

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202392404** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.10.26

(51) Int. Cl. *B29C 48/21* (2019.01)
B29C 48/00 (2019.01)
B29C 48/18 (2019.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.12.21

(54) МНОГОСЛОЙНЫЕ ЦЕЛЬНЫЕ ГЕОРЕШЕТКИ С ЯЧЕЙСТОЙ СТРУКТУРОЙ СЛОЕВ И СПОСОБЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

(31) 63/154,209; 63/154,588

(72) Изобретатель:

(32) 2021.02.26

Кавано Джозеф, Тияджи Манодж

(33) US

Кумар, Бейкер Дэниэл Марк (US),

(86) PCT/US2021/064556

Кёрсон Эндрю, Дженкинс Том-Росс,

(87) WO 2022/182412 2022.09.01

Уоллер Эндрю Эдвард, Галлахер

(71) Заявитель:

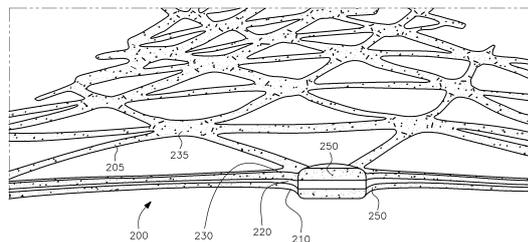
Дэниэл Джон (GB)

ТЕНСАР ИНТЕРНЭШНЛ
КОРПОРЕЙШН (US)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Многослойная цельная георешетка, включающая в себя один или более ячеистых слоев, имеет множество ориентированных многослойных прядей, соединенных друг с другом посредством частично ориентированных многослойных мест соединения, с упорядоченной совокупностью отверстий, образованных в ней. Многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, изготовлена из многослойного полимерного исходного листа, полученного совместной экструзией или ламинированием. Цельная георешетка имеет многослойную структуру, при этом по меньшей мере один ее наружный слой имеет ячеистую структуру. Благодаря ячеистой структуре слоев многослойная цельная георешетка обеспечивает увеличенную сжимаемость слоев в вертикальном направлении под нагрузкой, что приводит к улучшенным характеристикам материала, которые обеспечивают улучшенные эксплуатационные характеристики при использовании многослойной цельной георешетки для стабилизации и укрепления грунта, заполнителей или других материалов в виде частиц.



A1

202392404

202392404

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-578760EA/025

МНОГОСЛОЙНЫЕ ЦЕЛЬНЫЕ ГЕОРЕШЕТКИ С ЯЧЕЙСТОЙ СТРУКТУРОЙ СЛОЕВ И СПОСОБЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

Данная заявка является родственной по отношению к заявке на патент США № 17/355,843, озаглавленной “Multi-Axial Integral Geogrid and Methods of Making and Using Same” («Мультиаксиальная цельная георешетка и способы ее изготовления и использования») и поданной 23 июня 2021, и Международной патентной заявке № PCT/US2021/038863, озаглавленной “Multi-Axial Integral Geogrid and Methods of Making and Using Same” («Мультиаксиальная цельная георешетка и способы ее изготовления и использования») и поданной 24 июня 2021, и притязает на преимущество приоритета по вышеуказанным заявкам; кроме того, обе указанные заявки являются родственными по отношению к предварительной заявке на патент США № 63/043,627, озаглавленной “Multi-Axial Integral Geogrid and Methods of Making and Using Same” («Мультиаксиальная цельная георешетка и способы ее изготовления и использования») и поданной 24 июня 2020, предварительной заявке на патент США № 63/154,209, озаглавленной “Multilayer Integral Geogrids Having a Cellular Layer Structure, and Methods of Making and Using Same” («Многослойные цельные георешетки с ячеистой структурой слоев и способы их изготовления и использования») и поданной 26 февраля 2021 и предварительной заявке на патент США № 63/154,588, озаглавленной “Horizontal Mechanically Stabilizing Geogrid with Improved Geotechnical Interaction” («Георешетка с улучшенным геотехническим взаимодействием, обеспечивающая механическую стабилизацию в горизонтальном направлении») и поданной 26 февраля 2021, и притязают на преимущество приоритета по вышеуказанным заявкам. Данная заявка также является родственной по отношению к патентной заявке, озаглавленной “Horizontal Mechanically Stabilizing Geogrid with Improved Geotechnical Interaction” («Георешетка с улучшенным геотехническим взаимодействием, обеспечивающая механическую стабилизацию в горизонтальном направлении») и поданной одновременно с данной заявкой. Раскрытия изобретений по указанным заявкам полностью включены в данный документ путем ссылки.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится в целом к цельным георешеткам и другим ориентированным решеткам, используемым для укрепления и стабилизации конструкций или сооружений и в других геотехнических целях. Более конкретно, настоящее изобретение относится к таким цельным георешеткам, которые имеют многослойную конструкцию, включающую в себя один или более слоев, имеющих ячеистую структуру, которая обеспечивает увеличенную сжимаемость в вертикальном направлении и улучшенные фрикционные характеристики цельной георешетки. Настоящее изобретение также относится к таким цельным георешеткам, которые обладают способностью к

контактному взаимодействию с более разнообразными и более разными по качеству заполнителями и их стабилизации, а также имеют другие желательные характеристики, раскрытые в данном документе. Настоящее изобретение также относится к грунтовым сооружениям, включающим в себя цельную георешетку по настоящему изобретению, которые отличаются улучшенными техническими характеристиками и свойствами, например, такими как плотность, жесткость, прочность и податливость.

Данное изобретение также относится к способу изготовления таких многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев. В завершение, настоящее изобретение относится к применению таких многослойных цельных георешеток для укрепления и стабилизации грунта и частиц и способам таких укрепления и стабилизации.

Применительно к данному изобретению термин «цельная георешетка» предназначен для охвата цельных георешеток и других цельных решетчатых конструкций, изготовленных посредством ориентирования (то есть растягивания) полимерного исходного материала в виде листа или листообразного профиля, имеющего требуемую толщину и имеющего отверстия или углубления, выполненные или образованные в нем.

2. Описание предшествующего уровня техники

Полимерные цельные решетчатые конструкции, имеющие ячеи, ограниченные посредством различных геометрических конфигураций из по существу параллельных ориентированных прядей и мест соединения между ними, такие как цельные георешетки, изготавливаются и продаются свыше 35 лет. Такие решетки изготавливают посредством экструзии и образования цельнолитого исходного листа, имеющего определенную схему расположения отверстий или углублений, после чего выполняют регулируемое одноосное или двуосное растягивание и ориентирование листа для получения высокоориентированных прядей (в последующем также иногда упоминаемых как ребра) и частично ориентированных мест соединения, ограничивающих ячеи, образованные отверстиями или углублениями. Такое растягивание и ориентирование листа или в одном направлении, или в двух направлениях обеспечивает повышение прочности прядей при растяжении и модуля упругости при растяжении. Данные цельные ориентированные полимерные решетчатые конструкции могут быть использованы для удерживания или стабилизации материала в виде частиц любого соответствующего вида, такого как почва, грунт, песок, глина, гравий и т.д., и в любом соответствующем месте, например, на обочине дороги или в другом месте выемки грунта или на насыпи, под поверхностью дороги, поверхностью взлетно-посадочной полосы и т.д.

Были выполнены эксперименты с различными формами и схемами расположения отверстий для обеспечения больших значений отношения прочности к массе или для достижения более высоких скоростей обработки во время процесса изготовления. Ориентирование выполняют при регулируемых температурах и скоростях деформирования. Некоторые из переменных в данном процессе включают степень вытяжки, молекулярную массу, молекулярно-массовое распределение и степень разветвления или сшивания полимера.

Изготовление и применение таких цельных георешеток и других цельных решетчатых конструкций могут быть осуществлены посредством хорошо известных способов. Как подробно описано в патентах США №№ 4,374,798 на имя Mercer (Мерсер), 4,590,029 на имя Mercer, 4,743,486 на имя Mercer и Martin, 4,756,946 на имя Mercer и 5,419,659 на имя Mercer, исходный полимерный листовой материал сначала экструдировывают и затем подвергают пробивке для образования требуемой схемы расположения отверстий или углублений. После этого цельную георешетку образуют посредством требуемого растягивания и ориентирования перфорированного листового материала.

Такие цельные георешетки, как моноосиальные цельные георешетки, так и биосиальные цельные георешетки (называемые совместно «цельными георешетками» или по отдельности «моноосиальной (-ыми) цельной (-ыми) георешеткой (-ами)» или «биосиальной (-ыми) цельной (-ыми) георешеткой (-ами)»), были изобретены вышеупомянутым Мерсером в конце 1970-х и имели огромный коммерческий успех в течение последних 35 лет, поскольку они полностью революционизировали технологию укрепления грунтов, оснований дорожного полотна и других строительных сооружений, образованных из гранулированных материалов или материалов в виде частиц.

Мерсер обнаружил, что, имея вначале относительно толстый, по существу унипланарный полимерный исходный лист предпочтительно с толщиной порядка 1,5 мм (0,059055 дюйма) - 4,0 мм (0,15748 дюйма), имеющий схему расположения отверстий или углублений, центры которых расположены на горизонтальных и вертикальных линиях, образующих воображаемую, по существу квадратную или прямоугольную сетку, и растягивая исходный лист или по одной оси, или по двум осям так, чтобы ориентированные пряди доходили до мест соединения, можно образовать полностью новую, по существу унипланарную цельную георешетку. Как описано Мерсером, «унипланарная» означает, что все зоны листообразного материала являются симметричными относительно средней плоскости листообразного материала.

В патентах США №№ 3,252,181 на имя Hureau, 3,317,951 на имя Hureau, 3,496,965 на имя Hureau, 4,470,942 на имя Veretta, 4,808,358 на имя Veretta и 5,053,264 на имя Veretta исходный материал с требуемой схемой расположения отверстий или углублений образуют при экструзии полимера в виде цилиндра, и реальную унипланарность обеспечивают посредством пропускания экструдированного материала поверх расширяющегося дорна. После этого расширенный цилиндр разрезают в продольном направлении для получения плоского, по существу унипланарного исходного листа.

Другая цельная георешетка описана в патенте США № 7,001,112 на имя Walsh (в дальнейшем «патент '112 на имя Walsh»), принадлежащем компании Tensar International Limited, ассоциированной компании правообладателя по заявке на патент, рассматриваемой в данный момент, а именно Tensar International Corporation, Inc. (в дальнейшем «Tensar»), Атланта, Джорджия. В патенте '112 на имя Walsh раскрыты ориентированные полимерные цельные георешетки, включая растянутую по двум осям, цельную георешетку, в которой ориентированные пряди образуют треугольные ячейки с

частично ориентированным местом соединения в каждом углу, и с шестью высокоориентированными прядями, пересекающимися в каждом месте соединения (в дальнейшем иногда упоминаемую в данном документе как «триаксиальная цельная георешетка»). Триаксиальные цельные георешетки по патенту '112 на имя Walsh были выведены на рынок компанией Tensar со значительным успехом.

Еще одна цельная георешетка раскрыта в патентах США №№ 9,556,580 на имя Walsh, 10,024,002 на имя Walsh и 10,501,896 на имя Walsh, которые все принадлежат компании Tensar Technologies Limited, другой ассоциированной компании правообладателя по заявке на патент, рассматриваемой в данный момент. В вышеупомянутых патентах США №№ 9,556,580, 10,024,002 и 10,501,896 на имя Walsh раскрыта цельная георешетка, имеющая то, что известно специалисту в данной области техники как высокое характеристическое отношение, то есть отношение толщины или высоты поперечного сечения пряди к ширине поперечного сечения пряди, которое составляет более 1,0. Несмотря на то, что было показано, что эксплуатационные характеристики мультиаксиальных цельных георешеток могут быть улучшены посредством использования конструкции георешетки, которая имеет ребра с характеристическим отношением, превышающим 1,0, увеличение характеристического отношения сопровождается увеличением общего количества требуемого полимера, что приводит к увеличению массы и стоимости георешетки.

Полимерные материалы, используемые при изготовлении цельных георешеток, традиционно представляли собой гомополимер или сополимер полипропилена с высокой молекулярной массой и высокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. Различные добавки, такие как стабилизаторы, препятствующие воздействию ультрафиолетового излучения, сажа, технологические добавки и т.д., добавляют к данным полимерам для обеспечения заданных эффектов в готовом изделии и/или эффективности производства.

Кроме того, исходный материал для изготовления таких цельных георешеток также традиционно, как правило, представлял собой по существу унипланарный лист, который имеет однослойную структуру, то есть однородный один слой полимерного материала.

Несмотря на то, что цельная георешетка, изготовленная из вышеописанных известных исходных материалов, имеет в основном удовлетворительные свойства, по соображениям, связанным с конструкцией и экономическими характеристиками, предпочтительно изготавливать цельные георешетки, которые, будучи включенными в грунтовые сооружения, обеспечивают относительно более высокую степень жесткости, соответствующую требованиям, связанным с определенными применениями, такими как укрепление геосинтетических материалов, или имеют другие свойства, желательные для конкретного применения геосинтетических материалов.

Таким образом, существует потребность в исходном материале, который не только соответствует технологическим ограничениям, связанным с изготовлением цельных георешеток, но и также является таким, который после изготовления цельной георешетки и при эксплуатации обеспечивает более высокую степень жесткости грунтового

сооружения по сравнению с той, которая соответствует известным исходным материалам георешеток, или обеспечивает другие желательные свойства, отсутствующие в случае современных однослойных цельных георешеток, например, такие как плотность, прочность и податливость.

Кроме того, хотя цельная георешетка, изготовленная из вышеописанных известных исходных материалов и с известными конфигурациями, может иметь в основном удовлетворительные свойства, по соображениям, связанным с конструкцией и экономическими характеристиками, предпочтительно изготавливать цельную георешетку, которая имеет конструкцию и геометрию, обеспечивающие возможность контактного взаимодействия с более разнообразными и более разными по качеству заполнителями и их стабилизации, и которая соответствует потребностям, связанным с конкретными применениями при эксплуатации, такими как укрепление геосинтетических материалов, или имеет другие свойства, желательные для конкретных применений геосинтетических материалов.

Предусмотрено, что настоящее изобретение применимо для всех цельных решеток независимо от способа образования исходного листа или способа ориентирования исходного материала для его преобразования в цельную георешетку или решетчатую конструкцию. Предмет вышеуказанных патентов США №№ 3,252,181, 3,317,951, 3,496,965, 4,470,942, 4,808,358, 5,053,264, 7,001,112, 9,556,580, 10,024,002 и 10,501,896 явным образом включен в данную заявку путем ссылки, как если бы раскрытия изобретений были полностью приведены в данном документе. Данные патенты приведены как иллюстративные и не рассматриваются как включающие или исключающие другие технические решения, известные в данной области техники для производства материалов цельных полимерных решеток.

Несмотря на функциональные характеристики, имеющиеся у современных однослойных цельных георешеток, имеются эксплуатационные характеристики, которые еще должны быть улучшены по сравнению с цельными георешетками по предшествующему уровню техники. Одно такое улучшение раскрыто в заявке на патент США № 15/766,960 (в дальнейшем упоминаемой как «заявка '960», опубликованной в виде публикации заявки на патент США № 2018/0298582 A1), также принадлежащей компании Tensar International Limited. В заявке '960 раскрыты различные варианты осуществления многослойных полимерных листов, полученных совместной экструзией, как исходного материала для изготовления цельных георешеток. Благодаря структуре многослойного исходного материала, полученного совместной экструзией, компоненты из многослойного листа, полученного совместной экструзией, после экструзии и ориентирования обеспечивают получение цельных георешеток, имеющих улучшенные свойства материала, которые обеспечивают улучшение эксплуатационных характеристик при укреплении грунтовых сооружений из геосинтетических материалов.

Одним из вариантов осуществления, раскрытых в заявке '960, является трехслойная цельная георешетка, изготовленная из трехслойного исходного листа,

полученного совместной экструзией, в котором слой, являющийся средним в ориентированной цельной георешетке, имеет увеличенную в объеме или «вспененную» структуру. Согласно заявке '960 единственными преимуществами увеличенной в объеме или вспененной многослойной структуры являются уменьшенные затраты на сырье и уменьшенная масса георешетки, и данная георешетка «может иметь желательные физические и химические свойства вспененного слоя как такового». Не раскрыты никакие другие преимущества, связанные с увеличенной в объеме или вспененной многослойной структурой. Предмет заявки '960 явным образом включен в данную заявку путем ссылки, как если бы раскрытие изобретения было полностью приведено в данном документе.

В настоящее время современные изделия в виде цельных георешеток, изготовленные посредством современных производственных/технологических процессов, могут обеспечить получение изделий в виде мультиаксиальных георешеток с желательными свойствами и характеристиками, однако современный (-ая) технологический процесс/технология производства не обеспечивает возможности изменений типа материала в пределах поперечного сечения георешетки в целом. В результате этого для улучшения заданных физических и механических свойств и геометрических характеристик, которые обеспечивают улучшение эксплуатационных характеристик, требуется существенное увеличение количества полимера.

Кроме того, современный (-ая) технологический процесс/технология производства ограничивает возможность увеличения или улучшения определенных параметров, которые способствуют улучшению эксплуатационных характеристик, при одновременном контроле или отсутствии изменения других параметров, которые в случае их изменения вызывают ухудшение эксплуатационных характеристик.

Кроме того, современный (-ая) технологический процесс/технология производства не направлен (-а) на использование разных полимерных материалов в разных частях конструкции георешетки как средства максимального улучшения эксплуатационных характеристик.

Соответственно, существует потребность в цельных георешетках, которые обеспечивают возможность лучшей «исходной совместимости» между наполнителем и георешеткой, в результате чего максимально увеличивается плотность наполнителя после завершения уплотнения и посредством чего минимизируется любое возможное остаточное перемещение или изменение положения наполнителя, которое обычно происходит после уплотнения и на начальных стадиях нагружения в процессе эксплуатации. Еще более конкретно, существует потребность в цельной георешетке, обладающей вышеупомянутыми свойствами за счет обеспечения увеличенной сжимаемости слоев под нагрузкой. Термин «исходная совместимость» используется в данном документе для обозначения максимизации плотности наполнителя после завершения уплотнения для минимизации потенциального перемещения или изменения положения наполнителя, которое обычно происходит после уплотнения и на начальных стадиях нагружения при эксплуатации.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Следовательно, задача настоящего изобретения состоит в получении улучшенных функциональных характеристик мультиаксиальных цельных георешеток за счет улучшения определенных физических и механических свойств и геометрических характеристик конструкции мультиаксиальной цельной георешетки, которая обеспечивает улучшение функциональных характеристик, например, за счет модификации и/или обеспечения других новых физических и механических свойств и геометрических характеристик. Посредством точного физического размещения и регулирования количества разных полимерных материалов, которые имеют заданные механические и физические свойства, в определенных местах конструкций цельных георешеток и посредством оптимизации всех остальных физических параметров конструкции георешетки может быть достигнуто значительное улучшение эксплуатационных характеристик.

Другая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить многослойную цельную георешетку, слои которой модифицированы для уменьшения количества требуемого полимера за счет преобразования полимерной структуры в данных слоях из сплошной, то есть непрерывной структуры в пористую/ячеистую структуру, то есть структуру, в которой распределено множество пустот, полостей, пор, щелей, газовых пузырей, отверстий или незаполненных пространств других типов, то есть пустот в ячеистой структуре (cellular openings), полученных в соответствии со способами, описанными в данном документе.

Более конкретно, после подачи заявки '960 было неожиданно обнаружено, что улучшенная исходная совместимость между наполнителем и слоями многослойной цельной георешетки, имеющими ячеистую структуру, может быть обеспечена, если в георешетке, раскрытой в данном документе, используются определенные параметры слоев с ячеистой структурой. Данные параметры включают следующее:

1. минимальная толщина или высота **поперечного сечения** ребер многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев, предпочтительно составляет от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 6 мм и более предпочтительно от приблизительно 1,15 мм до приблизительно 4 мм;

2. характеристическое отношение размеров ребер многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев, предпочтительно составляет от приблизительно 0,75 до приблизительно 3,0 и более предпочтительно от приблизительно 1 до приблизительно 2;

3. исходная высота или толщина данных одного или более ячеистых слоев в месте с их наименьшей высотой (вероятно, в средней точке прядей или ребер) после растягивания составляет от приблизительно 0,1 мм до приблизительно 4 мм и более предпочтительно от приблизительно 0,5 до приблизительно 3 мм;

4. пустоты в ячеистой структуре данных одного или более ячеистых слоев

составляют по меньшей мере 20% и предпочтительно от приблизительно 30% до приблизительно 50% от объема данных одного или более ячеистых слоев;

5. данные один или более ячеистых слоев имеют минимальную «сдавливаемость» или минимальное уменьшение высоты под нагрузкой, составляющее по меньшей мере 20% и предпочтительно от приблизительно 30% до приблизительно 50%; и

6. данные один или более ячеистых слоев имеют высоту или толщину, которая составляет по меньшей мере 10% и предпочтительно от приблизительно 20% до приблизительно 35% от общей высоты конечной цельной георешетки.

При придании вышеуказанных физических характеристик многослойной цельной георешетке согласно настоящему изобретению, имеющей данные один или более ячеистых слоев, улучшается исходная совместимость между наполнителем и георешеткой после завершения уплотнения. Кроме того, при улучшении исходной совместимости уменьшается любое возможное остаточное перемещение или изменение положения наполнителя, которое обычно происходит во время и после уплотнения на начальных стадиях нагружения при эксплуатации. Таким образом, дорожное полотно или другая поверхность для транспортирования, или слой наполнителя или грунта лучше стабилизируется и улучшается во время строительства, и уменьшаются любые деформации или перемещения, которые возникают во время использования или нагружения при эксплуатации.

Более конкретно, благодаря использованию многослойной цельной георешетки, имеющей данные один или более ячеистых слоев, настоящее изобретение обеспечивает улучшенное микровзаимодействие, поскольку слои из сжимаемого полимера служат для размещения частиц наполнителя и способствуют обеспечению и сохранению максимальных характеристик наполнителя.

Кроме того, при тщательном модифицировании полимера для уменьшения плотности и/или объема полимера, используемого в одном или более из слоев экструдированного листа, используемого для изготовления многослойной цельной георешетки, может быть создана конструкция цельной георешетки, которая имеет физические размеры, эквивалентные традиционным цельным георешеткам, но при использовании меньшего количества полимерного материала и, следовательно, при меньших затратах.

Соответственно, для решения вышеуказанных задач настоящее изобретение направлено на цельные георешетки, имеющие многослойную конструкцию, при этом по меньшей мере один их слой имеет ячеистую структуру. Данные многослойные георешетки часто упоминаются в данном документе как цельные георешетки, имеющие по меньшей мере один слой с ячеистой структурой, или в более простом варианте как «многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев», или «многослойные цельные георешетки, имеющие один или более ячеистых слоев». Поскольку многослойные цельные георешетки имеют один или более ячеистых слоев, многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению обеспечивают

увеличенную сжимаемость слоев под нагрузкой и другие желательные характеристики.

Более конкретно, слой или слои, имеющий (-е) ячеистую структуру, имеют множество распределенных пустот в ячеистой структуре, то есть пустот, полостей, пор, щелей, газовых пузырей, отверстий или незаполненных пространств других типов. Ячеистая структура может соответствовать вспененной структуре слоя или может быть создана за счет наполнителя в виде частиц, который распределен по всему слою, или может быть получена любым другим способом создания пустот в ячеистой структуре ячеистого слоя.

Кроме того, в варианте осуществления настоящего изобретения, имеющем три или более слоев, сжимаемые слои, имеющие ячеистую структуру, предпочтительно размещены по меньшей мере в виде двух наружных (или внешних или «закрывающих» (“cap”)) слоев многослойной цельной георешетки. Существуют уникальные геомеханические преимущества, связанные с наличием двух сжимаемых наружных слоев. Одно важное преимущество: сжимаемые наружные слои обеспечивают возможность не только прохождения заполнителя через отверстия и его удерживания в отверстиях, но и также заделки заполнителя в наружные слои поверхностей цельной георешетки, в результате чего создается то, что иногда упоминается в данном документе как явление вдавливания (“crush-fit”). При вдавливании заполнителя в поверхность ячеистых наружных слоев цельной георешетки цельная георешетка может обеспечить улучшенную фиксацию заполнителя в боковом направлении под нагрузкой посредством противодействия перемещению заполнителя за счет улучшенных фрикционных характеристик поверхности ячеистых наружных слоев и за счет фиксации частиц заполнителя, которая происходит при их частичном вдавливании в поверхность ячеистых наружных слоев.

Поскольку способность ячеистых наружных слоев к сдавливанию обеспечивает как пластическую, так и упругую деформацию, заполнитель вдавливается в наружный слой и фиксируется в его поверхности. При этом поверхность наружного слоя «отталкивается» в обратном направлении, увеличивая сцепление между заполнителем и многослойной цельной георешеткой и «вдавленность» заполнителя в многослойную цельную георешетку. Кроме того, согласно определенным вариантам осуществления изобретения способность ячеистых наружных слоев к сдавливанию может обеспечить возможность образования химической связи с окружающими грунтами. При сочетании улучшенной геометрии, описанной в данном документе, с улучшенной спроектированной структурой наружных слоев многослойная цельная георешетка согласно настоящему изобретению обеспечивает улучшенные эксплуатационные характеристики за счет улучшенного удерживания заполнителя и его фиксации в боковом направлении.

Основным признаком многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению является сжимаемость или сдавливаемость ячеистого слоя или ячеистых слоев. Например, в вышеописанном варианте осуществления с тремя слоями сжимаемость двух наружных ячеистых слоев имеет важное значение для обеспечения возможности

заделки заполнителя в поверхность цельной георешетки. В идеальном случае каждый сжимаемый слой является достаточно долговечным для выдерживания процесса его заделки в материал в виде частиц (то есть в том смысле, что он будет противодействовать отделению от других слоев или раздиру) и будет сжиматься по меньшей мере приблизительно на 20% под нагрузкой. Кроме того, сжимаемый слой будет упруго восстанавливаться по меньшей мере на приблизительно 85% после деформирования. Основная идея настоящего изобретения состоит в том, что ячеистый слой должен быть сжимаемым в достаточной степени для размещения заполнителя во время заделки, но при этом также должен упруго восстанавливаться после деформации, когда сжимаемый ячеистый слой «отталкивается» в обратном направлении к заполнителю для фиксации многослойной цельной георешетки в заданном положении. Полагают, что сдавливание и упругое восстановление после деформации обеспечивают улучшение эксплуатационных характеристик за счет трения и фиксации, которые приводят к улучшенному удерживанию заполнителя в боковом направлении.

Кроме того, конструкция многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, может включать в себя слои, которые получают совместной экструзией, или слои, которые соединяют друг с другом посредством ламинирования. Образование пустот в ячеистой структуре слоя с ячеистой структурой может происходить во время экструзии/ламинирования или растягивания/ориентирования или как во время экструзии/ламинирования, так и во время растягивания/ориентирования.

Кроме того, получающиеся в результате, многослойные цельные георешетки, имеющие слой или слои с ячеистой структурой и имеющие множество ориентированных многослойных прядей, которые соединены друг с другом посредством частично ориентированных многослойных мест соединения и между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий, могут быть конфигурированы с любой из множества разных повторяющихся геометрических конфигураций, таких как описанные в данном документе.

Согласно настоящему изобретению исходный материал для изготовления многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, включает в себя многослойный полимерный исходный лист, в котором имеются отверстия или углубления, которые образуют упорядоченную совокупность фасонных отверстий при двусосном растягивании исходного материала. Многослойный полимерный исходный лист включает в себя один или более слоев, которые обеспечивают возможность образования ячеистой структуры. В данном документе подробно описаны два предпочтительных варианта осуществления. В первом предпочтительном варианте осуществления согласно настоящему изобретению слой, обеспечивающий возможность образования ячеистой структуры, включает в себя вспенивающее средство, которое при экструзии слоя и/или растягивании/ориентировании исходного листа обеспечивает образование ячеистого слоя как части конечной многослойной георешетки (данный вариант осуществления иногда упоминается в дальнейшем как «вариант осуществления с вспененным материалом»).

Во втором предпочтительном варианте осуществления согласно настоящему изобретению слой, обеспечивающий возможность образования ячеистой структуры, включает в себя наполнитель в виде частиц, который диспергирован в данном слое и который при растягивании/ориентировании исходного листа обеспечивает образование ячеистой структуры в слое как части конечной многослойной георешетки (данный вариант осуществления иногда упоминается в дальнейшем как «вариант осуществления с наполнителем»). В предпочтительных вариантах осуществления слои многослойного полимерного исходного листа могут быть получены совместной экструзией или могут быть соединены друг с другом посредством ламинирования.

Помимо двух предпочтительных вариантов осуществления, подробно описанных в данном документе, настоящее изобретение также предполагает возможность использования таких других способов создания пустот в ячеистой структуре ячеистого слоя или ячеистых слоев, которые могут быть разработаны/предусмотрены специалистами в данной области техники, таких как введение газа или тому подобное, при условии, что пустоты в ячеистой структуре, которые имеются в ячеистом слое, соответствуют параметрам, приведенным в данном документе.

В соответствии с определенными вариантами осуществления настоящего изобретения многослойные цельные георешетки, имеющие один или более ячеистых слоев, включают в себя множество ориентированных многослойных прядей, которые соединены друг с другом посредством частично **ориентированных** многослойных **ориентированных** мест соединения и между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий. В соответствии с одним вариантом осуществления трехслойная цельная георешетка имеет неячеистый слой, расположенный между двумя наружными слоями с ячеистыми структурами. В соответствии с другим вариантом осуществления многослойная цельная георешетка имеет повторяющуюся конфигурацию, в которой неячеистый слой расположен между двумя слоями с ячеистыми структурами. В соответствии с еще одним вариантом осуществления многослойная цельная георешетка имеет неячеистый слой, соединенный с соседним слоем, имеющим ячеистую структуру.

В соответствии с одним вариантом осуществления многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, представляет собой георешетку с прямоугольниками, имеющую повторяющуюся геометрическую конфигурацию из частично ориентированных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные пряди, которые ограничивают прямоугольные отверстия. В соответствии с другим вариантом осуществления многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, представляет собой триаксиальную георешетку, имеющую повторяющуюся геометрическую конфигурацию с шестиугольниками, образованную из частично ориентированных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные пряди, которые ограничивают треугольные отверстия. Кроме того, в соответствии с еще одним вариантом осуществления многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, представляет собой георешетку,

имеющую повторяющуюся геометрическую конфигурацию, образованную из частично ориентированных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные пряжи, которые образуют наружные шестиугольники, при этом каждый из указанных наружных шестиугольников окружает шесть внутренних соединенных друг с другом, ориентированных прядей и обеспечивает опору для данных шести внутренних соединенных друг с другом, ориентированных прядей, которые образуют форму внутреннего шестиугольника и ограничивают шестиугольное отверстие меньшего размера, что упоминается в данном документе как «повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольной структуры». Данный вариант осуществления настоящего изобретения, который имеет «повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольной структуры», также иногда упоминается в данном документе как вариант осуществления «с шестиугольниками».

В соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения грунтовое сооружение включает в себя массу материала в виде частиц, укрепленного и стабилизированного посредством заделки в него многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев и имеющей повторяющуюся геометрическую конфигурацию такого типа, как описанная в предыдущем абзаце.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения способ изготовления исходного материала для многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, включает образование многослойного полимерного исходного листа, имеющего один или более слоев, которые обеспечивают возможность образования таких слоев с ячеистой структурой как части конечной многослойной георешетки, и образование отверстий или углублений в нем, которые обеспечивают образование повторяющейся геометрической конфигурации из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряжи и ограничивающих отверстия, при двусном растягивании исходного материала.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения способ изготовления многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, включает образование многослойного полимерного исходного листа, имеющего один или более слоев, которые обеспечивают возможность образования таких слоев с ячеистой структурой как части конечной многослойной георешетки, выполнение отверстий или углублений в данном листе и двусное растягивание многослойного полимерного листа, в котором имеются отверстия или углубления, для получения повторяющейся геометрической конфигурации из частично ориентированных многослойных мест соединения, которые соединяют друг с другом ориентированные многослойные пряжи и ограничивают отверстия.

Кроме того, в соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения способ укрепления массы материала в виде частиц включает заделку в массу материала в виде частиц многослойной цельной георешетки, имеющей один или более

ячеистых слоев и имеющей повторяющуюся геометрическую конфигурацию, образованную из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряди, которые ограничивают отверстия.

Соответственно, задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить многослойную цельную георешетку, имеющую один или более ячеистых слоев, для получения цельной георешетки, имеющей увеличенную сжимаемость слоев под нагрузкой. Многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, может иметь неячеистый слой, расположенный между двумя слоями с ячеистой структурой, может иметь повторяющуюся конфигурацию, образованную из неячеистого слоя, расположенного между двумя слоями с ячеистой структурой, или может иметь неячеистый слой, соединенный с соседним слоем, имеющим ячеистую структуру.

