородностями, осями максимальной жесткости и сжимаемым ячеистым слоем может лучше вмещать заполнители различных размеров. Тогда как предшествующие коммерческие георешеточные конструкции обычно имеют одну базовую форму и один ограничивающий размер, приведенная в качестве примера горизонтальная механически стабилизированная георешетка, называемая в дальнейшем шестиугольной геометрией георешетки, или треугольной или трехосной геометрией с структурированными неоднородностями, использует три различные основные формы – шестиугольник, трапецию и треугольник (см. Фиг.4А). В свою очередь, эти формы определяются и связываются ориентированными звеньями или ребрами различной формы и размера. По существу, горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, может лучше приспособливаться к обычно возникающим изменяющимся углам, ориентации и размерам заполнителя при его распределении по георешетке. Кроме того, горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, обеспечивает расширенный диапазон распределения размеров отверстий, что приводит к способности взаимодействовать и стабилизировать большее разнообразие и диапазон качества заполнителей по сравнению с треугольниками или прямоугольниками обычно единого размера, как представлено в предшествующих многоосных интегральных георешетках. Иллюстративная структура горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки, показанная на Фиг.1А, имеет беспрепятственно открытый внутренний шестиугольник, объединенный с более крупным окружающим

шестиугольником, что обеспечивает оптимальное удержание заполнителей и боковое ограничение. Дальнейшее распределение размеров отверстия достигается благодаря повторяющимся отверстиям в форме трапеции и треугольника.

[00041] Благодаря повторяющимся плавающим неоднородностям внутри структуры с осями максимальной жесткости взаимосвязанных, непрерывных ориентированных звеньев и отверстий, горизонтальная механически стабилизирующая георешетка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, также характеризуется увеличенным количеством и типом элементов звеньев по сравнению с известным интегральным элементом георешетки. Кроме того, георешетка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, имеет увеличенное количество ориентированных растягиваемых элементов и уменьшенное количество частично ориентированных стыков. По существу, приведенная в качестве примера шестиугольная георешетка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется множеством степеней локализованной жесткости вне плоскости и в плоскости. В то время как шестиугольная геометрия, выполненная в соответствии с настоящим изобретением (пример которой представлена на Фиг.1А), придает георешетке в целом большую вращательную жесткость в плоскости, звенья более короткой длины увеличивают вращательную жесткость по сравнению с георешетками предшествующего уровня техники (одноосными, двухосными, трехосными), которые не содержат структуру неоднородностей. Таким образом, приведенная в качестве примера шестиугольная георешетка характеризуется податливостью, т.е. начальной податливостью или гибкостью, что приводит к лучшему уплотнению и более высокой плотности, но при этом конечная жесткость композитной георешетки с горизонтальным заполнителем увеличивается в результате начальной податливости. Кроме того, как обсуждалось ранее, шестиугольная георешетка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, имеет увеличенное количество удерживающих элементов, т.е. звенья, которые обеспечивают концентрическое сопротивление движению заполнителя. При аналогичном размере шестиугольника по сравнению с обычной трехосной интегральной георешеткой многоосная интегральная георешетка, выполненная в соответствии с этим вариантом выполнения настоящего изобретения, обеспечивает почти на пятьдесят процентов больше удерживающих элементов, способных противостоять радиальной нагрузке во время уплотнения и перемещения.

[00042] Фиг.1С иллюстрирует пример прямоугольной геометрии, двухосной георешетки с структурированной неоднородностью. В этом примере прямоугольник

выполнен внутри прямоугольника, аналогично шестиугольнику, где структурированная неоднородность обеспечивает микро- и макровзаимодействия с боковым ограничением заполнителя и различной размерностью пустот, что обеспечивает лучшее улавливание заполнителя. В одном аспекте заполнитель неправильной формы взаимодействует или лучше уплотняется с неоднородной георешеткой, при этом структурированная неоднородность принимает различные формы и размеры заполнителя.

[00043] Фиг.1D иллюстрирует пример прямоугольной геометрии, двухосной георешетки без структурированных неоднородностей (известный уровень техники). На Фиг.1D показана традиционная двухосная георешетка, такие георешетки способны улучшить уплотнение в геотехнической среде, где георешетка отсутствует. Однако, как упоминалось выше в отношении структурированной неоднородности, однородная природа создает пустоты, которые не обеспечивают возможность улавливать или уплотнять самые разнообразные заполнители. Кроме того, при помещении в окружающую среду боковые силы не распределяются, как показано в настоящем изобретении.

[00044] Обратимся теперь к Фиг.2A-D. На Фиг.2A представлена диаграмма, иллюстрирующая примеры испытаний с использованием щетки мелкого заполнителя в иллюстративной горизонтальной механически стабилизированной георешетке с шестиугольной георешеткой и структурированными неоднородностями. Фиг.2B изображает пример, иллюстрирующий результаты испытаний с использованием щетки мелкого заполнителя треугольной или трехосной георешетки с структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости.

[00045] Фиг.2C изображает диаграмму, иллюстрирующую примеры испытаний с использованием щетки мелкого заполнителя в треугольной или трехосной георешетке без шестиугольной геометрии и без структурированных неоднородностей. Данные испытаний, охватывающие иллюстративные варианты выполнения, сравнивают треугольную геометрию, которая включает структуру неоднородностей, с треугольной геометрией без таких неоднородностей, и демонстрируют значительное увеличение количества удерживаемых частиц при испытании с использованием щетки. Горизонтальная механически стабилизирующая георешетка, которая содержит структуру неоднородностей, удерживает и улавливает частицы во время укладки, более податлива к полезному боковому движению между частицами во время уплотнения и, таким образом, более устойчива к горизонтальному движению после уплотнения. Этот вариант выполнения превосходит в стандартизированных испытаниях, таких как испытание с использованием щетки без добавления сжимаемого ячеистого слоя.

[00046] Фиг.2D изображает пример, иллюстрирующий результаты испытаний с использованием щетки мелкого заполнителя треугольной или трехосной георешетки без структурированных неоднородностей и без осей максимальной жесткости. Пример показывает, что однородные пустоты не захватывают так же хорошо, как структурированные неоднородности. При этом структурированная неоднородность обеспечивает улавливание заполнителей и почвы различных размеров и форм. Испытание с использованием щетки проводится с использованием стандартной однородной щетки, при этом заполнитель помещается на георешетку, а георешетка размещается поверх емкости. Испытание продолжается путем многократного проведения щеткой по заполнителю. После серии проведений щеткой производится количественная оценка оставшегося заполнителя. В одном примере совокупность, размещенная на испытуемых, представляет собой одну и ту же совокупность, а переданное значение представляет собой значение, находящееся в ячейке, при этом сохраненное значение представляет собой значение ячейки, вычтенное из измеренной общей совокупности. По существу, испытание с использованием щетки обеспечивает экспериментальное представление о геометрии и о том, насколько хорошо различные усовершенствования, раскрытые в настоящем документе, работают по сравнению с предшествующим уровнем техники.

[00047] Обратимся теперь к Фиг.3А-Б. Фиг.3А иллюстрирует пример удерживающих элементов, включая ребра и узлы, приведенной в качестве примера горизонтальной механически стабилизированной георешетки с шестиугольной геометрией и структурированной неоднородностью. Фиг.3В иллюстрирует пример удерживающих элементов, включая ребра и узлы, треугольной или трехосной георешетки без неоднородности (известный уровень техники). В этом примере приведенная в качестве примера шестиугольная геометрия обеспечивает удвоенную емкость удерживающего элемента, при этом увеличение ребер обеспечивает дополнительную площадь поверхности для удержания частиц и подложки после уплотнения. Это ограничение реализуется благодаря емкости удерживающего элемента, а также благодаря увеличенному значению соотношения сторон. Результаты могут быть дополнительно улучшены благодаря добавлению сжимаемого ячеистого слоя к ребрам и узлам и, кроме того, благодаря увеличению шероховатости поверхности ребер и узлов. Кроме того, удержание после уплотнения обеспечивает сопротивление радиальному движению нагрузки, такому как перемещение, и способствует уплотнению, обеспечивая концентрическое сопротивление движению заполнителя.

[00048] Как показано на Фиг.3А-В, векторы сил вдоль трехосной георешетки без

структурированных неоднородностей захватывают заполнители на основе определенных отверстий, сохраняя при этом жесткость по сильным осям. Принимая во внимание, что настоящее изобретение имеет различные размеры отверстий, включая три геометрических элемента: трапецию, треугольник и шестиугольник, для улучшения сбора и уплотнения заполнителя. Далее раскрывается поперечный размер или размер («A/F»), при этом A/F представляет собой измерение расстояния, используемое для обозначения расстояния внутри георешетки. Что касается структурированной неоднородности, расстоянием A/F является внешний шестиугольник. Что касается трехосного соединения без структурированной неоднородности, то расстояние A/F является единственным образующимся шестиугольником. На Фиг.3А изображены векторы сил, показывающие дисперсию по всему внутреннему шестиугольнику и равномерно распространяющиеся на внешний шестиугольник, таким образом распределяя силы по всей конструкции в этом примере.

[00049] Ссылка теперь дается на Фиг.4А-В. На Фиг.4А показаны иллюстративные векторы силы треугольной структуры георешетки, содержащей структуру неоднородностей, имеющую оси максимальной жесткости, которые проходят по всей интегральной георешетке и распределяют действие силы по всей георешетке, тем самым улучшая перемещение в геотехнической среде. Фиг.4В показывает иллюстративные вектора сил треугольной или трехосной георешетки без структурированных неоднородностей и в отсутствие осей максимальной жесткости. Иллюстративная шестиугольная конструкция обеспечивает разнонаправленную поддержку вдоль ребер жесткой оси, называемых в настоящем документе вдоль осей максимальной жесткости. Трехосная георешетка без структурированной неоднородности имеет меньше конструкций, в которых может произойти диссипация силы, например, из-за транспортного потока. Таким образом, геометрия горизонтальной многослойной механически стабилизированной георешетки со структурированной неоднородностью обеспечивает возможность обеспечить диссипацию силы через оси максимальной жесткости, что еще больше увеличивает стабильность и устойчивость георешетки в геотехнической среде.

[00050] Фиг.5 и 6 иллюстрируют пример соотношений сторон вдоль различных ребер и узлов, полученных из треугольной или трехосной георешетки со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости и треугольной или трехосной георешетки без структурированных неоднородностей. Ребра, обозначенные А-Е, обозначают трапециевидные внутренние части, которые, в одном примере, являются основой для удержания заполнителя и почвы. Кроме того, диаграмма на Фиг.6

иллюстрирует значение соотношения высоты ребра в вариантах выполнения изобретения и предшествующем уровне техники. Диаграмма дополнительно иллюстрирует дополнительные преимущества сжимаемого ячеистого слоя, в котором пена или дисперсный материал увеличивают значение соотношения сторон и уменьшают использование полипропилена, создавая более эффективную и более экологически чистую альтернативу существующим георешеткам.

[00051] В настоящем варианте выполнения, показанном на Фиг.5 и 6, полимерная внешняя поверхность находится выше и ниже центрального слоя из сжимаемого ячеистого материала, также называемого сжимаемым ячеистым центральным слоем, причем в одном аспекте сжимаемый ячеистый материал может состоять из CaCO_3 . В других аспектах это может быть другой волокнистый материал или специальный пенообразователь, создающий сжимаемый ячеистый слой. В соответствии с примером сжимаемого ячеистого материала, в зависимости от области применения, в которой размещается георешетка, такой сжимаемый ячеистый дисперсный материал, такой как дисперсный наполнитель, может включать одно или несколько из: CaCO_3 (карбонат кальция), водные силикаты магния (тальк), CaSiO_3 (волластонит), сульфат кальция (гипс), диатомит, диоксид титана, нанонаполнители (например, наноглину), многостенные углеродные нанотрубки, углеродные нанотрубки с одной углеродной стенкой, натуральные или синтетические волокна, металлические волокна, стеклянные волокна, доломит, кремнезем, слюду и гидрат алюминия. Что касается примера пенообразователя, то смесь химического пенообразователя смешивают с полимером, который экструдировать с образованием сжимаемого ячеистого слоя, при этом тепло процесса экструзии плавит полимер и разлагает пенообразователь, что освобождает его от газа, образующего сжимаемый ячеистый слой. Можно использовать любой пенообразователь, который смешивается с полипропиленом и дает требуемый эффект, причем в одном примере могут быть использованы продукты, изготовленные и произведенные компанией Берген Интернэшнл™ (Bergen International™). В одном примере используется индекс скорости течения расплава ASTM D1238-20, а в другом примере ASTM D4218-20.

[00052] Со ссылкой теперь на Фиг.7 представлена диаграмма, иллюстрирующая сравнение монослоя с совместно экструдированными треугольными или трехосными георешетками, когда они подверглись 10 000 проходам транспорта. Этот пример демонстрирует наблюдаемое преимущество совместной экструзии материала с образованием интегральной георешетки. В этом примере на диаграмме показаны потенциальные преимущества совместной экструзии по сравнению с монослоем

предшествующего уровня техники. Кроме того, совместно экструдированная конструкция демонстрирует преимущества с точки зрения соотношения между общей деформацией поверхности и соотношением сторон ребер. Диаграмма показывает, что совместно экструдированная георешетка способна обеспечить меньшую деформацию поверхности, не прибегая к большому соотношению сторон. В этом примере критерии испытания отмечают, что длину 66 мм по плоскому размеру выбранных георешеток (см. Фиг.3А-В) трудно сравнить с широким диапазоном заполнителей.

[00053] Ссылка теперь дается на Фиг.8, на котором показана диаграмма, иллюстрирующая сравнение монослоя с совместно экструдированной треугольной или трехосной георешеткой, когда они подверглись 10 000 проходам транспорта, показывая, что совместная экструзия не всегда дает преимущества и что как свойства материала, так и геометрия в сочетании играют важную роль. В этом примере более стандартный размер георешетки составляет 80 мм по планарному размеру (пример размерности см. на Фиг.3А-В), при этом результаты указывают на меньшие преимущества при совместной экструзии. Вывод из этого примера заключается в том, что преимущества есть как в свойствах материала (монослой, совместная экструзия), так и в геометрии (60 мм А/Ф, 80 мм А/Ф).

[00054] Со ссылкой теперь на Фиг.9, которая изображает иллюстративное сравнение соотношения сторон ребер, показывающее уменьшенную отдачу для обеих геометрий треугольной или трехосной георешетки с структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости и трехосной георешетки без неоднородностей и без сей максимальной жесткости, когда они подверглись 10 000 проходам транспорта. В этом примере монослойные образцы треугольных или трехосных георешеток, одна с структурированными неоднородностями, а другая без них, иллюстрируют значение соотношения сторон ребер и деформацию поверхности. В этом примере структурированные неоднородности и оси максимальной жесткости обеспечивают возможность увеличить количество удерживающих элементов и улучшить результаты деформации поверхности. Преимущества настоящего изобретения, проиллюстрированные на Фиг.9, без структурированных неоднородностей, включает интегральные соединения, включает комбинацию трех различных форм и размеров для удержания различных заполнителей, которые создают эффект «снегоступа», и непрерывные ребра в трех направлениях для прочности решетки. Эти преимущества по сравнению с предшествующим уровнем техники обеспечивают возможность варьировать размерные свойства удерживающих элементов, изменять механические свойства удерживающих элементов и изменять механические свойства на макроуровне, например, жесткость в

плоскости и вне плоскости, благодаря сочетанию неосновных или основных интегральных соединений.

[00055] Ссылка теперь дается на Фиг.10, который иллюстрирует пример сравнения влияния геометрии на взаимосвязь между соотношением сторон ребра и деформацией поверхности треугольной или трехосной георешетки со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости по сравнению с трехосной георешеткой без неоднородностей и без трех осей максимальной жесткости, когда они подверглись воздействию 10 000 проходов транспорта. Фиг.10 показывает преимущества уменьшения деформации поверхности с точки зрения геометрии. В этом примере оба образца подвергаются совместной экструзии, при этом один образец имеет треугольную или трехосную геометрию с осями максимальной жесткости и структурированными неоднородностями, а другой не имеет осей максимальной жесткости и структурированных неоднородностей. Геометрия осей максимальной жесткости и структурированных неоднородностей, раскрытая в настоящем документе, также называется шестиугольной геометрией. Полученная диаграмма показывает меньшую деформацию поверхности с меньшим соотношением сторон ребра, тем самым, имея оси максимальной жесткости со структурированными неоднородностями и имея ребра с меньшим значением соотношения сторон, обеспечивается уменьшенная деформация поверхности.

[00056] Ссылка теперь дается на Фиг.11, на котором представлена диаграмма, показывающая иллюстративные эксплуатационные характеристики, связанные с транспортным потоком, треугольной или трехосной георешетки аналогичной геометрии, имеющей структурированные неоднородности и оси максимальной жесткости, при этом испытание вариантов выполнения, имеющих сжимаемый крайний ячеистый слой, по сравнению с вариантами выполнения, имеющими сжимаемый центральный ячеистый слой, показывает, что сжимаемый крайний ячеистый слой имеет лучшие характеристики. В одном аспекте треугольная или трехосная геометрия с осями максимальной жесткости и структурированными неоднородностями была получена совместной экструзией и содержит центральный слой из полимерного материала, а также покрыта сжимаемым ячеистым слоем (называемым на Фиг.11 сжимаемыми крайними слоями). В другом аспекте треугольная или трехосная геометрия с осями максимальной жесткости и структурированными неоднородностями получена совместной экструзией и имеет центральный слой из сжимаемого ячеистого материала и покрыта полимерным листом или слоем (называемым на Фиг.11 сжимаемым центральным слоем). В этом примере добавление сжимаемого ячеистого слоя увеличивает вложенность, а также значение соотношения сторон ребер,

одновременно уменьшая использование полимера. Диаграмма показывает улучшение деформации поверхности при использовании сжимаемого крайнего слоя по сравнению со сжимаемым центральным слоем. В результате экспериментов и испытаний было установлено, что сжимаемый крайний слой увеличивает шероховатость поверхности, что увеличивает трение и взаимодействие заполнителя и почвы.

[00057] Ссылка теперь дается на Фиг.12, который изображает диаграмму, иллюстрирующую примеры влияния положения сжимаемого слоя и соотношения сторон ребра применительно к деформации поверхности в геометрии треугольной или трехосной георешетки, имеющей структурированные неоднородности и оси максимальной жесткости со сжимаемым крайним ячеистым слоем и сжимаемым центральным ячеистым слоем. Результаты иллюстративной диаграммы показывают, что оба варианта выполнения, включающие сжимаемый ячеистый слой, имеют меньшее значение соотношения сторон ребер, что требует меньшего количества полимерного материала, и работают одинаково. Тогда как несжимаемый материал предшествующего уровня техники с высоким значением соотношения сторон имеет небольшую поверхностную деформацию, что не обеспечивает возможность уплотнять и закреплять заполнитель и почву, а также требует больше полимерного материала и затрат для увеличения высоты ребер.