Таким образом, другая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить исходный материал для изготовления многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев. Многослойный полимерный исходный лист включает в себя один или более слоев, которые обеспечивают возможность образования ячеистой структуры. В первом варианте осуществления согласно настоящему изобретению, то есть в варианте осуществления с вспененным материалом, слой, обеспечивающий возможность образования ячеистой структуры, включает в себя вспенивающее средство, которое при экструзии слоя и/или растягивании/ориентировании исходного листа обеспечивает образование ячеистого слоя как части конечного многослойной георешетки. Во втором варианте осуществления согласно настоящему изобретению, то есть в варианте осуществления с наполнителем, слой, обеспечивающий возможность образования ячеистой структуры, включает в себя наполнитель в виде частиц, который диспергирован в слое и который при растягивании/ориентировании исходного листа обеспечивает образование ячеистой структуры в слое как части конечной многослойной георешетки.

Еще одна задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить многослойные цельные георешетки, имеющие один или более ячеистых слоев и имеющие множество ориентированных многослойных прядей, которые соединены друг с другом посредством частично ориентированных многослойных мест соединения и между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий, при этом данные ориентированные многослойные пряди и места соединения получены из многослойного полимерного исходного листа. Многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, может представлять собой георешетку с прямоугольниками, имеющую повторяющуюся геометрическую конфигурацию из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряди, которые ограничивают прямоугольные отверстия, триаксиальную георешетку, имеющую повторяющуюся геометрическую конфигурацию из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом

ориентированные многослойные пряди, которые ограничивают треугольные отверстия, или георешетку, имеющую повторяющуюся геометрическую конфигурацию из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряди, которые образуют наружные шестиугольники, каждый из которых окружает внутренний ориентированный шестиугольник и обеспечивает опору для него, то есть конфигурацию типа «повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольной структуры».

Соответствующая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить геометрическую конфигурацию, которая может обеспечить контактное взаимодействие с более разнообразными и более разными по качеству заполнителями и их стабилизацию по сравнению с геометрическими конфигурациями, которые соответствуют конструкциям георешеток по предшествующему уровню техники, при одновременном обеспечении увеличенной сжимаемости и других желательных характеристик.

Еще одна задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить грунтовое сооружение, которое включает в себя массу материала в виде частиц, укрепленного и стабилизированного посредством заделки в него многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев и имеющей повторяющуюся геометрическую конфигурацию, описанную в данном документе.

Еще одна задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ изготовления исходного материала для многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, который включает образование многослойного полимерного исходного листа, имеющего один или более слоев, которые обеспечивают возможность образования таких слоев с ячеистой структурой как части конечной многослойной георешетки, и образование отверстий или углублений в нем, которые обеспечивают получение повторяющейся геометрической конфигурации из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряди и ограничивающих отверстия, при двусосном растягивании исходного материала.

Многослойный полимерный исходный лист может быть получен посредством совместной экструзии множества слоев или соединения множества слоев друг с другом путем ламинирования.

Еще одна задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ изготовления многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, который включает образование многослойного полимерного исходного листа, имеющего один или более слоев, которые обеспечивают возможность образования таких слоев с ячеистой структурой как части конечной многослойной георешетки, образование отверстий или углублений в нем и двусосное растягивание многослойного полимерного исходного листа для получения повторяющейся геометрической конфигурации, образованной из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряди, и отверстий. В

способе изготовления вышеописанных цельных георешеток с прямоугольными отверстиями или треугольными отверстиями могут использоваться известные способы изготовления георешеток, такие как описанные в вышеупомянутых патентах США №№ 4,374,798, 4,590,029, 4,743,486, 5,419,659, 7,001,112, 9,556,580, 10,024,002 и 10,501,896, а также в других патентах. В способе изготовления вышеописанной цельной георешетки, имеющей повторяющуюся геометрическую конфигурацию из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряди, которые образуют наружные шестиугольники, каждый из которых окружает ориентированный внутренний шестиугольник и обеспечивает опору для него, может использоваться способ изготовления, описанный в дальнейшем.

Более конкретно, задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ изготовления многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, в котором слой с ячеистой структурой получают посредством образования сначала вспененной структуры в слое многослойного полимерного исходного листа, обеспечивающего возможность образования таких слоев, и последующего ориентирования многослойного полимерного исходного листа для растягивания вспененного материала и создания ячеистой структуры.

Соответственно, другая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ изготовления многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, в котором слой с ячеистой структурой получают посредством диспергирования сначала наполнителя в виде частиц в слое многослойного полимерного исходного листа, обеспечивающего возможность образования таких слоев, и последующего ориентирования многослойного полимерного исходного листа для растягивания диспергированного наполнителя в виде частиц и создания ячеистой структуры по мере частичного отделения наполнителя в виде частиц от полимерного материала слоя.

Кроме того, еще одна задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить такой способ укрепления массы материала в виде частиц, который включает заделку в массу материала в виде частиц многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев и имеющей повторяющуюся геометрическую конфигурацию из частично ориентированных многослойных мест соединения, соединяющих друг с другом ориентированные многослойные пряди, и отверстий.

Многочисленные преимущества, связанные с многослойной цельной георешеткой согласно настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев, являются разными по характеру.

Поскольку многослойные цельные георешетки согласно настоящему изобретению, имеющие один или более ячеистых слоев, имеют не только многослойную конструкцию, но и также имеют по меньшей мере один слой с ячеистой структурой, цельные георешетки обеспечивают увеличенную сжимаемость многослойной цельной георешетки под нагрузкой.

Кроме того, то обстоятельство, что многослойные цельные георешетки согласно настоящему изобретению, имеющие один или более ячеистых слоев, имеют множество слоев, обеспечивает в целом большее сцепление цельной георешетки с заполнителем по сравнению с однослойными цельными георешетками по предшествующему уровню техники. Кроме того, благодаря данным одному или более ячеистым слоям многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению отличаются податливостью конструкции, то есть исходной податливостью или гибкостью, которая приводит к лучшему уплотнению и более высокой плотности, при этом в то же время обеспечивается жесткость композиционного материала конечной цельной георешетки при ее включении в грунтовое сооружение, которая будет больше в результате исходной податливости многослойной цельной георешетки.

Кроме того, определенные варианты осуществления многослойных цельных георешеток согласно настоящему изобретению, имеющих один или более ячеистых слоев, обеспечивают более высокие характеристические отношения для всех прядей по сравнению с цельными георешетками по предшествующему уровню техники. Поскольку более высокое характеристическое отношение, соответствующее определенным вариантам осуществления цельных георешеток по настоящему изобретению, обеспечивает увеличение сцепления с заполнителем, многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению, имеющие один или более ячеистых слоев, могут обеспечить лучшее размещение заполнителя с разными характеристическими отношениями размеров.

Подводя итоги, следует отметить, что ячеистые слои многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению обеспечивают получение уникальных физических и механических свойств и характеристик изделия, представляющего собой цельную георешетку. Полагают, что во время размещения и уплотнения заполнителя в многослойной цельной георешетке основные свойства сжимаемых ячеистых наружных слоев в ребрах и узлах наряду с другими научно обоснованными и заданными при проектировании характеристиками георешетки обеспечивают лучшую исходную совместимость между заполнителем и георешеткой, в результате чего повышается плотность заполнителя после завершения уплотнения и уменьшается любое возможное остаточное перемещение или изменение положения заполнителя, которое обычно происходит после уплотнения и на начальных стадиях нагружения при эксплуатации. Без ограничения какой-либо **теорией** в настоящее время полагают, что вышеупомянутая исходная совместимость многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению представляет собой ключевой фактор, способствующий уменьшению величины деформации, которая происходит при использовании георешетки. Преимущества исходной совместимости, соответствующей настоящему изобретению, подтверждены, например, результатами испытаний на лабораторном устройстве для имитации дорожного движения, которые показывают, что значительно меньшее число проездов требуется для достижения стабилизированного состояния многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению. Кроме того, различные варианты

осуществления многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению отличаются увеличенными высотами **поперечных сечений** ребер, обеспечиваемыми при меньшем количестве материала по сравнению с георешетками по предшествующему уровню техники, и увеличенным характеристическим отношением, обеспечиваемым при меньшем количестве материала по сравнению с георешетками по предшествующему уровню техники. Благодаря увеличенной гибкости и податливости ребер в плоскости и увеличенной внеплоскостной жесткости многослойная цельная георешетка по настоящему изобретению обеспечивает улучшенное взаимодействие и, следовательно, сцепление георешетки и заполнителя.

Таким образом, благодаря данным одному или более ячеистым слоям многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению обеспечивают не только увеличенную сжимаемость слоев под нагрузкой, но и увеличенное сцепление с заполнителем и улучшенную фиксацию заполнителя как изделие для стабилизации заполнителя.

Эти преимущества вместе с другими задачами и преимуществами, которые станут очевидными впоследствии, заключаются в деталях конструкции и функционирования, более полно описанных в дальнейшем, при этом делается ссылка на сопровождающие чертежи, образующие часть описания, на которых аналогичные ссылочные позиции относятся к аналогичным компонентам во всем описании. Сопровождающие чертежи предназначены для иллюстрации изобретения, но необязательно выполнены в масштабе.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг.1 представляет собой вид в перспективе части триаксиальной трехслойной цельной георешетки, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой, согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения, при этом ее вид в разрезе выделен на переднем плане.

Фиг.2 иллюстрирует унипланарный трехслойный полимерный исходный лист для триаксиальной многослойной цельной георешетки, показанной на фиг.1, до того, как отверстия или углубления будут образованы в нем.

Фиг.3 представляет собой вид в перспективе сверху исходного листа, показанного на фиг.2, который имеет отверстия, пробитые в нем для образования триаксиальной трехслойной цельной георешетки, показанной на фиг.1.

Фиг.4 представляет собой вид в перспективе с разрезом части исходного листа, показанного на фиг.3.

Фиг.5 иллюстрирует унипланарный пятислойный полимерный исходный лист для триаксиальной пятислойной цельной георешетки, имеющий два наружных слоя и самый внутренний слой с ячеистой структурой, до того, как отверстия или углубления будут образованы в нем, согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.6 представляет собой вид в перспективе с разрезом части триаксиальной пятислойной цельной георешетки, которая имеет два наружных слоя и самый внутренний слой с ячеистой структурой и соответствует исходному листу, показанному на фиг.5.

Фиг.7 представляет собой вид в плане трехслойной цельной георешетки с прямоугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой, согласно еще одному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.8 представляет собой вид в перспективе трехслойной цельной георешетки с прямоугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой и показанной на фиг.7.

Фиг.9 представляет собой вид в перспективе сверху исходного листа, имеющего отверстия, образованные в нем, и предназначенного для образования трехслойной цельной георешетки с прямоугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой и показанной на фиг.7.

Фиг.10 представляет собой вид в плане трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой, согласно еще одному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.11 представляет собой вид в перспективе трехслойной цельной решетки с шестиугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой и показанной на фиг.10.

Фиг.12 представляет собой вид в перспективе сверху исходного листа, имеющего отверстия, образованные в нем, и предназначенного для образования трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой и показанной на фиг.10.

Фиг.13 представляет собой вид в перспективе двухслойной цельной георешетки с шестиугольниками, имеющей один ячеистый слой и один неячеистый слой.

Фиг.14 иллюстрирует унипланарный двухслойный полимерный исходный лист для двухслойной цельной георешетки с шестиугольниками, показанной на фиг.13, до того, как отверстия или углубления будут образованы в нем,

Фиг.15 представляет собой вид в перспективе сверху исходного листа, имеющего отверстия, образованные в нем, и предназначенного для образования двухслойной цельной георешетки с шестиугольниками, показанной на фиг.13.

Фиг.16 представляет собой вид в плане, показывающий возможные размеры отверстий и расстояния между отверстиями, показанными в исходном листе по фиг.12.

Фиг.17А-17Е иллюстрируют гипотезу о механизме сжатия трехслойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению, которая имеет два наружных слоя с ячеистой структурой и находится под действием приложенной нагрузки.

Фиг.18А-18С иллюстрируют гипотезу о механизме, обуславливающем податливость ребер в двух наружных слоях трехслойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению, которая имеет два наружных слоя с ячеистой структурой и находится под действием приложенной нагрузки, и показывает как вертикальную, так и горизонтальную податливость цельной георешетки.

Фиг.19 показывает графики, иллюстрирующие сравнение неупругих свойств ребер, образованных из исходного листа для известной однослойной цельной георешетки, и

упругих свойств ребер, образованных из исходного листа для многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой.

Фиг.20 иллюстрирует изотропные свойства, связанные с геометрическими характеристиками триаксиальной многослойной цельной георешетки с треугольниками, такой как показанная на фиг.1 и фиг.6.

Фиг.21 иллюстрирует изотропные свойства, связанные с непрерывными ребрами, проходящими в трех направлениях, что является геометрическим признаком конструкции многослойной цельной георешетки с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, фиг.11 и фиг.13.

Фиг.22 иллюстрирует «наложенный» на триаксиальную георешетку шестиугольник с открытым центром, соответствующий многослойной цельной георешетке с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, фиг.11 и фиг.13.

Фиг.23 иллюстрирует элементы в виде шестиугольника с открытым центром и шести ребер, соответствующие многослойной цельной георешетке с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, фиг.11 и фиг.13.

Фиг.24 представляет собой частичный вид в плане, который иллюстрирует различные длины прядей многослойной цельной георешетки с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, фиг.11 и фиг.13.

Фиг.25 иллюстрирует для трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, которая аналогична георешетке, показанной на фиг.10 и фиг.11, влияние увеличенной высоты **поперечного сечения** ребра на деформацию поверхности.

Фиг.26 представляет собой график, показывающий влияние увеличенной высоты **поперечного сечения** ребра на деформацию поверхности, соответствующий результатам испытаний, представленным на фиг.25.

Фиг.27 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлены результаты влияния увеличенной высоты **поперечного сечения** ребра на деформацию поверхности, соответствующие результатам испытаний, представленным на фиг.25 и фиг.26.

Фиг.28 представляет собой график, показывающий увеличенную высоту **поперечного сечения** ребра, обеспечиваемую в трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, в сравнении с высотой **поперечного сечения** ребра, которая может быть обеспечена в однослойной георешетке со сплошным слоем.

Фиг.29 представляет собой график, показывающий уменьшенную массу на единицу площади, обеспечиваемую в трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, в сравнении с массой на единицу площади, которая может быть обеспечена в однослойной георешетке со сплошным слоем.

Фиг.30 представляет собой график, показывающий улучшенные эксплуатационные характеристики, обеспечиваемые в случае трехслойной цельной георешетки с

шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с эксплуатационными характеристиками, обеспечиваемыми в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем.

Фиг.31 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлены данные о конструкции, соответствующие трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.30.

Фиг.32 представляет собой другой график, показывающий улучшенные эксплуатационные характеристики, обеспечиваемые в случае трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с эксплуатационными характеристиками, обеспечиваемыми в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем.

Фиг.33 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлены данные о конструкции, соответствующие трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.32.

Фиг.34 представляет собой график, показывающий повышенную сжимаемость, обеспечиваемую в случае трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с сжимаемостью, которая может быть обеспечена в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем.

Фиг.35 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлена сила, необходимая для получения определенной сжимаемости, которая соответствует трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.34.

Фиг.36 представляет собой график, показывающий жесткость, обеспечиваемую в случае трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с жесткостью, обеспечиваемой в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем.

Фиг.37 представляет собой итоговую таблицу, в которой приведены напряжение и деформация, соответствующие трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.36.

Фиг.38 представляет собой частичный вид в плане, который иллюстрирует различные длины прядей трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10 и фиг.11, и непрерывные ребра, соответствующие машинному направлению влево, машинному направлению вправо и поперечному направлению, аналогично тому, что показано на фиг.21.

Фиг.39 представляет собой вид в плане, показывающий возможные размеры отверстий и расстояние между отверстиями, соответствующими исходному листу, используемому для изготовления трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, показанной на фиг.38.

Фиг.40 представляет собой вид сбоку с частичным разрезом участка трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой, согласно варианту осуществления настоящего изобретения, показанному на фиг.11.

Фиг.41 иллюстрирует экспериментальное устройство, используемое для измерения сжимаемости цельных георешеток согласно различным вариантам осуществления настоящего изобретения.

Фиг.42 показывает диаграмму, иллюстрирующую сравнение сжимаемости различных вариантов осуществления цельных георешеток согласно настоящему изобретению и сжимаемости цельных георешеток, не имеющих слоя с ячеистой структурой, при использовании устройства, показанного на фиг.41.

Фиг.43 показывает диаграмму, иллюстрирующую сравнение сжимаемости различных вариантов осуществления цельных георешеток согласно настоящему изобретению и сжимаемости других цельных георешеток, не имеющих слоя с ячеистой структурой, при использовании устройства, показанного на фиг.41.

Фиг.44 иллюстрирует другое экспериментальное устройство, а именно установку с нагрузочной плитой, предназначенную для проведения испытаний ("PLTR" - Plate Load Test Rig), используемую для измерения смещения цельных георешеток согласно различным вариантам осуществления настоящего изобретения.

Фиг.45 показывает диаграмму, иллюстрирующую сравнение смещения различных вариантов осуществления цельных георешеток согласно настоящему изобретению и смещения других цельных георешеток, не имеющих слоя с ячеистой структурой, при использовании устройства, показанного на фиг.44.

Фиг.46 показывает другую диаграмму, иллюстрирующую сравнение смещения различных вариантов осуществления цельных георешеток согласно настоящему изобретению и смещения других цельных георешеток, не имеющих слоя с ячеистой структурой, при использовании устройства, показанного на фиг.44.

Фиг.47 показывает график, иллюстрирующий сравнение влияния сжимаемости на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности для двух цельных георешеток, одна из которых имеет слой с ячеистой структурой.

Фиг.48 показывает график, иллюстрирующий сравнение влияния сжимаемости на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности для двух других цельных георешеток, одна из которых имеет слой с ячеистой структурой.

Фиг.49 показывает график, иллюстрирующий сравнение воздействия базовой геометрии на возможность влияния характеристического отношения размеров ребер на деформацию поверхности для двух цельных георешеток, не имеющих слоя с ячеистой структурой.

Фиг.50 показывает таблицу, иллюстрирующую сравнение преимуществ базовой геометрии в цельных георешетках, имеющих аналогичную сжимаемость.

Фиг.51 показывает график, иллюстрирующий сравнение влияния базовой геометрии на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности в цельных георешетках, имеющих аналогичную сжимаемость.

Фиг.52 показывает таблицу, иллюстрирующую - для одной базовой геометрии - сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой в многослойных цельных георешетках на деформацию поверхности.

Фиг.53 показывает график, иллюстрирующий - для одной базовой геометрии, которая соответствует фиг.52, - сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности.

Фиг.54 показывает другую таблицу, иллюстрирующую - для одной базовой геометрии, которая соответствует фиг.52, - сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой в многослойных цельных георешетках на деформацию поверхности.

Фиг.55 показывает другой график, иллюстрирующий - для одной базовой геометрии, которая соответствует фиг.52, - сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности.

Фиг.56 показывает таблицу, иллюстрирующую сравнение влияния слоя с ячеистой структурой на деформацию поверхности для цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей одну базовую геометрию, которая соответствует фиг.52, и георешетки по предшествующему уровню техники, не имеющей слоя с ячеистой структурой.

Фиг.57 показывает график, иллюстрирующий сравнение влияния сжимаемости слоя с ячеистой структурой на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности для цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей одну базовую геометрию, которая соответствует фиг.52, и георешетки по предшествующему уровню техники, не имеющей слоя с ячеистой структурой.

Фиг.58 показывает график, иллюстрирующий зависимость данных по смещению от сжимающей силы для варианта осуществления настоящего изобретения, в котором

используется мягкий вспененный материал.

Фиг.59 показывает график, иллюстрирующий зависимость данных по смещению от сжимающей силы для варианта осуществления настоящего изобретения, в котором используется твердый вспененный материал.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Несмотря на то, что только предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения разъяснены подробно, следует понимать, что объем изобретения не ограничен деталями конструкции и расположением компонентов, приведенными в нижеследующем описании или проиллюстрированными на чертежах. Как описано в дальнейшем, возможны другие варианты осуществления настоящего изобретения, и настоящее изобретение может быть реализовано на практике или осуществлено разными способами.

Кроме того, при описании предпочтительных вариантов осуществления будет использована определенная терминология для обеспечения ясности. Предусмотрено, что каждый термин имеет его самое широкое значение, понимаемое специалистами в данной области техники, и охватывает все технические эквиваленты, которые функционируют аналогичным образом для выполнения аналогичной задачи.

В контексте данного документа термин «ячеистый» (“cellular”) используется в соответствии с общепринятым определением, то есть он относится к материалу, в котором распределено множество пустот, полостей, пор, щелей, газовых пузырей, отверстий или незаполненных пространств других типов, полученных в соответствии со способами, описанными в данном документе. Аналогичным образом, термин «неячеистый» (“non-cellular”) означает материал, не имеющий пустот, полостей, пор, газовых пузырей, отверстий или незаполненных пространств других типов, полученных в соответствии со способами, описанными в данном документе, то есть имеющий структуру, которая является по существу непрерывной или сплошной по своему характеру. Вышеупомянутые пустоты, полости, поры, щели, газовые пузыри, отверстия или незаполненные пространства других типов, которые получены в соответствии со способами, описанными в данном документе, и обеспечивают образование ячеистой структуры, иногда упоминаются в данном документе как «пустоты в ячеистой структуре» (“cellular openings”).

Кроме того, в контексте данного документа термины «полученный совместной экструзией» (“coextruded”), «совместное экструдирование (“coextruding”) и «совместная экструзия» (“coextrusion”) используются в соответствии с их общепринятым определением, то есть относятся к процессу, в начале которого имеются два или более полимерных материалов, которые экструдированы вместе и придают им определенную форму в одной экструзионной головке для формирования многослойного листа.

Также в контексте данного документа термины «полученный ламинированием» (“laminated”), «ламинирование» (“laminating”) и «ламинирование» (“lamination”)

используются в соответствии с их общепринятым определением, то есть относятся к процессу, в начале которого имеются два или более листов из полимерных материалов, которые изготавливают по отдельности в одном производственном процессе и после этого соединяют или скрепляют друг с другом на другой технологической операции для создания многослойного листа из двух или более слоев посредством этого.

Кроме того, в контексте данного документа термин «сдавливаемость/сдавливаемость» (“crush fit”) используется для описания материала, который является сжимаемым в такой степени, которая достаточна для того, чтобы он соответствовал по форме, физически адаптировался и изменял форму для обеспечения его соответствия форме и текстуре любого более прочного и/или более жесткого материала, расположенного над ним или поверх него, при приложении достаточной силы.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, имеет неячеистый слой, расположенный между двумя наружными слоями с ячеистой структурой, для образования трехслойной цельной георешетки. В соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, имеет повторяющуюся конфигурацию, образованную из неячеистого слоя, расположенного между двумя слоями с ячеистыми структурами. В соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев, имеет неячеистый слой, соединенный с соседним одним слоем, имеющим ячеистую структуру.

Более конкретно, многослойные цельные георешетки, имеющие один или более ячеистых слоев, включают в себя множество ориентированных многослойных прядей, которые соединены друг с другом посредством частично ориентированных многослойных мест соединения и между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий, при этом каждая из ориентированных многослойных прядей и каждое из частично ориентированных многослойных мест соединения имеет множество слоев, включая один или более ячеистых слоев, и при этом множество слоев находятся в контакте как вдоль каждой из ориентированных многослойных прядей, так и вдоль каждого из частично ориентированных многослойных мест соединения.

Еще более конкретно, в данных одном или более ячеистых слоях имеется множество распределенных пустот, полостей, пор, газовых пузырей, отверстий или незаполненных пространств других типов. Данная ячеистая структура может соответствовать вспененной структуре слоя или может соответствовать наполнителю в виде частиц, который распределен по всему слою, для обеспечения увеличения объема ячеистого слоя в конечной многослойной цельной георешетке.

Кроме того, также в контексте данного документа термин «увеличение в объеме» (“expansion”) при его использовании для описания вышеупомянутых одного или более ячеистых слоев относится к способности ячеистого слоя увеличиваться в объеме во время

различных стадий формирования многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению. Термин «увеличенный в объеме» (“expanded”) при его использовании для описания вышеупомянутых одного или более ячеистых слоев означает структуру ячеистого слоя после образования многослойной цельной георешетки посредством растягивания для ориентирования георешетки, включая соответствующее изменение формы (включая увеличение размера) множества пустот, полостей, пор, щелей, газовых пузырей, отверстий или незаполненных пространств других типов, имеющих в ячеистом слое, то есть пустот в ячеистой структуре.

Кроме того, многослойная конструкция может включать в себя слои, которые получены совместной экструзией, или слои, которые соединены посредством ламинирования. Увеличение в объеме слоя с ячеистой структурой может происходить во время экструзии/ламинирования или растягивания/ориентирования или как во время экструзии/ламинирования, так и во время растягивания/ориентирования. Кроме того, получающаяся в результате этого, многослойная цельная георешетка, имеющая один или более ячеистых слоев и имеющая множество ориентированных многослойных прядей, которые соединены друг с другом посредством частично ориентированных многослойных мест соединения и между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий, может быть конфигурирована с любой из разных повторяющихся геометрических конфигураций, таких как описанные в данном документе.

Как показано на фиг.1, трехслойная цельная георешетка 200 согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения (в данном случае триаксиальная цельная георешетка) включает в себя третий слой, то есть неячеистый внутренний слой 220, расположенный между первым ячеистым наружным слоем 210 и вторым ячеистым наружным слоем 230.

Как указано выше, в первом ячеистом наружном слое 210 и втором ячеистом наружном слое 230 имеются распределенные пустоты 250 в ячеистой структуре. Пустоты 250 в ячеистой структуре могут быть получены за счет вспененной структуры первого ячеистого наружного слоя 210 и второго ячеистого наружного слоя 230, могут соответствовать пустотам в ячеистой структуре, которые были образованы исходно во время совместной экструзии исходного листа и форма которых была впоследствии изменена, то есть их размер был увеличен, за счет растягивания перфорированного исходного листа во время образования цельной георешетки. Или же пустоты 250 в ячеистой структуре могут соответствовать наполнителю в виде частиц, который распределен в первом ячеистом наружном слое 210 и втором ячеистом наружном слое 230, при этом пустоты в ячеистой структуре образуются рядом с наполнителем в виде частиц за счет растягивания перфорированного исходного листа во время образования цельной георешетки.

В соответствии с вариантом осуществления первого ячеистого наружного слоя 210 и второго ячеистого наружного слоя 230 с использованием вспененного материала настоящее изобретение может включать использование вспенивающего средства для

получения увеличенного в объеме, первого ячеистого наружного слоя 210 и увеличенного в объеме, второго ячеистого наружного слоя 230, то есть каждый слой будет иметь ячеистую вспененную структуру. То есть в соответствии с вариантом осуществления изобретения, в котором слои цельной георешетки получают посредством совместной экструзии (рассмотрено ниже), один возможный процесс состоит в смешивании химического вспенивающего средства с полимером, который экструдировать для образования увеличенного в объеме, первого ячеистого наружного слоя 210 и увеличенного в объеме, второго ячеистого наружного слоя 230. Тепло, которое выделяется для расплавления полимера, вызывает разложение химического вспенивающего средства, что приводит к высвобождению газа. После этого газ диспергируется в расплаве полимера и увеличивается в объеме при выходе из экструзионной головки. В результате первый наружный слой 210 и второй наружный слой 230 подвергаются вспениванию для образования ячеистых слоев, то есть слоев, которые имеют множество пустот в ячеистой структуре. Аналогично химическому вспениванию введение газа, которое приводит к образованию первого ячеистого наружного слоя 210 и второго ячеистого наружного слоя 230, также рассматривается как процесс вспенивания согласно данному варианту осуществления изобретения.

В соответствии с вариантом осуществления первого ячеистого наружного слоя 210 и второго ячеистого наружного слоя 230 с использованием наполнителя в виде частиц настоящее изобретение предусматривает использование диспергированного наполнителя в виде частиц для получения увеличенных в объеме, первого ячеистого наружного слоя 210 и второго ячеистого наружного слоя 230, то есть каждый из указанных слоев будет иметь ячеистую структуру. Включение такого наполнителя в виде частиц в первый ячеистый наружный слой 210 и второй ячеистый наружный слой 230 обеспечивает создание изделия, имеющего профиль с большей толщиной, то есть более объемный профиль, что может привести к улучшенным эксплуатационным характеристикам цельной георешетки при определенных применениях в условиях эксплуатации. В зависимости от условий эксплуатации/применения, в которых должна использоваться многослойная цельная георешетка, такие наполнители в виде частиц могут включать, например, одно или более из CaCO_3 (карбоната кальция), гидросиликатов магния (талька), CaSiO_3 (воластонита), сульфата кальция (гипса), диатомита, диоксида титана, нанонаполнителей (таких как наноглина), многослойной углеродной нанотрубки (“MWCNT” - multi-wall carbon nanotube), однослойной углеродной нанотрубки (“SWCNT” - single wall carbon nanotube), натуральных или синтетических волокон, металлических волокон, стекловолокон, доломита, диоксида кремния, слюды и гидроксида алюминия.

Как в варианте осуществления с вспененным материалом, так и в варианте осуществления с наполнителем конструкционный материал первого ячеистого наружного слоя 210 и конструкционный материал второго ячеистого наружного слоя 230 могут представлять собой одинаковые материалы или могут отличаться друг от друга, хотя предпочтителен одинаковый материал. В большинстве случаев конструкционный

материал неячеистого внутреннего слоя 220 отличается от конструкционного материала первого ячеистого наружного слоя 210 и конструкционного материала второго ячеистого наружного слоя 230.

Предусмотренные варианты осуществления изобретения включают вариант осуществления, в котором один или более вспененных слоев используются в сочетании с одним или более сплошными слоями, вариант осуществления, в котором один или более слоев с наполнителем используются в сочетании с одним или более сплошными слоями, и вариант осуществления, в котором один или более вспененных слоев и один или более слоев с наполнителем используются в сочетании с одним или более сплошными слоями.

Фиг.2 иллюстрирует унипланарный трехслойный полимерный исходный лист 100 для трехслойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев 200, показанных на фиг.1, до того, как отверстия или углубления будут образованы в нем.

Как показано на фиг.2, многослойный полимерный исходный лист 100 представляет собой вариант осуществления трехслойного листа по изобретению. То есть лист 100 предпочтительно включает в себя первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 110, второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 130 и неячеистый внутренний слой 120. Первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 110 и второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 130 расположены на противоположных плоских поверхностях неячеистого внутреннего слоя 120, предпочтительно в унипланарной или по существу унипланарной конфигурации. Кроме того, хотя трехслойная конфигурация листа 100 показана для иллюстрации, изобретение предусматривает использование листа, имеющего множество слоев, расположенных в различных конфигурациях, множество слоев, имеющих различные комбинации толщин, и множество слоев, имеющих различные конструкционные материалы, при этом все определяется конкретным применением, в котором цельная георешетка должна использоваться. Например, хотя трехслойная конфигурация листа 100 показана для иллюстрации, изобретение также предусматривает использование листов, имеющих более трех слоев. В большинстве случаев конфигурацию слоев, толщины слоев и конструкционные материалы слоев выбирают для обеспечения не только простоты изготовления цельной георешетки, но и также получения цельной георешетки, имеющей заданную степень сжимаемости, жесткость и другие эксплуатационные характеристики.

Кроме того, в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения многослойная цельная георешетка может иметь два слоя, то есть неячеистый слой, соединенный с одним соседним слоем, имеющим ячеистую структуру. Георешетки, как правило, устанавливают поверх грунта, такого как глина, илистые отложения или песок. Все вышеупомянутые материалы представляют собой «мелкозернистые» материалы, то есть материалы, характеризующиеся размерами частиц, представляющими собой очень малую долю размера отверстий георешетки. Кроме того, гранулированные заполнители с «большим» размером частиц (то есть 0,25 дюйма (0,635 см) - 3 дюйма (7,62 см)) размещают поверх георешетки. Предполагается, что сжимаемый, то есть ячеистый

слой лучше всего размещать так, чтобы гранулированные заполнители были расположены поверх сжимаемого слоя. Полагают, что менее важно то, чтобы сжимаемые слои находились в контакте с мелкозернистыми грунтами. Соответственно, такая двухслойная цельная георешетка будет иметь сплошной слой внизу и сжимаемый слой сверху при ее установке.

Как показано на фиг.13 (подробно описанной ниже), многослойная цельная георешетка 1500 согласно настоящему изобретению имеет вышеописанный неячеистый слой, соединенный с одним соседним слоем, имеющим ячеистую структуру. То есть вместо наличия неячеистого слоя, расположенного между двумя ячеистыми слоями, двухслойная цельная георешетка 1500 согласно настоящему изобретению имеет один ячеистый слой 1510 и один неячеистый слой 1520. Как показано на фиг.14, двухслойный полимерный исходный лист 1700, соответствующий варианту осуществления изобретения, представляющему собой двухслойную цельную георешетку, включает в себя способный увеличиваться в объеме, наружный слой 1710 и неячеистый слой 1720.

Как описано выше, трехслойный полимерный исходный лист 100, используемый в качестве исходного материала для трехслойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению, предпочтительно подвергнут пробиванию насквозь, хотя вместо этого может существовать возможность использования углублений, образованных в нем. В соответствии с вариантом осуществления, в котором углубления образованы в листе, углубления выполнены на каждой стороне листа 100, то есть как на верхней, так и на нижней сторонах листа. Кроме того, углубления проходят в каждый слой многослойного листа.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения общая толщина трехслойного полимерного исходного листа 100 составляет от приблизительно 2 мм до приблизительно 12 мм, и в соответствии с более предпочтительным вариантом осуществления изобретения общая толщина листа 100 составляет от приблизительно 4 мм до приблизительно 10 мм.