[00058] Ссылка теперь дается на Фиг.13, который изображает диаграмму, иллюстрирующую преимущества оптимизированной геометрии треугольной или трехосной георешетки с добавлением структурированных неоднородностей и осей максимальной жесткости, а также добавлением сжимаемых крайних слоев по сравнению с известной из уровня техники треугольной или трехосной георешетки без структурированных неоднородностей с высокими значениями соотношения сторон и несжимаемыми крайними ячеистыми слоями. В этом примере несжимаемая однослойная георешетка сравнивается с трехосной георешеткой со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости, чтобы продемонстрировать улучшения, которые обеспечивают геометрия и сжимаемый ячеистый слой. Несжимаемый монослой в данном примере имеет высокое значение соотношения сторон («NAR»), чтобы сосредоточить испытание на геометрии и сжимаемом ячеистом слое. Результаты, связанные с транспортным потоком, показывают резкое снижение соотношения сторон ребер и эксплуатационных характеристик по сравнению с монослоем с высоким соотношением сторон. Следовательно, комбинация треугольной или трехосной геометрии со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости в сочетании со сжимаемым ячеистым слоем превосходит треугольную или трехосную геометрию без

структурированных неоднородностей и с высоким соотношением сторон. Результаты показывают экономию материала, поскольку значение соотношения сторон ребра уменьшается, а эксплуатационные характеристики улучшаются, что приводит к экономии окружающей среды и затрат при использовании конфигурации, показанной на Фиг.13. Результаты также показывают, что значение соотношения сторон ребер между однослойным и многослойным слоями было одинаковым, что указывает на то, что происходит улучшение эксплуатационных характеристик по сравнению со сжимаемым ячеистым слоем, в котором пустоты улавливают заполнители и удерживают конструкцию в течение более длительного периода транспортных потоков. Кроме того, деформация менее серьезная, что обеспечивает оптимальное удержание совокупного материала и боковое ограничение для стабилизации геотехнической среды и обеспечения более длительного жизненного цикла транспортных потоков.

[00059] Ссылка теперь дается на Фиг.14А, на котором представлена диаграмма, иллюстрирующая пример улучшения треугольной или трехосной геометрии с осями максимальной жесткости и структурированными неоднородностями, а также сжимаемым ячеистым слоем, по сравнению с примерами предшествующего уровня техники, что указывает на улучшение характеристик нескольких георешеток, наблюдаемое при испытаниях на сжатие. Испытание на сжатие, пример которого показан на Фиг.14С, использует такое устройство, как зонд, для приложения силы к испытываемой георешетке, а затем измеряется величина силы для полного сжатия. В этом примере были проверены как сжимаемость, так и способность к отскоку интегральных георешеток. Как видно на диаграмме, наличие слоя с ячеистой конструкцией, т.е. совместно экструдированного или сжимаемого центрального слоя и сжимаемых крайних слоев, обеспечивает существенно более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с образцами, не имеющими слоя с ячеистой конструкцией, т.е. однослойным, только полимерным материалом. В данном примере примеры совместной экструзии содержат сжимаемый ячеистый слой, который состоит из пенообразователя. Кроме того, наличие мягкого пенопласта и твердого пенопласта обеспечивает возможность изменять сжимаемость, а использование определяется геотехническими условиями. В других примерах сжимаемый ячеистый слой может быть образован из дисперсного наполнителя.

[00060] Ссылка теперь дается на Фиг.14В, на котором представлена диаграмма, иллюстрирующая пример сжимаемости в мм при силе 125 Н с примером треугольной или трехосной геометрии с осями максимальной жесткости и структурированными неоднородностями, а также примеры георешеток предшествующего уровня техники.

Результаты здесь получены с помощью устройства, которое воздействует концентрированной силой на соответствующие примеры. В одном варианте выполнения сила исходит от большого штифтового устройства, которое воздействует концентрированной силой на георешетку, затем результаты измеряются как результат сжимаемости. В устройстве используется металлический зонд шириной 1,6 мм и прикладывается сила 125 Н для сжатия интегральных образцов георешетки. Как показано на Фиг.14В, сжимаемость интегральных образцов георешетки, имеющих слой с ячеистой конструкцией, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, т.е. сжимаемых крайних слоев, существенно выше, чем сжимаемость образцов, не имеющих слоя с ячеистой конструкцией, т.е. монослоя.

[00061] Ссылка теперь дается на Фиг.14С, на котором изображено иллюстративное устройство для проведения испытаний на сжатие и получения данных, показанных на Фиг.14А-В. В этом примере зонд с силой вводится в иллюстративную георешетку или образец. В одном аспекте испытание проводят в соответствии с ASTM D695 на прочность при сжатии на единицу площади. Результатом является предел прочности на сжатие, измеренный в точке постоянной текучести с нулевым наклоном на кривой напряжение-деформация. Предел прочности на сжатие — это напряжение, необходимое для разрыва образца; такие материалы, как полипропилен, который не разрывается, могут иметь результаты, которые указываются как удельная деформация, например, 1%, 5% или 10%. В примере на Фиг.14С результирующая сила сжимает георешетку, причем степень сжатия измеряется и заносится в таблицу, как показано на Фиг.14А-В. Сжимаемость внутри сжимаемого ячеистого слоя обеспечивает улавливание почвы и заполнителей, а также другие усовершенствования, раскрытые в настоящем документе. В геотехнических условиях сжимаемость обеспечивает лучшее боковое сдерживание и дальнейшее уплотнение почв и заполнителей.

[00062] Ссылка теперь дается на Фиг.15, который изображает диаграмму и таблицу, иллюстрирующие приведенные в настоящем документе иллюстративные варианты выполнения, изображающие номинальную потерю жесткости и/или прочности при испытании многослойных георешеток с шестиугольной геометрией, то есть геометрией, которая является треугольной или трехосной со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости, изготовленных из сжимаемого ячеистого слоя. Кроме того, результаты испытаний показывают, что уменьшение количества полимерного материала лишь номинально изменяет жесткость отобранных георешеток. Таким образом, добавление сжимаемого ячеистого слоя дает преимущества в виде удержания заполнителей, снижения

производственных затрат и экологических преимуществ без ущерба для прочности, обеспечиваемой полимерным материалом. Кроме того, раскрытые в настоящем документе геометрические усовершенствования, состоящие из структурированных неоднородностей и осей максимальной жесткости, обеспечивают интегральные соединения и различные формы для улавливания заполнителя и почвы.

[00063] Ссылка теперь дается на Фиг.16А, который изображает иллюстративную полимерную треугольную или трехосную георешетку без структурированных неоднородностей или осей максимальной жесткости (известный уровень техники), а Фиг.16В-С иллюстрирует иллюстративную треугольную или трехосную георешетку с осями максимальной жесткости и созданными структурированными неоднородностями. В примере на Фиг.16В-С полимерный материал расположен сверху и снизу сжимаемого ячеистого слоя, называемого в настоящем документе сжимаемым центральным ячеистым слоем или сжимаемым центральным слоем, при этом различия в геометрии иллюстрируются диаграммой на Фиг.16С. При этом в этом примере геометрия, включая неоднородности, имеет на 20% меньше неориентированных узлов и на 56% больше ориентированных растянутых элементов на квадратный метр георешетки. Неориентированные узлы и более ориентированные элементы растяжения способствуют повышению сопротивления транспортному потоку и лучшему удерживанию заполнителей, как показано в примерах испытаний геометрии, представленных на Фиг. 10.

[00064] Продолжая рассмотрение Фиг.16А-С, в одном аспекте, согласно отобранным данным, иллюстративная геометрия шестиугольника, также называемая треугольной или трехосной геометрией со структурированными неоднородностями, или горизонтальная механически стабилизированная георешетка, обеспечивает возможность образования корзины или снегоступа во время уплотнения заполнителя. Эта корзина образована уникальной геометрией большего внешнего шестиугольника и меньшего внутреннего шестиугольника, при этом внешний шестиугольник обычно изготавливается с более толстым полимерным соотношением сторон, а внутренний шестиугольник является более гибким и с более тонким полимерным соотношением сторон. В соответствии с настоящим примером, корзина или снегоступ, тем самым, увеличивает площадь поверхности ребер (благодаря сжимаемому ячеистому слою), а также увеличивает степень контакта с заполнителем (шероховатость поверхности и контакт через сжимаемый ячеистый слой).

[00065] В дополнительных аспектах узлы на внешнем шестиугольнике (см. Фиг.4А) обеспечивают устойчивость благодаря осям максимальной жесткости, одновременно обеспечивая возможность осуществлять вложение и уплотнение с помощью более

податливого внутреннего шестиугольника. Узлы, как они называются в этом примере, представляют собой точки пересечения ребер и в одном примере имеют высокое значение соотношения сторон. Узлы внешнего шестиугольника увеличены и придают жесткость, тогда как внутренние узлы шестиугольника уменьшены, обеспечивая в совокупности некоторую гибкость для захвата и стабилизации (см. Фиг.4А). Силы и функции действуют по-разному; во-первых, интегральные узлы обеспечивают прочность и жесткость; во-вторых, различные формы, образованные структурированными неоднородностями, обеспечивают возможность улавливания различных заполнителей и почвы, а также уменьшения бокового перемещения. Другие преимущества, такие как преимущество совместной экструзии по сравнению с монослоем и дополнительный сжимаемый ячеистый слой, еще больше способствуют улавливанию и уплотнению заполнителя, что приводит к улучшению удержания почвы. Как показано в результатах на Фиг.7-13, структурированные неоднородности и оси максимальной жесткости в сочетании со сжимаемым ячеистым слоем и большим соотношением сторон ребер обеспечивают усовершенствования, превосходящие предшествующий уровень техники, а также результаты испытаний и проверки.

[00066] Ссылка теперь дается на Фиг.17А (предшествующий уровень техники), на котором изображен пример полимерной трехосной георешетки без структурированных неоднородностей или сжимаемого ячеистого слоя, и по сравнению с Фиг.17В-С, которые изображают пример горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки, также называемой треугольной или трехосной георешеткой с структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости. В этом примере полимерный материал находится сверху и снизу сжимаемого ячеистого слоя. Кроме того, высокое значение соотношения сторон в узлах шестиугольника обеспечивает большее поперечное ограничение георешетки, что более четко изображено на Фиг.17С, как показано стрелкой, показывающей значение соотношения сторон узлов и ребер. В одном варианте выполнения значение соотношения сторон ребер меньше, чем значение соотношения сторон узлов. В других вариантах выполнения значение соотношения сторон ребер и значение соотношения сторон узлов имеют одинаковую высоту. В дополнительных вариантах выполнения шестиугольник внутри шестиугольной геометрии, созданный с помощью структурированной искусственной неоднородности, образует вогнутую чашу или вогнутую область. В настоящем примере, показанном на Фиг.17С, уникальная структура с осями максимальной жесткости определяется внешним шестиугольным узлом (более крупными и сильными узлами), имеющим более высокое значение соотношения сторон, и

внутренними шестиугольными узлами (с повышенной податливостью), имеющим более низкое значение соотношения сторон, таким образом образуя чашки или чаши, в которых наполнитель может ограничиваться и фиксироваться на месте. В этом аспекте увеличивается ограничение и при этом обеспечивается возможность использования на различных подложках, сохраняя при этом жесткость полимерного верхнего и нижнего слоев. В таких вариантах выполнения наполнитель скапливается внутри структуры из-за пустот. В еще дополнительных вариантах выполнения может быть обеспечена куполообразная форма, при которой внутренний шестиугольник получает дополнительную высоту благодаря сжимаемому ячеистому слою. Такие варианты выполнения могут быть созданы с помощью процесса совместной экструзии и обеспечивают повышенное боковое ограничение и жесткость полимерной основы или конструкции шестиугольной георешетки.

[00067] Продолжая рассмотрение далее со ссылкой на Фиг.17D, изображен дополнительный вариант выполнения со сжимаемыми крайними слоями, в которых сжимаемый ячеистый слой находится сверху и снизу полимерной георешетки или горизонтальной механически стабилизированной георешетки с осями максимальной жесткости и структурированной неоднородностью. Подобно сжимаемому центральному слою на Фиг.17C, на Фиг.17D, сжимаемый крайний слой обеспечивает более высокое значение соотношения сторон при использовании меньшего количества полимерного материала. В некоторых примерах вариант выполнения со сжимаемым крайним слоем работает лучше, поскольку шероховатость поверхности встроена в сжимаемый ячеистый слой и не требует дополнительных добавок или производственных процессов для создания более шероховатой площади поверхности или увеличения площади поверхности. Аналогичным образом, сжимаемый ячеистый крайний слой может представлять собой открытый или закрытый ячеистый слой, при этом настоящий пример представляет собой специальный пенопласт с закрытыми порами, в котором закрытые ячейки обеспечивают возможность карманам воздуха улавливать и дополнительно обеспечивать стабилизацию от боковых сил и транспортного потока.

[00068] Обратимся теперь к Фиг.18A-B, иллюстрирующий пример нагрузки наполнителя, перемещающегося горизонтально по горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетке. В этом примере Фиг.18A изображает пример «плавающего ребра» или ребра георешетки со сжимаемым ячеистым слоем, создающего повышенное значение соотношения сторон и обеспечивающего боковое ограничение наполнителя благодаря гидрофильным свойствам геометрии и соотношения сторон. Кроме того, капиллярные силы внутри почвы или наполнителя обеспечивают притяжение, таким

образом, гидрофильная природа некоторых вариантов выполнения обеспечивает притяжение и удержание частиц. В примере на Фиг.18А показано, что наполнитель и почва движутся под действием горизонтальной силы, приложенной к плавающему ребру шестиугольника или ребру шестиугольной геометрии в горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетке, тем самым обеспечивая повышенное боковое удержание.

[00069] В примере, показанном на Фиг.18В, изображена полимерная георешетка без сжимаемого ячеистого слоя. Полимерной георешетке не хватает подъемной силы или плавучести, которые присущи сжимаемому ячеистому слою. Плотная ячеистый сжимаемый ячеистый слой, изображенный на Фиг.18А, удерживает воздух внутри ячеек, а также обеспечивает гидрофобную реакцию, которая обеспечивает возможность им плавать. Для сравнения, в неплавающем ребре отсутствуют молекулы воздуха, что обеспечивает возможность горизонтальной нагрузки почва и прохождения наполнителя с меньшим сопротивлением.

[00070] Обратимся теперь к Фиг.19А-С, которые иллюстрируют пример сжатия горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки со структурированными искусственными неоднородностями и осями максимальной жесткости, которая имеет центральный слой из сжимаемого ячеистого материала. Этот пример упоминается в настоящем документе как сжимаемый центральный слой, но в других примерах те же принципы применимы к сжимаемому крайнему слою. В этом примере пустоты, поры или отверстия, присутствующие внутри сжимаемого ячеистого слоя, обеспечивают карманы для удержания наполнителей, а также обеспечивают боковое ограничение и сопротивление сжатию. В этом примере на Фиг.19А изображен полимерный материал сверху и снизу сжимаемого ячеистого слоя, в котором сжатие не произошло и/или же в котором транспортные потоки не сжали ячеистый центральный слой.

[00071] В данном примере полимерный материал обеспечивает прочность и жесткость, тогда как среди других преимуществ, описанных в настоящем документе, сжимаемый ячеистый центральный слой обеспечивает повышенное значение соотношения сторон и снижение потребности в полимере. На Фиг.19В, по мере того, как нагрузка увеличивается из-за транспортных потоков или других сил, сжатие системы фиксирует или сжимает наполнитель и почву, стабилизируя геотехническую среду и дополнительно обеспечивая свойства бокового ограничения и уплотнения. В районах с более низким качеством наполнителя или в почвах с плохим состоянием расширяющийся сжимаемый ячеистый слой помогает удерживать и стабилизировать микро- и макрочастицы. На

Фиг.19С показано, что система перестает деформироваться или сжиматься под воздействием транспортных потоков или других сил, поскольку пустоты сжимаются и плотность увеличивается. В результате воздействия на систему создается механизм блокировки заполнителя и повышения стабилизации при нагрузке или транспортных потоках.

[00072] Ссылка теперь дается на Фиг.20, на котором изображен пример пустот внутри сжимаемого ячеистого слоя горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки. Для изменения шероховатости материала и заполнения пустот придающим жесткость веществом могут быть добавлены добавки, такие как карбонат кальция CaCO_3 или летучая зола. В данном примере жесткость может быть обусловлена частицами, которые обеспечивают сжимаемому ячеистому слою возможность приобретать дополнительную жесткость. При этом в некоторых вариантах выполнения по мере увеличения жесткости сжимаемого ячеистого слоя коэффициент сжатия снижается. Таким образом, увеличивается количество циклов транспортных потоков до нарушения нормальной работы.

[00073] Обратимся теперь к Фиг.21А-В, который показывает пример увеличенного изображения сжимаемого ячеистого слоя с добавками в горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетке со структурированными неоднородностями и осями максимальной жесткости. В примере, изображенном на Фиг.21А показано, что добавки имеют вдвое большую поверхностную энергию, чем полипропилен. На Фиг.21В показано, что добавки имеют такую же поверхностную энергию, как и полипропилен. Добавки учитывают и обеспечивают шероховатость, что, в свою очередь, увеличивает площадь поверхности и способность ячеистого слоя и/или полимерного материала увеличивать трение с геотехнической средой, такой как среда с георешеткой, почвами и заполнителями.

[00074] В одном примере к поверхности сжимаемого ячеистого слоя добавлена диатомитовая земля (ДЗ), при этом шероховатость поверхности увеличивается при небольшом добавлении веса. Кроме того, ДЗ также поглощает воду или влагу (ДЗ обладает физическими адсорбционными свойствами) из окружающей среды, активируя капиллярные силы в почве и заполнителях, а также предотвращая отталкивание полимерных материалов с гидрофобными свойствами. В другом примере ДЗ также может использоваться в качестве наполнителя сжимаемого ячеистого слоя, свойства которого, такие как шероховатость, пористость и водопоглощение, обеспечивают полезные характеристики для стабилизации заполнителя. В других аспектах ДЗ также поглощает

тяжелые металлы (такие как Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni и Zn) и, следовательно, обеспечивает экологическую выгоду при применении в инженерно-геологических проектах, таких как дорожное покрытие и где концентрации выбросов могут нанести экологический вред.

[00075] В других аспектах может быть использована полимолочная кислота (ПМК), при этом она медленно растворяется с течением времени в почвенной среде, а именно из-за влаги или содержания воды, вызывая осаждение заполнителя и придание ему формы и дальнейшее вложение заполнителя. В одном аспекте ПМК растворяется в неравномерных образованиях на поверхности ячеистого слоя, тем самым увеличивая шероховатость поверхности и поверхностную энергию, а также площадь поверхности и трение. В другом аспекте ПМК добавляют к поверхности полимерного материала, придавая поверхности шероховатость и трение при контакте с окружающей геотехнической средой.

[00076] Ссылка теперь дается на Фиг.22, который иллюстрирует дополнительный пример улучшенного изображения сжимаемого ячеистого слоя с добавками в горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетке со структурированными искусственными неоднородностями. В одном аспекте частицы или добавки модификатора обеспечивают возможность увеличения шероховатости поверхности, тем самым увеличивая площадь поверхности и контакт поверхности с подложкой. Примеры добавок могут включать CaCO_3 (карбонат кальция), водные силикаты магния (тальк), CaSiO_3 (воластонит), сульфат кальция (гипс), диатомит, диоксид титана, нанонаполнители (например, наноглина), многостенные углеродные нанотрубки, углеродные нанотрубки с одной углеродной стенкой, натуральные или синтетические волокна, металлические волокна, стеклянные волокна, доломит, диоксид кремния, слюда и гидрат алюминия.