Что касается толщин отдельных слоев листа, то в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения толщина первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 110 составляет от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм, толщина не увеличенного в объеме, внутреннего слоя 120 составляет от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм, и толщина второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 130 составляет от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм, принимая во внимание то, что общая толщина исходного листа 100 составляет от приблизительно 2 мм до приблизительно 12 мм. Кроме того, в соответствии с более предпочтительным вариантом осуществления изобретения толщина первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 110 составляет от приблизительно 1 мм до приблизительно 3 мм, толщина не увеличенного в объеме, внутреннего слоя 120 составляет от приблизительно 1 мм до приблизительно 3 мм, и толщина второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 130 составляет от

приблизительно 1 мм до приблизительно 3 мм.

В общем случае слои исходного листа являются полимерными по своей природе. Полимерные материалы первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 110, неясного внутреннего слоя 120 и второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 130 могут быть одинаковыми или могут отличаться друг от друга. Конструкционный материал первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 110 и конструкционный материал второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 130 предпочтительно являются одинаковыми. Более предпочтительно, если конструкционный материал неясного внутреннего слоя 120 отличается как от конструкционного материала первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 110, так и от конструкционного материала второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 130.

Например, конструкционные материалы могут включать высокомолекулярные полиолефины и полимеры с широким молекулярно-массовым распределением. Как известно специалисту в области науки о полимерах, термин «высокомолекулярный» полиолефин означает смолу/полимер с показателем текучести расплава (“MFR” (Melt Flow Rate); также известным как индекс текучести расплава (“MFI” (Melt Flow Index))), определенным в соответствии со стандартом ASTM D 1238-20 и составляющим менее 1. Как также известно, термин «полимер с широким молекулярно-массовым распределением» означает смолу/полимер, имеющую (-ий) молекулярные цепи, которые различаются по размеру и отображаются кривой широкого биномиального распределения на графике молекулярно-массового распределения. Кроме того, полимерные материалы могут представлять собой материалы из первичного сырья или могут представлять собой рециклированные материалы, например, такие как полимерные материалы, полученные посредством рециклинга промышленных или потребительских отходов. Кроме того, также предусмотрено использование одного или более полимерных слоев, имеющих более низкую стоимость, чем стоимость вышеупомянутых высокомолекулярных полиолефинов и полимеров широкого назначения.

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения конструкционный материал первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 110 и конструкционный материал второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 130 представляет собой полимер широкого назначения, например, такой как полипропилен (“PP” - ПП)) из первичного сырья или рециклированный ПП, например, такой как ПП, полученный посредством рециклинга промышленных отходов, или другой рециклированный ПП. В контексте данного документа термин «полимер широкого назначения» означает полимер, имеющий показатель текучести расплава (MFR) (или индекс текучести расплава (MFI)), определенный в соответствии со стандартом ASTM D 1238-20, составляющий от 1 до 6, и содержание золы, определенное в соответствии со стандартом ASTM D 4218-20 и составляющее менее 6%. Кроме того, в соответствии с тем же предпочтительным вариантом осуществления конструкционный материал неясного

внутреннего слоя 120 представляет собой высокомолекулярный полиолефин, например, такой как ПП. Однако в зависимости от конкретного применения цельной георешетки полимерные компоненты, имеющие конструкционный материал, отличный от полипропилена, могут быть включены в многослойный полимерный исходный лист 100.

В соответствии с настоящим изобретением многослойный полимерный исходный лист 100 может быть получен посредством совместной экструзии слоев так, как раскрыто в вышеупомянутой заявке '960, или посредством соединения слоев, полученных по отдельности, с помощью ламинирования. Например, ламинирование слоев, полученных по отдельности, может быть выполнено посредством повторного нагрева и размягчения одной поверхности каждого из слоев, полученных по отдельности, наложения слоев одного на другой так, чтобы повторно нагретые и размягченные поверхности прилегали друг к другу, и последующего приложения давления, что приводит к сплавлению листов, полученных по отдельности, друг с другом.

Фиг.3 представляет собой вид в перспективе в плане сверху многослойного полимерного исходного листа 100, показанного на фиг.2, который имеет отверстия 140, образованные в нем пробивкой, для образования триаксиальной трехслойной цельной георешетки 200, показанной на фиг.1. Фиг.4 представляет собой вид в перспективе с разрезом части трехслойного полимерного исходного листа 100, показанного на фиг.3.

Размер отверстий 140 и расстояние между отверстиями 140, показанными на фиг.4, такие, как раскрытые в патенте '112 на имя Walsh. На фиг.1 триаксиальная трехслойная цельная георешетка 200, имеющая один или более ячеистых слоев, включает в себя высокоориентированные пряжи 205 и частично ориентированные места 235 соединения, как также раскрыто в патенте '112 на имя Walsh. Второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 130 трехслойного полимерного исходного листа 100 (показанного на фиг.3) был подвергнут растягиванию и ориентированию для получения второго ячеистого наружного слоя 230 пряжей 205 и мест 235 соединения. Аналогичным образом, первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 110 трехслойного полимерного исходного листа 100 был подвергнут растягиванию и ориентированию для получения **второго** ячеистого наружного слоя 210 пряжей 205 и мест 235 соединения. При растягивании и ориентировании второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 130 и первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 110 неячеистый внутренний слой 120 также подвергается растягиванию и ориентированию для получения среднего слоя 220 как пряжей 205, так и мест 235 соединения.

Как указано выше, несмотря на то, что трехслойная конфигурация многослойного полимерного исходного листа 100 была показана для иллюстрации, в соответствии с настоящим изобретением также предусмотрены многослойные цельные георешетки с одним или более ячеистыми слоями, имеющие более трех слоев, и использование исходных листов, имеющих более трех слоев.

Например, исходный лист может иметь пятислойную конфигурацию, такую как у многослойного полимерного исходного листа 400, показанного на фиг.5. Исходный лист

400 включает в себя способный увеличиваться в объеме, средний слой 420, первый неячеистый внутренний слой 410, второй неячеистый внутренний слой 430, первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 440 и второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 450. Первый неячеистый внутренний слой 410 и второй неячеистый внутренний слой 430 расположены на противоположных плоских поверхностях способного увеличиваться в объеме, среднего слоя 420, предпочтительно с унипланарной или по существу унипланарной конфигурацией. Первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 440 и второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 450 расположены на противоположных плоских поверхностях соответственно первого неячеистого внутреннего слоя 410 и второго неячеистого внутреннего слоя 430, предпочтительно с унипланарной или по существу унипланарной конфигурацией.

В конкретном варианте осуществления изобретения, показанном на фиг.5, многослойный полимерный исходный лист 400 изготовлен посредством совместной экструзии или соединения путем ламинирования первого материала, который образует способный увеличиваться в объеме, средний слой 420, второго материала, который образует первый неячеистый внутренний слой 410, третьего материала, который образует второй неячеистый внутренний слой 430, четвертого материала, который образует первый способный увеличиваться в объеме, **наружный** слой 440, и пятого материала, который образует второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 450.

В общем случае полимерные материалы способного увеличиваться в объеме, среднего слоя 420, первого неячеистого внутреннего слоя 410, второго неячеистого внутреннего слоя 430, первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 440 и второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 450 могут представлять собой одинаковые материалы или могут отличаться друг от друга. Например, способный увеличиваться в объеме, средний слой 420 может иметь первый конструкционный материал, первый неячеистый внутренний слой 410 и второй неячеистый внутренний слой 430 могут иметь второй конструкционный материал, и первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 440 и второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 450 могут иметь третий конструкционный материал. Подводя итоги, следует отметить, что в зависимости от конкретного случая применения при эксплуатации, в котором должна использоваться пятислойная цельная георешетка, имеющая слой или слои с ячеистой структурой и изготовленная из листа 400, могут использоваться различные комбинации конструкционных материалов для вышеописанных пяти слоев.

Фиг.6 представляет собой вид в перспективе части триаксиальной пятислойной цельной георешетки 500, имеющей три или более ячеистых слоев, соответствующих пятислойному полимерному исходному листу 400, показанному на фиг.5. Триаксиальная пятислойная цельная георешетка 500, имеющая три или более ячеистых слоев, включает в себя высокоориентированные многослойные пряди 505 и частично ориентированные многослойные места 535 соединения. После пробивки отверстий в листе 400 первый

способный увеличиваться в объеме, наружный слой 440 и второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 450 листа 400 были подвергнуты растягиванию и ориентированию для получения соответственно первого ячеистого наружного слоя 540 и второго ячеистого наружного слоя 550 многослойных пряжей 505 и многослойных мест 535 соединения. Аналогичным образом, первый неячеистый внутренний слой 410 и второй неячеистый внутренний слой 430 листа 400 были подвергнуты растягиванию и ориентированию для получения соответственно первого неячеистого внутреннего слоя 510 и второго неячеистого внутреннего слоя 530 пряжей 505 и мест 535 соединения. Кроме того, при растягивании и ориентировании первого способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 440 и второго способного увеличиваться в объеме, наружного слоя 450, и первого неячеистого внутреннего слоя 410, и второго неячеистого внутреннего слоя 430 способный увеличиваться в объеме, средний слой 420 также одновременно подвергается растягиванию и ориентированию для получения среднего ячеистого слоя 520 как многослойных пряжей 505, так и многослойных мест 535 соединения.

Как и в предыдущем случае многослойного полимерного исходного листа 100 (то есть варианта осуществления с тремя слоями), многослойный полимерный исходный лист 400, имеющий пять слоев, может иметь слои, способные увеличиваться в объеме, которые подвергаются вспениванию или которые имеют наполнитель, и может быть образован посредством совместной экструзии или ламинирования.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения общая толщина пятислойной цельной георешетки 500 составляет от приблизительно 1 мм до приблизительно 6 мм, и в соответствии с более предпочтительным вариантом осуществления изобретения общая толщина пятислойной цельной георешетки 500 составляет от приблизительно 1,5 мм до приблизительно 3,5 мм.

Что касается толщин отдельных слоев пятислойной цельной георешетки 500, то в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения толщина первого ячеистого наружного слоя 540 составляет от приблизительно 0,1 мм до приблизительно 2 мм, толщина второго ячеистого наружного слоя 550 составляет от приблизительно 0,1 мм до приблизительно 2 мм, толщина первого неячеистого внутреннего слоя 510 составляет от приблизительно 0,1 мм до приблизительно 2 мм, толщина второго неячеистого внутреннего слоя 530 составляет от приблизительно 0,1 мм до приблизительно 2 мм, и толщина среднего **неячеистого** слоя 520 составляет от приблизительно 0,1 мм до приблизительно 2 мм.

Далее, если обратиться к геометрии многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, следует отметить, что изобретение предусматривает по меньшей мере три общих класса: с треугольниками (такие как «триаксиальная»), с прямоугольниками и с шестиугольниками.

Геометрия триаксиальной увеличенной в объеме, многослойной цельной георешетки 200 такая, как показанная на фиг.1 (трехслойный вариант) и 6 (пятислойный вариант).

Геометрия многослойной цельной георешетки 700 с прямоугольниками, имеющей один или более ячеистых слоев, показана на фиг.7. Многослойная цельная георешетка 700 с прямоугольниками, имеющая один или более ячеистых слоев, включает в себя высокоориентированные многослойные пряди 705 и частично ориентированные многослойные места **710** соединения. Как показано на фиг.8, трехслойная цельная георешетка 700 с прямоугольниками, имеющая два или более ячеистых слоев, включает в себя третий слой, то есть неячеистый внутренний слой 720, расположенный между первым ячеистым наружным слоем **710** и вторым ячеистым наружным слоем 730. Как и в случае геометрии с треугольниками, описанной в данном документе, в первом ячеистом наружном слое **710** и втором ячеистом наружном слое 730 имеются распределенные пустоты 750 в ячеистой структуре. Пустоты 750 в ячеистой структуре могут соответствовать вспененной структуре первого ячеистого наружного слоя **710** и второго ячеистого наружного слоя 730 или могут соответствовать наполнителю в виде частиц, который распределен в первом ячеистом наружном слое **710** и втором ячеистом наружном слое 730.

Второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 630 трехслойного полимерного исходного листа 600 (описанного ниже) был подвергнут растягиванию и ориентированию для получения второго ячеистого наружного слоя 730 многослойных прядей 705 и многослойных мест **740** соединения. Аналогичным образом первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 610 многослойного полимерного исходного листа 600 был подвергнут растягиванию и ориентированию для получения первого ячеистого наружного слоя **710** многослойных прядей 705 и многослойных мест **740** соединения. При растягивании и ориентировании второго ячеистого наружного слоя 730 и первого ячеистого наружного слоя **710** неячеистый внутренний слой 620 также одновременно подвергается растягиванию и ориентированию для получения неячеистого внутреннего слоя 720 как многослойных прядей 705, так и многослойных мест **740** соединения.

Фиг.9 представляет собой вид в перспективе сверху части трехслойного полимерного исходного листа 600, имеющего отверстия 640, образованные в нем пробивкой для образования трехслойной цельной георешетки 700 с прямоугольниками, показанной на фиг.7 и 8. Многослойный полимерный исходный лист 600 включает в себя третий слой, то есть неячеистый внутренний слой 620, расположенный между первым способным увеличиваться в объеме, наружным слоем 610 и вторым способным увеличиваться в объеме, наружным слоем 630. Как и в случае геометрии с треугольниками, описанной в данном документе, первый способный увеличиваться в объеме, наружный слой 610 и второй способный увеличиваться в объеме, наружный слой 630 обеспечивают образование распределенных пустот 650 в ячеистой структуре в конечной цельной георешетке 700, показанной на фиг.7 и 8.

Кроме того, как и в случае варианта осуществления многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, который имеет геометрию с

треугольниками, вариант осуществления многослойной цельной георешетки, **имеющей** один или более ячеистых слоев, который имеет геометрию с прямоугольниками, имеет ячеистый слой, который или является вспененным, или содержит наполнитель в виде частиц. Кроме того, исходный лист в варианте осуществления многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, который имеет геометрию с прямоугольниками, является таким же, как раскрытый ранее в данном документе для варианта осуществления с геометрией с треугольниками, и может быть образован посредством совместной экструзии или ламинирования.

И, наконец, геометрия многослойной (в данном случае - трехслойной) цельной георешетки 1100 с шестиугольниками, имеющей один или более ячеистых слоев, такая, как показанная на фиг.10 и 11. Стимулом к разработке многослойной цельной георешетки с шестиугольниками, имеющей один или более ячеистых слоев, является то, что она является предпочтительной по соображениям, связанным с конструкцией и экономическими показателями, для получения цельной георешетки, которая имеет конструкцию и геометрию, обеспечивающие возможность контактного взаимодействия с разнообразными и разными по качеству заполнителями и их стабилизации, что соответствует требованиям, связанным с применением при эксплуатации, таким как укрепление геосинтетического материала, или имеет другие свойства, желательные для конкретных применений геосинтетических материалов.

Многослойная цельная георешетка с шестиугольниками, имеющая один или более ячеистых слоев, разработана для усовершенствования триаксиальной цельной георешетки за счет сохранения изотропных свойств, обеспечиваемых триаксиальной геометрией, при одновременном существенном улучшении опоры для заполнителя и взаимодействия с ним. Ключевые усовершенствования многослойной цельной георешетки с шестиугольниками по отношению к триаксиальной геометрии и другим геометриям по предшествующему уровню техники связаны с по меньшей мере двумя ключевыми конструктивными признаками. Во-первых, что касается геометрии, то многослойная цельная георешетка с шестиугольниками обеспечивает сохранение свойств во всех направлениях, обеспечиваемых триаксиальной геометрией, за счет того, что каждое второе ребро проходит в каждом из трех направлений ребер как непрерывное ребро. Однако многослойная цельная георешетка с шестиугольниками обеспечивает преобразование каждого второго узла вдоль ребер, которые не являются непрерывными, из нефункционального элемента (узла) в функциональный элемент - новый неперегороженный шестиугольник, который содержит шесть новых элементов в виде ребер. Данные шесть новых элементов в виде ребер теперь являются функциональными элементами, а не одним нефункциональным узлом. Неперегороженный шестиугольник и шесть элементов в виде ребер существенно повышает уровень, с которым многослойная цельная георешетка с шестиугольниками может взаимодействовать с заполнителем и обеспечивать опору для него. Кроме того, геометрия многослойной цельной георешетки с шестиугольниками обеспечивает наличие непрерывных ребер, проходящих в трех

направлениях, что обеспечивает характеристики прочности и стабильности во всех направлениях. Это осуществляется самыми разными способами, включая, как описано выше, преобразование нефункциональных узлов в функциональные элементы и улучшение макровзаимодействия за счет использования ребер с большей высотой **поперечного сечения**.

Во-вторых, в соответствии с одним вариантом осуществления изобретения в многослойной цельной георешетке с шестиугольниками, полученной совместной экструзией, используется многослойная конструкция и имеются улучшения, связанные с вспененным материалом или наполнителем и описанные в данном документе. То есть благодаря многослойной конструкции, полученной совместной экструзией, и ячеистым структурам двух наружных слоев изобретение обеспечивает микровзаимодействие, связанное с верхним и нижним слоями из сжимаемого полимера, предназначенными для размещения частиц заполнителя и содействия обеспечению и сохранению максимальных характеристик заполнителя. Этот передовой технологический процесс совместной экструзии также обеспечивает другие преимущества при производстве и изготовлении, такие как улучшенная адгезия между слоями вследствие одновременной экструзии, регулируемое образование ячеистой структуры при сохранении соответствующей относительной скорости и скорости сдвига между слоями и снижение затрат вследствие однооперационного технологического процесса изготовления многослойного листа. Кратко формулируя, можно указать, что сочетание данных конструктивных признаков многослойной цельной георешетки с шестиугольниками приводит к значительно лучшим эксплуатационным характеристикам по сравнению с триаксиальной георешеткой и обеспечивает различные преимущества, связанные с производством и изготовлением, которые позволяют изготавливать данную качественно новую георешетку при лишь незначительном увеличении затрат.

Для обеспечения вышеупомянутой способности к контактному взаимодействию с более разнообразными и более разными по качеству заполнителями и их стабилизации по сравнению с геометриями, соответствующими конструкциям георешеток по предшествующему уровню техники, при одновременном обеспечении самых разных степеней локализованной внеплоскостной жесткости и жесткости в плоскости многослойная цельная георешетка с шестиугольниками по настоящему изобретению, имеющая один или более ячеистых слоев, имеет повторяющуюся конфигурацию из соединенных друг с другом, ориентированных многослойных прядей и частично ориентированных многослойных мест соединения, которые образуют повторяющуюся конфигурацию из наружных шестиугольников, каждый из которых обеспечивает опору для ориентированного многослойного внутреннего шестиугольника и окружает его для образования отверстий мультиаксиальной цельной георешетки, имеющих три разные формы. Для обеспечения дополнительной прочности и стабильности геометрия наружных шестиугольников обеспечивает образование прямолинейных прядей, которые проходят непрерывно через всю мультиаксиальную цельную георешетку в трех разных

направлениях.

Внутренний многослойный шестиугольник, образованный таким способом, состоит из шести ориентированных многослойных прядей и опирается на шесть ориентированных многослойных соединительных прядей, которые проходят от частично ориентированных многослойных мест соединения в наружном шестиугольнике до соответствующих углов внутреннего шестиугольника для образования ориентированных многослойных узлов (tri-nodes), в которых соединяются три пряди. Многослойные узлы, в которых соединяются три пряди, имеют значительно более высокую степень ориентированности, чем многослойные места соединения, и имеют тенденцию к полной ориентированности. Данная конфигурация обеспечивает создание внутреннего многослойного шестиугольника, который «подвешен», то есть является плавающим относительно структуры, образованной наружным многослойным шестиугольником. Данная структура позволяет внутреннему многослойному шестиугольнику смещаться вверх или вниз, так что он будет «плавать» или изгибаться (то есть деформироваться) относительно основной плоскости цельной георешетки во время размещения и уплотнения заполнителя, что повышает способность цельной георешетки к контактному взаимодействию с заполнителем и его стабилизации. Как отмечено выше, вышеуказанная конструкция цельной георешетки упоминается в данном документе как многослойная цельная георешетка, имеющая «повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольной структуры» или просто как многослойная цельная георешетка с шестиугольниками.

Как показано на фиг.10 и 11, трехслойная цельная георешетка 1100 с шестиугольниками, имеющая один или более ячеистых слоев, включает в себя множество соединенных друг с другом, ориентированных многослойных прядей, которые ограничивают упорядоченную совокупность отверстий, повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольной структуры, образованной из соединенных друг с другом, ориентированных многослойных прядей и отверстий, и включает в себя прямолинейные многослойные пряди, которые проходят непрерывно через всю мультиаксиальную цельную георешетку. Данные прямолинейные многослойные пряди, которые проходят непрерывно через всю мультиаксиальную цельную **георешетку**, представляют собой пряди, образующие сильные оси. Более конкретно, трехслойная цельная георешетка 1100 с шестиугольниками, имеющая один или более ячеистых слоев, включает в себя повторяющуюся конфигурацию из плавающих внутренних шестиугольников 1130 внутри каждого наружного шестиугольника 1110. Наружный шестиугольник 1110 включает в себя множество наружных ориентированных многослойных прядей или ребер 1120, соединенных друг с другом посредством частично ориентированных многослойных мест 1115 соединения. Внутренний шестиугольник 1130 включает в себя множество ориентированных многослойных соединительных прядей 1145 и 1150, соединенных друг с другом посредством многослойных узлов 1135, в которых соединяются три пряди, и ограничивающих центральное отверстие 1170 шестиугольной

формы. Наружный шестиугольник 1110 соединен с внутренним шестиугольником 1130 меньшего размера посредством множества многослойных поддерживающих прядей 1140 и 1160, которые определяют границы множества отверстий 1180 трапецевидной формы. В центре каждой конфигурации, состоящей из трех соседних наружных шестиугольников 1110, находится отверстие 1190 треугольной формы. Как показано, места 1115 соединения имеют значительно больший размер, чем узлы 1135, в которых соединяются три пряди.

В соответствии с другой особенностью варианта осуществления настоящего изобретения, в котором используется геометрия с шестиугольниками, поддерживающие пряди 1140 и 1160, которые проходят внутрь от частично ориентированных мест 1115 соединения и соединяются с узлами 1135, в которых соединяются три пряди, в плавающем внутреннем шестиугольнике 1130 (или в подобных внутренних элементах с другими геометрическими конфигурациями, описанными в данном документе), который удерживается такими поддерживающими прядами, образуют «технически предусмотренные разрывы непрерывности» или «плавающие, технически предусмотренные разрывы непрерывности».

Как очевидно из фиг.10, еще одним признаком трехслойной цельной георешетки 1100 с шестиугольниками по настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев, является прямолинейность и непрерывность наружных многослойных прядей 1120 в конфигурации из повторяющихся наружных шестиугольников. То есть ориентированные многослойные пряди 1120 являются прямолинейными и непрерывными посредством частично ориентированных многослойных мест 1115 соединения, поскольку они проходят непрерывно через всю мультиаксиальную цельную георешетку в трех разных направлениях, **расположенных под углом друг относительно друга**, составляющим приблизительно 120° , и показанных стрелками 120А, 120В и 120С на фиг.10 и 11. Данные прямолинейные многослойные пряди, которые проходят непрерывно через всю мультиаксиальную цельную **георешетку**, представляют собой пряди, образующие сильные оси. Специалистам в данной области техники будет понятно, что возможны различные ориентации одной и той же базовой геометрии после растягивания, если выполняется надлежащий соответствующий поворот геометрической конфигурации перфорированного исходного листа. Прямолинейность и непрерывность многослойных прядей 1120 придают многослойной цельной георешетке с шестиугольниками по настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев, как повышенную прочность, так и жесткость в плоскости.

Толщина трехслойной цельной георешетки 1100 с шестиугольниками, имеющей два наружных ячеистых слоя, в месте с ее наибольшей толщиной (в местах 1115 соединения) предпочтительно составляет от приблизительно 1,5 мм до приблизительно 10 мм, и такая толщина мультиаксиальной увеличенной в объеме, трехслойной цельной георешетки 1100 более предпочтительно составляет от приблизительно 4 мм до приблизительно 8 мм.

Что касается геометрии цельной георешетки, то фиг.20 иллюстрирует изотропные

свойства, связанные с треугольными геометрическими элементами триаксиальной многослойной цельной георешетки, такой как показанная на фиг.1 и 6. Кроме того, фиг.21 иллюстрирует изотропные свойства, связанные с непрерывными ребрами, проходящими в трех направлениях, что является геометрическим признаком конструкции многослойной цельной георешетки с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, 11 и 13.

Кроме того, фиг.22 иллюстрирует «наложенный» на триаксиальную георешетку шестиугольник с открытым центром, соответствующий многослойной цельной георешетке с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, 11 и 13. Кроме того, фиг.23 иллюстрирует шестиугольник с открытым центром и шесть элементов в виде ребер, соответствующие многослойной цельной георешетке с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, 11 и 13.

Фиг.24 представляет собой частичный вид в плане, который иллюстрирует длины различных прядей многослойной цельной георешетки с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10, 11 и 13.

Кроме того, фиг.38 представляет собой частичный вид в плане, который иллюстрирует длины различных прядей трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, такой как показанная на фиг.10 и 11, и непрерывные ребра, соответствующие машинному направлению влево, машинному направлению вправо и поперечному направлению, аналогично тому, что показано на фиг.21. Фиг.39 представляет собой вид в плане, показывающий возможные размеры отверстий и расстояния между отверстиями, которые соответствуют исходному листу, используемому для изготовления трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, показанной на фиг.38. Кроме того, фиг.40 представляет собой вид сбоку с частичным разрезом участка трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, имеющей два наружных слоя с ячеистой структурой, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, показанным на фиг.11.

Далее, более конкретно, если обратиться снова к фиг.24, то следует указать, что в одном варианте осуществления трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, показанной на фиг.24, многослойная цельная георешетка имеет высоту **поперечного сечения** ребра А в широком диапазоне от 1 мм до 4 мм и в предпочтительном диапазоне от 2 мм до 3 мм, и предпочтительный размер составляет 1,97 мм. Ширина ребра А находится в широком диапазоне от 0,75 мм до 3 мм и в предпочтительном диапазоне от 1 мм до 2 мм, и предпочтительный размер составляет 1,6 мм. Длина ребра А находится в широком диапазоне от 30 мм до 45 мм и в предпочтительном диапазоне от 35 мм до 40 мм, и предпочтительный размер составляет 37 мм. Характеристическое отношение для ребра А находится в широком диапазоне от 1:1 до 3:1 и в предпочтительном диапазоне от 1,5:1 до 1,8:1, и предпочтительное значение составляет 1,7:1.

Высота **поперечного сечения** ребра В находится в широком диапазоне от 1 мм до 3 мм и в предпочтительном диапазоне от 1,5 мм до 2,5 мм, и предпочтительный размер

составляет 1,6 мм. Ширина ребра В находится в широком диапазоне от 0,75 мм до 3,5 мм и в предпочтительном диапазоне от 1 мм до 3 мм, и предпочтительный размер составляет 1,8 мм. Длина ребра В находится в широком диапазоне от 15 мм до 25 мм и в предпочтительном диапазоне от 18 мм до 22 мм, и предпочтительный размер составляет 21 мм. Характеристическое отношение для ребра В находится в широком диапазоне от 0,75:1 до 2:1 и в предпочтительном диапазоне от 1,2:1 до 1,4:1, и предпочтительное значение составляет 1,3:1.

Высота **поперечного сечения** ребра С находится в широком диапазоне от 1 мм до 4 мм и в предпочтительном диапазоне от 2 мм до 3 мм, и предпочтительный размер составляет 2,7 мм. Ширина ребра С находится в широком диапазоне от 0,75 мм до 3,5 мм и в предпочтительном диапазоне от 1 мм до 2,5 мм, и предпочтительный размер составляет 1,6 мм. Длина ребра С находится в широком диапазоне от 15 мм до 30 мм и в предпочтительном диапазоне от 20 мм до 25 мм, и предпочтительный размер составляет 23 мм. Характеристическое отношение для ребра С находится в широком диапазоне от 1:1 до 3:1 и в предпочтительном диапазоне от 1,5:1 до 2,5:1, и предпочтительное значение составляет 1,7:1.

Высота **поперечного сечения** ребра D находится в широком диапазоне от 1,5 мм до 4 мм и в предпочтительном диапазоне от 2 мм до 3,5 мм, и предпочтительный размер составляет 2,3 мм. Ширина ребра D находится в широком диапазоне от 1 мм до 4 мм и в предпочтительном диапазоне от 1,5 мм до 2,5 мм, и предпочтительный размер составляет 1,5 мм. Длина ребра D находится в широком диапазоне от 10 мм до 30 мм и в предпочтительном диапазоне от 15 мм до 25 мм, и предпочтительный размер составляет 18 мм. Характеристическое отношение для ребра D находится в широком диапазоне от 1:1 до 3:1 и в предпочтительном диапазоне от 1,4:1 до 1,7:1, и предпочтительное значение составляет 1,6:1.

Высота **поперечного сечения** ребра E находится в широком диапазоне от 1 мм до 4 мм и в предпочтительном диапазоне от 1,5 мм до 3,0 мм, и предпочтительный размер составляет 1,9 мм. Ширина ребра E находится в широком диапазоне от 0,75 мм до 3,5 мм и в предпочтительном диапазоне от 1 мм до 3 мм, и предпочтительный размер составляет 1,7 мм. Длина ребра E находится в широком диапазоне от 15 мм до 30 мм и в предпочтительном диапазоне от 20 мм до 25 мм, и предпочтительный размер составляет 22 мм. Характеристическое отношение для ребра E находится в широком диапазоне от 0,75:1 до 2:1 и в предпочтительном диапазоне от 1:1 до 1,5:1, и предпочтительное значение составляет 1,3:1. Толщина большого узла (Major Node) находится в широком диапазоне от 1,5 мм до 10 мм и в предпочтительном диапазоне от 3 мм до 8 мм, и предпочтительный размер составляет 5,1 мм.

Кроме того, как показано на фиг.40, в одном варианте осуществления трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, которая имеет первый и второй сжимаемые ячеистые наружные слои, расположенные на противоположных поверхностях внутреннего неячеистого слоя, многослойная цельная

георешетка имеет толщину (размер "А") нижнего наружного слоя места соединения (то есть места 1115 соединения; см. фиг.11), находящуюся в широком диапазоне от 1 мм до 3 мм и в предпочтительном диапазоне от 1,5 мм до 2,5 мм и имеющую предпочтительное значение, составляющее 1,7 мм; толщину (размер "В") верхнего наружного слоя места соединения, находящуюся в широком диапазоне от 1 мм до 3 мм и в предпочтительном диапазоне от 1,5 мм до 2,5 мм и имеющую предпочтительное значение, составляющее 1,7 мм; толщину (размер "С") центральной части места соединения, находящуюся в широком диапазоне от 1 мм до 3 мм и в предпочтительном диапазоне от 1,5 мм до 2,5 мм и имеющую предпочтительное значение, составляющее 1,7 мм; толщину (размер "D") нижнего наружного слоя ребра А (см. фиг.24), находящуюся в широком диапазоне от 0,4 мм до 1 мм и в предпочтительном диапазоне от 0,5 мм до 0,8 мм и имеющую предпочтительное значение, составляющее 0,7 мм; толщину (размер "F") верхнего наружного слоя ребра А, находящуюся в широком диапазоне от 0,4 мм до 1 мм и в предпочтительном диапазоне от 0,5 мм до 0,8 мм и имеющую предпочтительное значение, составляющее 0,7 мм, и толщину (размер "Е") центральной части ребра А, находящуюся в широком диапазоне от 0,4 мм до 1 мм и в предпочтительном диапазоне от 0,5 мм до 0,8 мм и имеющую предпочтительное значение, составляющее 0,6 мм.

Фиг.12 представляет собой вид в перспективе сверху трехслойного полимерного исходного листа 1300, имеющего отверстия, образованные в нем для образования трехслойной цельной георешетки 1100 с шестиугольниками, имеющей два наружных ячеистых слоя и показанной на фиг.10 и 11. Трехслойный полимерный исходный лист 1300 включает в себя третий слой, то есть неячеистый внутренний слой 1320, расположенный между первым способным увеличиваться в объеме, наружным слоем 1310 и вторым способным увеличиваться в объеме, наружным слоем 1330.

Кроме того, как и в случае таких вариантов осуществления многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, которые имеет геометрию с треугольниками и прямоугольниками, вариант осуществления многослойной цельной георешетки 1100, имеющей один или более ячеистых слоев, который имеет геометрию с шестиугольниками, имеет ячеистый слой, который или является вспененным, или содержит наполнитель в виде частиц. Кроме того, исходный лист для варианта осуществления многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, который имеет геометрию с шестиугольниками, является таким же, как раскрытые ранее в данном документе для вариантов осуществления с геометриями с треугольниками и прямоугольниками, и может быть образован посредством совместной экструзии или ламинирования.