[00077] На Фиг.22 подсвечены пустоты, а частицы модификатора или добавки показаны сцепленными и внедренными в пустоты ячеистого слоя. Пористость ячеистого слоя наряду с гидрофильными свойствами в некоторых аспектах повышает адгезию и стабилизацию почвы. В других аспектах раскрыты пенообразователи, которые содержат ячеистый слой, имеющий пористость, содержащую пустоты, с добавками, при этом добавки увеличивают шероховатость и уменьшают сжимаемость ячеистого слоя, действуя как агент, придающий жесткость. В других вариантах выполнения добавки находятся на внешней стороне ячеистого слоя и не образуют агента, повышающего жесткость, а служат для увеличения шероховатости. Различные аспекты относятся к геотехнической среде, при этом специалист в данной области техники благодаря этому описанию увидит преимущества

добавок или других материалов для ячеистого слоя по сравнению с материалами предшествующего уровня техники.

[00078] Обратимся теперь к Фиг.23А-В, который иллюстрирует пример увеличенного изображения реберной секции горизонтальной механически стабилизированной георешетки, одной со сжимаемым ячеистым слоем (Фиг.23А), а другой только с полимерной конструкцией (Фиг.23В), в обеих растянутой форме и сжатой форме. На Фиг.23А-В пример горизонтальной механически стабилизированной многослойной георешетки показан в изготовленном состоянии и в состоянии под нагрузкой (как можно было бы видеть при испытаниях на транспортные потоки). Пустоты в ячеистом слое при указанном производстве проиллюстрированы, и их количество зависит от пенообразователя или материала, используемого для формирования ячеистого слоя, причем в одном аспекте используется CaCO_3 . Под нагрузкой горизонтальная механически стабилизированная георешетка сжимается и фиксируется в заполнителе, причем в этом примере высота сжимается с 2,4 мм до 1,5 мм, что указывает на сжатие 0,9 мм, что дополнительно обеспечивает боковое ограничение и стабилизацию заполнителя.

[00079] Обратимся теперь к Фиг.24А-В, который иллюстрирует пример микроскопического сравнения полимерной поверхности (Фиг.24В) и поверхности сжимаемого ячеистого слоя (Фиг.24А), иллюстрирующий повышенную шероховатость сжимаемого ячеистого слоя. Проиллюстрирован пример микроскопической оценки шероховатости поверхности сжимаемого ячеистого слоя, который, как обсуждалось ранее, обеспечивает большую площадь поверхности для контакта с заполнителями и почвой. Такие взаимодействия вовлекают микрочастицы, а также обеспечивают трение и боковое удержание от смещения почвы и заполнителя. Боковое удержание является ключевым измерением и часто является результатом транспортных потоков: добавление сжимаемого ячеистого слоя к георешетке, шероховатость поверхности и увеличение площади поверхности показали удивительные результаты в удержании почв и уплотнении.

[00080] Кроме того, как показано на Фиг.24А-В, сжимаемые ячеистые слои (Фиг.24А) обеспечивают явные преимущества перед полимерным материалом с гладкой поверхностью (Фиг.24В), обеспечивая сжимаемость, гидрофильные свойства и повышенную шероховатость/площадь поверхности. В одном аспекте полимерный материал может образовывать бороздки или длинные канавки или каналы, которым не хватает сопротивления и которые могут увеличивать уплотнение и разрушение. В другом аспекте сжимаемый ячеистый слой может иметь поверхность, которая образует неровные структуры и обеспечивает трение и ограничение движения георешетки по поверхности. В

еще одном аспекте сжимаемый ячеистый слой может увеличивать значение соотношения сторон, что обеспечивает большее взаимодействие с гидрофильными свойствами и добавками.

[00081] Обратимся теперь к Фиг.25А-В, который иллюстрирует пример измерения угла контакта в зависимости от поверхностной энергии для георешетки треугольной или трехосной геометрии и структурированных неоднородностей с высокой поверхностной энергией сжимаемого ячеистого слоя, по сравнению с низкой поверхностной энергией традиционной полимерной георешетки. В одном аспекте полимерный материал и его гидрофобные свойства обеспечивают низкую поверхностную энергию, что снижает адгезию почвы. Адгезия почвы — это сила, ответственная за притяжение воды к твердым поверхностям (например, полимерным материалам, таким как полипропилен). Адгезия отвечает за то, что вода «прилипает» к материалам. Кроме того, вода проявляет свойство поверхностного натяжения, поскольку молекулы воды больше притягиваются к другим молекулам воды, чем к воздуху. Водные поверхности ведут себя как пленки или слои и прилипают друг к другу.

[00082] В примерах на Фиг.25А-В высокая поверхностная энергия, характеризующаяся энергией сжимаемого ячеистого слоя, обеспечивает адгезию почвы и, следовательно, притяжение почвы. Кроме того, в некоторых аспектах сжимаемый ячеистый слой состоит из гидрофильного материала, такого как CaCO_3 , и тем самым проявляет как адгезию, так и поверхностное натяжение, притягивая в результате почву и частицы заполнителя и обеспечивая повышенную стабилизацию. Большой угол контакта, который наблюдается в полимерных материалах, стекле, нержавеющей стали и многих других, приводит к низкой поверхностной энергии и свойствам неприлипания. Тогда как преимущества раскрытого в настоящем документе изобретения указывают на то, что сжимаемый ячеистый слой горизонтальной механически стабилизированной георешетки может иметь малый угол контакта и высокую поверхностную энергию, демонстрируя плохие свойства разделения и создавая адгезию между почвой и ячеистым слоем.

[00083] Ссылка теперь дается на Фиг.26, на которой показан пример стенда для проведения испытаний несущей способности почвы при помощи нагруженной плиты («PLTR»), используемого для измерения смещения различных вариантов выполнения и образцов, в частности, для проверки различий между твердым пенопластом и мягким пенопластом в сжимаемом ячеистом слое. В тесте PLTR образец георешетки помещают между 4-дюймовым слоем заполнителя и слоем пены, при этом под слоем пены располагают стальную пластину. Чтобы определить коэффициент сжатия варианта

выполнения или образца георешетки, к многослойной структуре из заполнителя / интегральной георешетки / пенопласта в течение 10 циклов прикладывают силу в 1000 фунтов (400 кгс). Затем вариант выполнения георешетки или образец извлекают из устройства и проверяют на сжимаемость ребер и повреждение поверхности. Из испытаний с использованием устройства PLTR, показанного на Фиг.26, можно определить среднее смещение различных образцов георешетки, а также различные свойства, которые обеспечивает данная пена.

II. Варианты выполнения

[00084] Некоторые реализации систем и способов, соответствующих настоящему изобретению, представлены следующим образом:

[00085] Вариант выполнения 1. Георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде, содержащая: геотехническую среду; по существу плоскую георешетку, содержащую: ребра и узлы с осями максимальной жесткости; структурированную конструкцию искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости; и сжимаемый ячеистый слой, который увеличивает значение соотношения сторон георешетки.

[00086] Вариант выполнения 2. Георешетчатая система варианта выполнения 1, в которой ребра с осями максимальной жесткости имеют треугольную или трехосную геометрию.

[00087] Вариант выполнения 3. Георешетчатая система варианта выполнения 1, в которой ребра с осями максимальной жесткости имеют прямоугольную геометрию.

[00088] Вариант выполнения 4. Георешетчатая система варианта выполнения 1, в которой структурированная конструкция искусственных неоднородностей образует шестиугольную структуру.

[00089] Вариант выполнения 5. Георешетчатая система варианта выполнения 4, в которой шестиугольная конструкция содержит вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную конструкцию и внешнюю шестиугольную конструкцию.

[00090] Вариант выполнения 6. Георешетчатая система варианта выполнения 5, в которой пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников имеют различное значение соотношения сторон, при этом узлы имеют увеличенное значение соотношения сторон по сравнению с ребрами.

[00091] Вариант выполнения 7. Георешетчатая система варианта выполнения 1, в которой ребра с осями максимальной жесткости имеют значение соотношения сторон

больше 1,0.

[00092] Вариант выполнения 8. Георешетчатая система варианта выполнения 1, в которой ребра с осями максимальной жесткости представляют собой многослойную конструкцию.

[00093] Вариант выполнения 9. Георешетчатая система варианта выполнения 8, в которой многослойная конструкция содержит центральный слой из полимерного материала и по меньшей мере один сжимаемый ячеистый слой, выполненный на центральном слое из полимерного материала.

[00094] Вариант выполнения 10. Георешетчатая система варианта выполнения 8, в которой многослойная конструкция содержит центральный слой, содержащий сжимаемый ячеистый слой и на верхней и/или нижней поверхности центрального слоя - слой полимерного материала.

[00095] Вариант выполнения 11. Георешетчатая система варианта выполнения 8, в которой многослойная конструкция получена совместной экструзией.

[00096] Вариант выполнения 12. Георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде, содержащая: геотехническую среду; и горизонтальную многослойную механически стабилизирующую георешетку, содержащую: георешетку с узлами и ребрами, причем георешетка содержит структурированные неоднородности и ребра с осями максимальной жесткости; центральный слой, содержащий полимерный материал; и на верхней и/или нижней поверхности центрального слоя имеется сжимаемый ячеистый слой.

[00097] Вариант выполнения 13. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой центральный слой из полимерного материала является твердым и жестким.

[00098] Вариант выполнения 14. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой сжимаемый ячеистый слой снижает потребность в количестве полимерного материала.

[00099] Вариант выполнения 15. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка имеет структурированную конструкцию из искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости системы.

[000100] Вариант выполнения 16. Георешетчатая система варианта выполнения 15, в которой структурированная конструкция искусственных неоднородностей образует шестиугольную структуру.

[000101] Вариант выполнения 17. Георешетчатая система варианта выполнения 16,

в которой шестиугольная структура содержит вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную структуру и внешнюю шестиугольную структуру.

[000102] Вариант выполнения 18. Георешетчатая система варианта выполнения 17, в которой пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников имеют различное значение соотношения сторон.

[000103] Вариант выполнения 19. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из слоев различных материалов и способом совместной экструзии.

[000104] Вариант выполнения 20. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из трех или большего количества слоев.

[000105] Вариант выполнения 21. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой сжимаемый ячеистый слой увеличивает значение соотношения сторон георешетки в пересекающихся ребрах.

[000106] Вариант выполнения 22. Георешетчатая система варианта выполнения 12, дополнительно включающая усиление стабилизации частиц, обеспечиваемое сжимаемым ячеистым слоем, обеспечивающим повышенное уплотнение в геотехнической среде.

[000107] Вариант выполнения 23. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с возможностью препятствовать латеральному потоку заполнителя или почвы путем улавливания содержимого благодаря усилению взаимодействия между георешеткой и геотехнической подложкой.

[000108] Вариант выполнения 24. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с областями, содержащими пустоты, площадь поверхности которых увеличена, обеспечивая повышенное удержание в них почвы.

[000109] Вариант выполнения 25. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка состоит из трехосной и/или треугольной геометрии ребер максимальной жесткости.

[000110] Вариант выполнения 26. Георешетчатая система выполнения 12, в которой георешетка состоит из прямоугольной геометрии ребер максимальной жесткости.

[000111] Вариант выполнения 27. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой сжимаемый ячеистый слой содержит дисперсный материал.

[000112] Вариант выполнения 28. Георешетчатая система варианта выполнения 27, в которой дисперсный материал представляет собой карбонат кальция.

[000113] Вариант выполнения 29. Георешетчатая система варианта выполнения 12, в которой сжимаемый ячеистый слой содержит специально разработанный пенообразователь.

[000114] Вариант выполнения 30. Георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки внутри геотехнической среды, содержащая: геотехническую среду; горизонтальную многослойную механически стабилизирующую георешетку, содержащую: центральный слой, содержащий сжимаемый ячеистый слой, который увеличивает соотношение сторон горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки; причем верхняя и нижняя поверхности центрального слоя содержат слой полимерного материала.

[000115] Вариант выполнения 31. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой слой полимерного материала является твердым и жестким.

[000116] Вариант выполнения 32. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой сжимаемый ячеистый слой снижает потребность в количестве полимерного материала.

[000117] Вариант выполнения 33. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой георешетка имеет структурированную конструкцию искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости системы.

[000118] Вариант выполнения 34. Георешетчатая система варианта выполнения 33, в которой неоднородности образуют шестиугольную структуру.

[000119] Вариант выполнения 35. Георешетчатая система варианта выполнения 34, в которой шестиугольная структура содержит вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную конструкцию и внешнюю шестиугольную конструкцию.

[000120] Вариант выполнения 36. Георешетчатая система варианта выполнения 35, в которой пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников имеют различное значение соотношения сторон.

[000121] Вариант выполнения 37. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из слоев различных материалов и способом совместной экструзии.

[000122] Вариант выполнения 38. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из трех или большего количества слоев.

[000123] Вариант выполнения 39. Георешетчатая система варианта выполнения 30,

в которой сжимаемый ячеистый слой увеличивает значение соотношения сторон георешетки в пересекающихся ребрах.

[000124] Вариант выполнения 40. Георешетчатая система варианта выполнения 30, дополнительно включающая усиление стабилизации частиц, обеспечиваемое сжимаемым ячеистым слоем, обеспечивающим повышенное уплотнение в геотехнической среде.

[000125] Вариант выполнения 41. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с возможностью ограничения бокового потока заполнителя или почвы путем улавливания содержимого путем увеличения взаимодействия между горизонтальной механически стабилизирующей георешеткой и геотехнической средой.

[000126] Вариант выполнения 42. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с областями, содержащими пустоты, площадь поверхности которых увеличена, обеспечивая повышенное удержание в них почвы.

[000127] Вариант выполнения 43. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка состоит из треугольной геометрии с ребрами максимальной жесткости.

[000128] Вариант выполнения 44. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка состоит из прямоугольной геометрии ребер с осями максимальной жесткости.

[000129] Вариант выполнения 45. Георешетчатая система варианта выполнения 30, в которой сжимаемый ячеистый слой содержит дисперсный материал.

[000130] Вариант выполнения 46. Георешетчатая система варианта выполнения 45, в которой дисперсный материал представляет собой карбонат кальция.

[000131] Вариант выполнения 47. Георешетчатая система варианта выполнения 38, в которой по меньшей мере один сжимаемый ячеистый слой содержит специальный пенообразователь.

[000132] Вариант выполнения 48. Способ улучшения геотехнических сред с помощью горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки, включающий: применение георешетки с осями максимальной жесткости, структурированными неоднородностями и сжимаемым ячеистым слоем с повышенным значением соотношения сторон к геотехнической среде; при этом при использовании георешетку помещают в заполнитель и почву; уменьшают боковое перемещение заполнителя и почвы в геотехнической среде; и увеличивают с помощью георешетки

жизненный цикл транспортных потоков по геотехнической среде.

[000133] Вариант выполнения 49. Способ варианта выполнения 48, в котором дополнительно обеспечивают взаимодействие со сжимаемым ячеистым слоем, при этом взаимодействие представляет собой макровзаимодействие вследствие увеличения соотношения сторон ребер георешетки.

[000134] Вариант выполнения 50. Способ варианта выполнения 48, в котором дополнительно обеспечивают взаимодействие со сжимаемым ячеистым слоем, причем взаимодействие представляет собой микровзаимодействие благодаря многослойной конструкции, обеспечивающей вложение частиц заполнителя.

[000135] Вариант выполнения 51. Способ варианта выполнения 48, в котором при увеличении срока службы увеличивает количество жизненных циклов транспортных потоков в соответствии со стандартом эквивалентной нагрузки на одну ось (ESAL).

[000136] В целях настоящего описания и прилагаемой формулы изобретения, если не указано иное, все числа, выражающие количества, размеры, размерности, пропорции, формы, составы, параметры, проценты, количества, характеристики и другие численные значения, используемые в описании и формуле изобретения, следует понимать как модифицированные во всех случаях термином «приблизительно», даже если термин «приблизительно» может явно и не присутствовать в значении, количестве или диапазоне. Соответственно, если не указано иное, числовые параметры, изложенные в последующем описании и прилагаемой формуле изобретения, не являются и не должны быть точными, но могут быть приближительными и/или большими или меньшими по желанию, отражая допуски, коэффициенты преобразования, округление, ошибку измерения и т.п., а также другие факторы, известные специалистам в данной области техники, в зависимости от требуемых свойств, которые стремятся получить с помощью раскрытого в настоящем документе изобретения. Например, термин «приблизительно», когда он относится к значению, может означать охват вариаций, в некоторых вариантах выполнения $\pm 100\%$, в некоторых вариантах выполнения $\pm 50\%$, в некоторых вариантах выполнения $\pm 20\%$, в некоторых вариантах выполнения $\pm 10\%$, в некоторых вариантах выполнения $\pm 5\%$, в некоторых вариантах выполнения $\pm 1\%$, в некоторых вариантах выполнения $\pm 0,5\%$ и в некоторых вариантах выполнения $\pm 0,1\%$ от указанного количества, поскольку такие изменения подходят для выполнения раскрытых способов или применения раскрытых составов.

[000137] Кроме того, термин «приблизительно», когда он используется в связи с одним или несколькими числами или числовыми диапазонами, следует понимать как

относящийся ко всем таким числам, включая все числа в диапазоне, и модифицирует этот диапазон путем расширения границ выше и ниже. указанные числовые значения. Перечисление числовых диапазонов по конечным точкам включает в себя все числа, например, целые числа, включая их дробные части, входящие в этот диапазон (например, перечисление от 1 до 5 включает 1, 2, 3, 4 и 5, а также дроби). их, например, 1,5, 2,25, 3,75, 4,1 и т.п.) и любой диапазон внутри этого диапазона.

[000138] Хотя вышеизложенный предмет был описан довольно подробно посредством иллюстрации и примера в целях ясности понимания, специалистам в данной области техники будет понятно, что определенные изменения и модификации могут быть реализованы на практике в рамках объема формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде, содержащая:

геотехническую среду,

по существу плоскую георешетку, содержащую:

ребра и узлы с осями максимальной жесткости,

структурированную конструкцию искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости, и

сжимаемый ячеистый слой, который увеличивает значение соотношения сторон георешетки.

2. Георешетчатая система по п.1, в которой ребра с осями максимальной жесткости имеют треугольную или трехосную геометрию.

3. Георешетчатая система по п.1, в которой ребра с осями максимальной жесткости имеют прямоугольную геометрию.

4. Георешетчатая система по п.1 или 2, в которой структурированная конструкция искусственных неоднородностей образует шестиугольную структуру.

5. Георешетчатая система по п.4, в которой шестиугольная конструкция содержит вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную конструкцию и внешнюю шестиугольную конструкцию.

6. Георешетчатая система по п.5, в которой пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников имеют различное значение соотношения сторон, при этом узлы имеют увеличенное значение соотношения сторон по сравнению с ребрами.

7. Георешетчатая система по любому из предшествующих пунктов, в которой ребра с осями максимальной жесткости имеют значение соотношения сторон больше 1,0.

8. Георешетчатая система по любому из предшествующих пунктов, в которой ребра с осями максимальной жесткости представляют собой многослойную конструкцию.

9. Георешетчатая система по п.8, в которой многослойная конструкция содержит центральный слой из полимерного материала и по меньшей мере один сжимаемый ячеистый слой, выполненный на центральном слое из полимерного материала.

10. Георешетчатая система по п.8, в которой многослойная конструкция содержит центральный слой, содержащий сжимаемый ячеистый слой и слой полимерного материала на верхней и/или нижней поверхности центрального слоя.