Многослойный полимерный исходный лист 1300, используемый в качестве исходного материала для многослойной цельной георешетки 1100 с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев, предпочтительно подвергнут пробивке насквозь, хотя вместо этого может существовать возможность использования углублений, образованных в нем. В соответствии с вариантом

осуществления исходного материала, в котором углубления образованы в листе, углубления выполнены на каждой стороне листа, то есть как на верхней, так и на нижней сторонах листа.

Как показано на фиг.12, трехслойный полимерный исходный лист 1300 имеет повторяющуюся конфигурацию 1310 из отверстий 1320 с интервалами 1330, которая при ориентировании обеспечивает получение плавающего шестиугольника внутри шестиугольной структуры увеличенной в объеме, трехслойной цельной георешетки 1100 с шестиугольниками, показанной на фиг.10 и 11.

Более конкретно, предпочтительная трехслойная цельная георешетка с шестиугольниками согласно настоящему изобретению является такой, как показанная на фиг.38, которая также иллюстрирует непрерывные пряди (или «ребра»), соответствующие машинному направлению влево (“MD Left”), машинному направлению вправо (“MD Right”) и поперечному направлению (“TD”). Как показано на фиг.38, размер, представляющий собой расстояние между параллельными сторонами (иногда обозначенный в данном документе как “A/F” (“across the flats”)) в повторяющемся элементе, представляющем собой наружный шестиугольник, в таком варианте осуществления цельной георешетки согласно настоящему изобретению, в котором используется геометрия с шестиугольниками, представляет собой расстояние между параллельными прядями наружного шестиугольника, образующими сильные оси, то есть прядями, образующими сильные оси и проходящими параллельно друг другу в каждом из машинного направления влево, машинного направления вправо и поперечного направления. Еще более конкретно, на изображении варианта осуществления изобретения, который имеет геометрию с шестиугольниками и показан на фиг.10, 11 и 38, размер A/F представляет собой расстояние между любыми из параллельных прядей 1120, то есть параллельных прядей, проходящих в каждом из машинного направления влево, машинного направления вправо и поперечного направления. В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками, показанной на фиг.38, размер A/F, то есть расстояние от одного многослойного места 1115 соединения, соответствующего пряди 1120 наружного шестиугольника (см. также фиг.10 и 11), до противоположного многослойного места 1115 соединения, соответствующего параллельной пряди 1120 наружного шестиугольника, составляет приблизительно 80 мм. Кроме того, в том же варианте осуществления расстояние между параллельными сторонами, то есть расстояние от одного многослойного узла 1135, в котором соединяются три пряди, во внутреннем шестиугольнике (см. фиг.11) до противоположного многослойного узла 1135, в котором соединяются три пряди, во внутреннем шестиугольнике составляет приблизительно 33 мм. Для данного предпочтительного варианта осуществления многослойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению общая толщина исходного листа находится в широком диапазоне от 2 мм до 12 мм и в предпочтительном диапазоне от 4 мм до 8 мм, и предпочтительный размер составляет 5,5 мм. Размер/диаметр

перфорационного отверстия находится в широком диапазоне от 2 мм до 7 мм и в предпочтительном диапазоне от 3 мм до 5 мм, и предпочтительный размер составляет 3,68 мм. Большой шаг в первом направлении растягивания находится в широком диапазоне от 5 мм до 9 мм и в предпочтительном диапазоне от 6 мм до 8 мм, и предпочтительный размер составляет 6,7088 мм. Меньший шаг в первом направлении растягивания находится в широком диапазоне от 1 мм до 4 мм и в предпочтительном диапазоне от 2 мм до 3 мм, и предпочтительный размер составляет 2,58 мм. Второй большой/меньший шаг в первом направлении растягивания находится в широком диапазоне от 4 мм до 8 мм и в предпочтительном диапазоне от 5 мм до 7 мм, и предпочтительный размер составляет 5,934 мм. Большой шаг во втором направлении растягивания находится в широком диапазоне от 4 мм до 8 мм и в предпочтительном диапазоне от 5 мм до 7 мм, и предпочтительный размер составляет 6,192 мм.

Кроме того, в общем случае трехслойный полимерный исходный лист 1300 является полимерным по своей природе. Например, конструкционный материал может включать высокомолекулярные полиолефины и полимеры широкого назначения. Кроме того, полимерные материалы могут представлять собой материалы из первичного сырья или могут представлять собой рециклированные материалы, например, такие как полимерные материалы, полученные посредством рециклинга промышленных или потребительских отходов. Кроме того, также предусмотрено использование одного или более полимерных слоев, имеющих более низкую стоимость, чем слои из вышеупомянутых высокомолекулярных полиолефинов и полимеров широкого назначения. В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения высокомолекулярный полиолефин представляет собой полипропилен.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения многослойные пряжи 1120, 1140, 1145, 1150 и 1160 трехслойной цельной георешетки 1100 с шестиугольниками имеют то, что известно специалисту в данной области техники как высокое характеристическое отношение, то есть отношение толщины или высоты поперечного сечения многослойной пряжи к ширине поперечного сечения многослойной пряжи, которое составляет более 1,0, в соответствии с вышеуказанными патентами на имя Walsh, то есть патентами США №№ 9,556,580, 10,024,002 и 10,501,896. Хотя это не является абсолютно необходимым для настоящего изобретения, высокое характеристическое отношение для пряжей или ребер является предпочтительным. Таким образом, мультиаксиальная цельная георешетка по настоящему изобретению обеспечивает повышенную совместимость между георешеткой и наполнителем, что приводит к улучшенному сцеплению, фиксации в боковом направлении и удерживанию наполнителя.

Как отмечено в данном документе, вместо наличия вышеописанных вариантов осуществления с тремя или более слоями многослойная цельная георешетка согласно настоящему изобретению, имеющая один или более ячеистых слоев, может иметь неячеистый слой, соединенный с одним соседним ячеистым слоем. То есть, как показано

на фиг.13, двухслойная цельная георешетка 1500 с шестиугольниками в соответствии с настоящим изобретением имеет один ячеистый слой 1510 и один неячеистый слой 1520. Остальные элементы двухслойной цельной георешетки 1500 с шестиугольниками такие же, как описанные выше, за исключением того, что многослойная структура имеет только два слоя, то есть ячеистый слой 1510 и неячеистый слой 1520.

Как показано на фиг.14, двухслойный полимерный исходный лист 1700, соответствующий варианту осуществления изобретения, представляющему собой двухслойную цельную георешетку, включает в себя слой 1710, способный увеличиваться в объеме, и неячеистый слой 1720. Слой 1710, способный увеличиваться в объеме, и неячеистый слой 1720 предпочтительно расположены с унипланарной или по существу унипланарной конфигурацией. Фиг.15 представляет собой вид в перспективе сверху двухслойного полимерного исходного листа 1900, который имеет отверстия 1940, образованные в нем перфорированием с некоторой схемой их расположения для образования двухслойной цельной георешетки 1500 с шестиугольниками, показанной на фиг.13.

Более конкретно, на фиг.13 двухслойная цельная георешетка 1500 с шестиугольниками, имеющая один ячеистый слой, имеет повторяющуюся конфигурацию из плавающих внутренних шестиугольников 1530 внутри каждого наружного шестиугольника 1510. Наружный шестиугольник 1510 включает в себя множество наружных ориентированных многослойных прядей или ребер 1520, соединенных друг с другом посредством частично ориентированных многослойных мест 1515 соединения. Внутренний шестиугольник 1530 включает в себя множество ориентированных многослойных соединительных прядей 1545 и 1550, которые соединены друг с другом посредством многослойных узлов 1535, в которых соединяются три пряди, и определяют границы центрального отверстия 1570 шестиугольной формы. Наружный шестиугольник 1510 соединен с внутренним шестиугольником 1530 меньшего размера посредством множества многослойных поддерживающих прядей 1540 и 1560, которые определяют границы множества отверстий 1580 трапециевидной формы. В центре каждой конфигурации из трех соседних наружных шестиугольников 1510 имеется отверстие 1590 треугольной формы. Как показано, места 1515 соединения имеют значительно больший размер, чем узлы 1535, в которых соединяются три пряди.

Настоящее изобретение также относится к способам изготовления вышеописанных различных вариантов осуществления многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев.

Более конкретно, задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ изготовления многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, в котором слой с ячеистой структурой получают посредством создания сначала вспененной структуры, то есть образования множества пустот в ячеистой структуре в слое многослойного полимерного исходного листа, и последующего двуслойного ориентирования многослойного полимерного исходного листа для

растягивания вспененного материала и образования распределенных деформированных пустот в ячеистой структуре вспененного материала.

Соответственно, другая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ изготовления многослойных цельных георешеток, имеющих один или более ячеистых слоев, в котором каждый слой с ячеистой структурой получают посредством диспергирования сначала наполнителя в виде частиц в слое многослойного полимерного исходного листа и последующего двусосного ориентирования многослойного полимерного исходного листа для растягивания диспергированного наполнителя в виде частиц и образования распределенных пустот в ячеистой структуре при частичном отделении наполнителя в виде частиц от полимерного материала слоя.

Например, способ изготовления вышеописанной триаксиальной многослойной цельной георешетки 200, имеющей один или более ячеистых слоев, включает: образование многослойного полимерного исходного листа 100; образование множества отверстий или углублений в многослойном полимерном исходном листе 100 с выбранной схемой расположения, например, в соответствии с раскрытием изобретения в патенте '112 на имя Walsh, и двусосное растягивание и ориентирование многослойного полимерного исходного листа, в котором имеется множество отверстий или углублений с определенной схемой их расположения, для образования многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев и имеющей множество соединенных друг с другом, ориентированных многослойных прядей, проходящих между частично ориентированными многослойными местами соединения, и для конфигурирования отверстий или углублений как отверстий решетки.

В общем случае после изготовления многослойного полимерного исходного листа 100 с отверстиями или углублениями триаксиальная многослойная цельная георешетка 200, имеющая один или более ячеистых слоев, может быть получена из листа 100 в соответствии со способами, описанными в вышеуказанных патентах и известными специалистам в данной области техники.

Кроме того, что касается способа изготовления мультиаксиального варианта осуществления многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, в котором предусмотрен «повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольной структуры», то данный способ включает: образование полимерного листа 1300; образование множества отверстий или углублений 1310 в полимерном листе 1300 с определенной схемой их расположения и ориентирование полимерного листа 1300, в котором имеется множество отверстий или углублений 1310 с определенной схемой расположения, для образования множества соединенных друг с другом, ориентированных многослойных прядей 1120, 1140, 1145, 1150 и 1160, между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий 1170, 1180 и 1190, повторяющегося плавающего шестиугольника 1130 внутри наружного шестиугольника 1110 в конфигурации из соединенных друг с другом, ориентированных многослойных прядей и отверстий, включая три прямолинейные многослойные пряди, которые проходят непрерывно через

всю мультиаксиальную многослойную георешетку 1100, имеющую слой или слои с ячеистой структурой.

В общем случае после изготовления исходного листа 1300 с отверстиями или углублениями мультиаксиальная многослойная цельная георешетка 1100, имеющая один или более ячеистых слоев, может быть получена из исходного листа 1300 в соответствии со способами, описанными в вышеуказанных патентах и известными специалистам в данной области техники.

Что касается соединения слоев многослойной цельной георешетки посредством ламинирования вместо использования совместной экструзии, то приблизительное соответствие совместной экструзии может быть обеспечено одним из нижеприведенных способов, хотя получающееся в результате изделие, по всей вероятности, не будет иметь всех преимуществ, связанных с предпочтительным вариантом осуществления, полученным совместной экструзией. Сначала отдельные слои отформованного отдельно, исходного листа могут быть получены экструзией как отдельные монослои, при этом каждый слой будет иметь требуемый состав экструдированного материала. В процессе, выполняемом после экструзии, данные слои могут быть затем соединены для обеспечения приблизительного соответствия материалу, полученному совместной экструзией и отформованного как одно целое, с помощью одного из нижеуказанных процессов. Например, может быть использован процесс склеивания/скрепления, в котором соответствующий адгезив наносят на поверхности листов, подлежащих скреплению вместе, например, с помощью процесса с использованием плюсовального валика, и после этого листы сдавливают вместе под действием соответствующего давления и/или тепла для образования соединения. При другом подходе может быть использован процесс нагрева/ламинирования, в котором тепло от соответствующего источника подводят к поверхностям листов, подлежащих скреплению вместе, например, посредством индукционно нагретого валика или газа, и после этого листы сдавливают вместе под действием соответствующего давления и/или тепла для образования соединения. При еще одном подходе может быть использован процесс механической сварки/скрепления, в котором непрерывную локализованную сварку выполняют, например, посредством ультразвуковой сварки или сварки трением. Кроме того, при еще одном подходе может быть использован процесс химической сварки/скрепления, в котором соответствующий растворитель вводят на поверхности листов, подлежащих скреплению вместе, например, посредством процесса с использованием плюсовального валика, и после этого листы сдавливают вместе под действием соответствующего давления и/или тепла для образования соединения.

Как указано выше, шестиугольная геометрическая форма наружного шестиугольника 1110 и внутреннего шестиугольника 1130 меньшего размера представляет собой предпочтительный вариант осуществления для получения «плавающей» геометрической конфигурации по настоящему изобретению. Однако в пределах объема настоящего изобретения возможны другие геометрические формы.

Например, геометрические формы могут быть прямоугольными или квадратными с четырьмя поддерживающими или соединительными пряжами, соединяющими каждую внутреннюю угловую зону наружного прямоугольника или квадрата с соответствующей наружной угловой зоной внутреннего прямоугольника или квадрата меньшего размера. Или же геометрические формы могут быть треугольными с только тремя поддерживающими или соединительными пряжами между соседними внутренними угловыми зонами наружного треугольника и наружными угловыми зонами внутреннего треугольника меньшего размера.

В варианте осуществления настоящего изобретения, предусмотренном с прямоугольными или квадратными формами и описанном в предыдущем абзаце, предпочтительно будут иметься две прямолинейные пряжи, которые проходят непрерывно через всю георешетку, для каждого наружного прямоугольника или квадрата, при этом такие непрерывные пряжи проходят под углом, составляющим приблизительно 90° , друг от друга. В варианте осуществления с треугольными формами для каждого наружного треугольника аналогичным образом будут иметься три прямолинейные пряжи, которые проходят друг от друга под углом, составляющим приблизительно 120° , аналогично прямолинейным пряжам 1120 по предпочтительному варианту осуществления с шестиугольниками, подробно описанному в данном документе.

Кроме того, могут быть возможными другие геометрические формы без отхода от настоящего изобретения. Например, геометрическая форма внутреннего элемента может представлять собой круглое кольцо, удерживаемое внутри наружного элемента с предпочтительной шестиугольной формой посредством шести поддерживающих пряжей аналогично предпочтительному варианту осуществления, раскрытому в данном документе. Таким образом, предусмотрено, что геометрические формы наружного повторяющегося элемента структуры и внутреннего или внутреннего плавающего элемента структуры не ограничены идентичными геометрическими формами.

Фиг.17А-17Е иллюстрируют гипотезу о механизме сжатия трехслойной цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев, в которой имеются пустоты в ячеистой структуре в первом ячеистом наружном слое 1710 и втором ячеистом наружном слое 1730, под приложенной нагрузкой. Как показано на фиг.17А, перед приложением нагрузки пустоты 1750 в ячеистой структуре и полимер 1740 вокруг них не деформированы. Когда начинается нагружение (фиг.17В), полимер 1740 вокруг пустот 1750 в ячеистой структуре начинает сжиматься. По мере продолжения нагружения (фиг.17С) полимер 1740 вокруг пустот 1750 в ячеистой структуре прекращает деформироваться, и пустоты 1750 в ячеистой структуре начинают «сжиматься». Когда нагружение продолжается в большей степени (фиг.17D), пустоты 1750 в ячеистой структуре «сдавливаются» в еще большей степени, и полимер 1740 вокруг пустот в ячеистой структуре начинает снова деформироваться. Наконец, в завершение, как показано на фиг.17Е, при снятии нагрузки ребро увеличенной в объеме, многослойной цельной георешетки разжимается, при этом остаточная деформация пустот в ячеистой

структуре сохраняется вследствие того, что пустоты 1750 в ячеистой структуре были «сдавлены» до определенной степени, вместе с остаточной деформацией полимера 1740 вокруг пустот в ячеистой структуре.

Фиг.18А-18С иллюстрируют гипотезу о механизме, обуславливающем податливость ребер в увеличенных в объеме, ячеистых слоях трехслойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев. Гипотеза о механизме, обуславливающем податливость ребер, также связана с наличием пустот в ячеистой структуре в первом ячеистом наружном слое 1810 и втором ячеистом наружном слое 1830 и показывает как вертикальную, так и горизонтальную податливость цельной георешетки под приложенной нагрузкой. Как показано на фиг.18А, перед приложением нагрузки пустоты 1850 в ячеистой структуре и полимер 1840 вокруг пустот 1850 в ячеистой структуре не деформированы. При приложении нагрузки (фиг.18В) система начинает подвергаться упругому сжатию, когда пустоты 1850 в ячеистой структуре начинают деформироваться. В завершение, как показано на фиг.18С, система прекращает деформироваться, когда пустоты 1850 в ячеистой структуре начинают «сдавливаться» и «уплотняться». Таким образом, поскольку пустоты 1850 в ячеистой структуре имеются в первом ячеистом наружном слое 1810 и втором ячеистом наружном слое 1830 трехслойной цельной георешетки, обеспечивается как вертикальная, так и горизонтальная податливость цельной георешетки под нагрузкой.

Фиг.19 показывает графики, иллюстрирующие сравнение неупругих свойств ребер, образованных из исходного листа для известной цельной георешетки, с упругими свойствами ребер, образованных из исходного листа для многослойной цельной георешетки по настоящему изобретению, имеющей один или более ячеистых слоев. Как очевидно, ребра многослойной цельной георешетки, имеющей один или более ячеистых слоев, которые являются податливыми в вертикальном и горизонтальном направлениях, способствуют более оптимальному размещению и уплотнению заполнителя. Данный признак увеличенной в объеме, многослойной цельной георешетки обеспечивает возможность использования «больших» ребер, и при этом ребра не будут «разрушителями» системы с заполнителем.

Далее рассматриваются дополнительные результаты экспериментов, которые демонстрируют преимущества настоящего изобретения в отношении эксплуатационных характеристик, см. фиг.25, 26 и 27. Фиг.25 иллюстрирует для трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, которая аналогична показанной на фиг.10 и 11, влияние увеличенной высоты **поперечного сечения** ребра на деформацию поверхности во время испытания колесной нагрузкой. Единственной переменной характеристикой в каждом из трех образцов, соответствующих фиг.25, является толщина исходного листа, которая, само собой разумеется, определяет получающуюся в результате высоту **поперечного сечения** ребра цельной георешетки. Фиг.26 представляет собой график, показывающий влияние увеличенной высоты **поперечного сечения** ребра на деформацию поверхности, соответствующий результатам

испытаний, представленным на фиг.25. Кроме того, фиг.27 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлены результаты влияния увеличенной высоты **поперечного сечения** ребра на деформацию поверхности, соответствующие результатам испытаний, представленным на фиг.25 и 26. Как очевидно из результатов испытаний при дорожном движении, показанных на фиг.25, 26 и 27, по мере увеличения высоты **поперечного сечения** ребра деформация поверхности цельной георешетки предпочтительно уменьшается.

Кроме того, цельная георешетка согласно настоящему изобретению, имеющая слои с ячеистой структурой, имеет другие предпочтительные характеристики. Фиг.28 представляет собой график, показывающий увеличенную высоту **поперечного сечения** ребра, обеспечиваемую в трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, в сравнении с высотой **поперечного сечения** ребра, которая может быть обеспечена в однослойной георешетке со сплошным слоем. Кроме того, для тех же цельных георешеток, для которых показаны результаты на фиг.28, фиг.29 представляет собой график, показывающий уменьшенную массу на единицу площади, обеспечиваемую в трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, в сравнении с массой на единицу площади, которая может быть обеспечена в однослойной георешетке со сплошным слоем. Как видно из фиг.28 и 29, цельная георешетка согласно настоящему изобретению, имеющая наружные «закрывающие» слои с ячеистой структурой, имеет среднюю высоту **поперечного сечения** ребра, которая более чем на 10% превышает высоту, которая может быть обеспечена в случае однослойной георешетки со сплошным слоем, и при этом также имеет массу на единицу площади, которая на 11% меньше по сравнению с однослойной георешеткой со сплошным слоем.

Далее рассматриваются дополнительные результаты экспериментов при дорожном движении, которые демонстрируют преимущества настоящего изобретения в отношении эксплуатационных характеристик, см. фиг.30 и 31. Фиг.30 представляет собой график, показывающий улучшенные эксплуатационные характеристики, обеспечиваемые в случае трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с эксплуатационными характеристиками, обеспечиваемыми в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем. Фиг.31 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлены данные о конструкции, соответствующие трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.30. Исходные листы, соответствующие каждому образцу, имеют толщину 6,2 мм для трехслойной цельной георешетки, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и толщину 6,3 мм для однослойной георешетки со сплошным слоем. Как видно из результатов испытаний при дорожном движении, показанных на фиг.30 и 31, трехслойная

цельная георешетка, имеющая сжимаемые ячеистые наружные слои, предпочтительно имеет меньшую деформацию поверхности по сравнению с однослойной георешеткой со сплошным слоем. Действительно, если рассматривать число проездов в испытании при дорожном движении, при котором достигается предельная деформация, то трехслойная цельная георешетка по настоящему изобретению, имеющая сжимаемые ячеистые наружные слои, обеспечивает результат, который приблизительно в 9 раз лучше, чем в случае однослойной георешетки со сплошным слоем.

Аналогичным образом, фиг.32 и 33 показывают результаты экспериментов при дорожном движении, которые демонстрируют преимущества настоящего изобретения в отношении эксплуатационных характеристик. Фиг.32 представляет собой другой график, показывающий улучшенные эксплуатационные характеристики, обеспечиваемые в случае трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с эксплуатационными характеристиками, обеспечиваемыми в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем. Фиг.33 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлены данные о конструкции, соответствующие трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.32. Исходные листы, соответствующие каждому образцу, для которого результаты показаны на фиг.32 и 33, являются более толстыми, при этом их толщина составляет 7,5 мм для трехслойной цельной георешетки, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и 7,5 мм для однослойной георешетки со сплошным слоем. Как видно из результатов испытаний при дорожном движении, показанных на фиг.32 и 33, трехслойная цельная георешетка, имеющая сжимаемые ячеистые наружные слои, предпочтительно имеет меньшую деформацию поверхности по сравнению с однослойной георешеткой со сплошным слоем. Действительно, если рассматривать число проездов в испытании при дорожном движении, при котором достигается предельная деформация, то трехслойная цельная георешетка по настоящему изобретению, имеющая сжимаемые ячеистые наружные слои, обеспечивает результат, который приблизительно в 5 раз лучше, чем в случае однослойной георешетки со сплошным слоем.

Далее, если обратиться к рассмотрению сжимаемости цельной георешетки по изобретению, следует указать, что фиг.34 представляет собой график, показывающий повышенную сжимаемость, обеспечиваемую в случае трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с сжимаемостью, которая может быть обеспечена в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем. Кроме того, фиг.35 представляет собой итоговую таблицу, в которой представлена сила, необходимая для получения определенной сжимаемости, которая соответствует трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей

сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.34. Результаты, показанные на фиг.34 и 35, демонстрируют то, что трехслойная цельная георешетка согласно настоящему изобретению, имеющая сжимаемые ячеистые наружные слои, требует значительно меньшей силы для сжатия, чем однослойная георешетка со сплошным слоем. Более конкретно, трехслойная цельная георешетка согласно настоящему изобретению, имеющая сжимаемые ячеистые наружные слои, требует силы для сжатия, величина которой составляет от 12% до 54% от величины силы, требующейся для сжатия однослойной георешетки со сплошным слоем.

Далее, фиг.36 и 37 показывают результаты экспериментов для определения зависимости между напряжениями и деформациями, показывающие преимущества настоящего изобретения в отношении эксплуатационных характеристик. Фиг.36 представляет собой график, показывающий жесткость, обеспечиваемую в случае трехслойной цельной георешетки с шестиугольниками согласно настоящему изобретению, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, в сравнении с жесткостью, обеспечиваемой в случае однослойной георешетки с шестиугольниками и сплошным слоем. Фиг.37 представляет собой итоговую таблицу, в которой приведены напряжение и деформация, соответствующие трехслойной цельной георешетке с шестиугольниками, имеющей сжимаемые ячеистые наружные слои, и однослойной георешетке с шестиугольниками и сплошным слоем, при этом данные георешетки используются в испытаниях, результаты которых представлены на фиг.36. Решетки А и С представляют собой образцы, имеющие трехслойную структуру с сжимаемыми ячеистыми наружными слоями согласно настоящему изобретению. Решетка Е представляет собой образец, имеющий однослойную структуру со сплошным слоем. Как видно из фиг.36 и 37, для трехслойной структуры с сжимаемыми ячеистыми наружными слоями согласно настоящему изобретению отсутствуют потери как жесткости, так и прочности.

Далее рассматриваются дополнительные сравнения сжимаемости, при этом фиг.41 показывает экспериментальное устройство, используемое для измерения сжимаемости образца цельной георешетки 1100. В устройстве используется металлический измерительный наконечник 1910 шириной 1,6 мм и прикладываемое усилие, составляющее 125 Н, для сжатия образцов цельных георешеток 1100. Как показано на фиг.42, сжимаемость образцов цельных георешеток согласно настоящему изобретению, имеющих слой с ячеистой структурой, то есть георешеток NX750, NX850 и NX950, значительно больше, чем у образцов, не имеющих слоя с ячеистой структурой, то есть георешетки TX160 и однослойной георешетки с шестиугольниками (Hexagonal Mono).

Кроме того, как показано на фиг.43, как сжимаемость образцов цельных георешеток согласно настоящему изобретению, имеющих слой с ячеистой структурой, то есть георешеток Hexagonal UK с толщиной 7,5 мм, NX750, NX850, Hexagonal UK с толщиной 5,45 мм, NGA с толщиной 4,5 мм и NGB с толщиной 5 мм, и их способность к упругому восстановлению после деформирования значительно выше, чем у образцов, не

имеющих слоя с ячеистой структурой, то есть TX5, TX7, BX 1200 MD, BX1100 MD, BX1100 TD, TX160 и BX1200 TD.

Фиг.44 показывает другое экспериментальное устройство, предназначенное для определения сжимаемости, а именно установку с нагрузочной плитой, предназначенную для проведения испытаний ("PLTR" - Plate Load Test Rig), используемую для измерения смещения образца цельной георешетки. При испытании образец цельной георешетки укладывают между слоем заполнителя с толщиной 4 дюйма (10,16 см) и слоем вспененного материала, при этом под слоем вспененного материала расположена стальная плита. Для определения сжимаемости образца цельной георешетки силу, составляющую 1000 фунтов (453,59 кг), прикладывают в течение 10 циклов к «стопе», образованной из заполнителя, георешетки и вспененного материала. После этого образец цельной георешетки извлекают из устройства и анализируют для определения сжимаемости ребер и выявления повреждений поверхности.

Из испытаний с использованием устройства, показанного на фиг.44, получают среднее смещение образцов различных цельных георешеток при использовании мягкого вспененного материала и твердого вспененного материала, которое показано соответственно на фиг.45 и фиг.46. Что касается значения терминов «мягкий вспененный материал» и «твердый вспененный материал», используемых в вышеуказанных испытаниях, то фиг.58 и 59 соответственно показывают графики, иллюстрирующие данные по смещению в зависимости от сжимающей силы для вариантов осуществления с такими мягким и твердым вспененными материалами. Для получения данных, показанных на фиг.58 и 59, устройство, имеющее квадратную металлическую пластину с размерами 3 дюйма x 3 дюйма (7,62 см x 7,62 см), соединяют посредством поворотного шарнира, способного адаптироваться к углу наклона образца, с силоизмерительным устройством (например, таким как машина для испытаний от компании Instron) и устанавливают таким образом, чтобы можно было сжимать образец вспененного материала со скоростью 10 мм в минуту. Устройство выполнено с возможностью обеспечения опоры для образца на ровной горизонтальной плите.

Как видно из фиг.45 и 46, смещение образцов цельных георешеток согласно настоящему изобретению, имеющих слой с ячеистой структурой, то есть NX750, NX850, NGA и NGB, предпочтительно меньше, чем в случае образцов, не имеющих слоя с ячеистой структурой, то есть TX5, TX160 и TX7.

Далее, если обратиться к результатам испытаний при дорожном движении, следует указать, что фиг.47-57 показывают данные, полученные в результате испытаний и отражающие различные конструктивные признаки и параметры цельных георешеток, которые могут влиять на деформацию конструкции цельной георешетки при ее использовании. Фиг.47-51 и соответствующее описание каждой из данных фигур представлены в данном документе просто как дополнительная информация, то есть в качестве способа описания того, как научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, выполненные авторами изобретения, привели к получению конструкций

цельных георешеток, описанных в данном документе как варианты осуществления изобретения. Данные, полученные в результате испытаний и связанные с указанными вариантами осуществления изобретения, представлены на фиг.52-57.

Что касается дополнительной информации, то фиг.47 показывает сравнение влияния сжимаемости на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности для двух цельных георешеток, то есть однослойной цельной георешетки и многослойной цельной георешетки, полученной совместной экструзией и имеющей один слой с ячеистой структурой. Фиг.47 показывает, что во время дорожного движения, по меньшей мере направленного, цельная георешетка, имеющая многослойную структуру, полученную совместной экструзией и обладающую некоторой степенью сжимаемости, имеет некоторое преимущество в отношении зависимости между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности. То есть при многослойной структуре, полученной совместной экструзией и обладающей некоторой степенью сжимаемости, может быть предпочтительным обеспечение меньшей деформации поверхности без использования слишком большого характеристического отношения.

Однако, если обратиться к фиг.48, другое сравнение влияния сжимаемости на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности для двух цельных георешеток, то есть однослойной цельной георешетки и многослойной цельной георешетки, полученной совместной экструзией и имеющей один слой с ячеистой структурой, показывает, что преимущество, показанное на фиг.47, может быть менее выраженным в зависимости от геометрии цельной георешетки. В то время как цельные георешетки, используемые для испытания, результаты которого показаны на фиг.47, имеют расстояние между параллельными сторонами, составляющее 66 мм, цельные георешетки, используемые в испытании, результаты которого показаны на фиг.48, имеют расстояние между параллельными сторонами, составляющее 80 мм. По существу данные на фиг.48 показывают, что некоторое преимущество может быть получено благодаря оптимизации как свойств материалов, так и геометрии, поскольку геометрия с размером 80 мм в целом является более подходящей, чем геометрия с размером 66 мм, для большинства гранулированных материалов, встречающихся при типовых применениях георешеток.

Далее рассматривается сравнение, базирующееся только на геометрии, при этом фиг.49 показывает влияние базовой геометрии на то, как характеристическое отношение размеров ребер может влиять на деформацию поверхности, для двух цельных георешеток, не имеющих слоя с ячеистой структурой, то есть триаксиальной цельной георешетки и цельной георешетки с шестиугольниками, описанной в данном документе. Фиг.49 показывает, что во время дорожного движения, по меньшей мере направленного, цельная георешетка, имеющая геометрию с шестиугольниками, имеет некоторое преимущество в отношении зависимости между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности. То есть при геометрии с шестиугольниками может быть

предпочтительным обеспечением меньшей деформации поверхности без использования слишком большого характеристического отношения. В заключение, что касается дополнительной информации, то фиг.50 показывает сравнение преимуществ базовой геометрии в изделиях, сжимаемых в аналогичной степени и представляющих собой цельные георешетки. То есть фиг.50 показывает, что в случае триаксиальной цельной георешетки и цельной георешетки с шестиугольниками, каждая из которых имеет один внутренний слой с ячеистой структурой, расположенный между первым и вторым наружными слоями с неячеистой структурой, во время дорожного движения использование геометрии с шестиугольниками предпочтительно вследствие того, что она обеспечивает меньшую деформацию поверхности при меньшем характеристическом отношении размеров ребер. Аналогичным образом, фиг.51 показывает графически сравнение влияния базовой геометрии на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности в цельных георешетках, имеющих аналогичную сжимаемость, то есть вышеописанных триаксиальной цельной георешетке и цельной георешетке с шестиугольниками.

Далее, если обратиться к данным, которые получены при испытаниях при дорожном движении и соответствуют различным вариантам осуществления настоящего изобретения, видно, что результаты экспериментов, показанные на фиг.52-57, демонстрируют преимущества, обеспечиваемые посредством цельной георешетки, имеющей первый и второй наружные слои с ячеистой структурой, описанные в данном документе, и внутренний слой с неячеистой структурой.

Фиг.52 показывает - для одной базовой геометрии - сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой в многослойной цельной георешетке на деформацию поверхности. Фиг.53 показывает - для одной базовой геометрии, которая соответствует фиг.52, - графическое сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности. Как видно из фиг.52 и 53, цельная георешетка согласно настоящему изобретению, имеющая наружные слои с ячеистой структурой и внутренний слой с неячеистой структурой, имеет меньшую деформацию поверхности во время дорожного движения, чем цельная георешетка, имеющая слой с ячеистой структурой в качестве внутреннего слоя.