11. Георешетчатая система по любому из пп.8-10, в которой многослойная

конструкция получена совместной экструзией.

12. Георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки в геотехнической среде, содержащая:

геотехническую среду,

горизонтальную многослойную механически стабилизирующую георешетку, содержащую:

георешетку с узлами и ребрами, причем георешетка содержит структурированные неоднородности и ребра с осями максимальной жесткости,

центральный слой, содержащий полимерный материал, и

сжимаемый ячеистый слой на верхней и/или нижней поверхности центрального слоя.

13. Георешетчатая система по п.12, в которой центральный слой из полимерного материала является твердым и жестким.

14. Георешетчатая система по п.12 или 13, в которой сжимаемый ячеистый слой снижает потребность в количестве полимерного материала.

15. Георешетчатая система по п.12, 13 или 14, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка имеет структурированную конструкцию искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости системы.

16. Георешетчатая система по п.15, в которой структурированная конструкция искусственных неоднородностей образует шестиугольную структуру.

17. Георешетчатая система по п.16, в которой шестиугольная структура содержит вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную структуру и внешнюю шестиугольную структуру.

18. Георешетчатая система по п.17, в которой пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников имеют различное значение соотношения сторон.

19. Георешетчатая система по любому из пп.12-18, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из слоев различных материалов способом совместной экструзии.

20. Георешетчатая система по любому из пп.12-19, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из трех или большего количества слоев.

21. Георешетчатая система по любому из пп.12-20, в которой сжимаемый ячеистый слой увеличивает значение соотношения сторон георешетки в пересекающихся ребрах.

22. Георешетчатая система по любому из пп.12-21, дополнительно содержащая усиление стабилизации частиц, обеспечиваемое сжимаемым ячеистым слоем, обеспечивающим повышенное уплотнение в геотехнической среде

23. Георешетчатая система по любому из пп.12-22, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с возможностью препятствовать латеральному потоку заполнителя или почвы путем улавливания содержимого благодаря усилению взаимодействия между георешеткой и геотехнической подложкой.

24. Георешетчатая система по любому из пп.12-23, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с областями, содержащими пустоты, площадь поверхности которых увеличена, обеспечивая повышенное удержание в них почвы.

25. Георешетчатая система по любому из пп.12-24, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка имеет трехосную и/или треугольную геометрию ребер максимальной жесткости.

26. Георешетчатая система по любому из пп.12-24, в которой георешетка имеет прямоугольную геометрию ребер максимальной жесткости.

27. Георешетчатая система по любому из пп.12-26, в которой сжимаемый ячеистый слой содержит дисперсный материал.

28. Георешетчатая система по п.27, в которой дисперсный материал представляет собой карбонат кальция.

29. Георешетчатая система по любому из пп.12-26, в которой сжимаемый ячеистый слой содержит искусственный пенообразователь.

30. Георешетчатая система для улучшения взаимодействия подложки внутри геотехнической среды, содержащая:

геотехническую среду,

горизонтальную многослойную механически стабилизирующую георешетку, содержащую:

центральный слой, содержащий сжимаемый ячеистый слой, который увеличивает соотношение сторон горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки,

причем верхняя и нижняя поверхности центрального слоя содержат слой полимерного материала.

31. Георешетчатая система по п.30, в которой слой полимерного материала является твердым и жестким.

32. Георешетчатая система по п.30 или 31, в которой сжимаемый ячеистый слой

снижает потребность в количестве полимерного материала.

33. Георешетчатая система по п.30, 31 или 32, в которой георешетка имеет структурированную конструкцию искусственных неоднородностей для улучшения уплотнения подложки и увеличения внепланарной жесткости системы.

34. Георешетчатая система по п.33, в которой неоднородности образуют шестиугольную структуру.

35. Георешетчатая система по п.34, в которой шестиугольная структура содержит вложенные шестиугольники, включая внутреннюю шестиугольную конструкцию и внешнюю шестиугольную конструкцию.

36. Георешетчатая система по п.35, в которой пересекающиеся ребра вложенных шестиугольников имеют различное значение соотношения сторон.

37. Георешетчатая система по любому из пп.30-36, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из слоев различных материалов способом совместной экструзии.

38. Георешетчатая система по любому из пп.30-37, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка сформирована из трех или большего количества слоев.

39. Георешетчатая система по любому из пп.30-38, в которой сжимаемый ячеистый слой увеличивает значение соотношения сторон георешетки в пересекающихся ребрах.

40. Георешетчатая система по любому из пп.30-39, дополнительно включающая усиление стабилизации частиц, обеспечиваемое сжимаемым ячеистым слоем, обеспечивающим повышенное уплотнение в геотехнической среде.

41. Георешетчатая система по любому из пп.30-40, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с возможностью ограничения бокового потока заполнителя или почвы путем улавливания содержимого путем увеличения взаимодействия между горизонтальной механически стабилизирующей георешеткой и геотехнической средой.

42. Георешетчатая система по любому из пп.30-41, в которой сжимаемый ячеистый слой выполнен с областями, содержащими пустоты, площадь поверхности которых увеличена, обеспечивая повышенное удержание в них почвы.

43. Георешетчатая система по любому из пп.30-42 в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка имеет треугольную геометрию с ребрами максимальной жесткости.

44. Георешетчатая система по любому из пп.30-42, в которой горизонтальная многослойная механически стабилизирующая георешетка имеет прямоугольную

геометрию ребер с осями максимальной жесткости.

45. Георешетчатая система по любому из пп.30-44, в которой сжимаемый ячеистый слой содержит дисперсный материал.

46. Георешетчатая система по п.45, в которой дисперсный материал представляет собой карбонат кальция.

47. Георешетчатая система по п.38, в которой по меньшей мере один сжимаемый ячеистый слой содержит искусственный пенообразователь.

48. Способ улучшения геотехнических сред с помощью горизонтальной многослойной механически стабилизирующей георешетки, включающий:

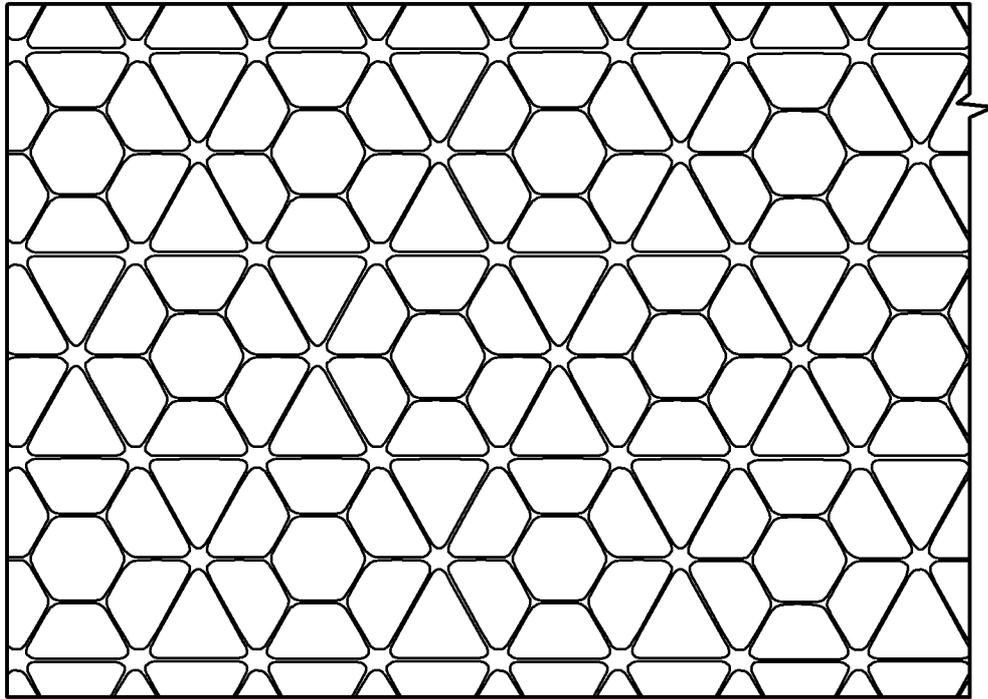
применение георешетки с осями максимальной жесткости, структурированными неоднородностями и сжимаемым ячеистым слоем с повышенным значением соотношения сторон к геотехнической среде, при этом при использовании георешетку помещают в заполнитель и почву;

уменьшают боковое перемещение заполнителя и почвы в геотехнической среде и увеличивают с помощью георешетки жизненный цикл транспортных потоков по геотехнической среде.

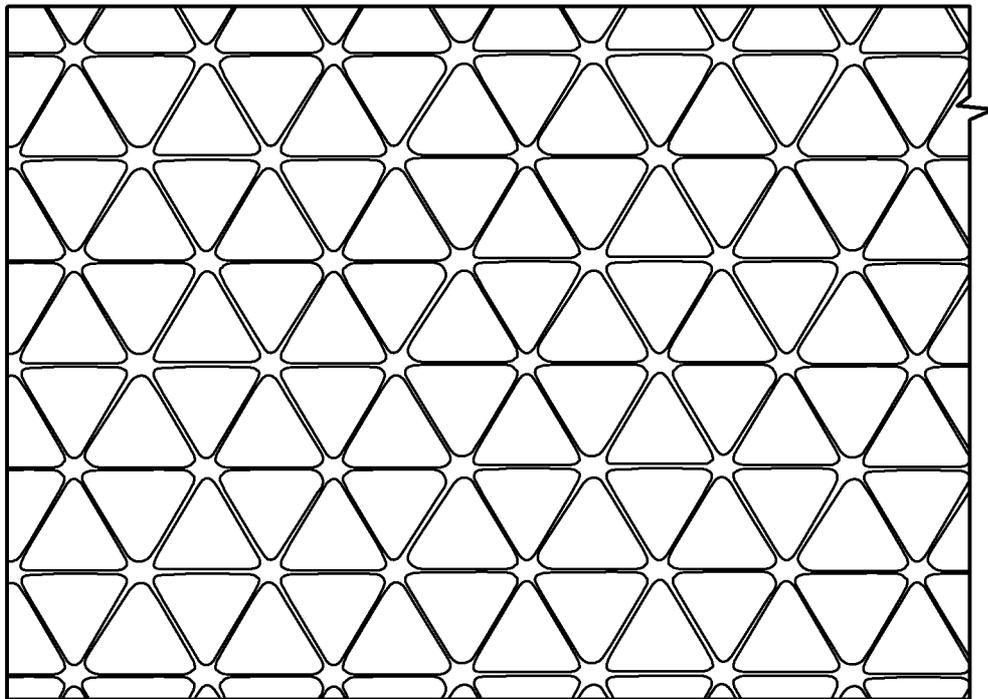
49. Способ по п.48, в котором дополнительно обеспечивают взаимодействие со сжимаемым ячеистым слоем, при этом взаимодействие представляет собой макровзаимодействие вследствие увеличения соотношения сторон ребер георешетки.

50. Способ по п.48, в котором дополнительно обеспечивают взаимодействие со сжимаемым ячеистым слоем, причем взаимодействие представляет собой микровзаимодействие благодаря многослойной конструкции, обеспечивающей вложение частиц заполнителя.

51. Способ по любому из пп.48-50, в котором при увеличении срока службы увеличивают количество жизненных циклов транспортных потоков в соответствии со стандартом эквивалентной нагрузки на одну ось (ESAL).

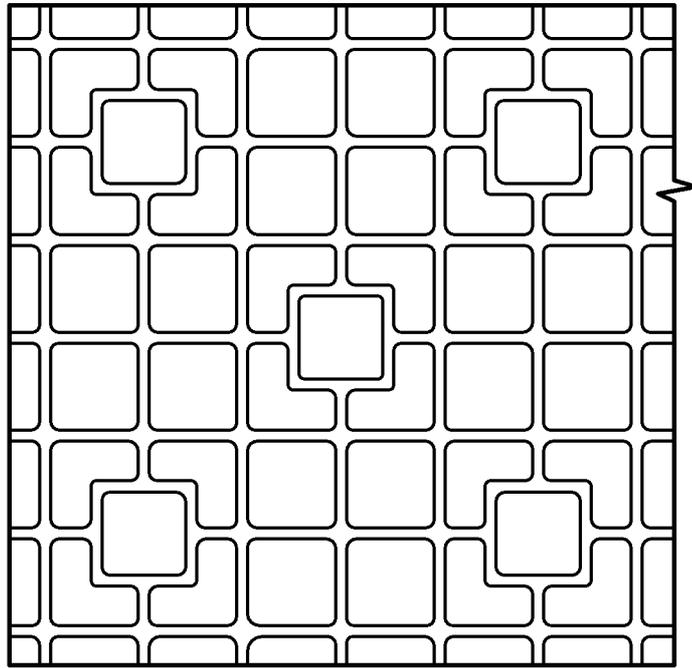


Фиг. 1А

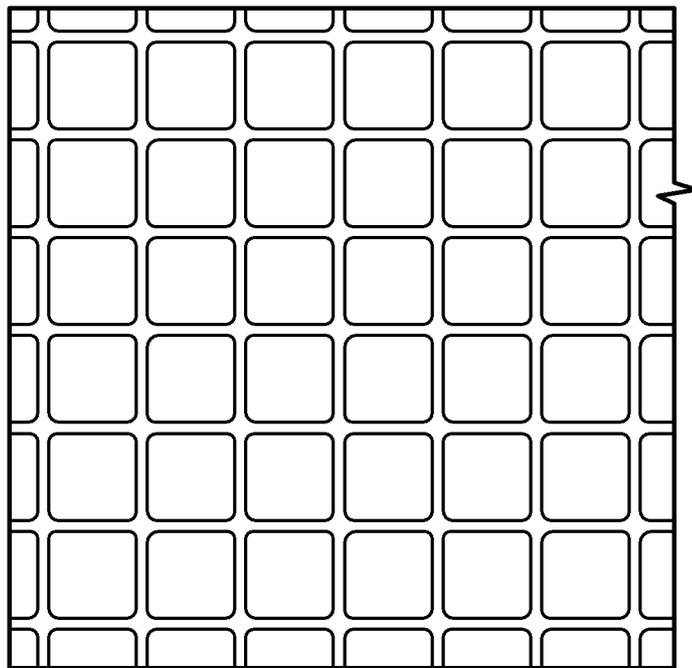


Фиг. 1В

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



Фиг. 1С



Фиг. 1D

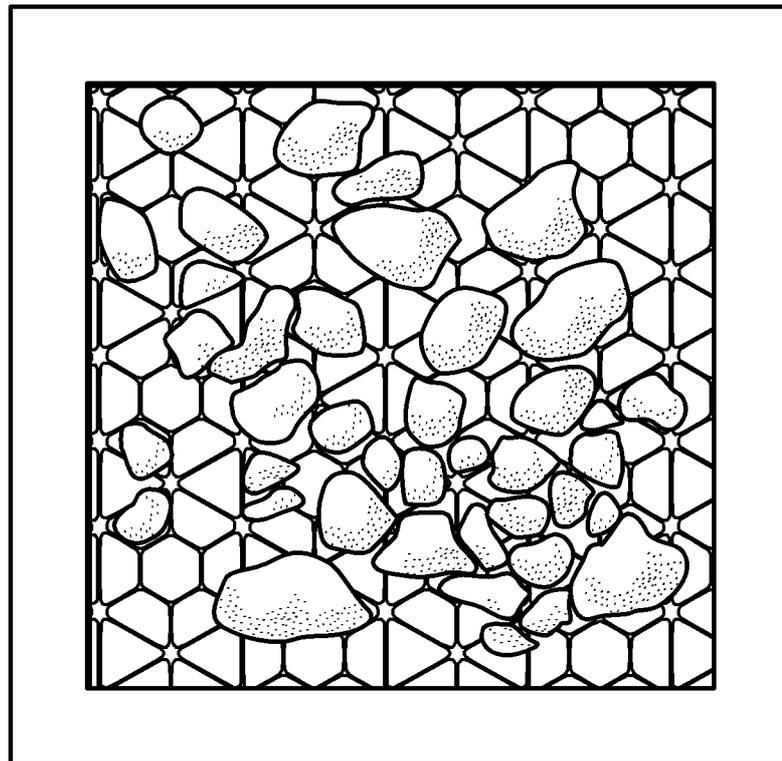
УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

3/30

СЖИМАЕМЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СЛОЙ, ПОЛУЧЕННЫЙ СОВМЕСТНОЙ
ЭКСТРУЗИЕЙ, A/F=80 мм, СТРУКТУРИРОВАННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ



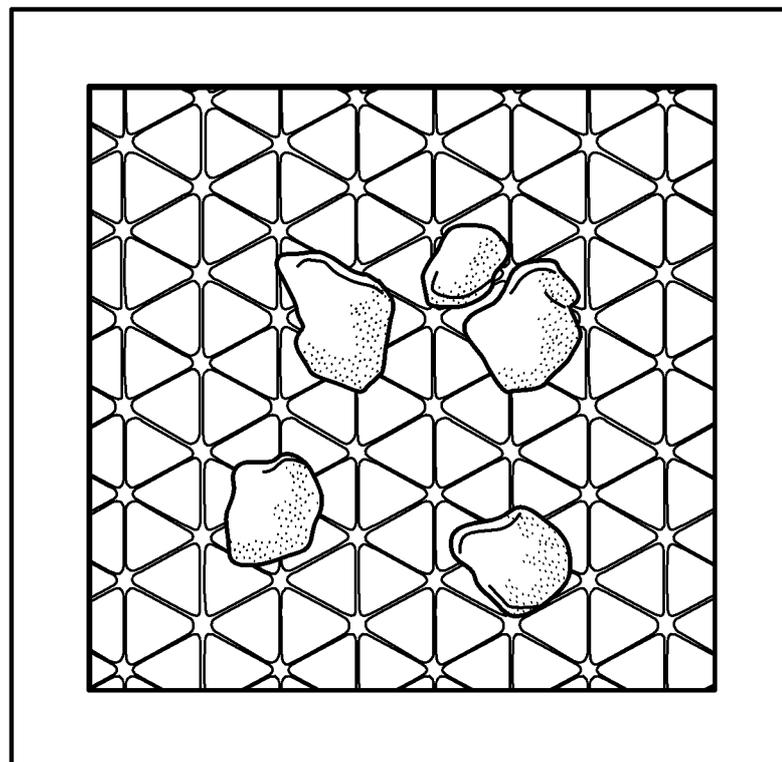
ФИГ. 2А



ФИГ. 2В

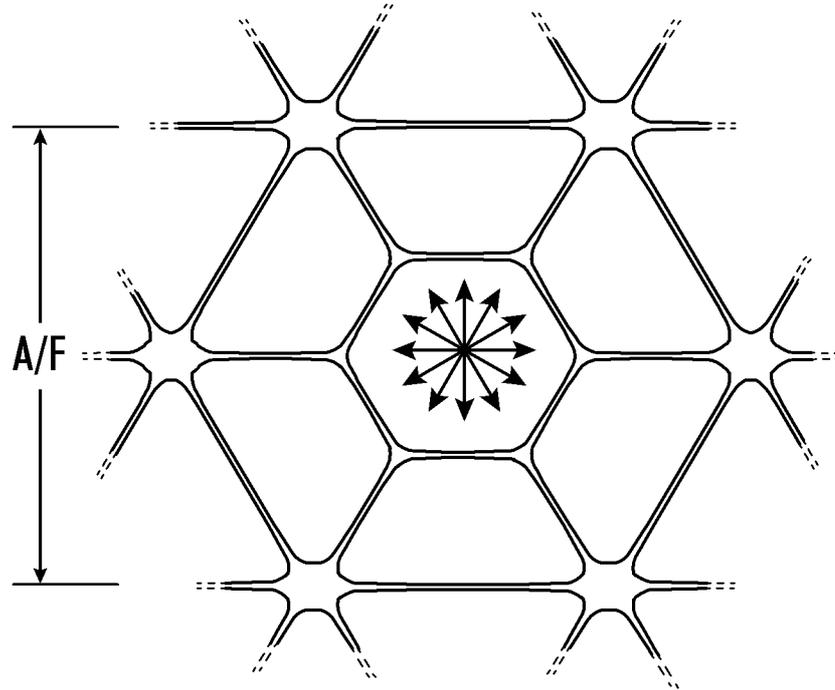


Фиг. 2с
УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

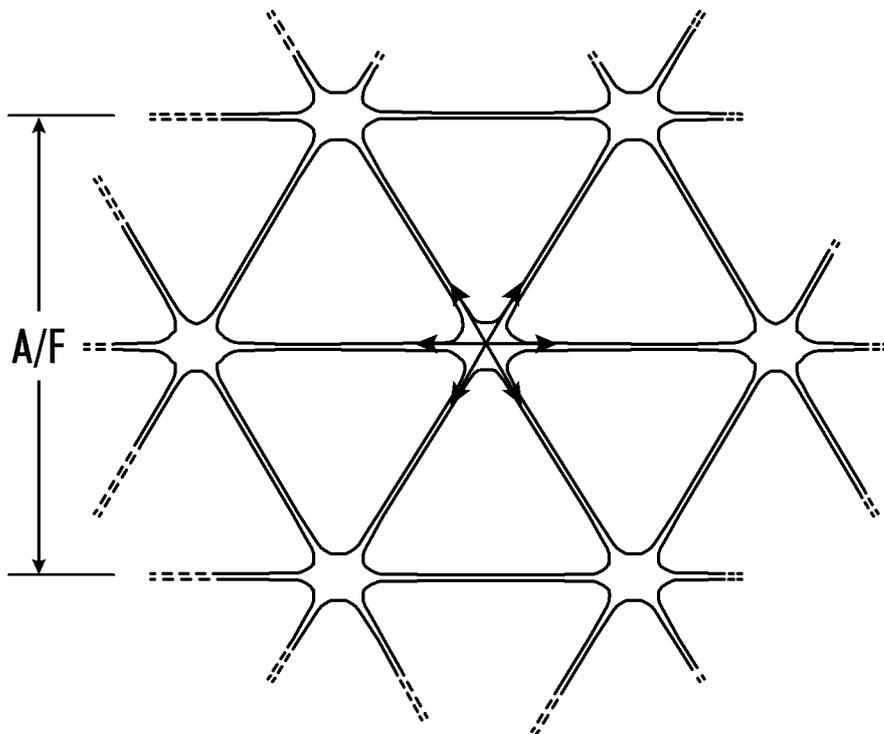


Фиг. 2D
УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

5/30



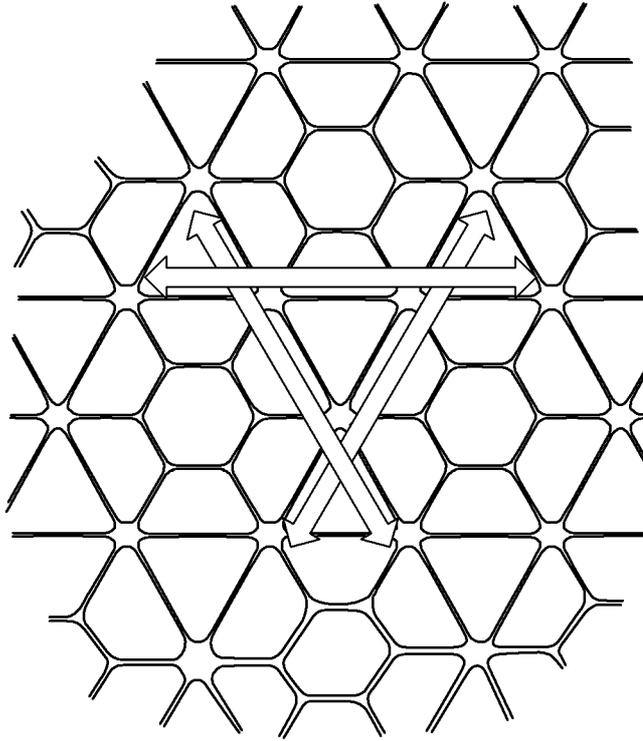
ФИГ. 3А



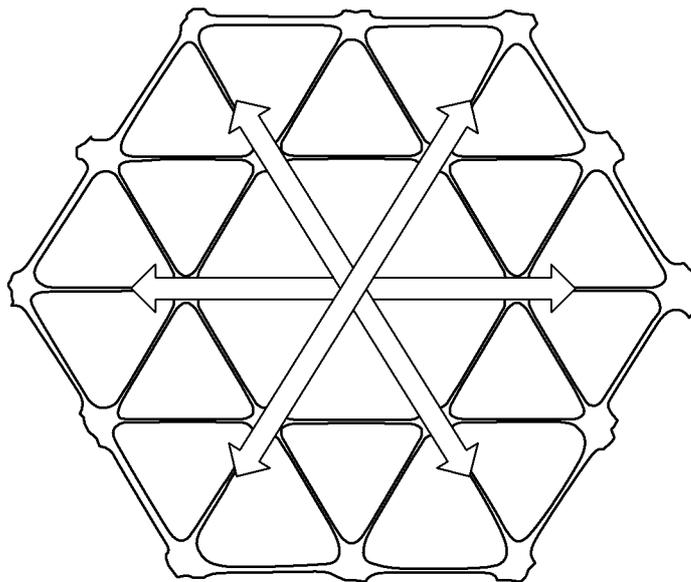
ФИГ. 3В

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

6/30

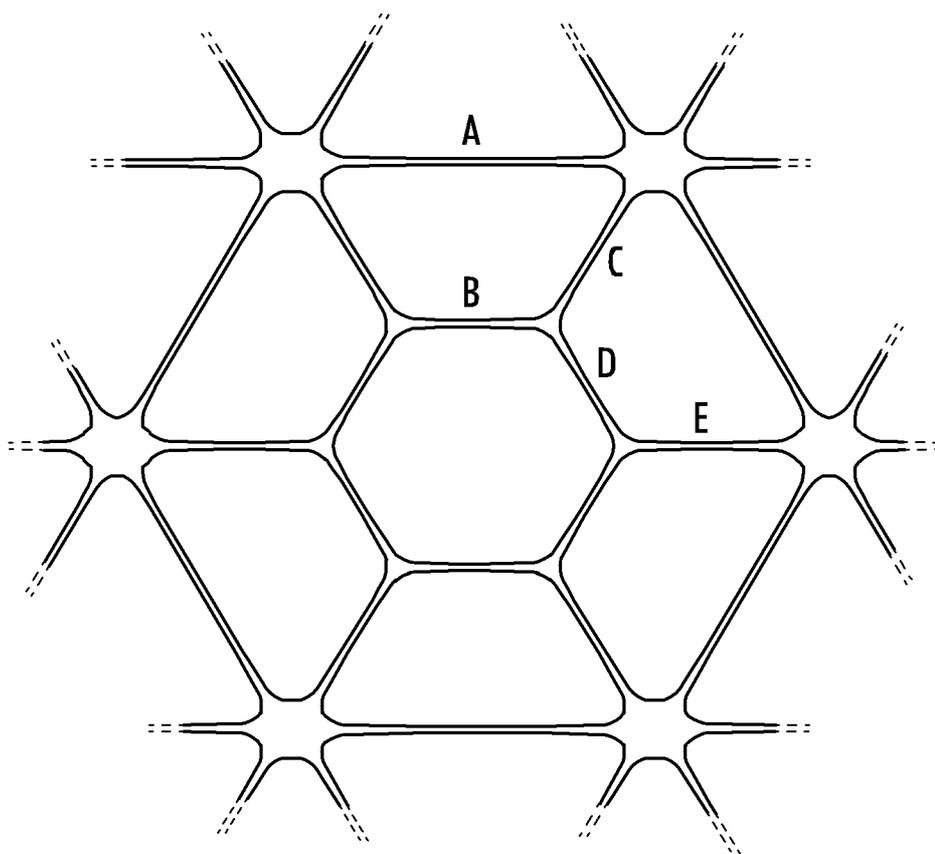


Фиг. 4А

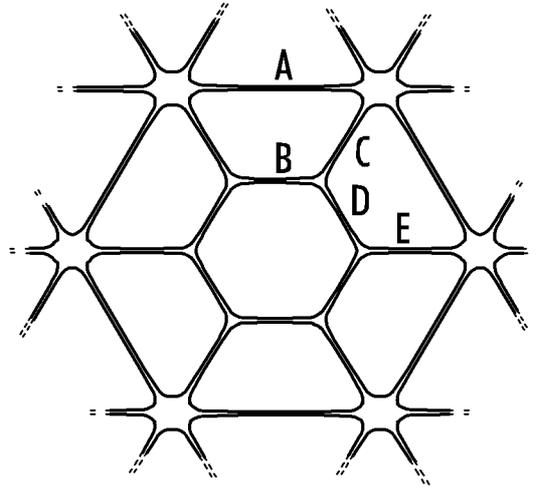


Фиг. 4В

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



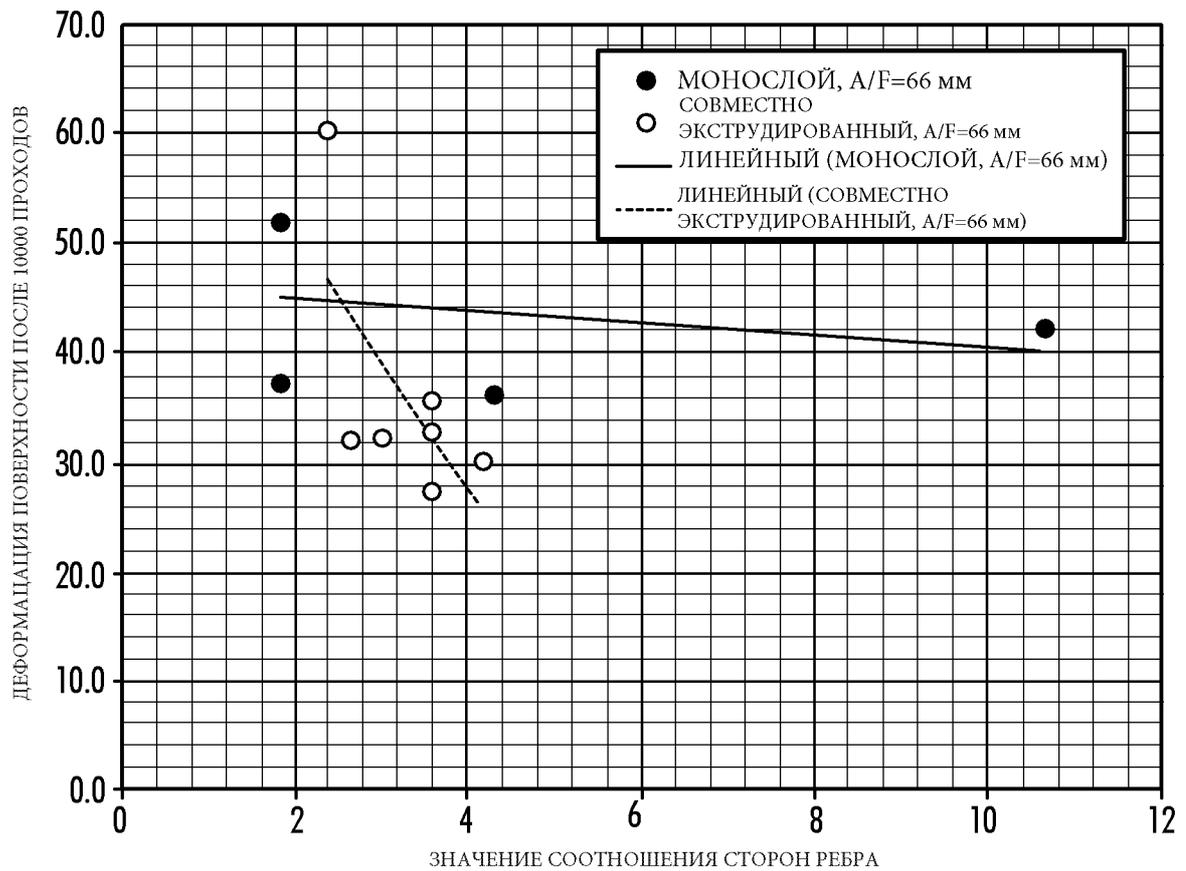
Фиг. 5



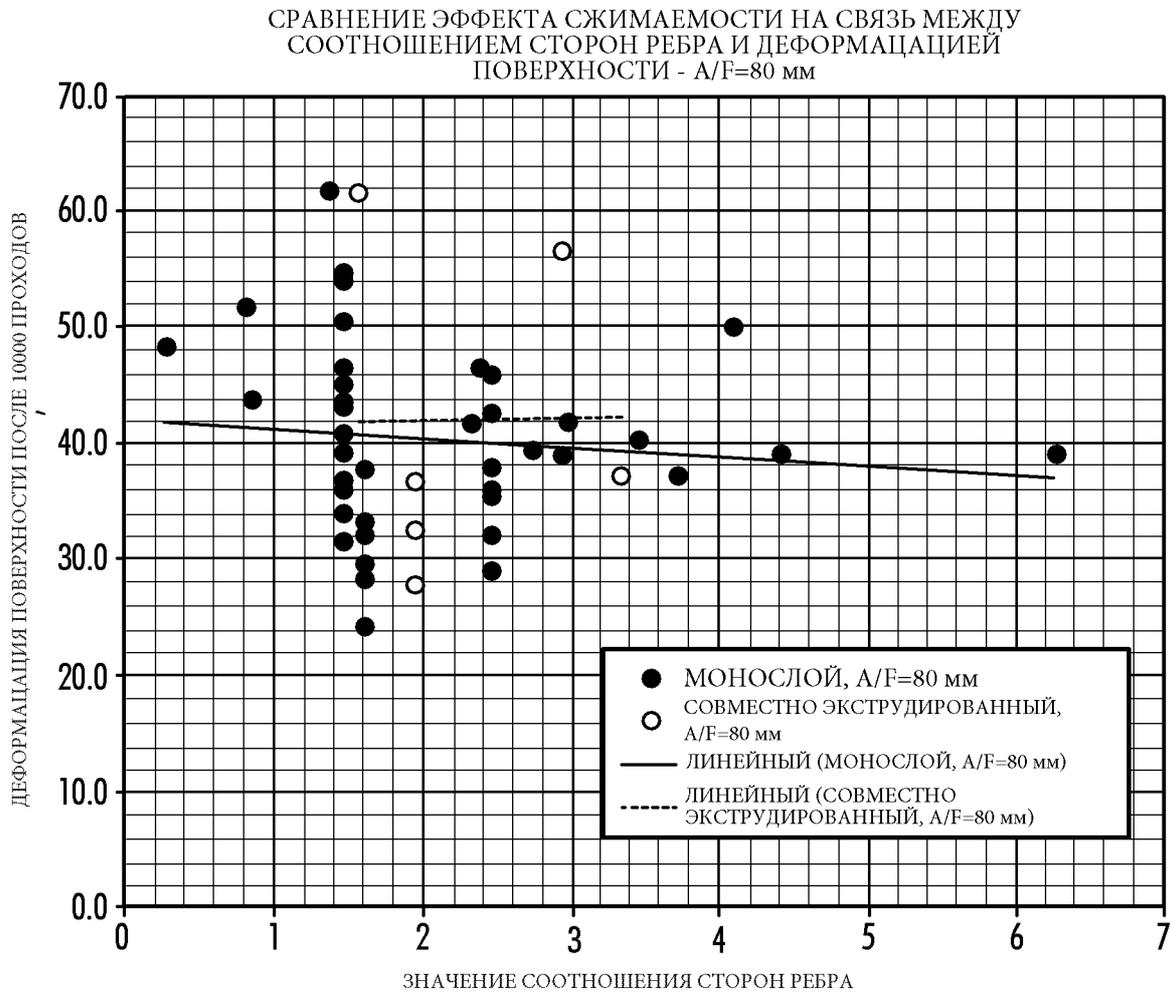
СТРУКТУРИР. НЕОДНОРОДН.		МОНОСЛОЙ		
		4.45мм	5.45мм	6.45мм
A	2.86	1.47	1.62	1.85
B	2.12 (самое низкое)	-	-	-
C	2.90 (самое высокое)	-	-	-
D	2.53	-	-	-
E	2.40	-	-	-
Среднее значение соотношения сторон ребра	2.66	1.47	1.62	1.85

Фиг.6

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТА СЖИМАЕМОСТИ НА СВЯЗЬ
МЕЖДУ СООТНОШЕНИЕМ СТОРОН РЕБРА И
ДЕФОРМАЦИЕЙ ПОВЕРХНОСТИ - $A/F=66$ мм