Кроме того, фиг.54 показывает - для одной базовой геометрии, которая соответствует фиг.52, - еще одно сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой в многослойной цельной георешетке на деформацию поверхности. Соответствующая фиг.55 показывает - для одной базовой геометрии, которая соответствует фиг.52, - другое графическое сравнение влияния положения слоя с ячеистой структурой на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности. В экспериментах, результаты которых приведены на фиг.54 и 55, эксплуатационные характеристики трехслойной цельной георешетки, имеющей наружные слои с ячеистой структурой, сравнивают как с пятислойной цельной

георешеткой, имеющей два расположенных между другими слоями, внутренних слоя с ячеистой структурой, так и с цельной георешеткой, имеющей один слой без ячеистой структуры. Как видно из фиг.54 и 55, из трех вышеупомянутых конструкций цельных георешеток цельная георешетка согласно настоящему изобретению, имеющая наружные слои с ячеистой структурой и внутренний слой с неячеистой структурой, имеет наименьшую деформацию поверхности во время дорожного движения.

Наконец, фиг.56 и 57 показывают данные, полученные в результате экспериментов и отражающие совокупный предпочтительный эффект от использования в цельной георешетке различных признаков цельной георешетки согласно настоящему изобретению. Фиг.56 показывает сравнение влияния слоя с ячеистой структурой на деформацию поверхности для цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей одну базовую геометрию, которая соответствует фиг.52, и георешетки по предшествующему уровню техники, не имеющей слоя с ячеистой структурой. Кроме того, соответствующая фиг.57 показывает графическое сравнение влияния сжимаемости слоя с ячеистой структурой на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности для цельной георешетки согласно настоящему изобретению, имеющей одну базовую геометрию, которая соответствует фиг.52, и георешетки по предшествующему уровню техники, не имеющей слоя с ячеистой структурой. Фиг.56 и 57 показывают, что за счет оптимизации как геометрии, так и свойств материала посредством совместной экструзии и надлежащего размещения слоев, имеющих сжимаемую ячеистую структуру, цельная георешетка согласно настоящему изобретению обеспечивает уменьшение деформации поверхности заполнителя приблизительно на 25%. Кроме того, вышеуказанный результат достигается при толщинах исходного листа, которые на 12% - 28% меньше толщин георешеток по предшествующему уровню техники.

Подводя итоги, следует отметить, что благодаря тому, что многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению, имеющие один или более ячеистых слоев, имеют не только многослойную конструкцию, но и выполнены с по меньшей мере одним слоем, имеющим ячеистую структуру в результате распределения пустот в ячеистой структуре, цельные георешетки обеспечивают улучшенную сжимаемость слоев под нагрузкой.

Кроме того, то обстоятельство, что многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению, имеющие один или более ячеистых слоев, являются многослойными, обеспечивает в целом большее контактное взаимодействие/сцепление цельной георешетки с заполнителем по сравнению с однослойными цельными георешетками по предшествующему уровню техники. Кроме того, благодаря данным одному или более ячеистым слоям многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению отличаются податливостью конструкции, то есть исходной податливостью или гибкостью, которая приводит к лучшему уплотнению и более высокой плотности, при этом в то же время обеспечивается жесткость композиционного материала при включении конечной цельной георешетки в грунтовое сооружение, которая будет больше в

результате исходной податливости многослойной цельной георешетки.

Кроме того, определенные варианты осуществления многослойных цельных георешеток по настоящему изобретению, имеющих один или более ячеистых слоев, обеспечивают более высокие характеристические отношения для всех прядей по сравнению с цельными георешетками по предшествующему уровню техники. Поскольку более высокое характеристическое отношение, соответствующее определенным вариантам осуществления цельных георешеток по настоящему изобретению, обеспечивает увеличение сцепления с заполнителем, многослойные цельные георешетки по настоящему изобретению, имеющие один или более ячеистых слоев, могут обеспечить лучшее размещение заполнителя с разными характеристическими отношениями размеров.

Первый аспект настоящего изобретения относится к многослойной цельной георешетке, предназначенной для сцепления с заполнителем и стабилизации и укрепления заполнителя и содержащей: множество ориентированных прядей, которые соединены друг с другом посредством частично ориентированных мест соединения и между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий, при этом указанная цельная георешетка имеет множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала, при этом по меньшей мере первый наружный слой и второй наружный слой из указанного множества слоев имеют ячеистую структуру. Ячеистая структура обеспечивает улучшение первоначального взаимодействия между грунтом или заполнителем и цельной георешеткой и повышение совместимости грунта или заполнителя и цельной георешетки для максимизации плотности грунта или заполнителя и/или максимального улучшения дополнительных характеристик после уплотнения.

Первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой могут иметь объем пустот, составляющий от приблизительно 20% до приблизительно 70%. Первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой могут иметь показатель сжимаемости, составляющий от приблизительно 20% до приблизительно 60%. Первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой могут иметь вспененную структуру. Вспененный материал может быть **получен** посредством вспенивающего средства или введения газа. Первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой могут иметь структуру, которая включает в себя наполнитель в виде частиц. Наполнитель в виде частиц может представлять собой карбонат кальция. Многослойная цельная георешетка может быть изготовлена из многослойного полимерного листа, полученного совместной экструзией. Многослойная цельная георешетка может быть изготовлена из многослойного полимерного листа, полученного ламинированием. Ориентированные пряди могли быть подвергнуты двусосному растягиванию. Многослойная цельная георешетка может иметь первый ячеистый наружный слой, неячеистый внутренний слой и второй ячеистый наружный слой, при этом первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой расположены на противоположных плоских поверхностях неячеистого внутреннего слоя. Многослойная цельная георешетка может представлять собой триаксиальную цельную георешетку.

Многослойная цельная георешетка может представлять собой цельную георешетку с прямоугольниками. Многослойная цельная георешетка может представлять собой цельную георешетку с шестиугольниками.

Второй аспект настоящего изобретения относится к исходному материалу для изготовления многослойной цельной георешетки, при этом указанный исходный материал содержит многослойный полимерный лист, имеющий множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала, при этом по меньшей мере первый наружный слой и второй наружный слой из указанного множества слоев имеют структуру, способную увеличиваться в объеме и обеспечивающую возможность образования ячеистой структуры в первом наружном слое и втором наружном слое многослойной цельной георешетки, при этом в многослойном полимерном листе имеются отверстия или углубления, которые образуют отверстия при двусном растягивании листа.

Многослойный полимерный лист может быть получен совместной экструзией. Многослойный полимерный лист может быть получен ламинированием. Многослойный полимерный лист может включать в себя первый наружный слой, внутренний слой, не имеющий структуры, способной увеличиваться в объеме и обеспечивающей возможность образования ячеистой структуры, и второй наружный слой, при этом первый наружный слой и второй наружный слой расположены на противоположных плоских поверхностях внутреннего слоя. В вариантах осуществления первый наружный слой имеет толщину от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм, внутренний слой имеет толщину от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм, и второй наружный слой имеет толщину от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм. Многослойный полимерный лист может иметь исходную толщину от приблизительно 2 мм до приблизительно 12 мм. Многослойный полимерный лист может иметь исходную толщину от приблизительно 4 мм до приблизительно 10 мм.

Третий аспект настоящего изобретения относится к грунтовому сооружению, содержащему массу материала в виде частиц, укрепленного посредством заделки в него многослойной цельной георешетки согласно первому аспекту настоящего изобретения.

Четвертый аспект настоящего изобретения относится к способу укрепления массы материала в виде частиц, включающему заделку многослойной цельной георешетки согласно первому аспекту настоящего изобретения в массу материала в виде частиц.

Пятый аспект настоящего изобретения относится к способу изготовления многослойной цельной георешетки, включающему: образование многослойного полимерного листа, имеющего множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала, при этом по меньшей мере первый наружный слой и второй наружный слой из указанного множества слоев имеют структуру, способную увеличиваться в объеме и обеспечивающую возможность образования ячеистой структуры в указанных первом и втором наружных слоях многослойной цельной георешетки; образование множества отверстий или углублений с определенной схемой их

расположения в многослойном полимерном листе, и двуосное ориентирование многослойного полимерного листа, в котором имеется множество отверстий или углублений с определенной схемой их расположения, для получения множества ориентированных прядей, соединенных друг с другом посредством частично ориентированных мест соединения, и для конфигурирования данных отверстий или углублений как отверстий решетки, при этом указанные первый и второй наружные слои имеют ячеистую структуру.

Первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой многослойной цельной георешетки могут иметь вспененную структуру. Первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой многослойной цельной георешетки могут включать в себя наполнитель в виде частиц. Этап образования многослойного полимерного листа может представлять собой совместную экструзию. Этап образования многослойного полимерного листа может представлять собой ламинирование. Многослойная цельная георешетка может включать в себя первый ячеистый наружный слой, неячеистый внутренний слой и второй ячеистый наружный слой, при этом первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой расположены на противоположных плоских поверхностях неячеистого внутреннего слоя. В вариантах осуществления первый ячеистый наружный слой имеет конструкционный материал, состоящий из полимера широкого назначения, неячеистый внутренний слой имеет конструкционный материал, состоящий из высокомолекулярного полиолефина, и второй ячеистый наружный слой имеет конструкционный материал, состоящий из полимера широкого назначения. Многослойный полимерный лист может иметь исходную толщину, составляющую по меньшей мере 2 мм. Многослойная цельная георешетка может представлять собой цельную георешетку **с прямоугольниками**. Многослойная цельная георешетка может представлять собой цельную георешетку **с прямоугольниками**. Многослойная цельная георешетка может представлять собой цельную георешетку с шестиугольниками.

Шестой аспект настоящего изобретения относится к способу образования многослойной цельной георешетки, имеющей конструкцию со слоем или слоями с ячеистой структурой, включающему: двуосное растягивание исходного материала, который представляет собой многослойный полимерный лист, имеющий слой или слои с ячеистой структурой и выполненное в нем множество отверстий или углублений с определенной схемой их расположения, для получения многослойной цельной георешетки, имеющей слой или слои с ячеистой структурой и имеющей множество ориентированных прядей, множество частично ориентированных мест соединения и множество отверстий решетки, и заделку цельной георешетки в массу материала в виде частиц.

Седьмой аспект настоящего изобретения относится к многослойной цельной георешетке, содержащей: множество соединенных друг с другом, ориентированных первых прядей и частично ориентированных мест соединения, образующих

повторяющуюся конфигурацию из наружных шестиугольников, в которых имеется упорядоченная совокупность отверстий, при этом каждый из указанных наружных шестиугольников обеспечивает опору для внутреннего шестиугольника меньшего размера, имеющего ориентированные вторые пряди, и окружает данный внутренний шестиугольник, указанные ориентированные первые пряди и указанные, частично ориентированные места соединения в указанном наружном шестиугольнике образуют множество прямолинейных прядей, которые проходят непрерывно через всю многослойную цельную георешетку, указанная цельная георешетка имеет множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала и проходит через всю указанную георешетку, и по меньшей мере один слой из указанного множества слоев имеет ячеистую структуру.

Вышеприведенное следует рассматривать только как иллюстрирующее принципы изобретения. Кроме того, поскольку многочисленные модификации и изменения могут легко прийти на ум специалистам в данной области техники, нежелательно ограничивать изобретение описанными и показанными точными конструкцией и функционированием.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Многослойная цельная георешетка, предназначенная для сцепления с заполнителем и стабилизации и укрепления заполнителя, содержащая:

множество ориентированных прядей, которые соединены друг с другом посредством частично ориентированных мест соединения и между которыми имеется упорядоченная совокупность отверстий,

при этом указанная цельная георешетка имеет множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала,

при этом по меньшей мере первый наружный слой и второй наружный слой из указанного множества слоев имеют ячеистую структуру для улучшения первоначального взаимодействия между грунтом или заполнителем и цельной георешеткой и для повышения совместимости грунта или заполнителя и цельной георешетки для максимизации плотности грунта или заполнителя и максимального улучшения его характеристик после уплотнения.

2. Многослойная цельная георешетка по п.1, в которой первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой имеют объем пустот, составляющий от приблизительно 20% до приблизительно 70%.

3. Многослойная цельная георешетка по п.1 или п.2, в которой первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой имеют показатель сжимаемости, составляющий от приблизительно 20% до приблизительно 60%.

4. Многослойная цельная георешетка по любому одному из п.п.1-3, в которой первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой имеют вспененную структуру.

5. Многослойная цельная георешетка по п.4, в которой вспененный материал получен посредством вспенивающего средства или введения газа.

6. Многослойная цельная георешетка по любому одному из п.п.1-3, в которой первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой имеют структуру, которая включает в себя наполнитель в виде частиц.

7. Многослойная цельная георешетка по п.6, в которой наполнитель в виде частиц представляет собой карбонат кальция.

8. Многослойная цельная георешетка по любому одному из п.п.1-7, при этом многослойная цельная георешетка изготовлена из многослойного полимерного листа, полученного совместной экструзией.

9. Многослойная цельная георешетка по любому одному из п.п.1-7, при этом многослойная цельная георешетка изготовлена из многослойного полимерного листа, полученного ламинированием.

10. Многослойная цельная георешетка по любому одному из п.п.1-9, в которой ориентированные пряди подвергнуты двуосному растягиванию.

11. Многослойная цельная георешетка по любому одному из п.п.1-10, при этом многослойная цельная георешетка имеет первый ячеистый наружный слой, неячеистый

внутренний слой и второй ячеистый наружный слой, при этом первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой расположены на противоположных плоских поверхностях неячеистого внутреннего слоя.

12. Многослойная цельная георешетка по любому одному из п.п.1-11, при этом цельная георешетка представляет собой триаксиальную цельную георешетку, цельную георешетку с прямоугольниками или цельную георешетку с шестиугольниками.

13. Исходный материал для изготовления многослойной цельной георешетки, при этом указанный исходный материал содержит многослойный полимерный лист, имеющий множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала, при этом по меньшей мере первый наружный слой и второй наружный слой из указанного множества слоев имеют структуру, способную увеличиваться в объеме и обеспечивающую возможность образования ячеистой структуры в первом наружном слое и втором наружном слое многослойной цельной георешетки, при этом в многослойном полимерном листе имеются отверстия или углубления, которые образуют отверстия при двусном растягивании листа.

14. Исходный материал по п.13, в котором многослойный полимерный лист получен совместной экструзией.

15. Исходный материал по п.13, в котором многослойный полимерный лист получен ламинированием.

16. Исходный материал по любому одному из п.п.13-15, в котором многослойный полимерный лист включает в себя первый наружный слой, внутренний слой, не имеющий структуры, способной увеличиваться в объеме и обеспечивающей возможность образования ячеистой структуры, и второй наружный слой, при этом первый наружный слой и второй наружный слой расположены на противоположных плоских поверхностях внутреннего слоя.

17. Исходный материал по п.16, в котором первый наружный слой имеет толщину от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм, внутренний слой имеет толщину от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм, и второй наружный слой имеет толщину от приблизительно 0,5 мм до приблизительно 4 мм.

18. Исходный материал по любому одному из п.п.13-17, в котором многослойный полимерный лист имеет исходную толщину от приблизительно 2 мм до приблизительно 12 мм.

19. Исходный материал по п.18, в котором многослойный полимерный лист имеет исходную толщину от приблизительно 4 мм до приблизительно 10 мм.

20. Грунтовое сооружение, содержащее массу материала в виде частиц, укрепленного посредством заделки в него многослойной цельной георешетки по любому одному из п.п.1-12.

21. Способ укрепления массы материала в виде частиц, включающий заделку многослойной цельной георешетки по любому одному из п.п.1-12 в массу материала в виде частиц.

22. Способ изготовления многослойной цельной георешетки, включающий:

образование многослойного полимерного листа, имеющего множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала, при этом по меньшей мере первый наружный слой и второй наружный слой из указанного множества слоев имеют структуру, способную увеличиваться в объеме и обеспечивающую возможность образования ячеистой структуры в указанных первом и втором наружных слоях многослойной цельной георешетки;

образование множества отверстий или углублений с определенной схемой их расположения в многослойном полимерном листе; и

двуосное ориентирование многослойного полимерного листа, в котором имеется множество отверстий или углублений с определенной схемой их расположения, для получения множества ориентированных прядей, соединенных друг с другом посредством частично ориентированных мест соединения, и для конфигурирования данных отверстий или углублений как отверстий решетки,

при этом указанные первый и второй наружные слои имеют ячеистую структуру.

23. Способ по п.22, в котором первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой многослойной цельной георешетки имеют вспененную структуру.

24. Способ по п.22, в котором первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой многослойной цельной георешетки включают в себя наполнитель в виде частиц.

25. Способ по любому одному из п.п.22-24, в котором этап образования многослойного полимерного листа представляет собой совместную экструзию.

26. Способ по любому одному из п.п.22-24, в котором этап образования многослойного полимерного листа представляет собой ламинирование.

27. Способ по любому одному из п.п.22-26, в котором многослойная цельная георешетка включает в себя первый ячеистый наружный слой, неячеистый внутренний слой и второй ячеистый наружный слой, при этом первый ячеистый наружный слой и второй ячеистый наружный слой расположены на противоположных плоских поверхностях неячеистого внутреннего слоя.

28. Способ по п.27, в котором первый ячеистый наружный слой имеет конструкционный материал, состоящий из полимера широкого назначения, неячеистый внутренний слой имеет конструкционный материал, состоящий из высокомолекулярного полиолефина, и второй ячеистый наружный слой имеет конструкционный материал, состоящий из полимера широкого назначения.

29. Способ по любому из п.п.22-28, в котором многослойный полимерный лист имеет исходную толщину, составляющую по меньшей мере 2 мм.

30. Способ по любому одному из п.п.22-29, в котором многослойная цельная георешетка представляет собой триаксиальную цельную георешетку, цельную георешетку с прямоугольниками или цельную георешетку с шестиугольниками.

31. Способ образования многослойной цельной георешетки, имеющей

конструкцию со слоем или слоями с ячеистой структурой, включающий:

двуосное растягивание исходного материала, который представляет собой многослойный полимерный лист, имеющий слой или слои с ячеистой структурой и выполненное в нем множество отверстий или углублений с определенной схемой их расположения, для получения многослойной цельной георешетки, имеющей слой или слои с ячеистой структурой и имеющей множество ориентированных прядей, множество частично ориентированных мест соединения и множество отверстий решетки; и

заделку цельной георешетки в массу материала в виде частиц.

32. Многослойная цельная георешетка, содержащая:

множество соединенных друг с другом, ориентированных первых прядей и частично ориентированных мест соединения, образующих повторяющуюся конфигурацию из наружных шестиугольников, в которых имеется упорядоченная совокупность отверстий,

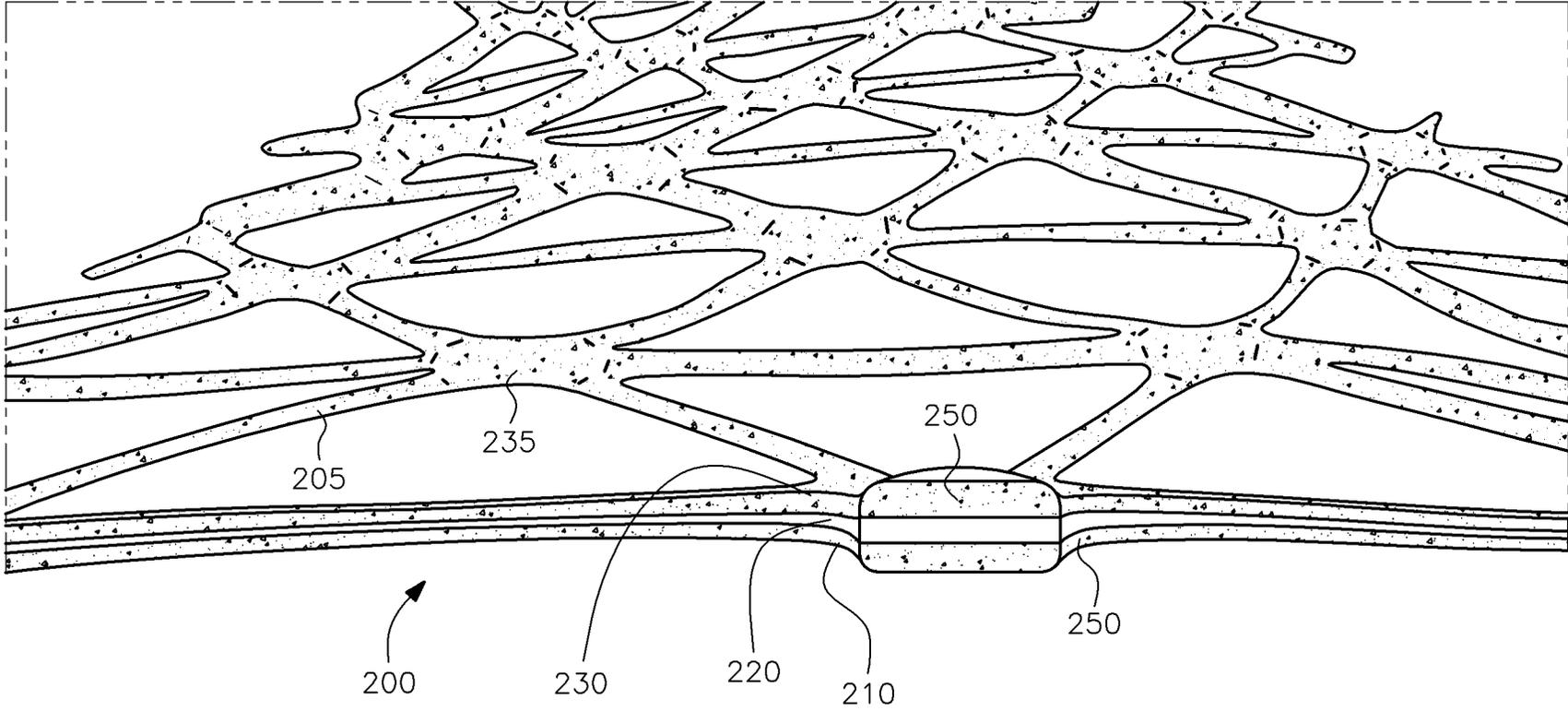
при этом каждый из указанных наружных шестиугольников обеспечивает опору для внутреннего шестиугольника меньшего размера, имеющего ориентированные вторые пряди, и окружает данный внутренний шестиугольник,

указанные ориентированные первые пряди и указанные, частично ориентированные места соединения в указанном наружном шестиугольнике образуют множество прямолинейных прядей, которые проходят непрерывно через всю многослойную цельную георешетку,

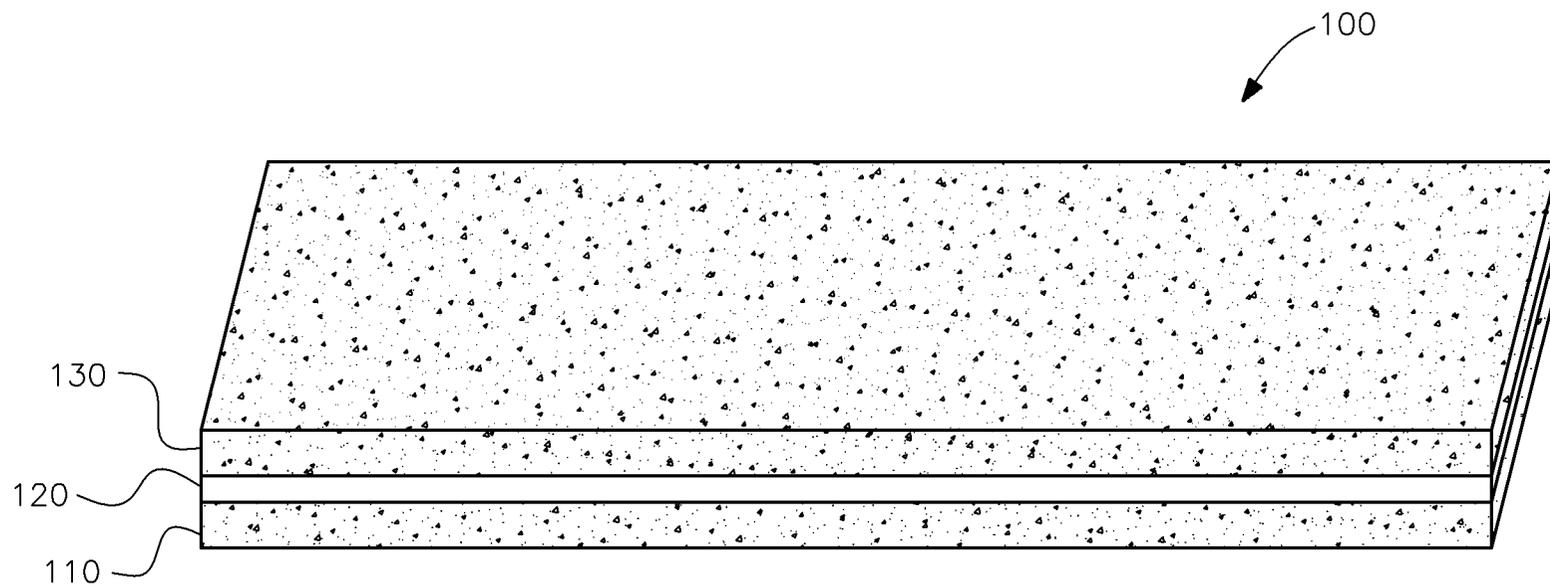
указанная цельная георешетка имеет множество слоев, каждый из которых образован из полимерного материала и проходит через всю указанную георешетку, и

по меньшей мере один слой из указанного множества слоев имеет ячеистую структуру.