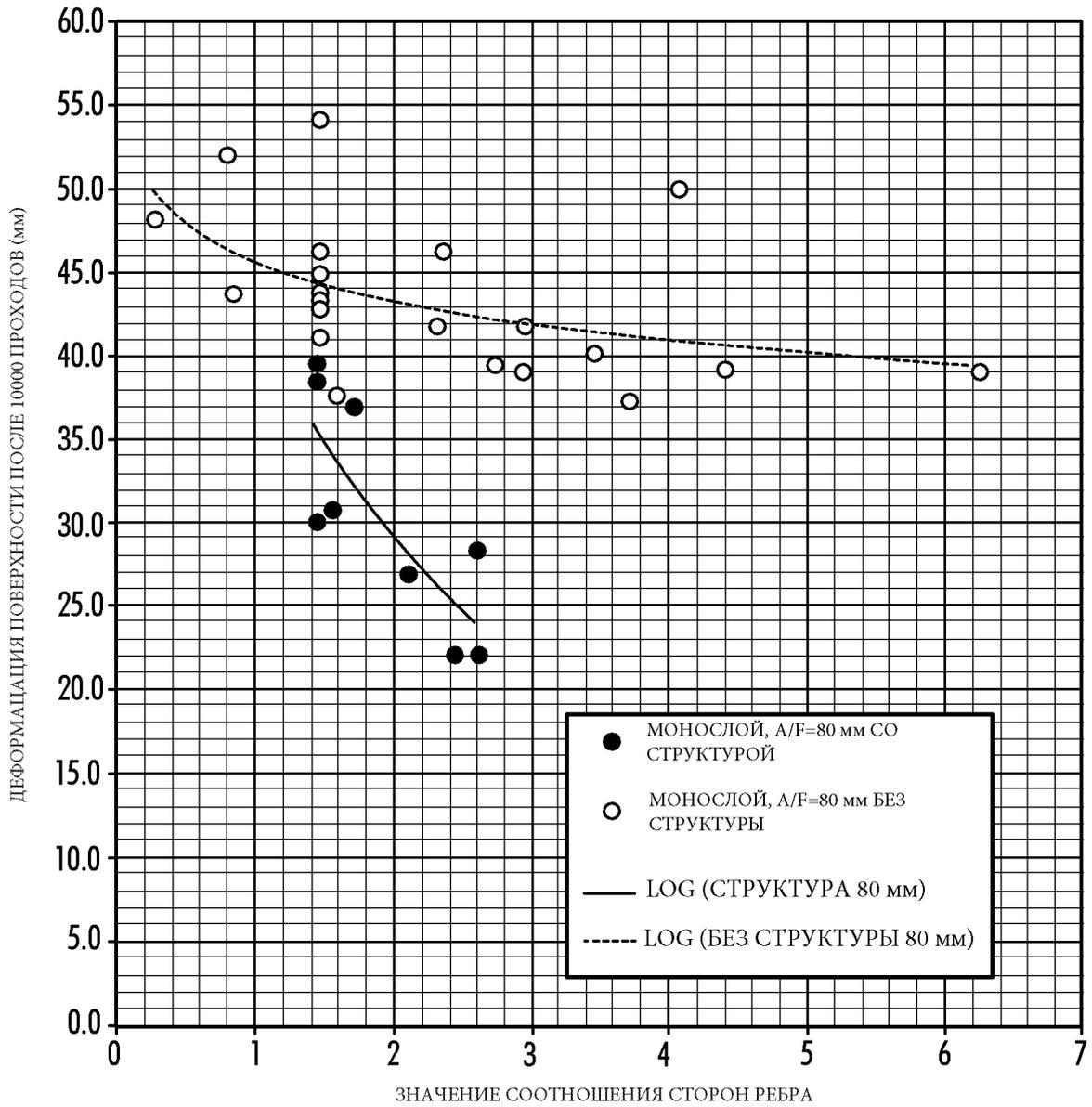


Фиг. 7

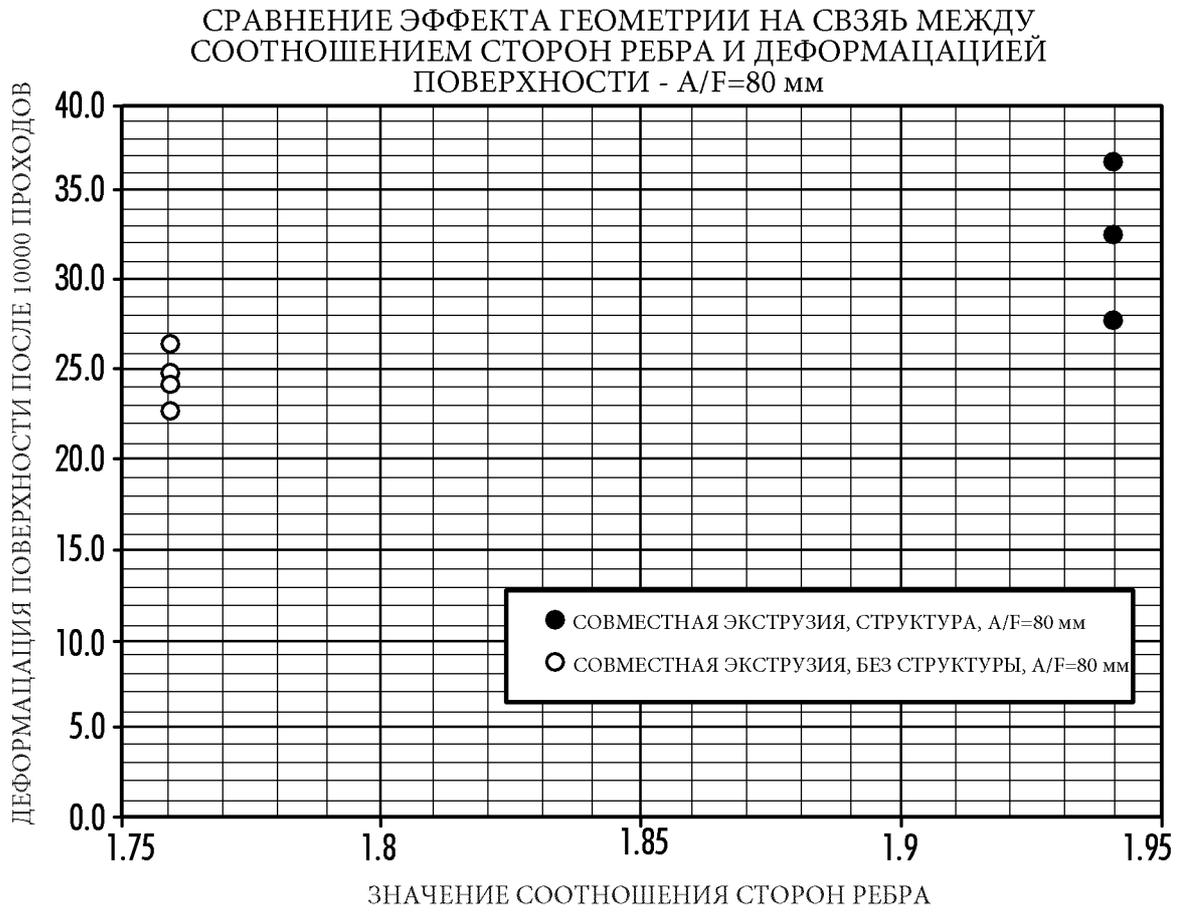


Фиг.8

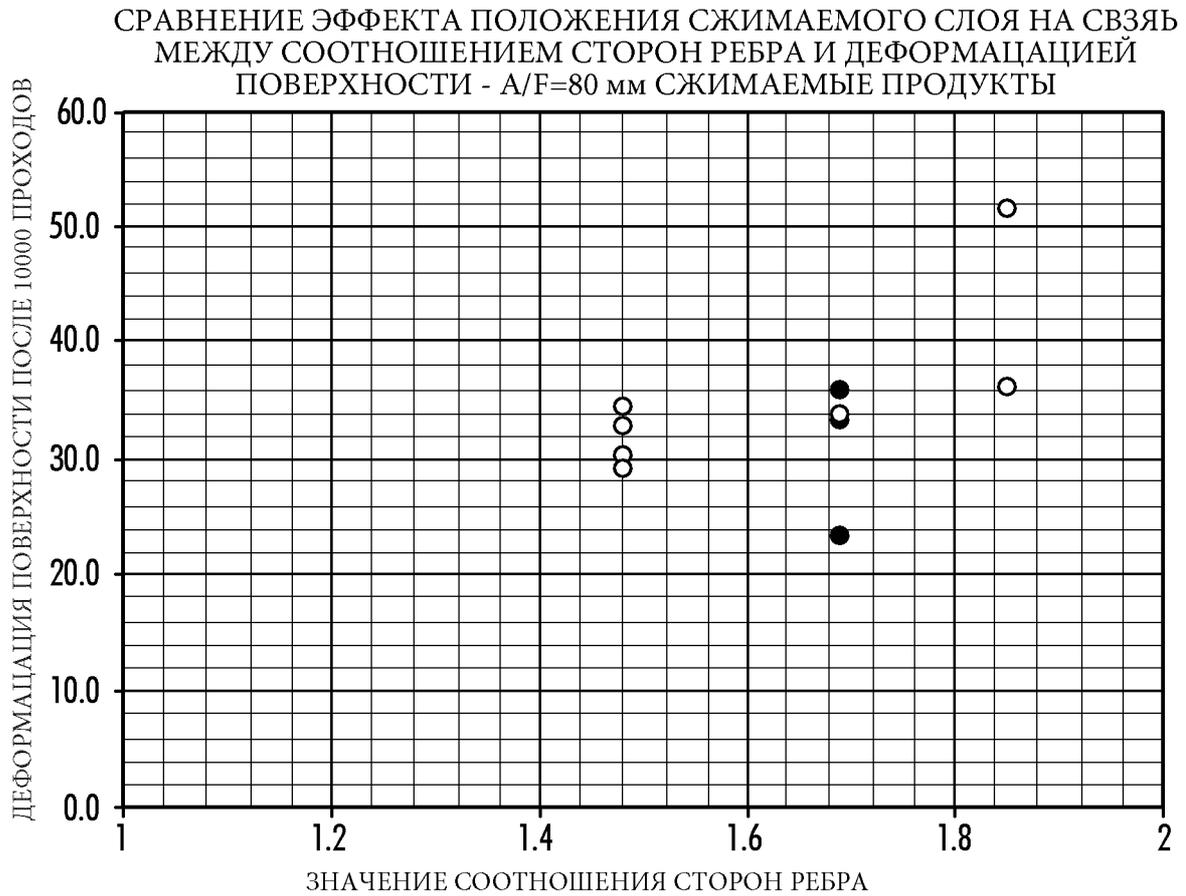
СРАВНЕНИЕ БАЗОВОЙ ГЕОМЕТРИИ НА СПОСОБНОСТЬ
СООТНОШЕНИЯ СТОРОН РЕБРА ВЛИЯТЬ НА
ДЕФОРМАЦИЮ ПОВЕРХНОСТИ



Фиг. 9

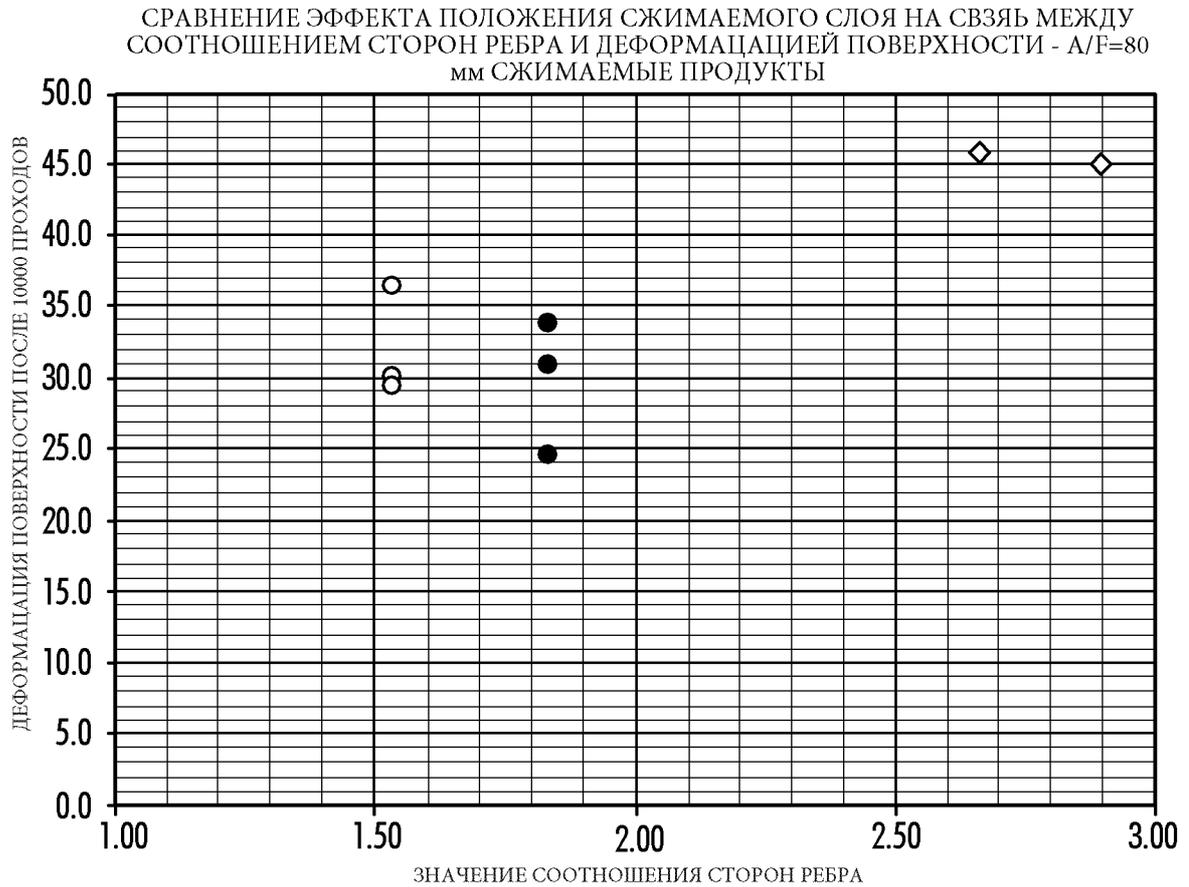


Фиг.10



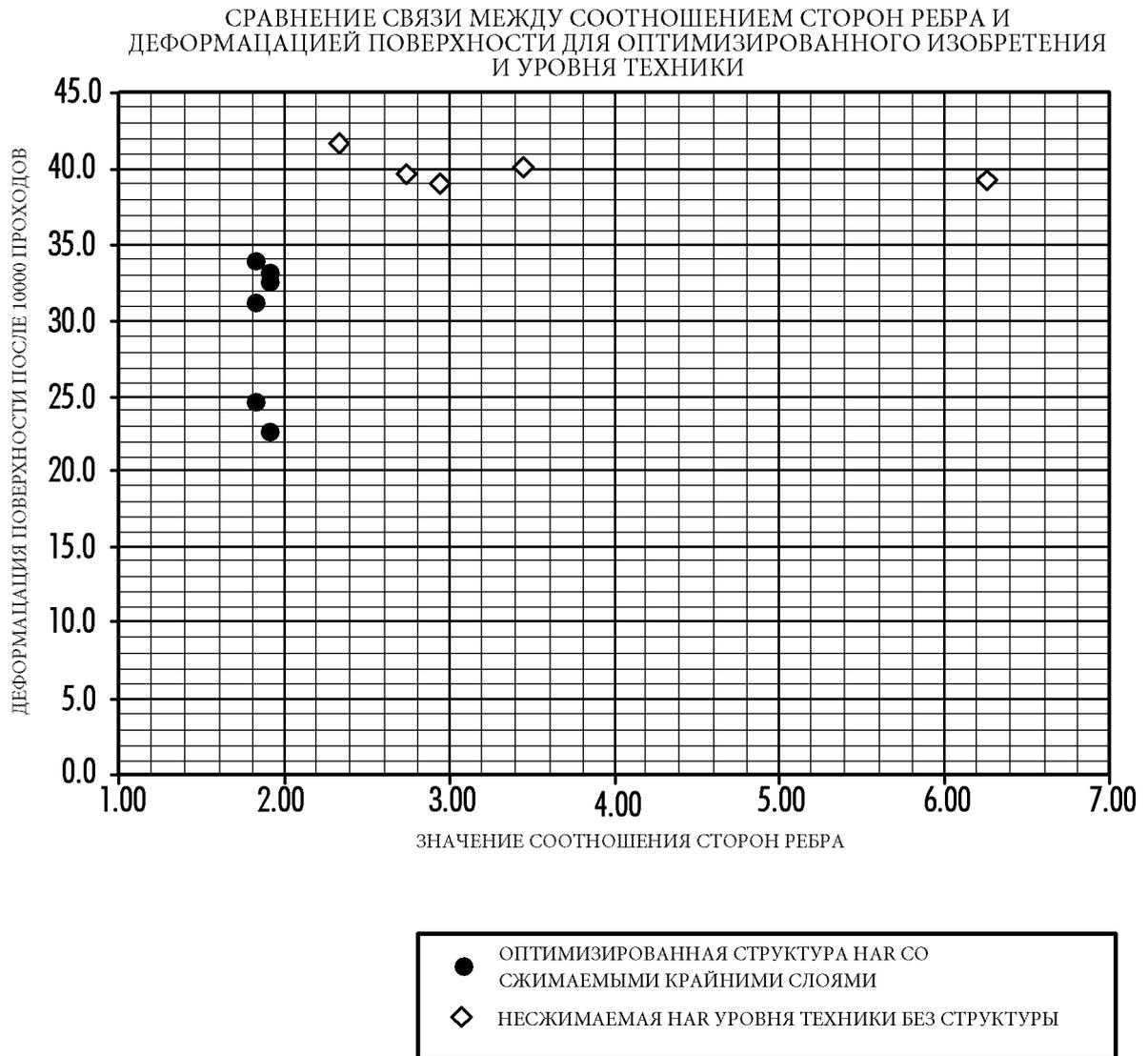
Фиг.11

- СОВМЕСТНАЯ ЭКСТРУЗИЯ, СТРУКТУРА, $A/F=80$ мм, СЖИМАЕМЫЕ КРАЙНИЕ СЛОИ
- СОВМЕСТНАЯ ЭКСТРУЗИЯ, СТРУКТУРА, $A/F=80$ мм, СЖИМАЕМЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СЛОЙ



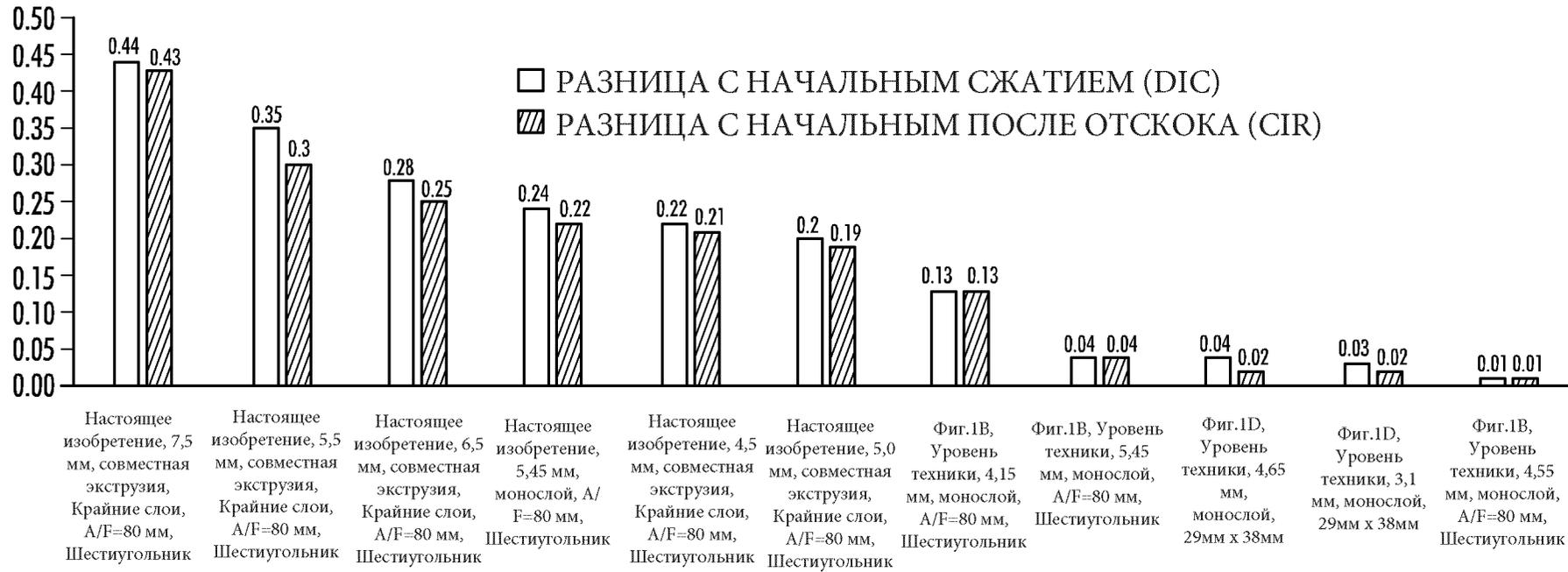
Фиг. 12

- СОВМЕСТНАЯ ЭКСТРУЗИЯ, СТРУКТУРА, A/F=80 мм, СЖИМАЕМЫЕ КРАЙНИЕ СЛОИ
- СОВМЕСТНАЯ ЭКСТРУЗИЯ, СТРУКТУРА, A/F=80 мм, 5 СЛОВ 2X СЖИМАЕМЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СЛОЙ
- ◇ НАР НЕ СЖИМАЕМАЯ, УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