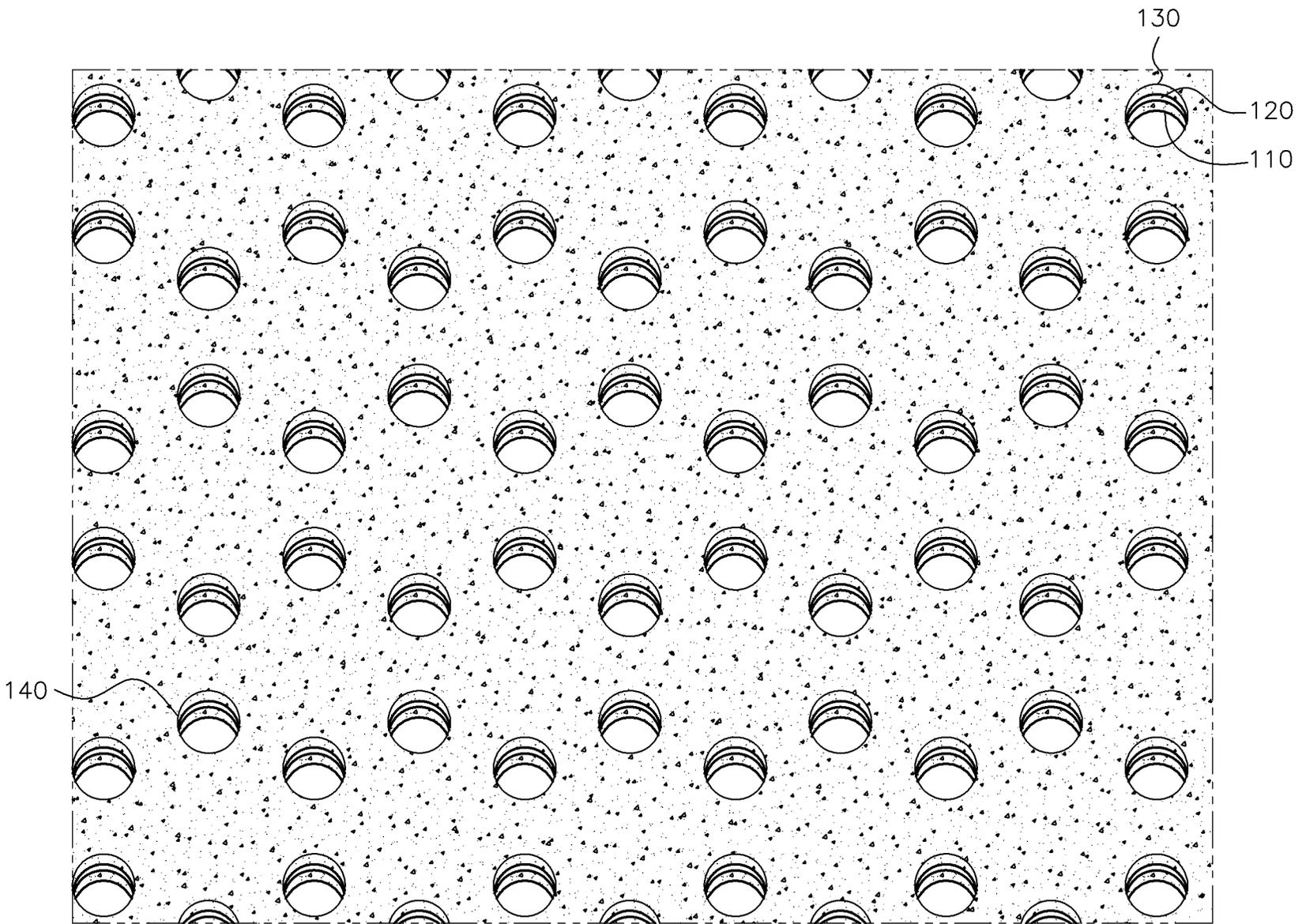
По доверенности



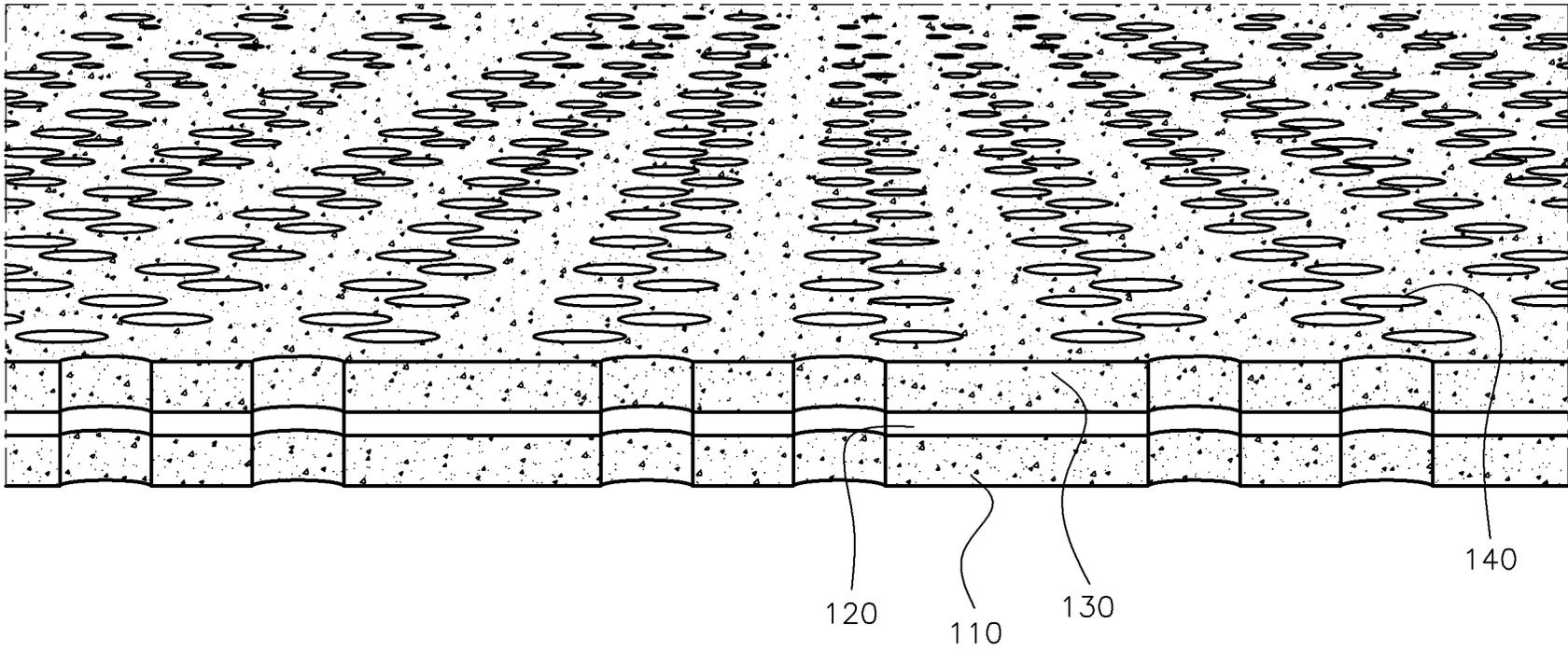
ФИГ. 1



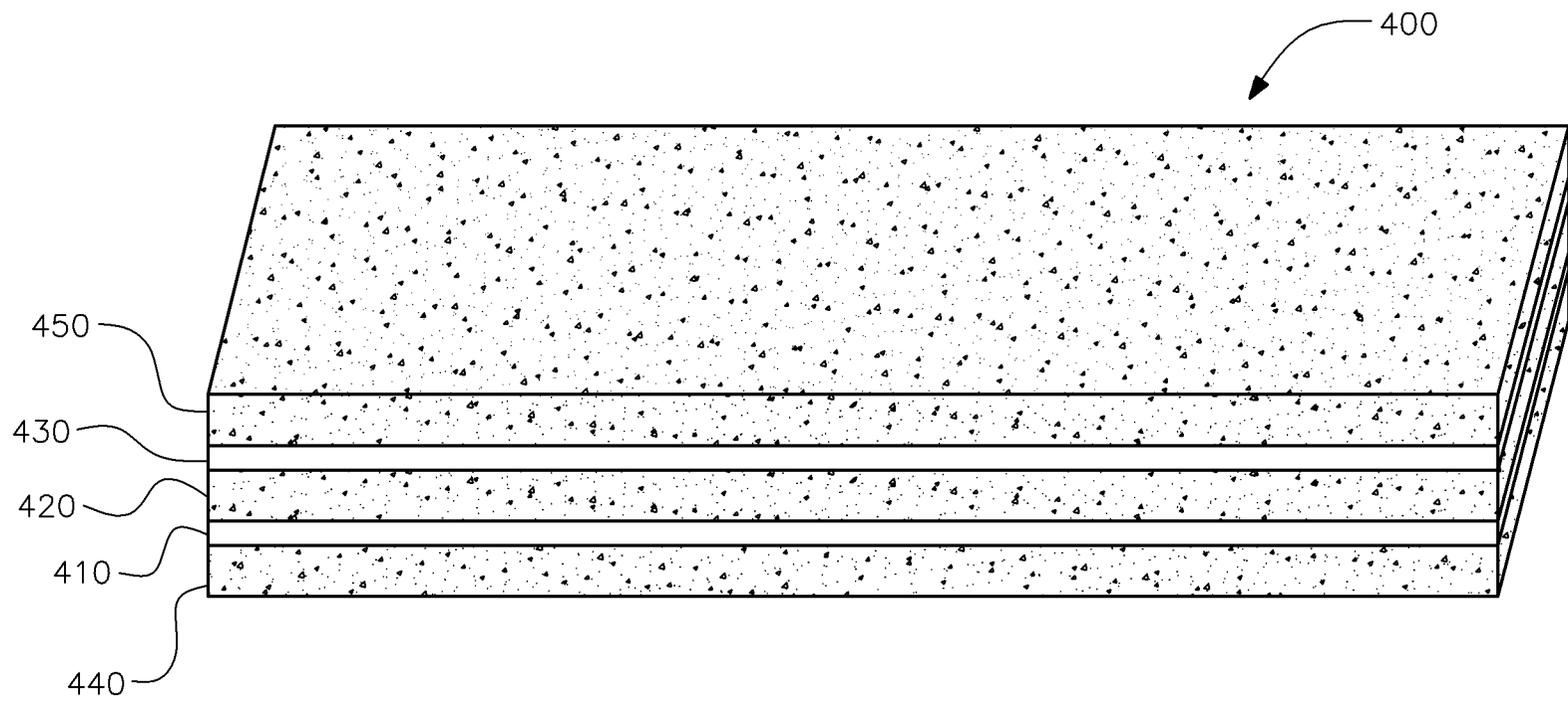
ФИГ. 2



ФИГ. 3

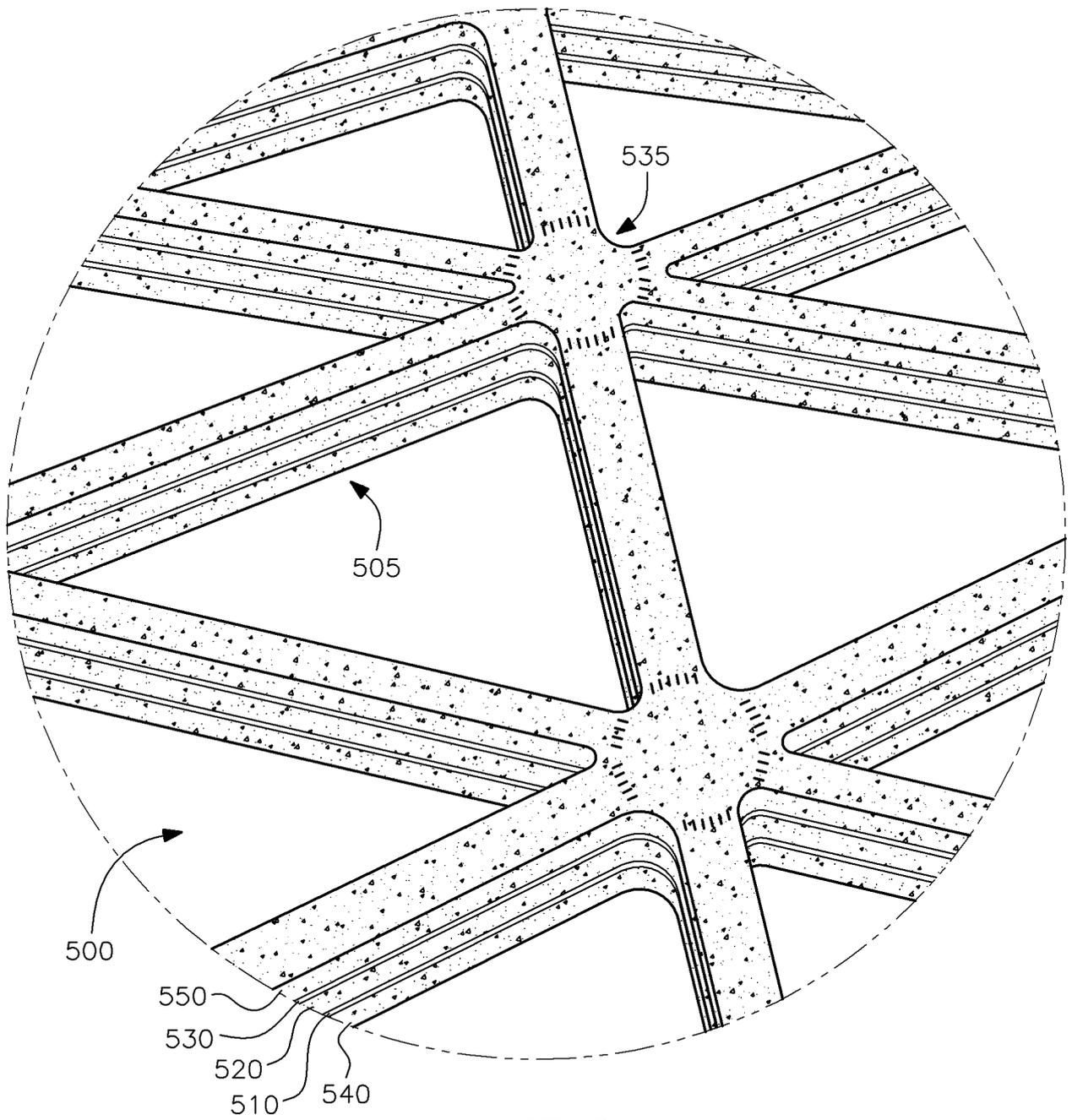


ФИГ. 4

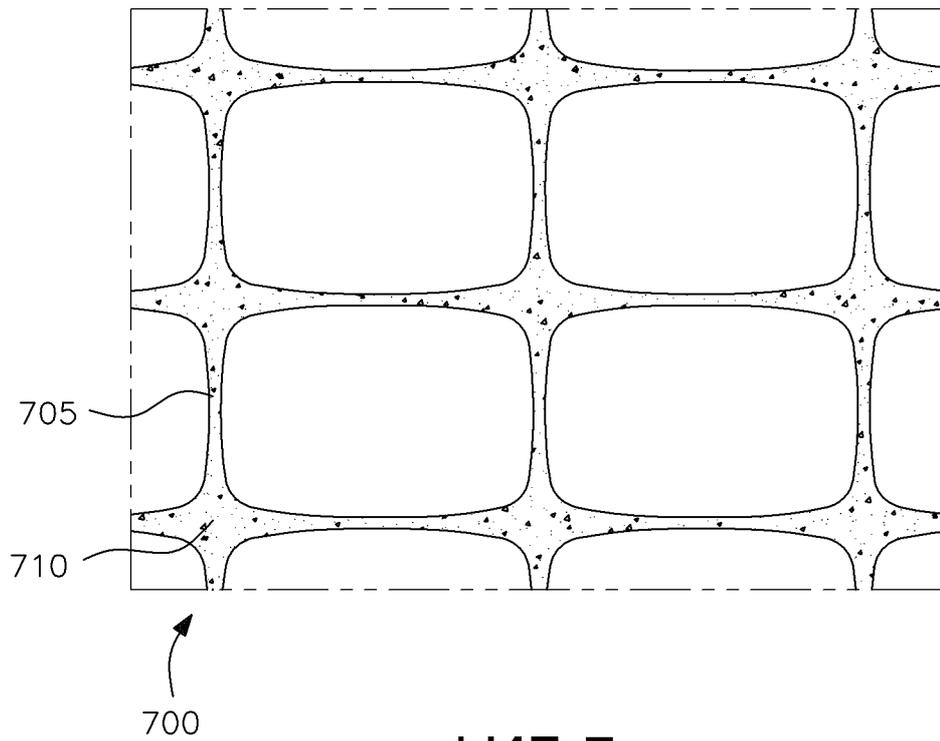


5/59

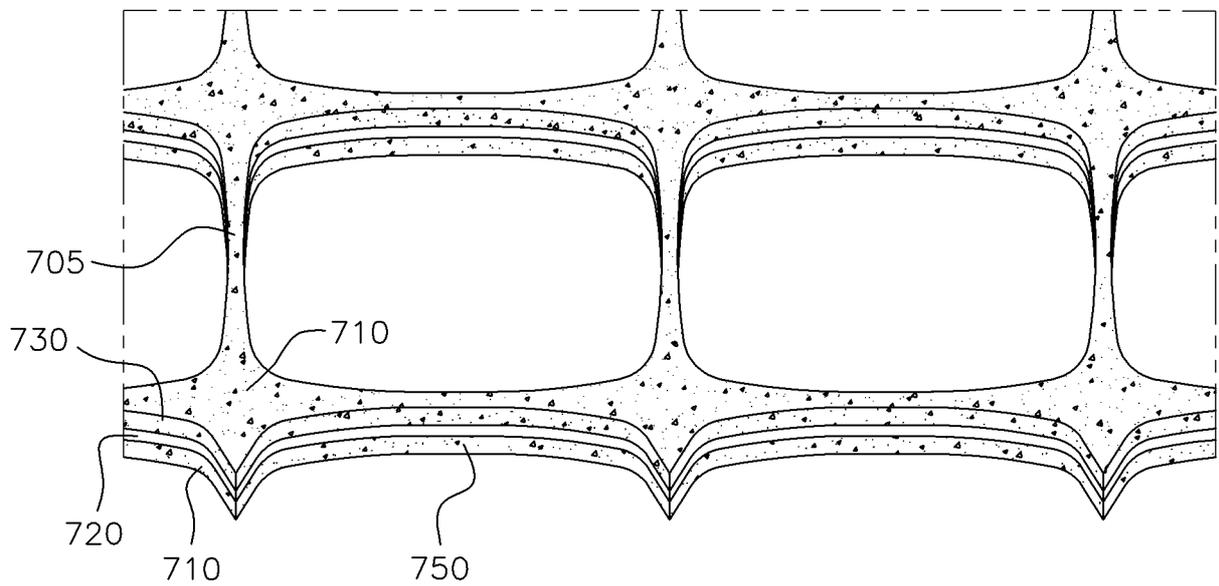
ФИГ. 5



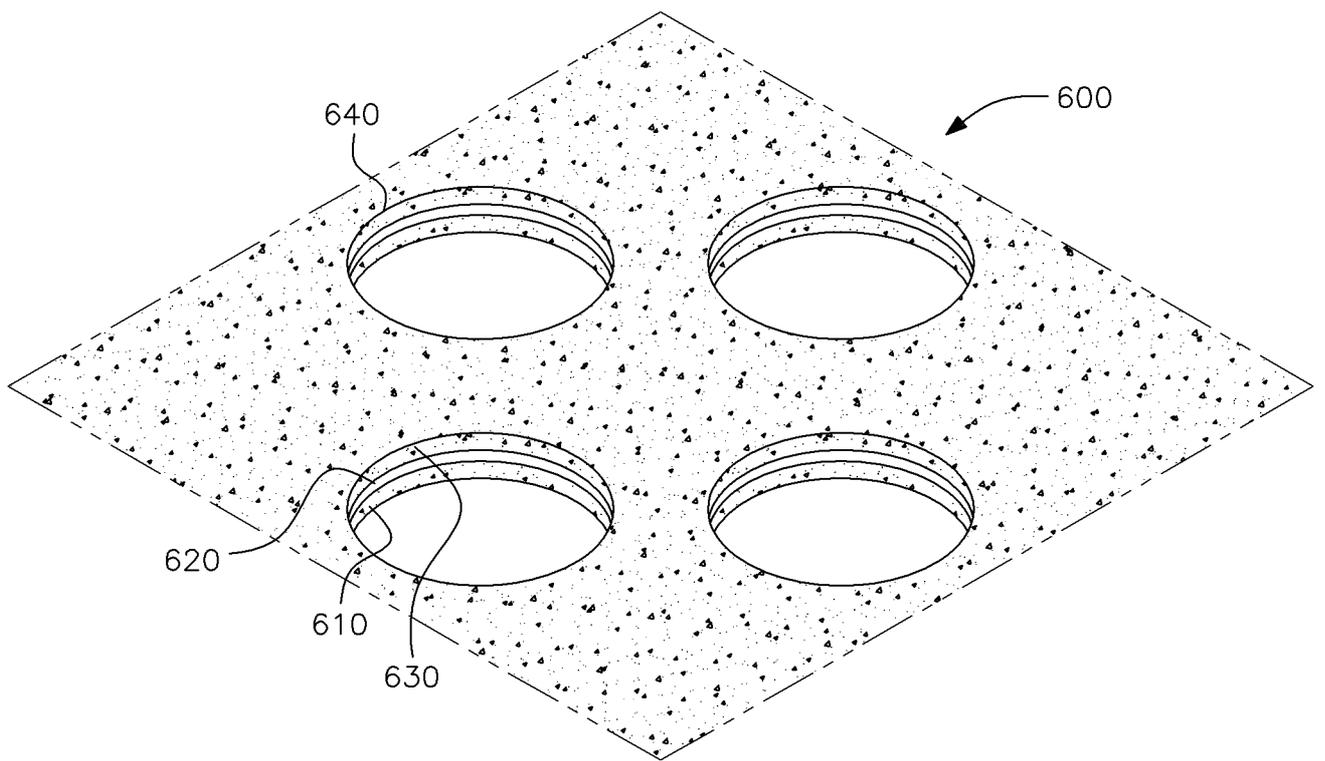
ФИГ. 6



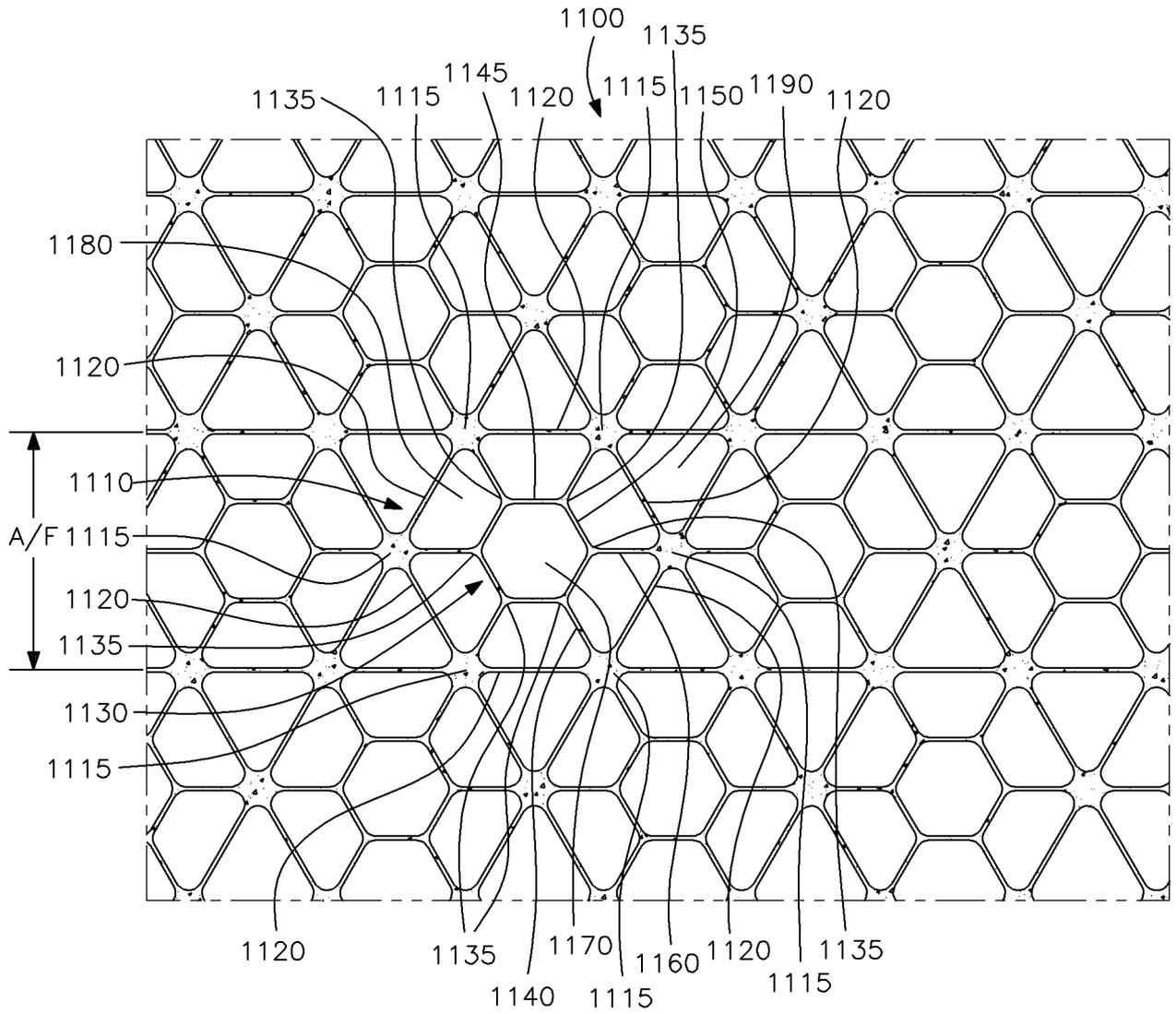
ФИГ. 7



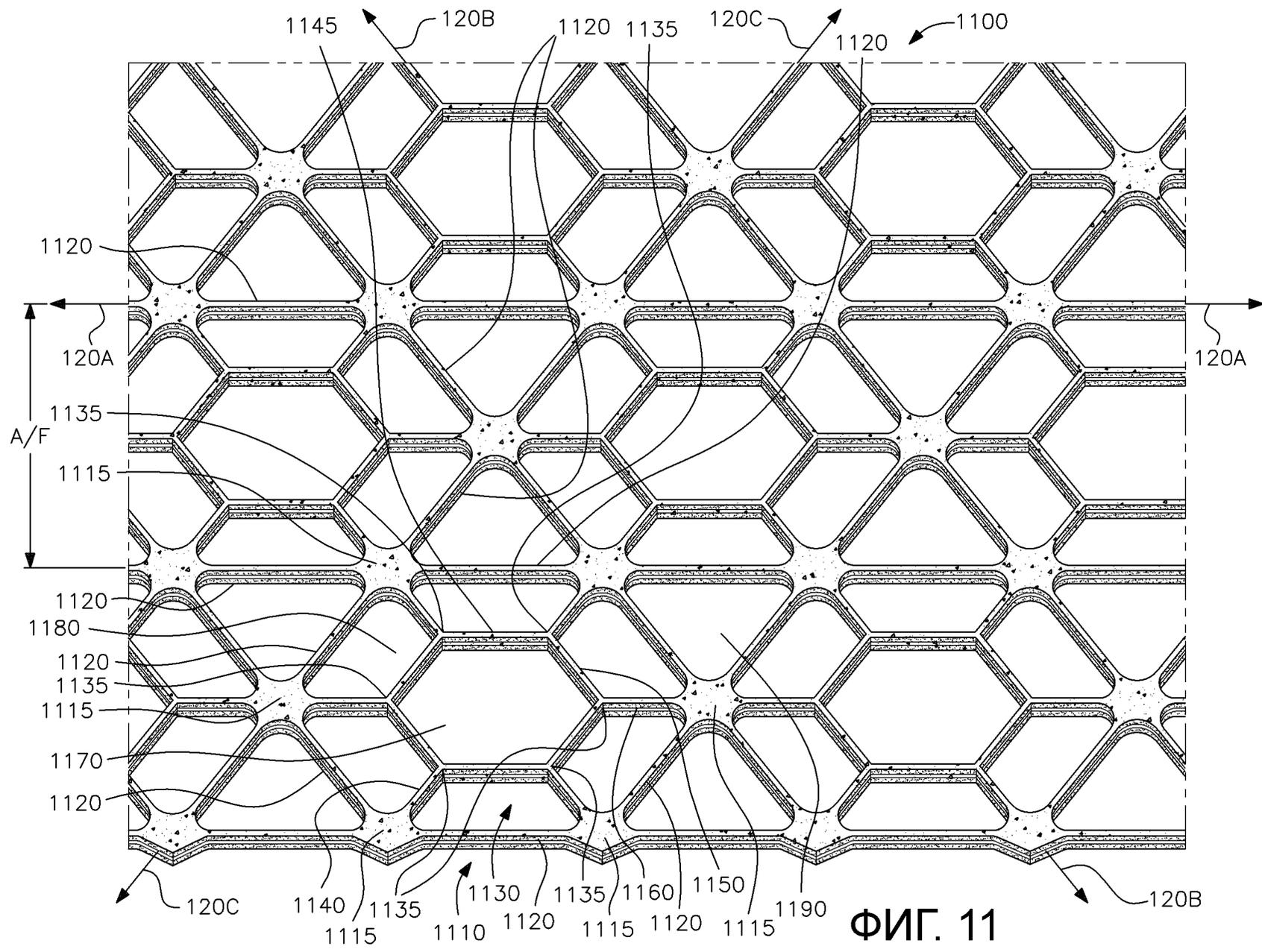
ФИГ. 8



ФИГ. 9

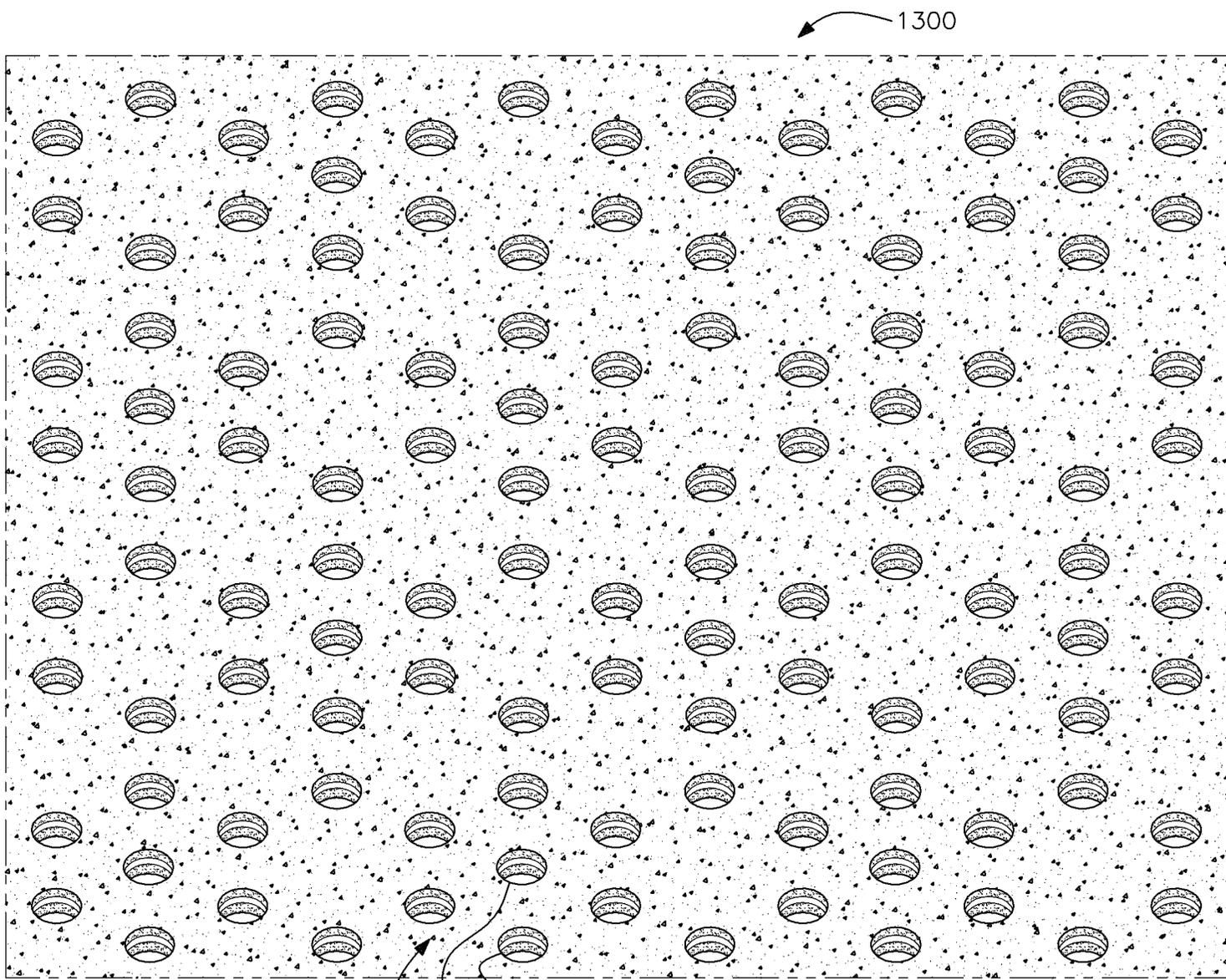


ФИГ. 10

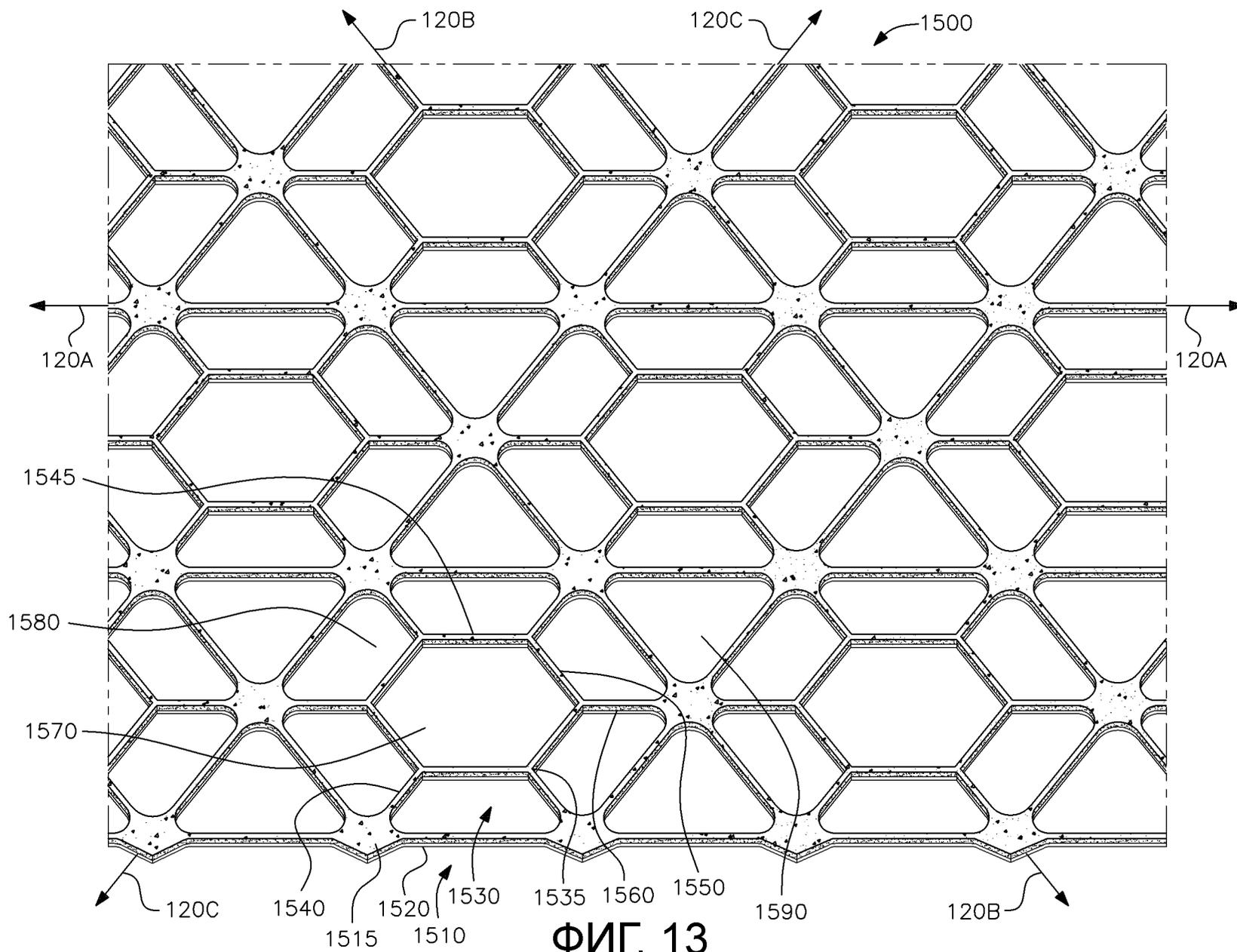


11/59

ФИГ. 11

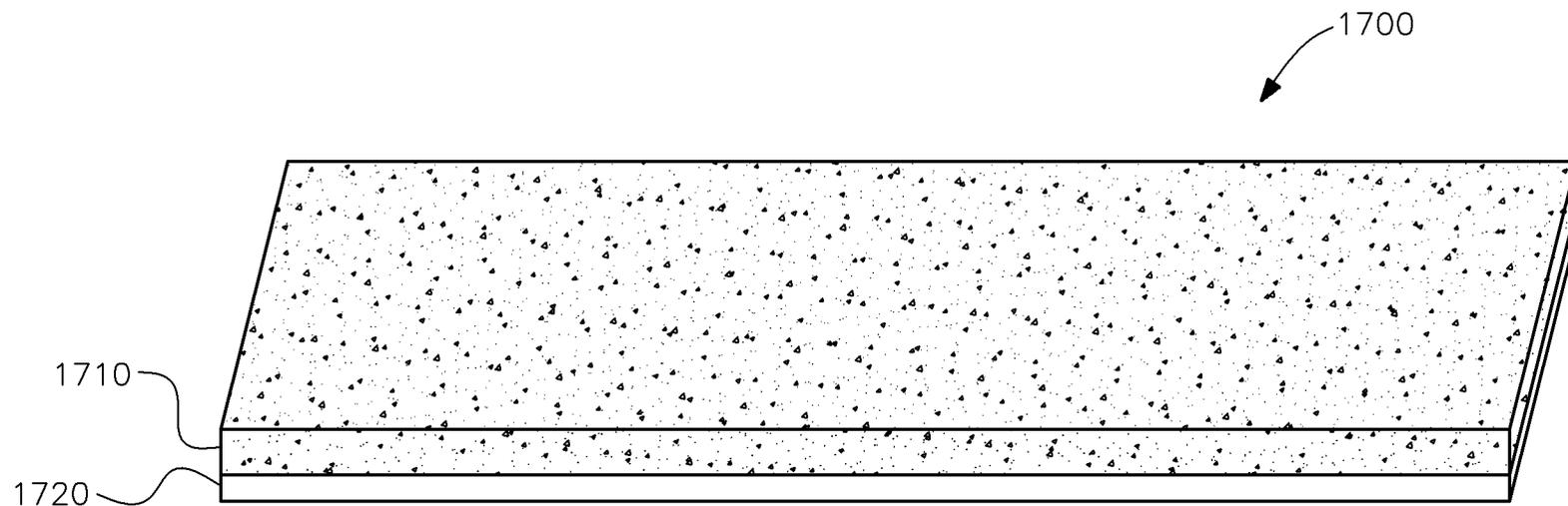


1310 1320 1330 ФИГ. 12

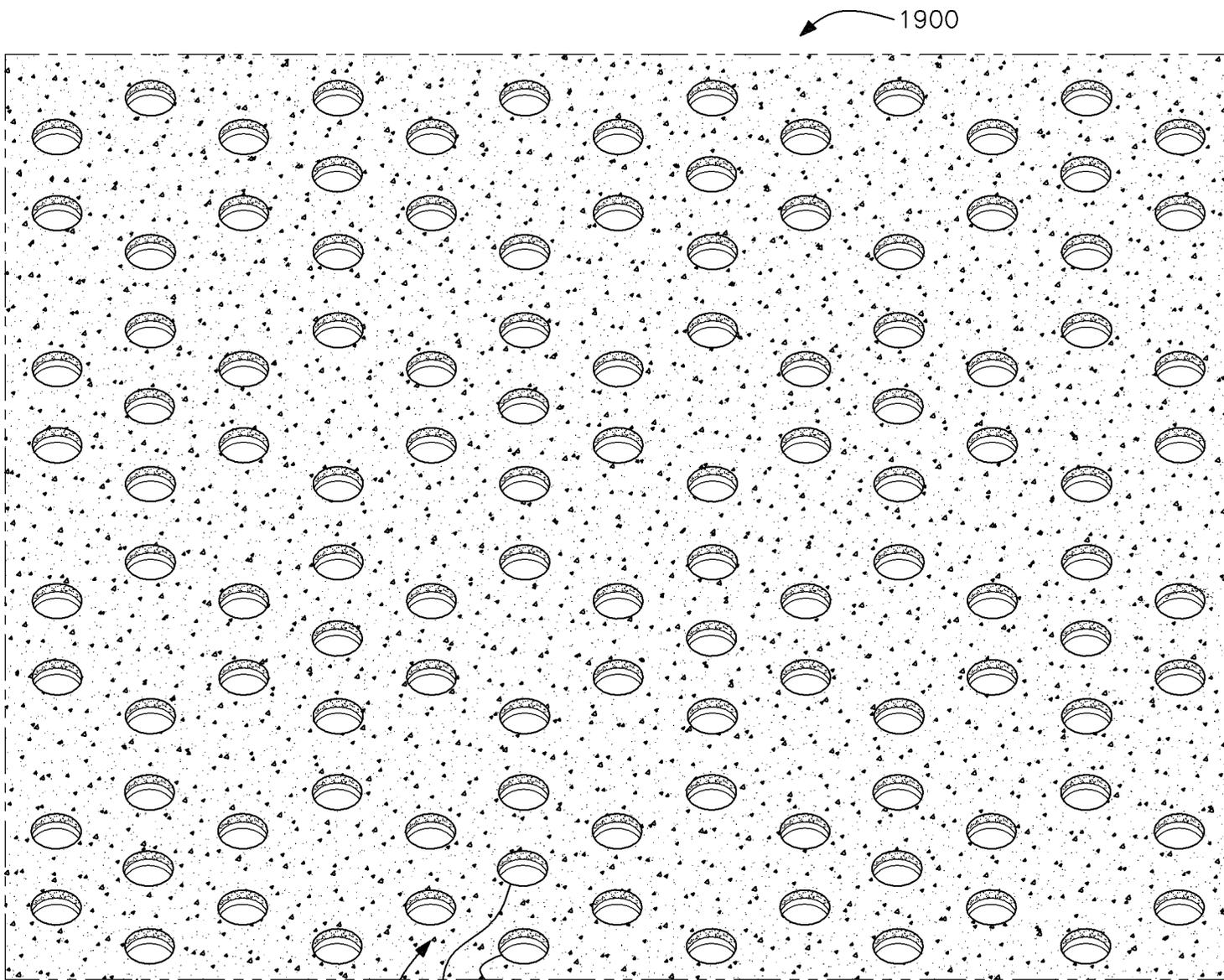