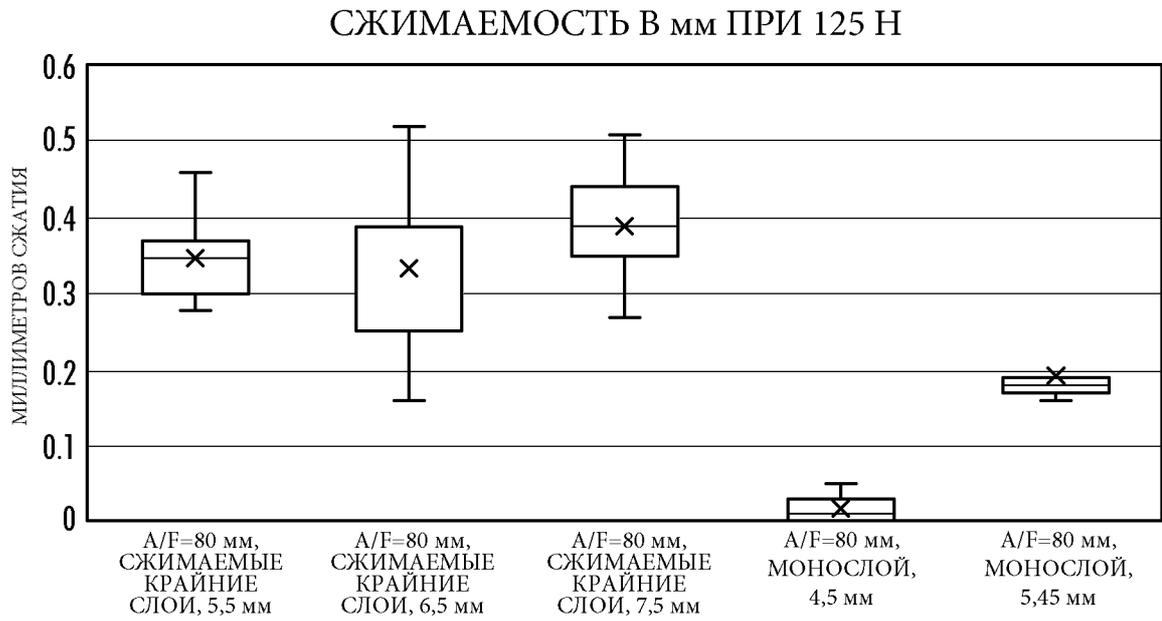
Фиг. 13

СЖАТИЕ (мм)



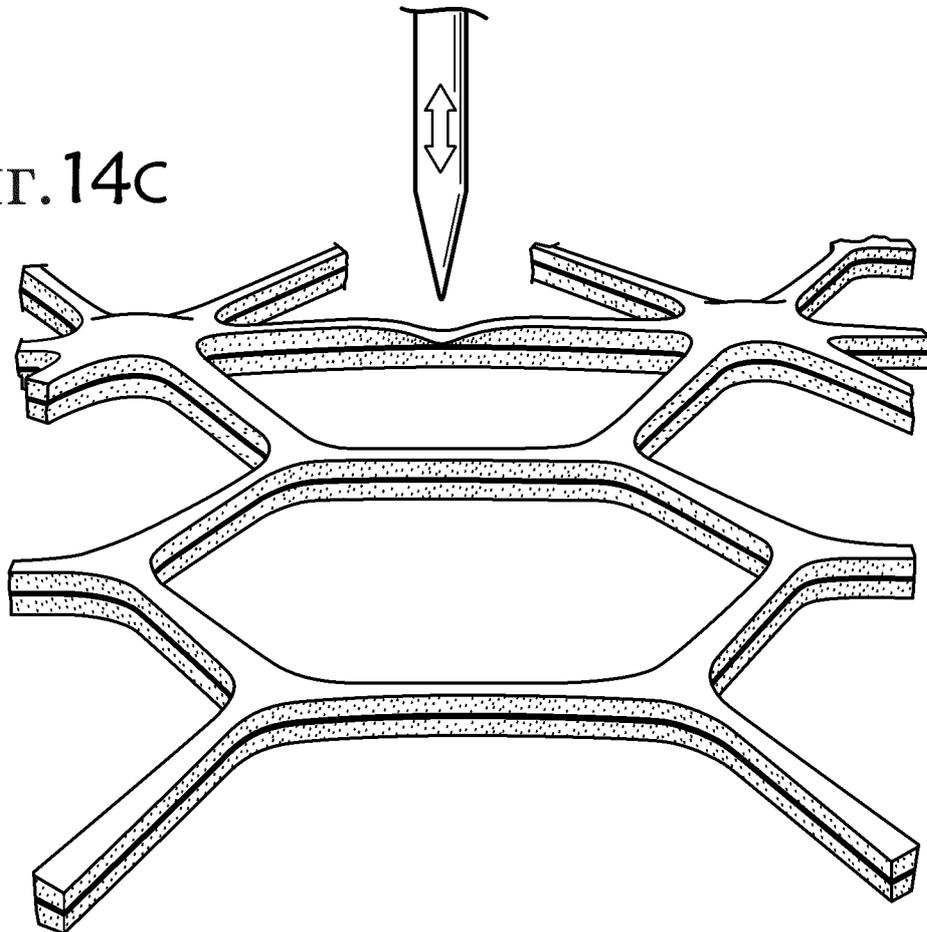
Фиг.14А

17/30

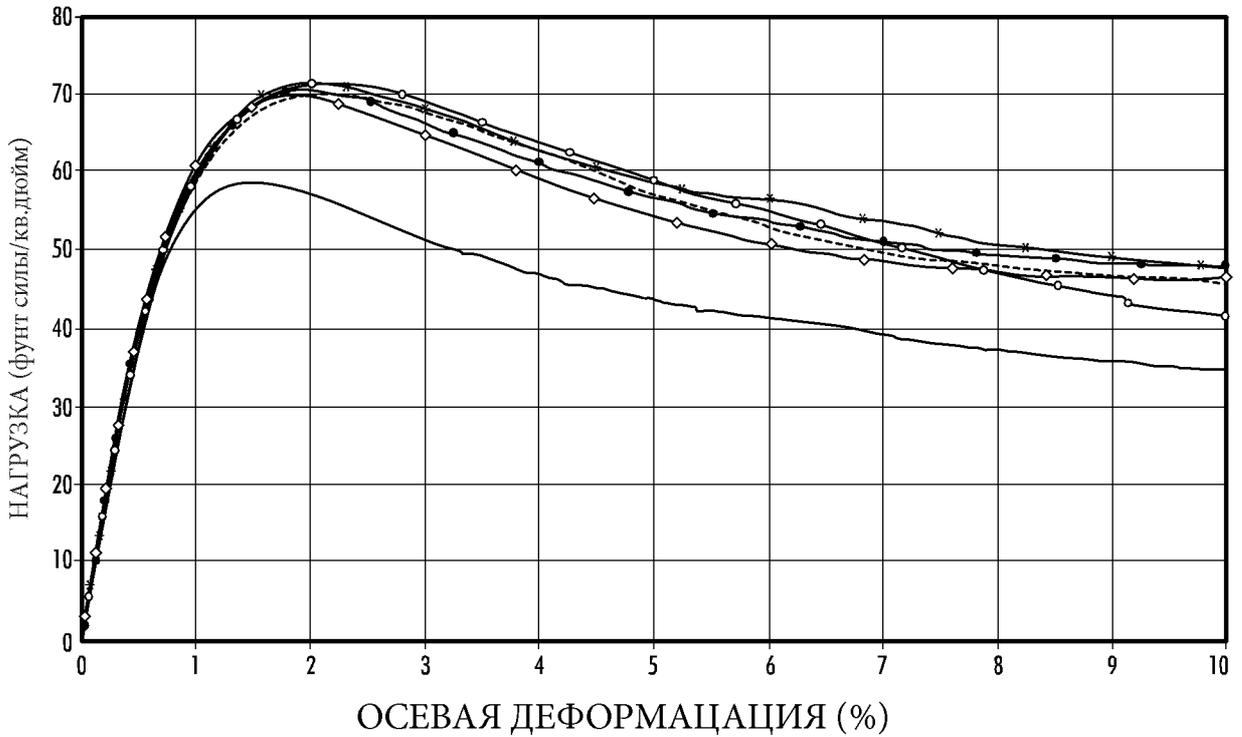


Фиг.14в

Фиг.14с



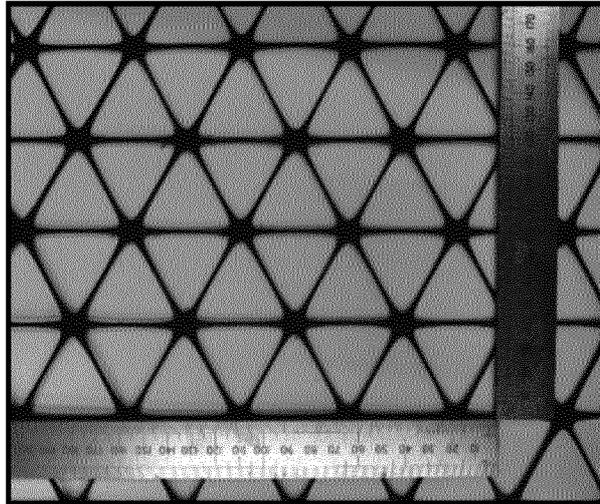
РЕШЕТКИ СТРУКТУРЫ (СРЕДН.)



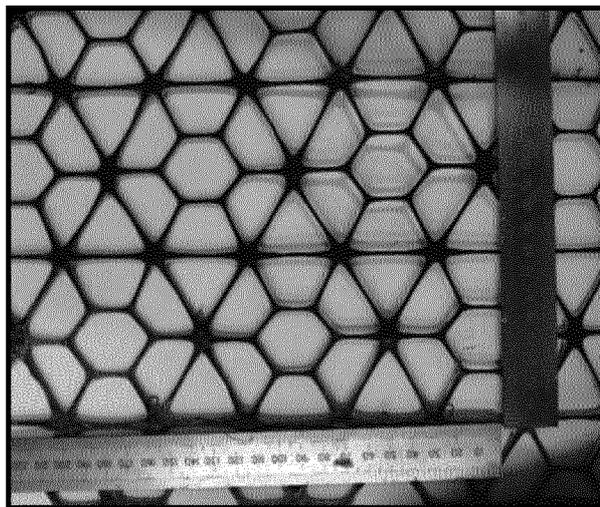
Фиг. 15

	СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ	
	МАКСИМАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (фунт силы/кв.дюйм)	ДЕФОРМАЦИЯ ПРИ МАКСИМАЛЬНОМ НАПРЯЖЕНИИ (%)
— КОНТРОЛЬ	55.9	1.81
----- СТРУКТУРА РЕШЕТКА А	70.2	2.17
—●— СТРУКТУРА РЕШЕТКА В	71.1	2.08
—○— СТРУКТУРА РЕШЕТКА С	71.6	2.27
—◆— СТРУКТУРА РЕШЕТКА D	71.0	1.92
—◇— СТРУКТУРА РЕШЕТКА E	70.1	1.82
—*— СТРУКТУРА РЕШЕТКА F	72.0	2.07

19/30



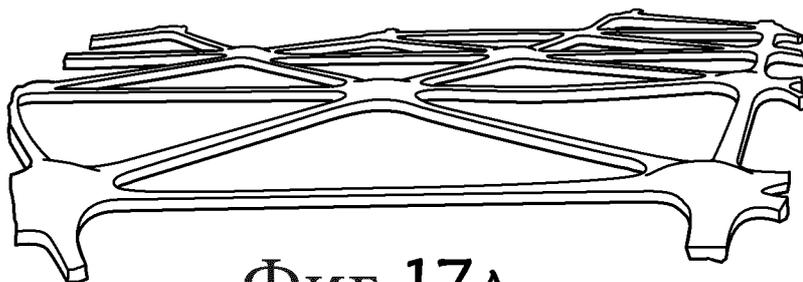
ФИГ.16А
УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



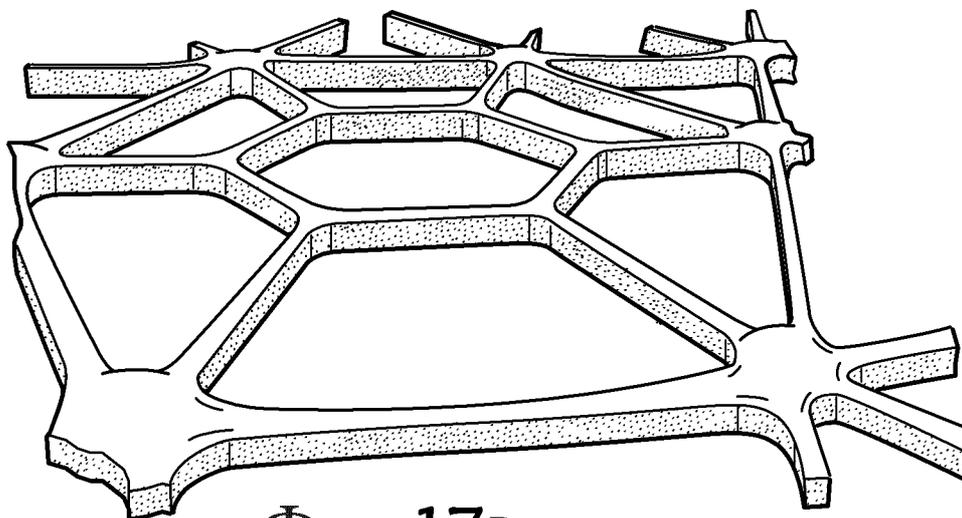
ФИГ.16В

	ФИГ.16В	ФИГ.16А
Неориентированные узлы на м2, (Измеренные и экстраполированные)	384	480
Ориентированные элементы, работающие на растяжение на м2	2224	1424
Открытая площадь	85%	85%
Средняя открытая площадь отверстия, мм2	588 (см. Развертку)	794