13/59

ФИГ. 13

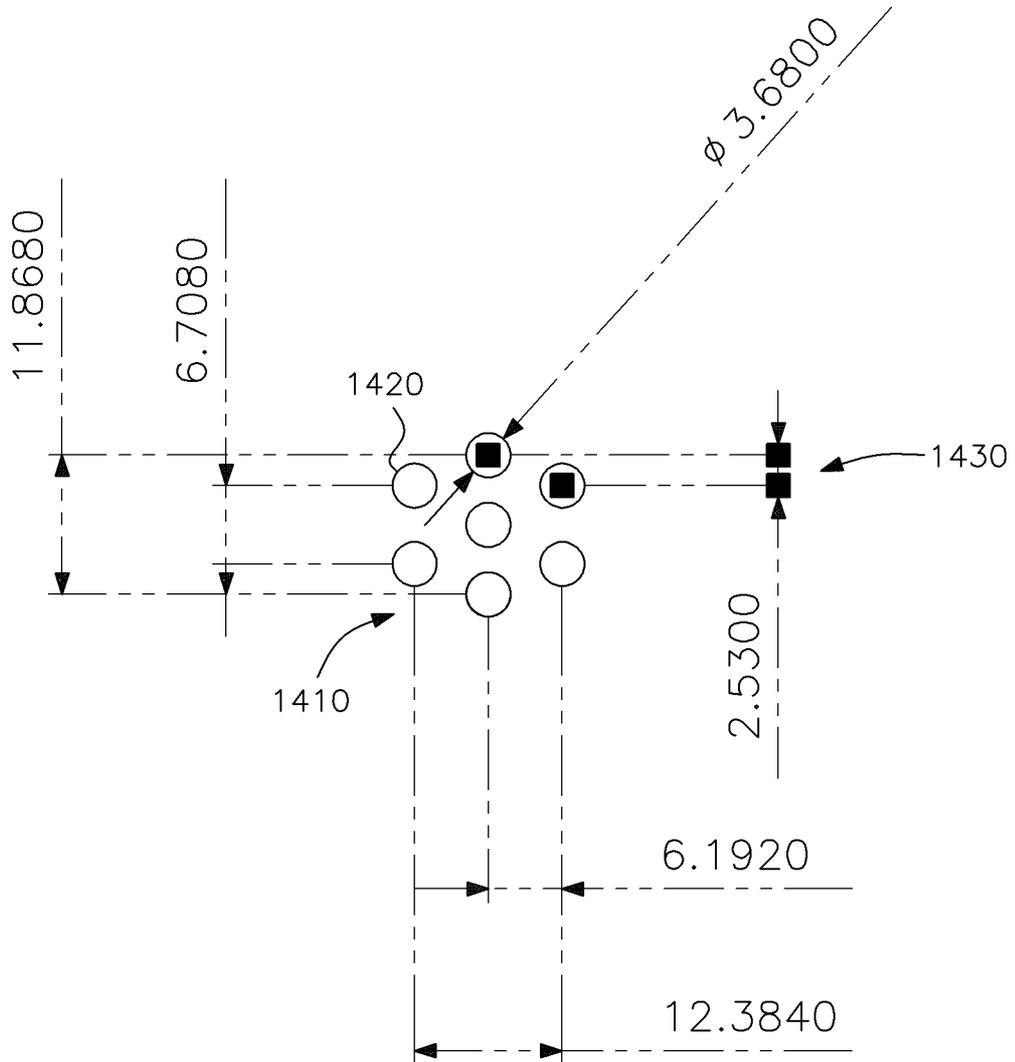


ФИГ. 14

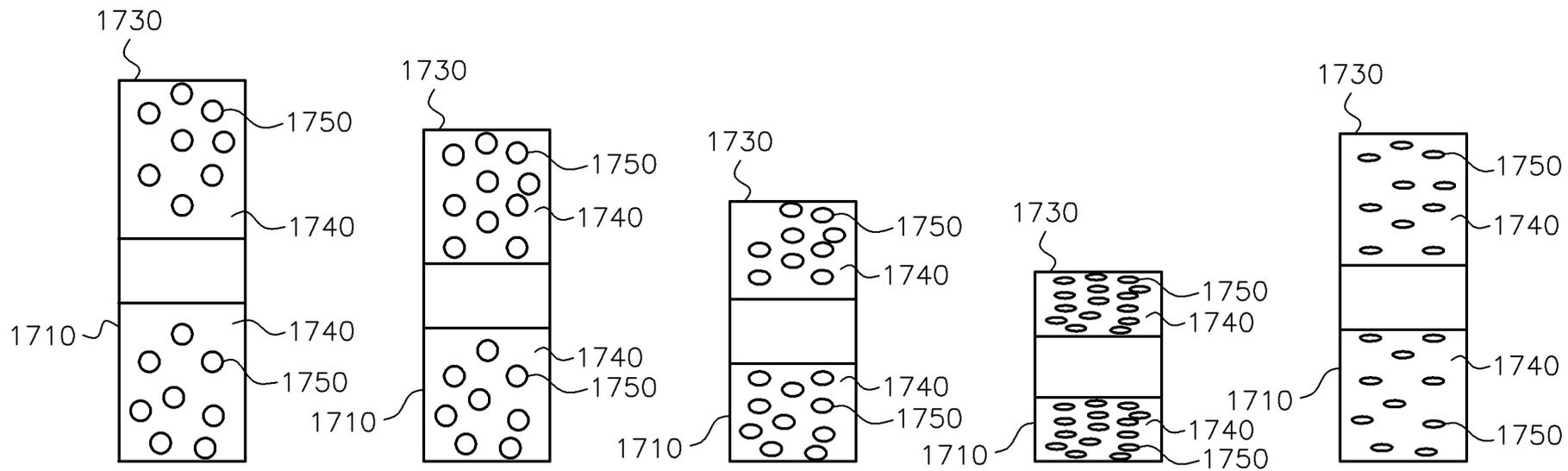


1720
1940 1710

ФИГ. 15



ФИГ. 16



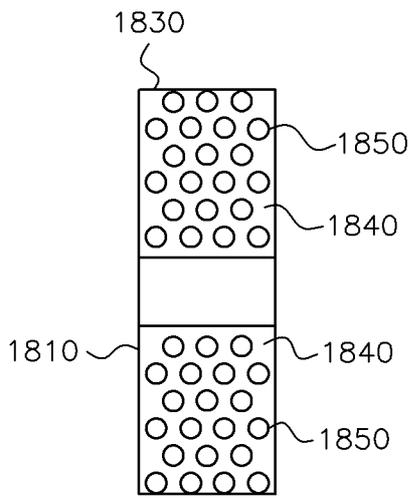
ФИГ. 17А

ФИГ. 17В

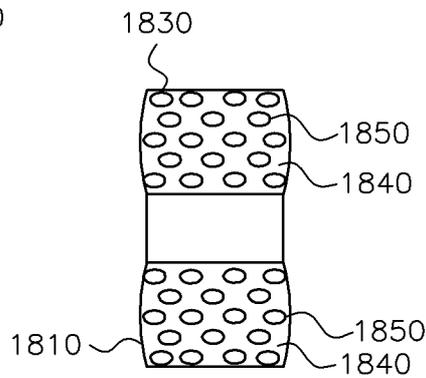
ФИГ. 17С

ФИГ. 17D

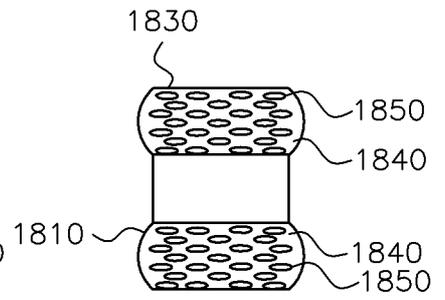
ФИГ. 17Е



ФИГ. 18А

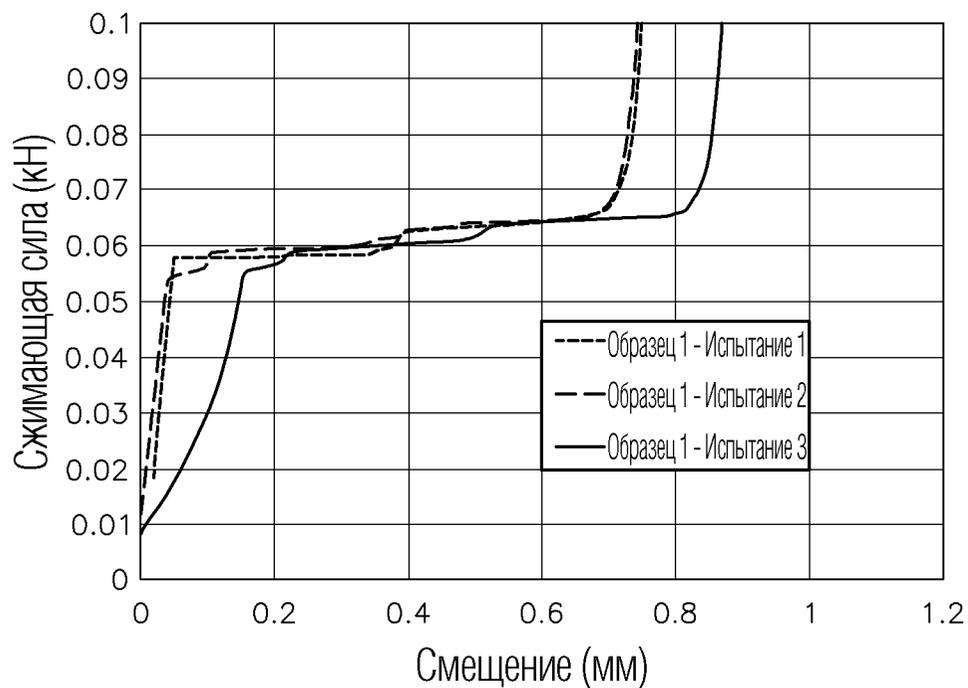


ФИГ. 18В

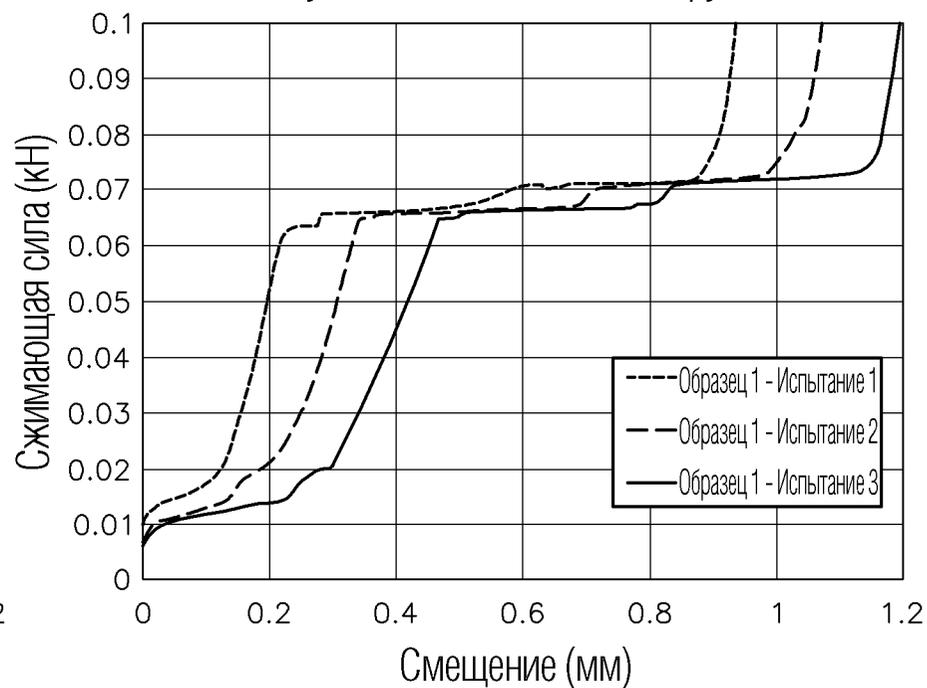


ФИГ. 18С

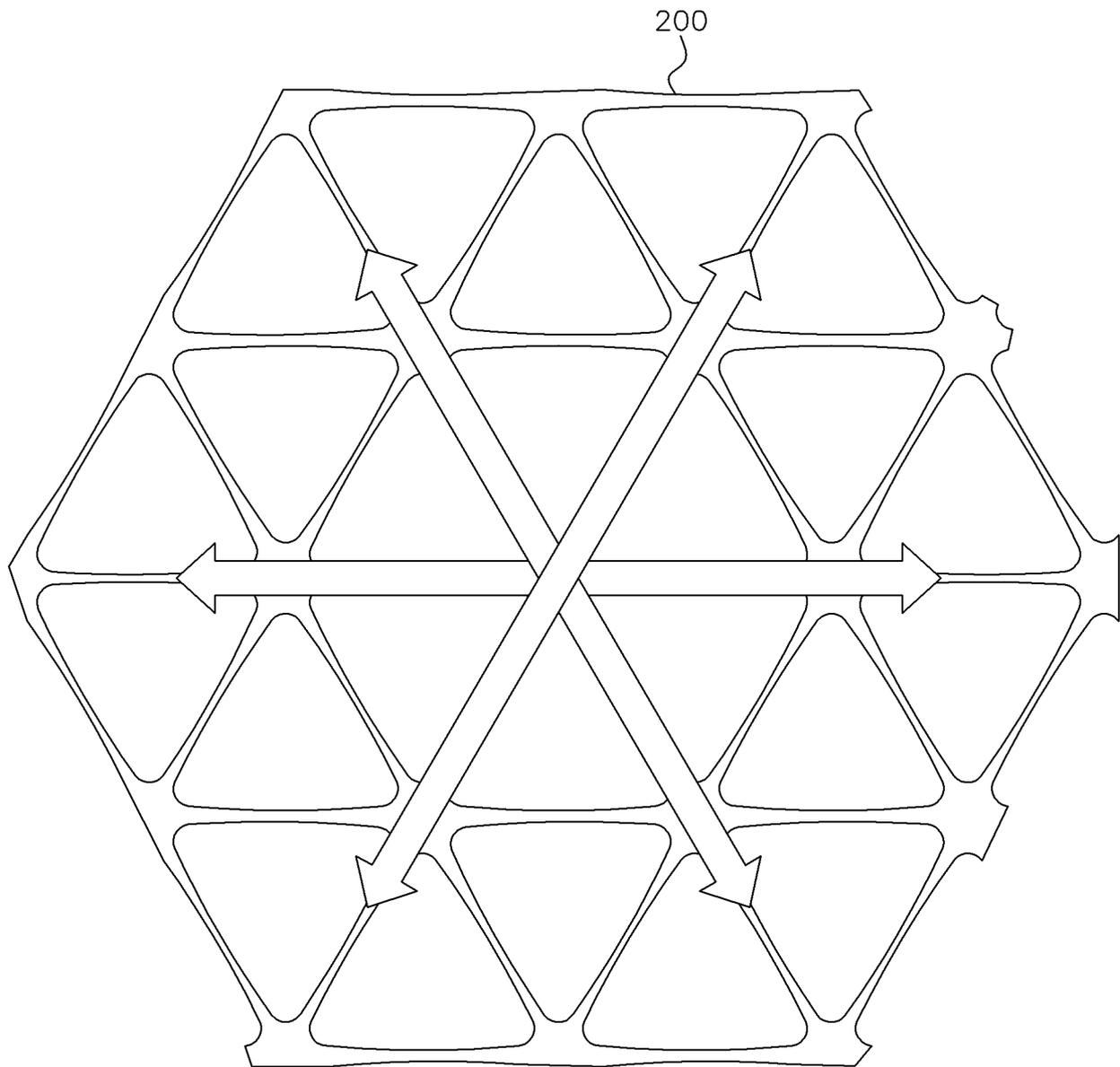
Неупругие свойства в случае стандартного
сплошного листа



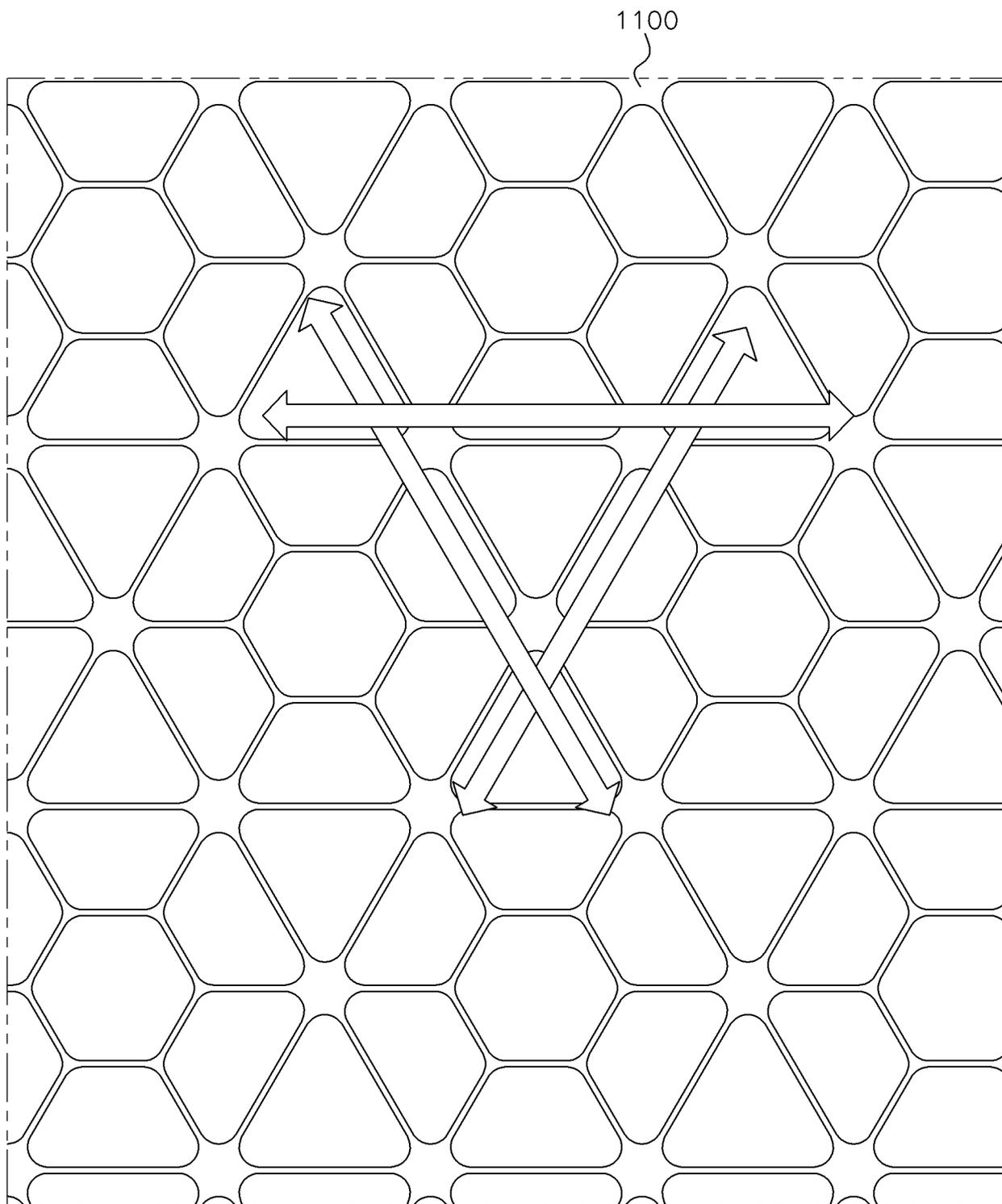
Упругие свойства в случае модифицированного листа,
полученного совместной экструзией