ФИГ.16С

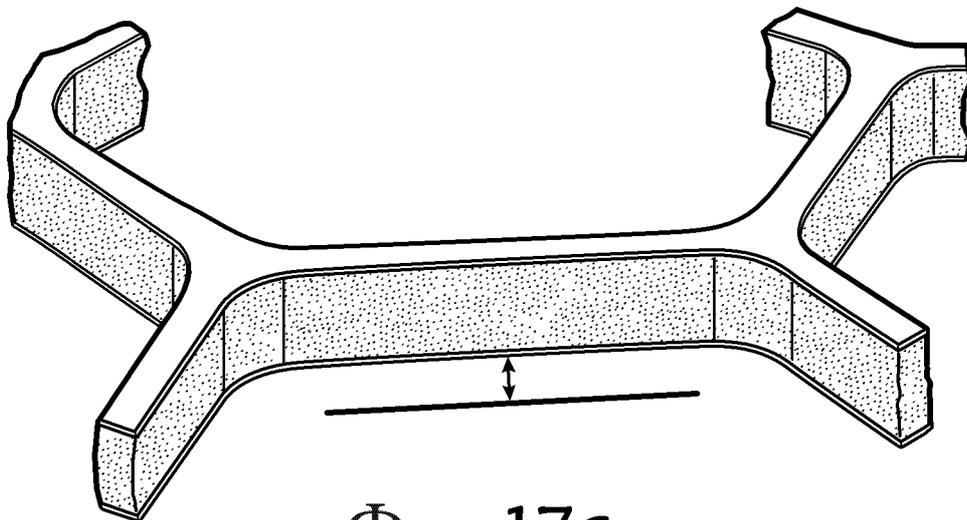


ФИГ.17А
УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

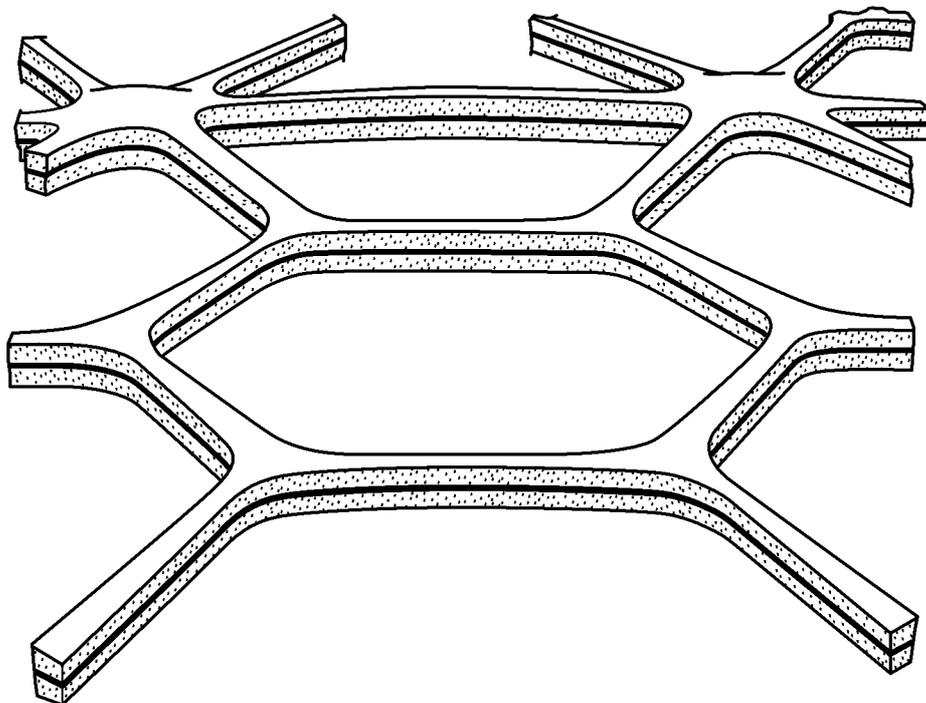


ФИГ.17В

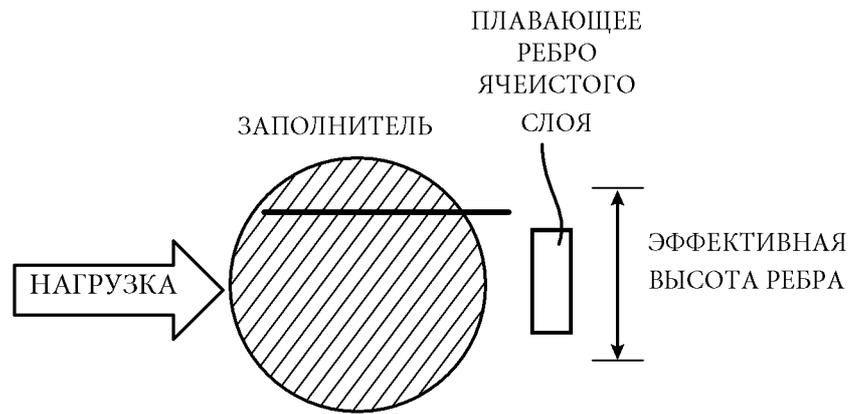
21/30



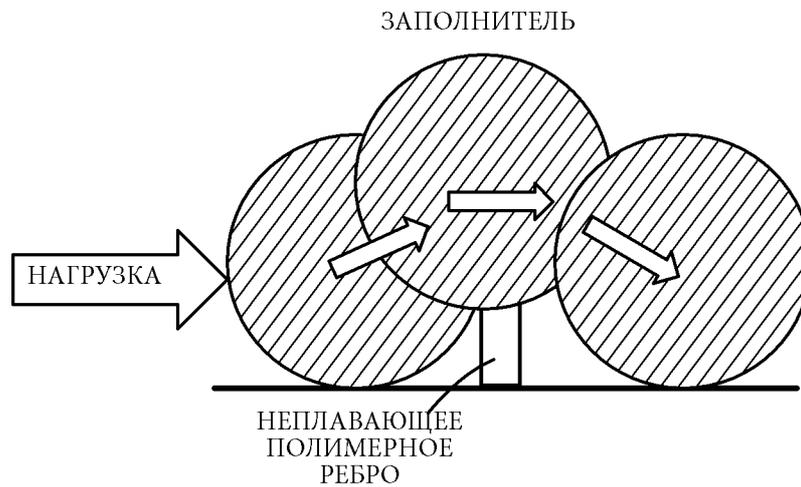
Фиг.17С



Фиг.17D

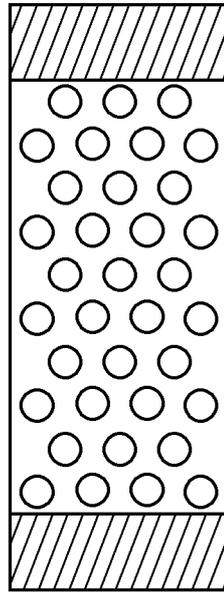


Фиг.18А

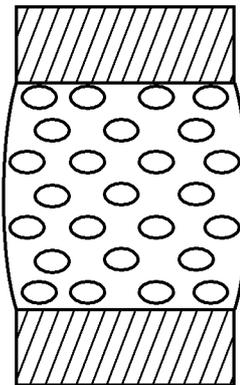


Фиг.18В

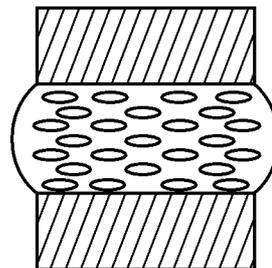
ФИГ.19А



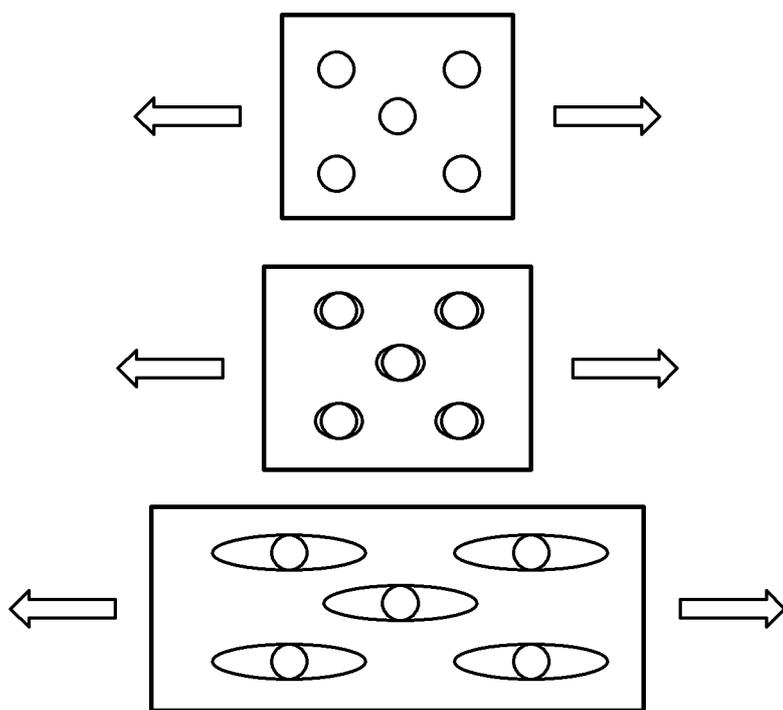
ФИГ.19В



ФИГ.19С

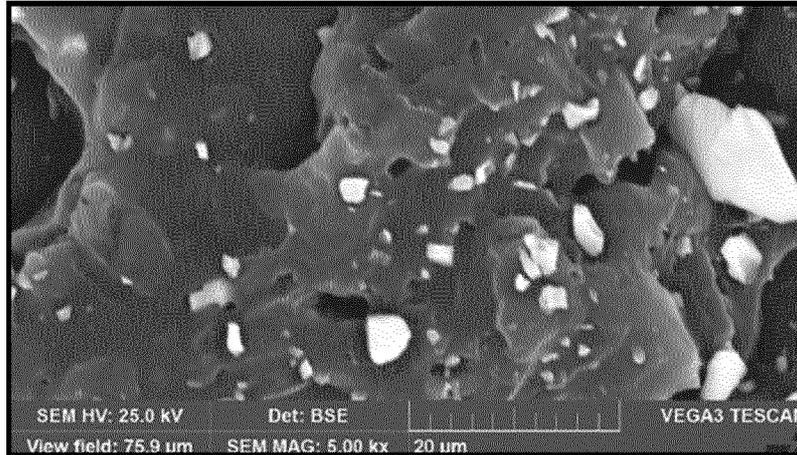


24/30



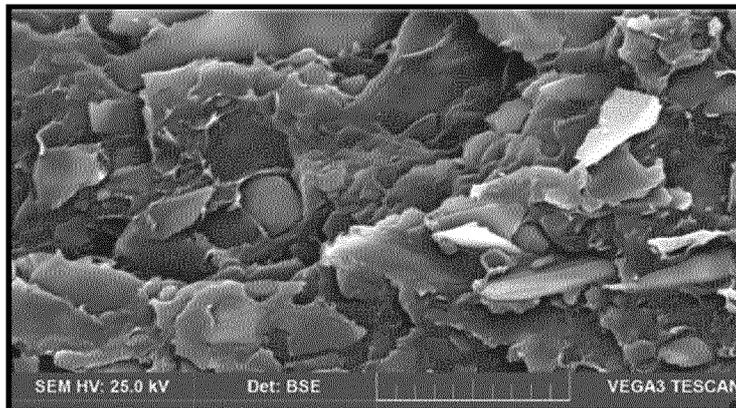
ФИГ. 20

25/30



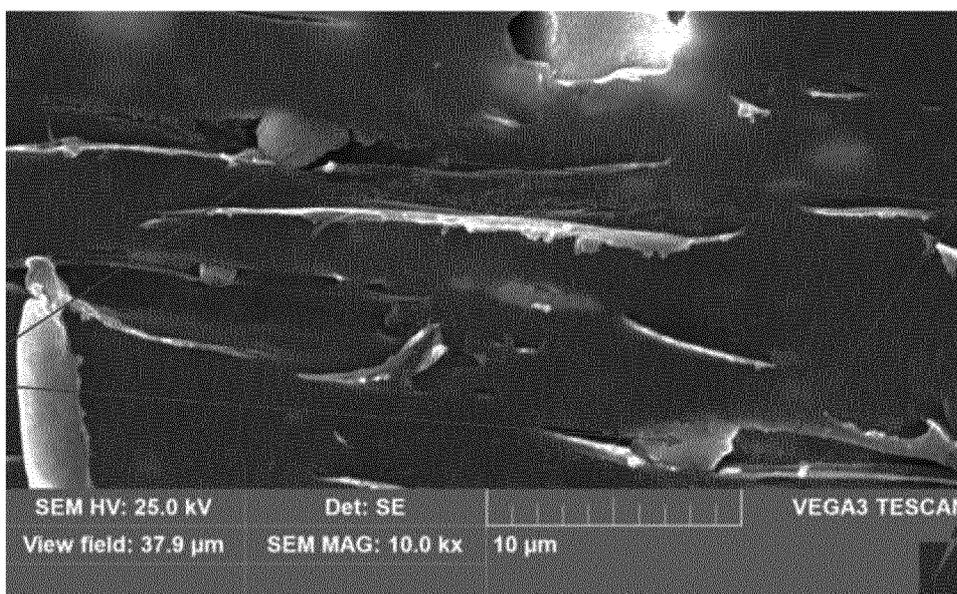
ДОБАВКИ С ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИЕЙ 2Х ИЛИ БОЛЬШЕ ЧЕМ
ПП НЕ СВЯЗЫВАЮТСЯ С ПП И НЕ ИНКАПСУЛИРУЮТСЯ,
ОБЕСПЕЧИВАЯ ПП ВОЗМОЖНОСТЬ СЖИМАТЬСЯ ВОКРУГ
ГРАНИЦЫ ПП/ЧАСТИЦА

Фиг. 21А



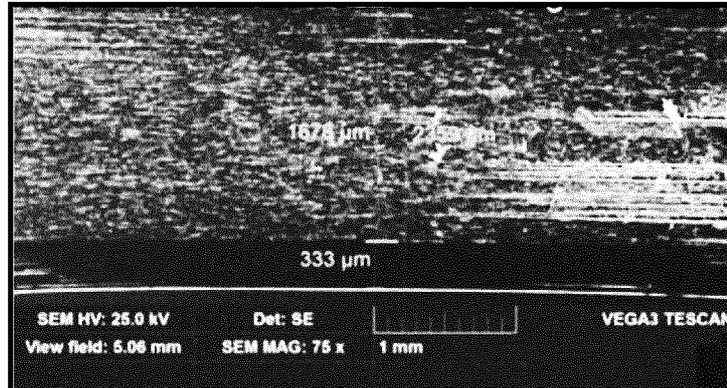
ДОБАВКИ С ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИЕЙ, ПРИБЛИЖАЮЩЕЙСЯ К
ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ ПП ЛИБО СКЛЕИВАЕТСЯ ИЛИ
ИНКАПСУЛИРУЕТСЯ ПП, КОТОРЫЙ ОГРАНИЧИВАЕТ
СЖИМАЕМОСТЬ И СООТВЕТСТВУЮЩУЮ ЖЕСТКОСТЬ

Фиг. 21В



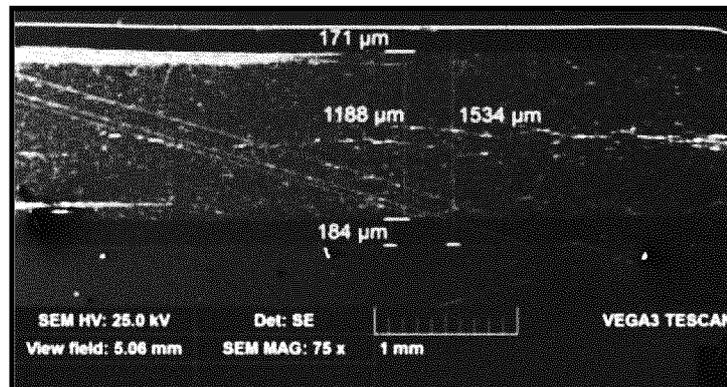
Фиг. 22

27/30



ПРОДОЛЬНЫЙ ВИД РЕБРА – БЕЛЫЕ ПОЛОСКИ ПОКАЗЫВАЮТ
ПУСТОТЫ СЛАБОГО УВЕЛИЧЕНИЯ, СОЗДАЮЩИЕСЯ ВО ВРЕМЯ
РАСТЯЖЕНИЯ, НО ДО СЖАТИЯ - ВЫСОТА 2,4 ММ.

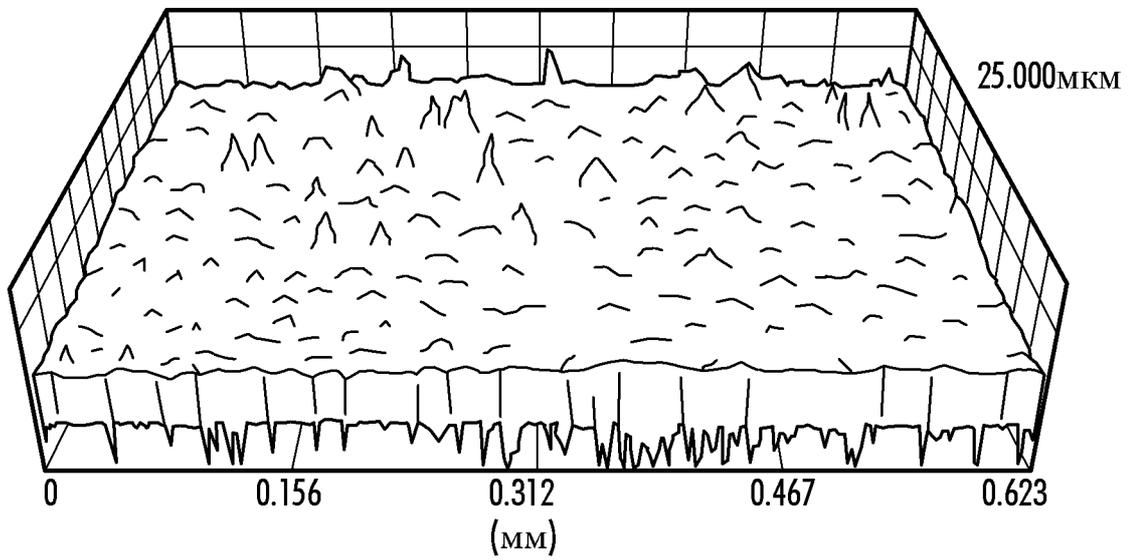
ФИГ. 23А



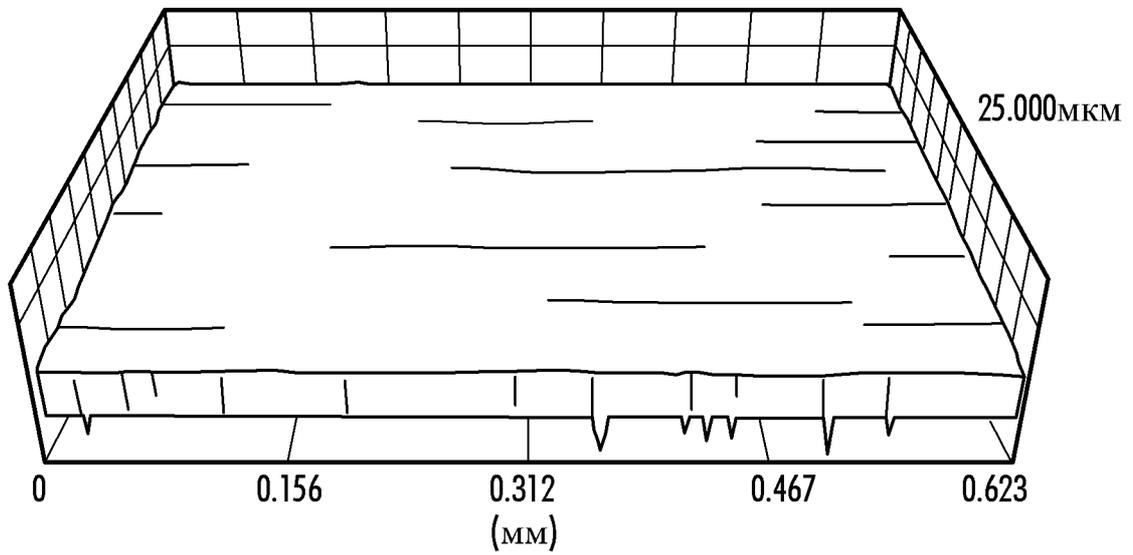
ПРОДОЛЬНЫЙ ВИД РЕБРА – БЕЛЫЕ ПОЛОСКИ ПОЧТИ
ИСЧЕЗЛИ - РАЗРУШИЛОСЬ/СДАВИЛОСЬ ВО ВРЕМЯ
ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОСТИ НАГРУЗКА.
ТОЛЩИНА УМЕНЬШИЛАСЬ С 2,4 ДО 1,5 ММ.

ФИГ. 23В

28/30

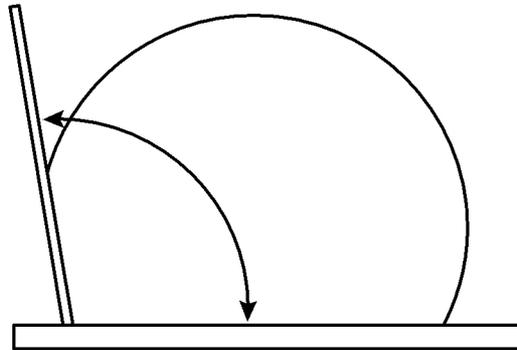


ФИГ. 24А



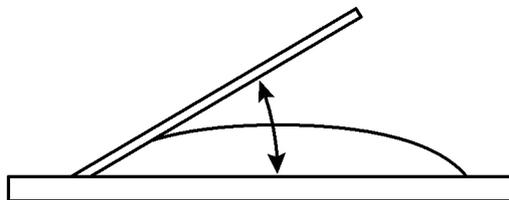
ФИГ. 24В

29/30



БОЛЬШОЙ УГОЛ КОНТАКТА
НИЗКАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ
ХОРОШЕЕ ОТДЕЛЕНИЕ, СВОЙСТВА НЕПРИЛИПАНИЯ

Фиг.25А

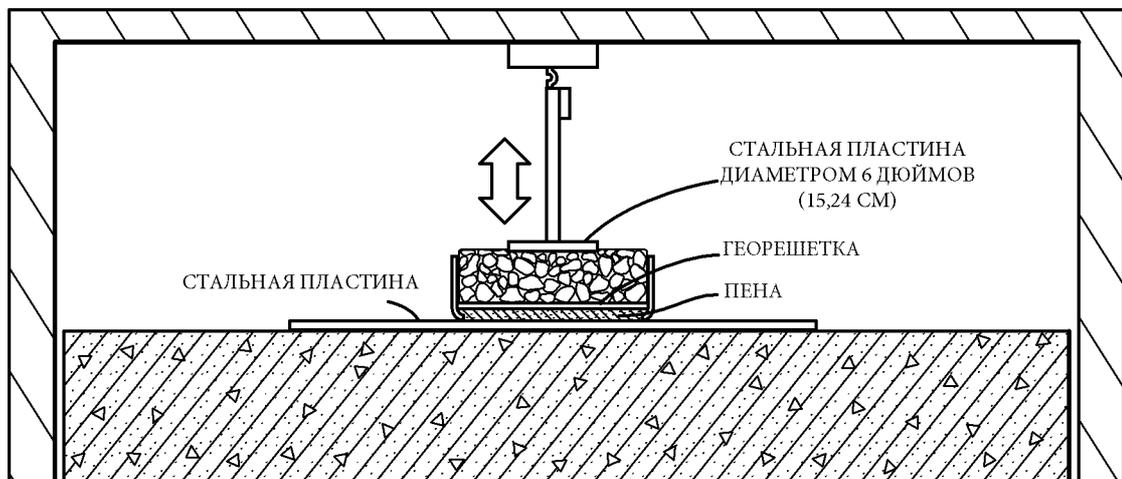


МАЛЫЙ УГОЛ КОНТАКТА
ВЫСОКАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ
ПЛОХОЕ ОТДЕЛЕНИЕ, ПЛОХИЕ СВОЙСТВА НЕПРИЛИПАНИЯ

Фиг.25В

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ПОЧВЫ ПРИ ПОМОЩИ НАГРУЖЕННОЙ ПЛИТЫ



Фиг.26