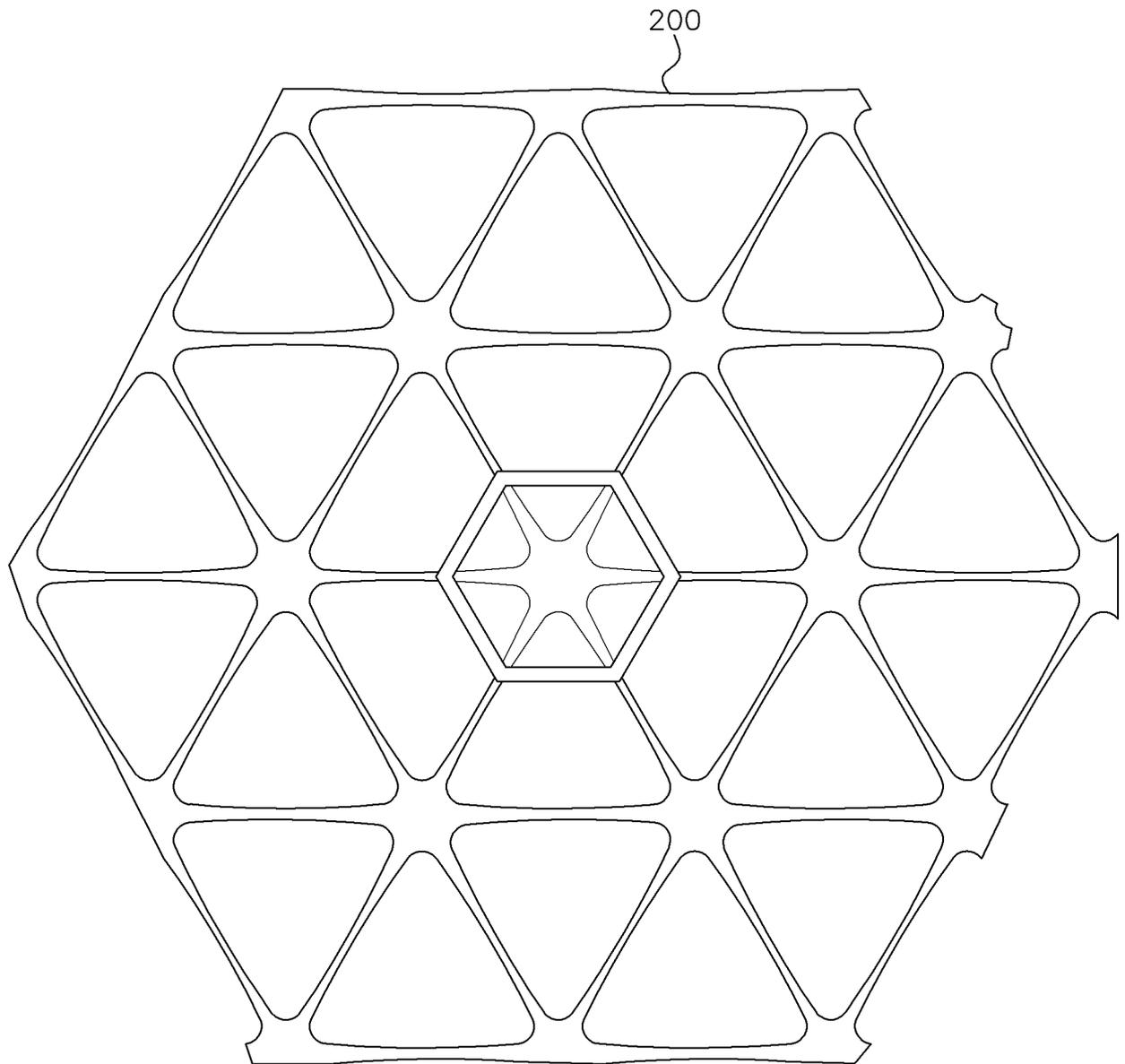
ФИГ. 19



ФИГ. 20

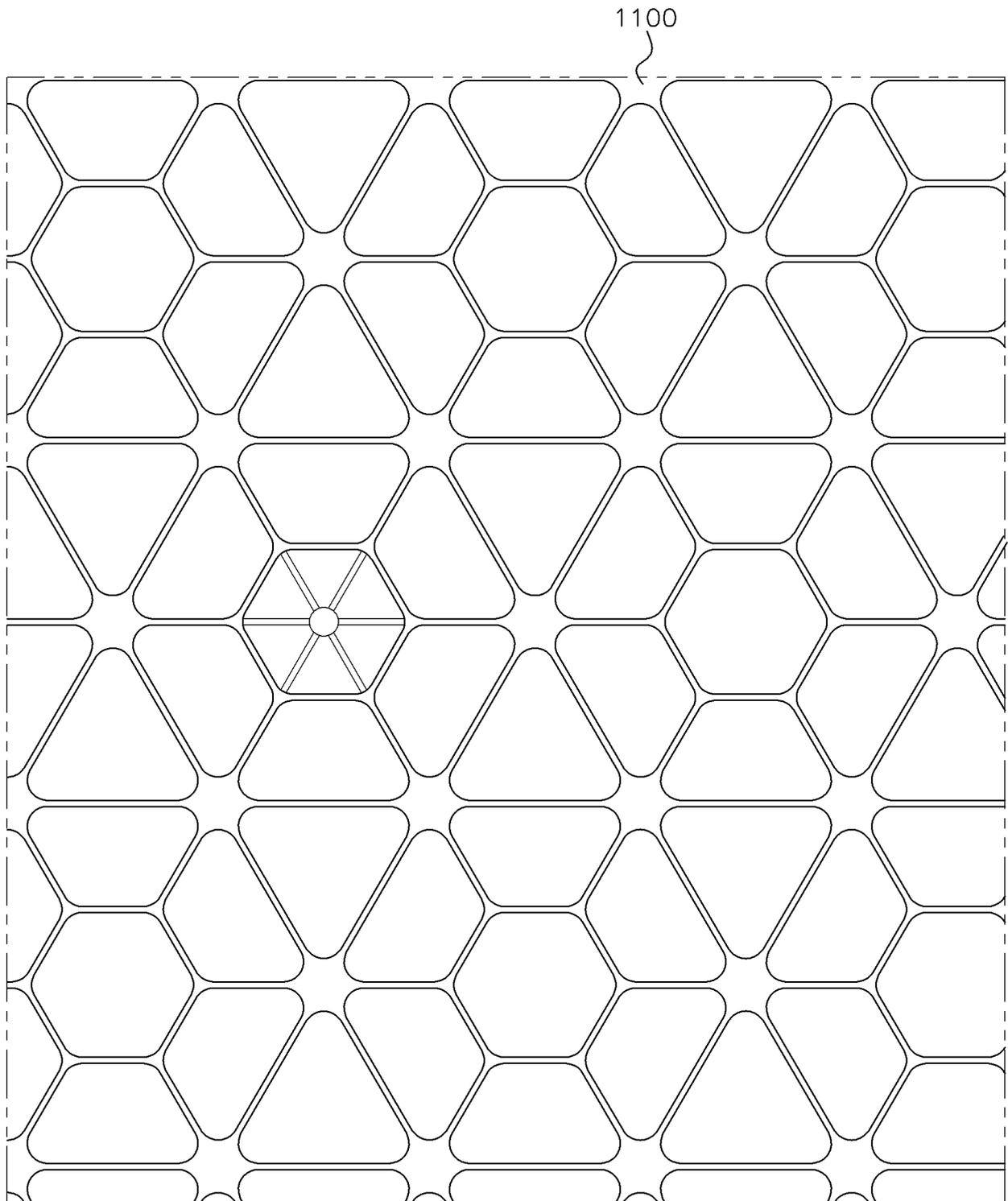


ФИГ. 21

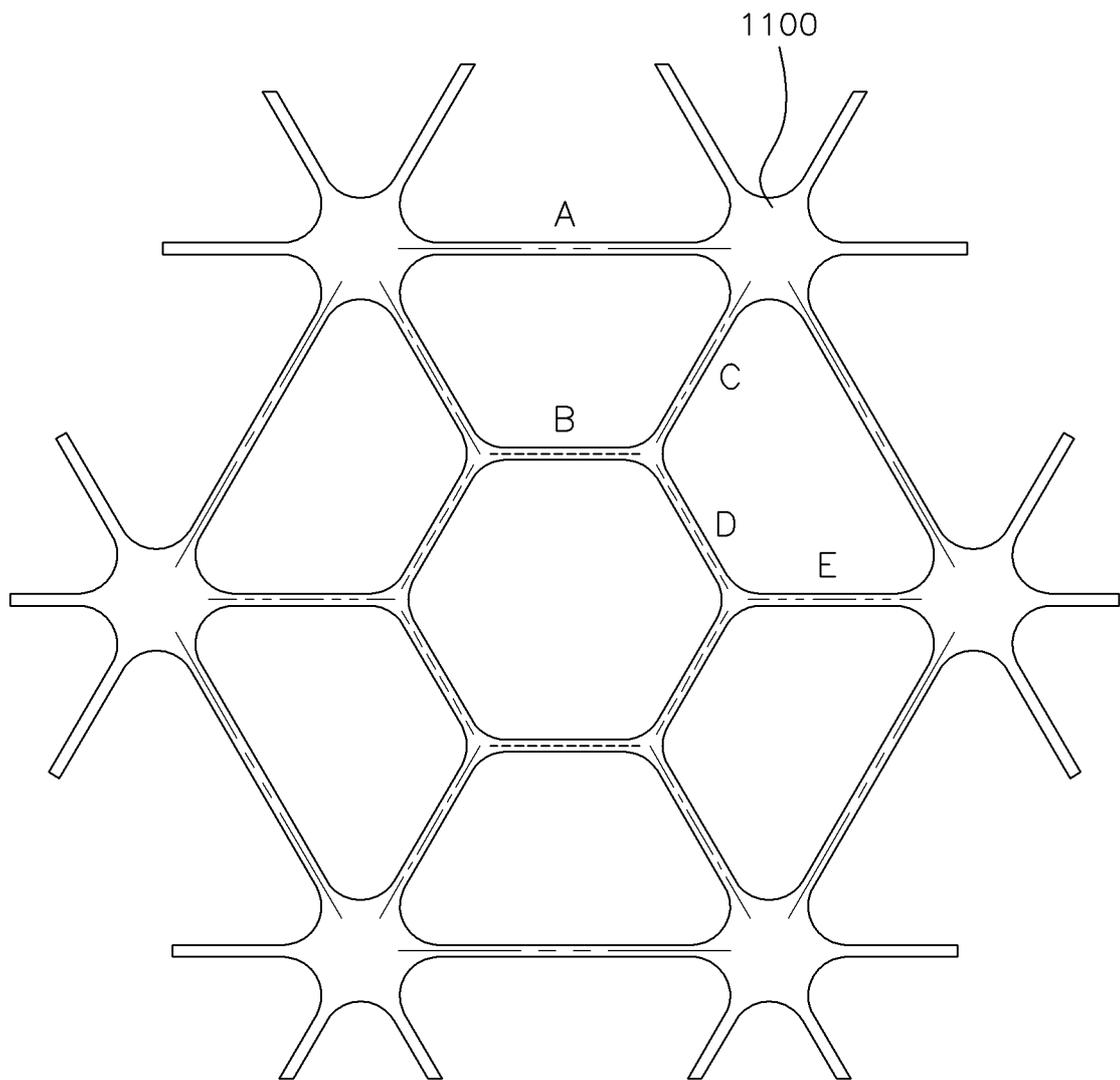


ФИГ. 22

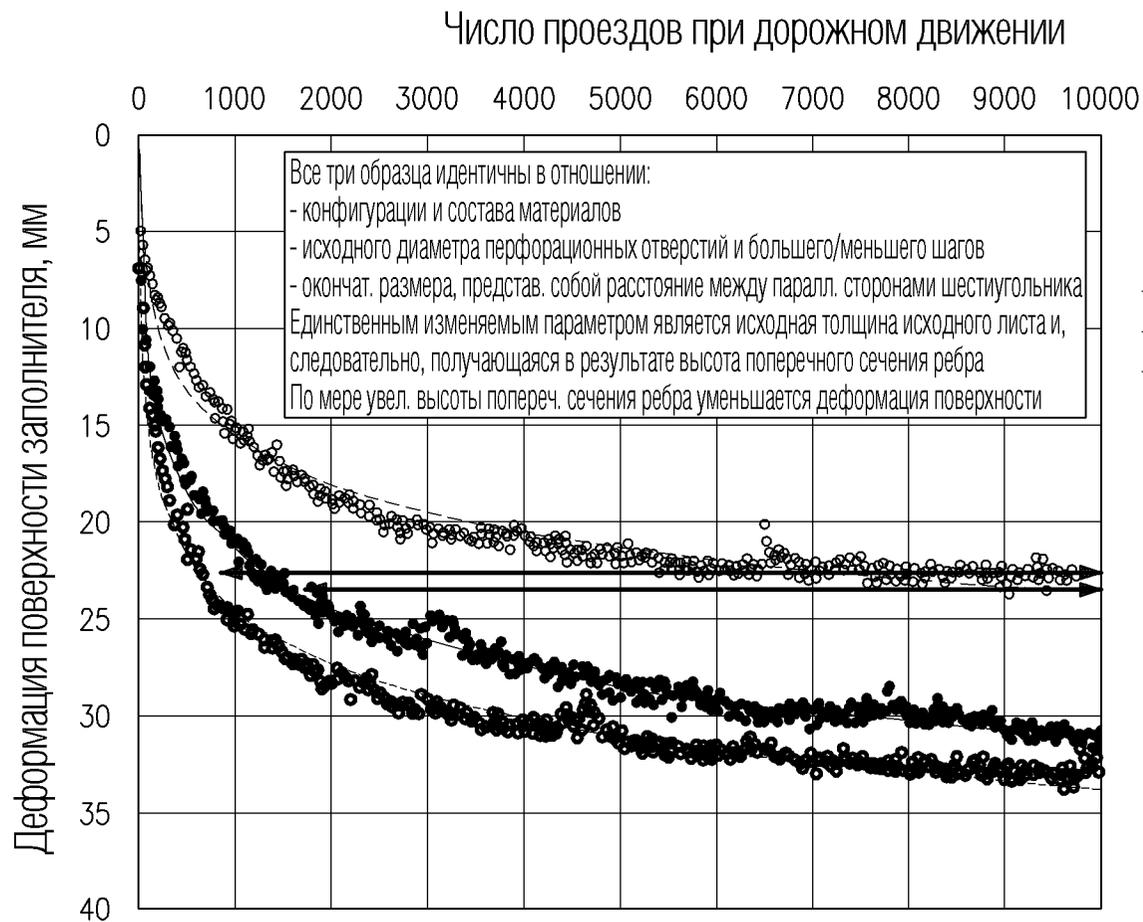
23/59



ФИГ. 23



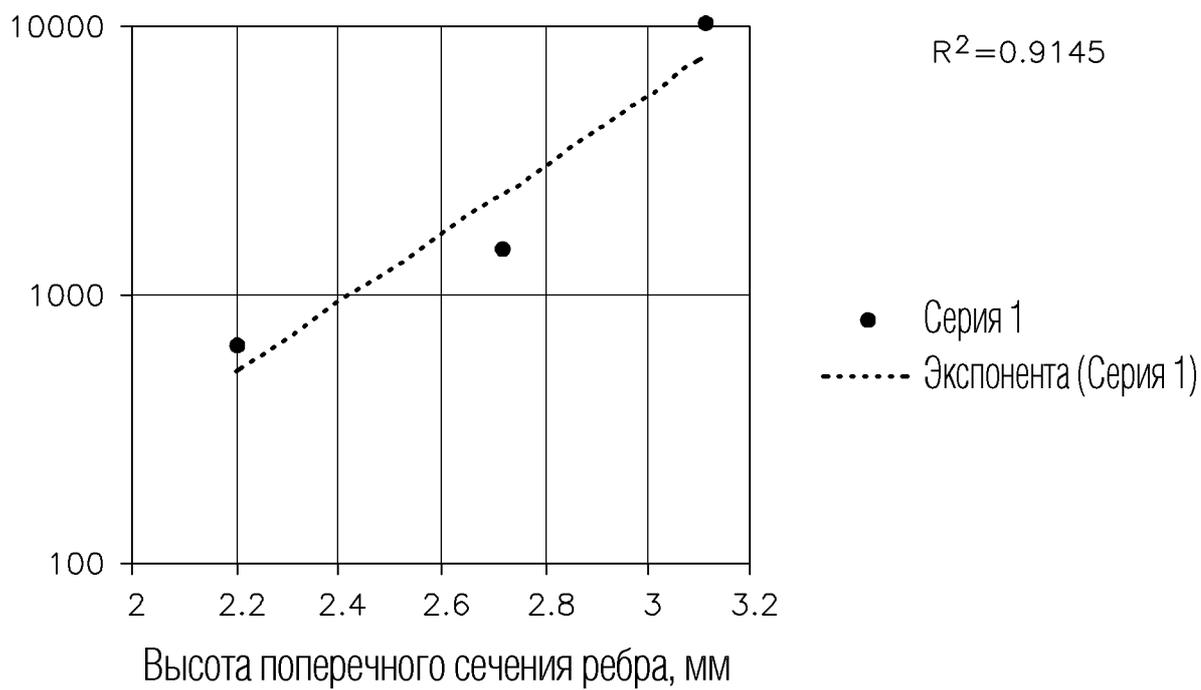
ФИГ. 24



- 2.2 мм Высота попереч. сеч. ребра
- 2.72 мм Высота попереч. сеч. ребра
- 3.12 мм Высота попереч. сеч. ребра
- Log (2.2 мм Высота попереч. сеч. ребра)
- Log (2.72 мм Высота попереч. сеч. ребра)
- Log (3.12 мм Высота попереч. сеч. ребра)

ФИГ. 25

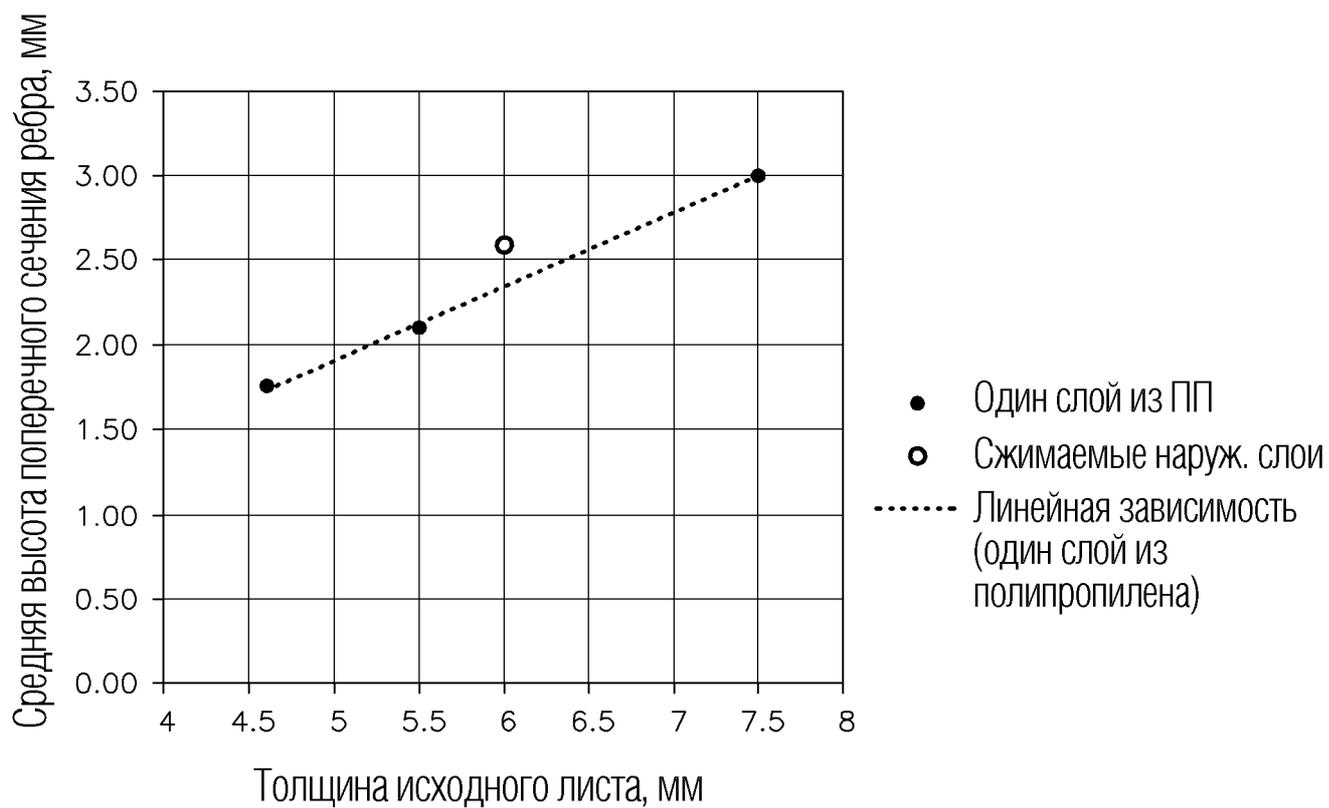
Число проездов до момента возникновения предельной деформации



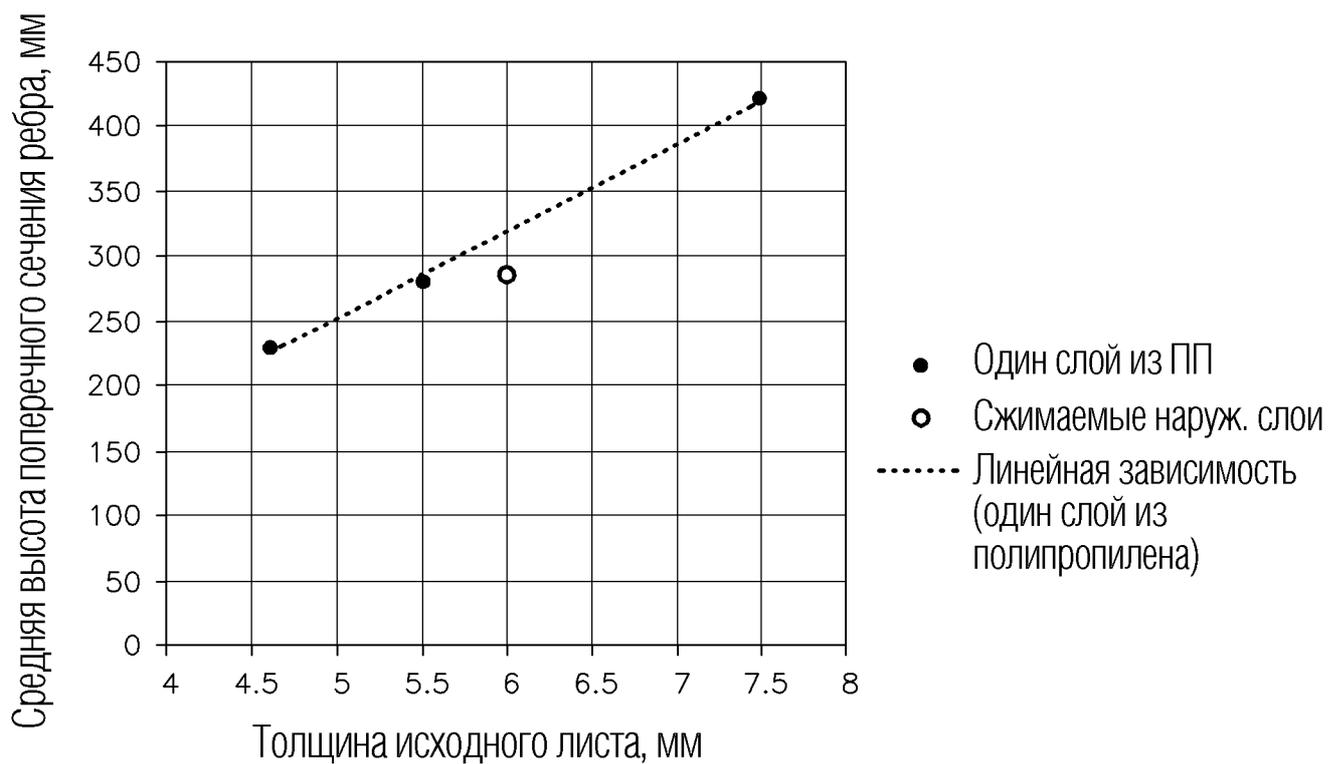
ФИГ. 26

	Состав	Номинальная толщина листа, мм	Номинальное расстояние между параллельными сторонами шестиугольника, мм	Приблизительная масса георешетки, кг/м ²	Средняя высота поперечного сечения ребра, мм	Средняя ширина поперечного сечения ребра, мм	Среднее характеристическое отношение размеров ребра
Изобретение	СаСО ₃ 2х Наружные слои	5.5	80	0.294	2.2	1.4	1.6
Изобретение	СаСО ₃ 2х Наружные слои	6.2	80	0.351	2.7	1.4	2.0
Изобретение	СаСО ₃ 2х Наружные слои	7.5	80	0.425	3.1	1.4	2.4

ФИГ. 27

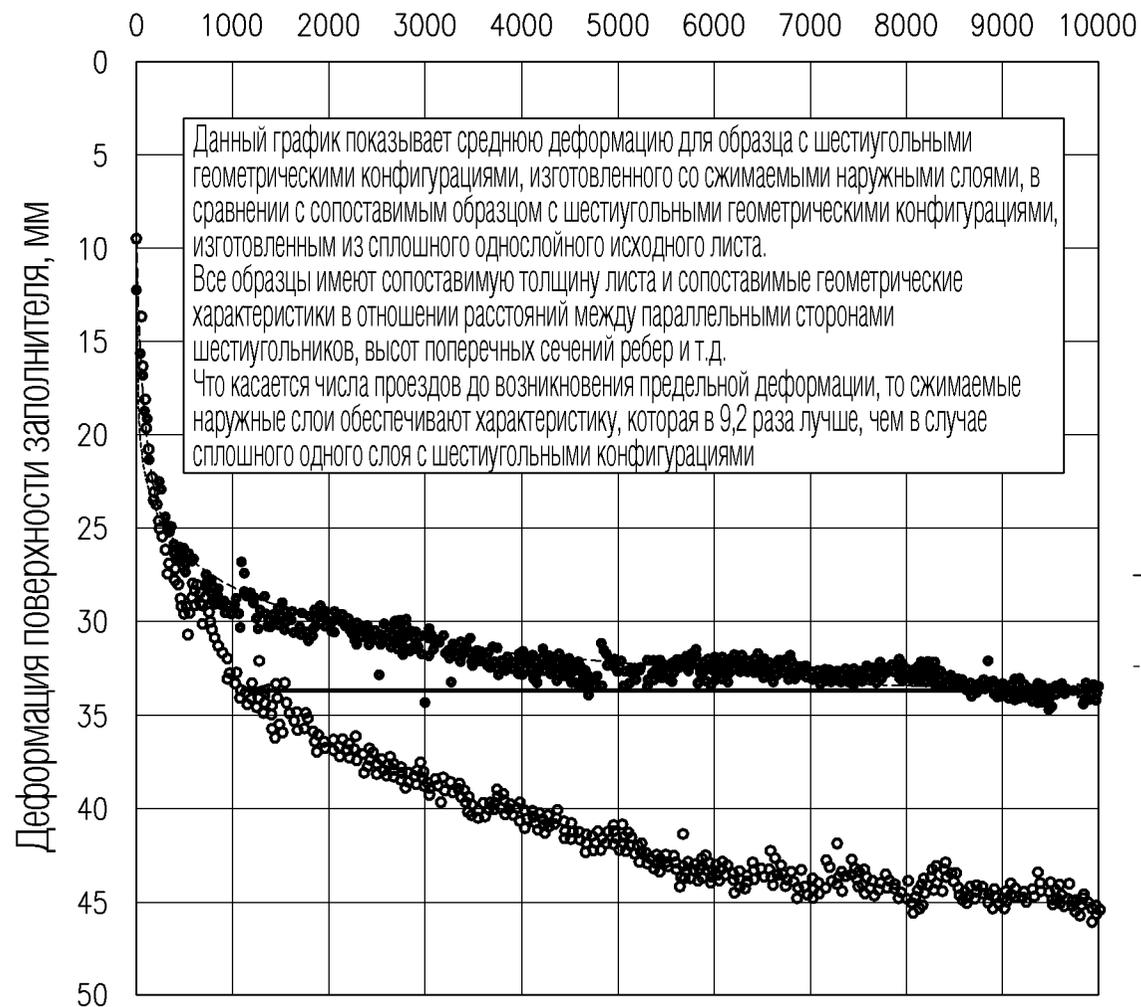


ФИГ. 28



ФИГ. 29

Число проездов при дорожном движении



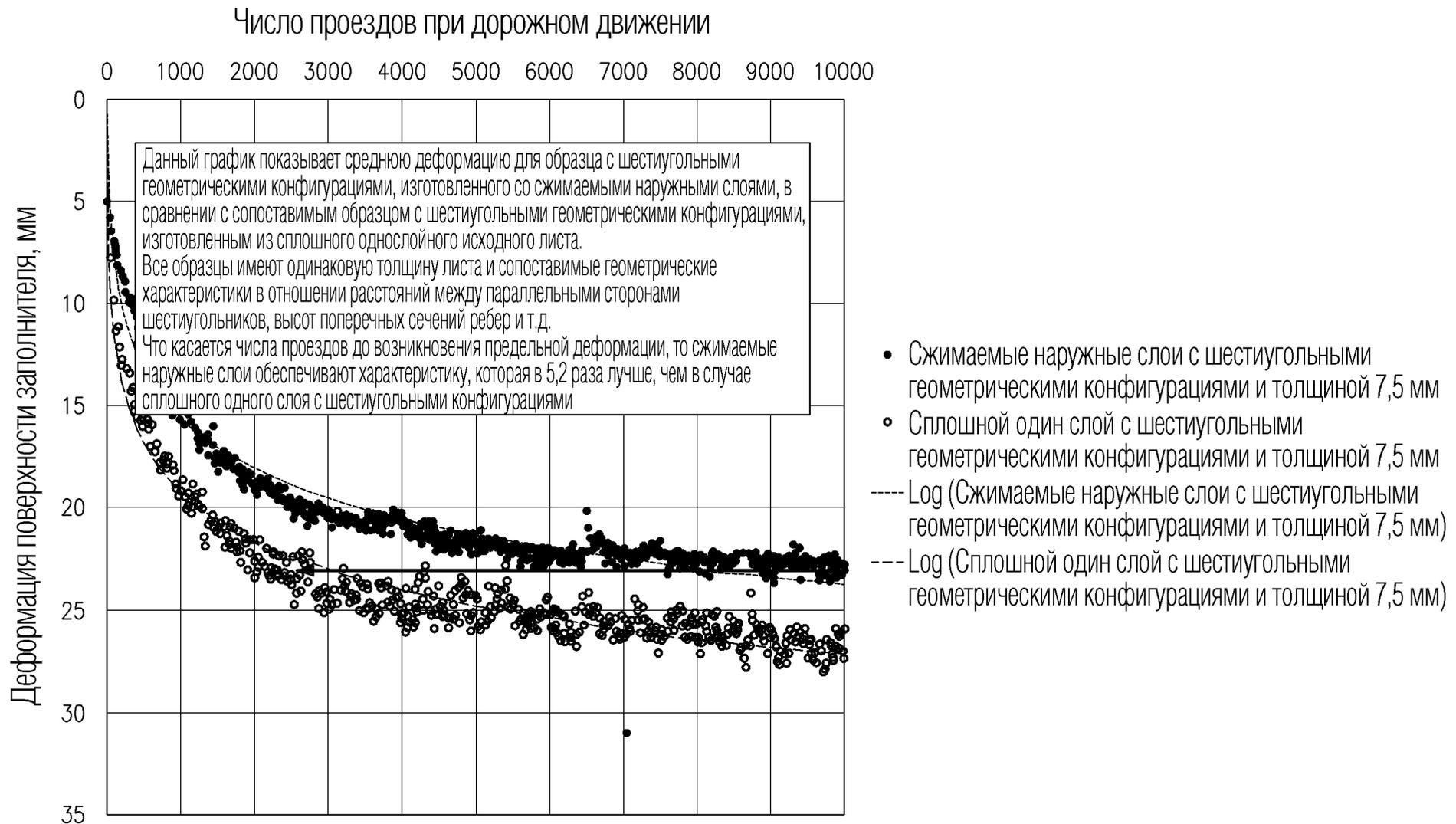
- Сжимаемые наружные слои с шестиугольными геометрическими конфигурациями и толщиной 6,2 мм
- Сплошной один слой с шестиугольными геометрическими конфигурациями и толщиной 6,3 мм
- Log (Сжимаемые наружные слои с шестиугольными геометрическими конфигурациями и толщиной 6,2 мм)
- Log (Сплошной один слой с шестиугольными геометрическими конфигурациями и толщиной 6,3 мм)

30/59

ФИГ. 30

	Состав	Номиналь- ная толщина листа, мм	Номиналь- ное рассто- яние между параллель- ными сто- ронами шестиуголь- ника, мм	Прибли- зительная масса георе- шетки, кг/м ²	Средняя высота поперечно- го сечения ребра, мм
Георешетка по изоб- ретению с шестиу- гольниками	CaCO ₃ 2x Наружные слои	6.2	80	0.294	2.7
Однослой- ная георе- шетка со сплошным слоем и шестиу- гольниками	Solid/Mono	6.3	80	0.285	2.8

ФИГ. 31



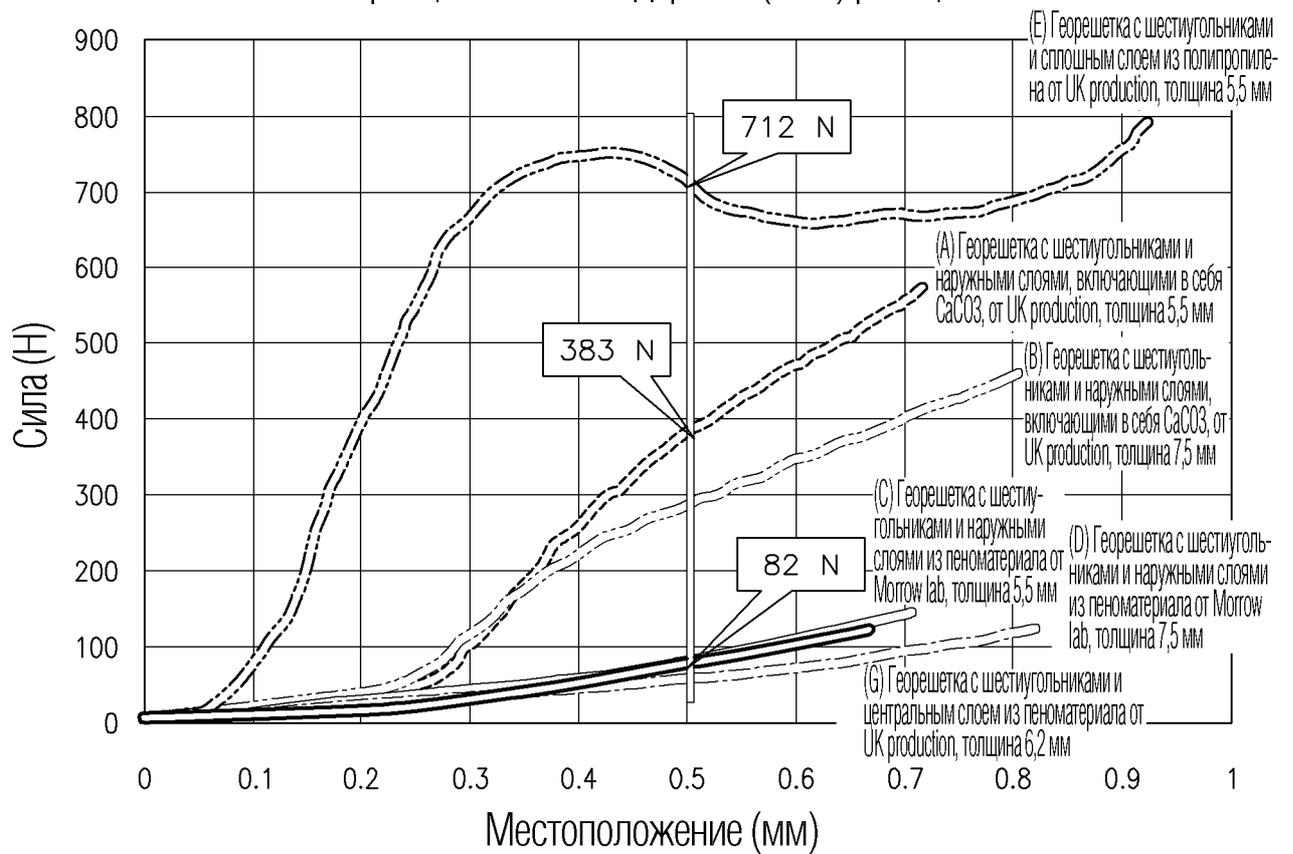
32/59

ФИГ. 32

	Состав	Номиналь- ная толщина листа, мм	Номиналь- ное рассто- яние между параллель- ными сто- ронами шестиуголь- ника, мм	Прибли- зительная масса георе- шетки, кг/м ²	Средняя высота поперечно- го сечения ребра, мм
Георешетка по изо- бретению с шестиу- гольниками	CaCO ₃ 2x Наружные слои	7.5	80	0.425	3.1
Однослой- ная георе- шетка со сплошным слоем и шестиу- гольниками	Solid/Mono	7.5	80	0.413	3.0

ФИГ. 33

Образцы А-Г – Стандартная (25%) реакция

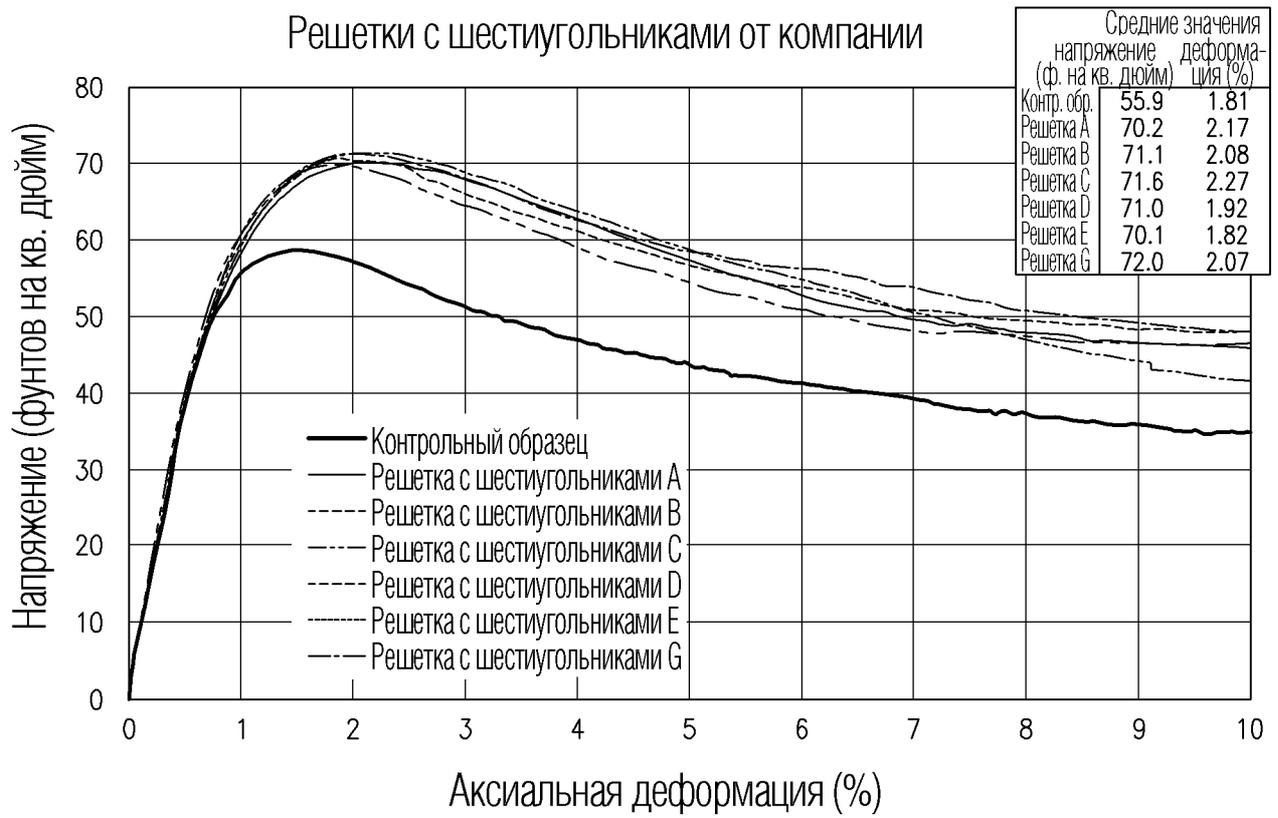


--- Образец А - График данных - - - Образец В - График данных - · - Образец С - График данных
 — — — Образец D - График данных — — — Образец E - График данных — — — Образец G - График данных

ФИГ. 34

Стандартное испытание	
Образец	Сила при 0,5 мм (Н)
А	383
С	82
Е	712

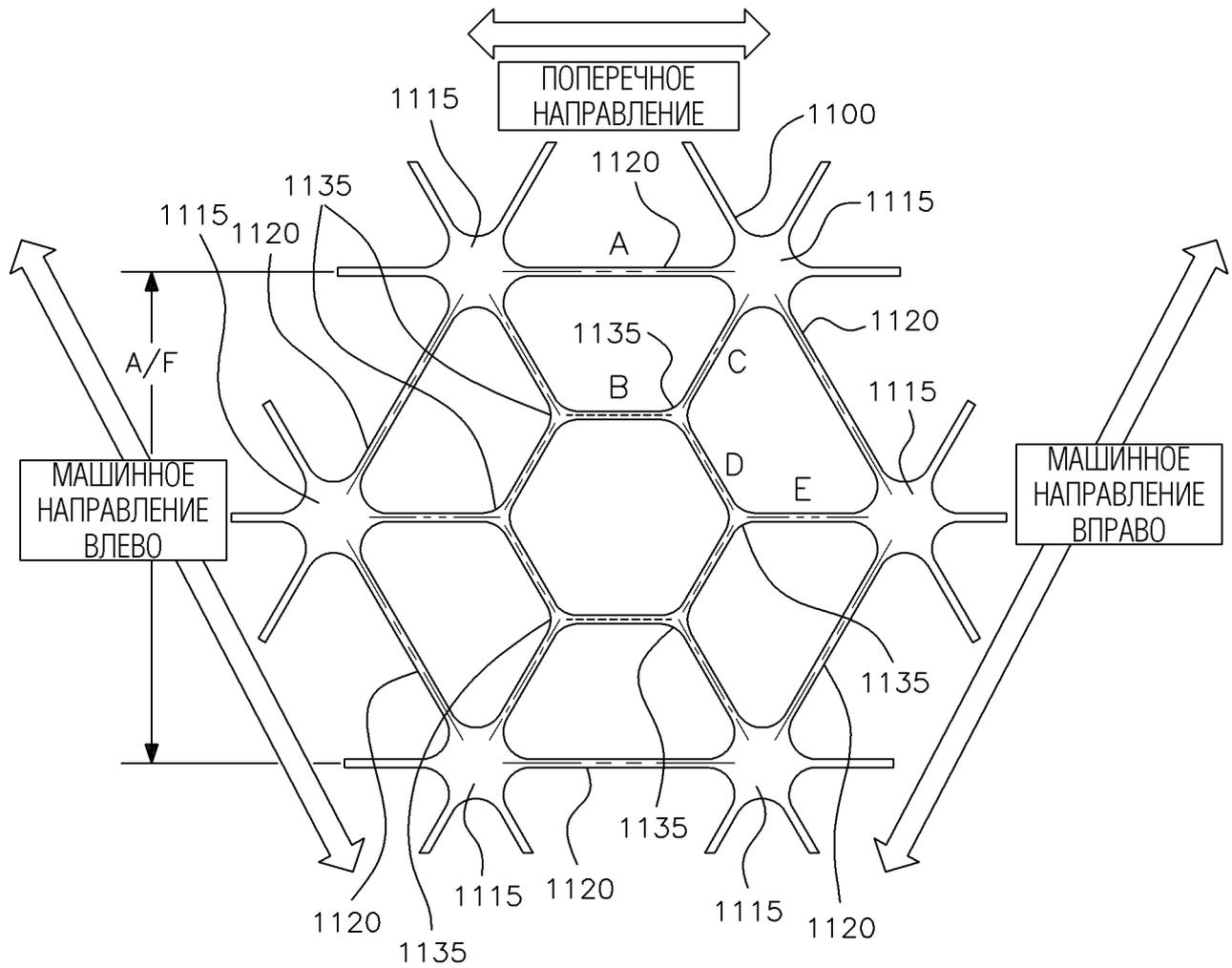
ФИГ. 35



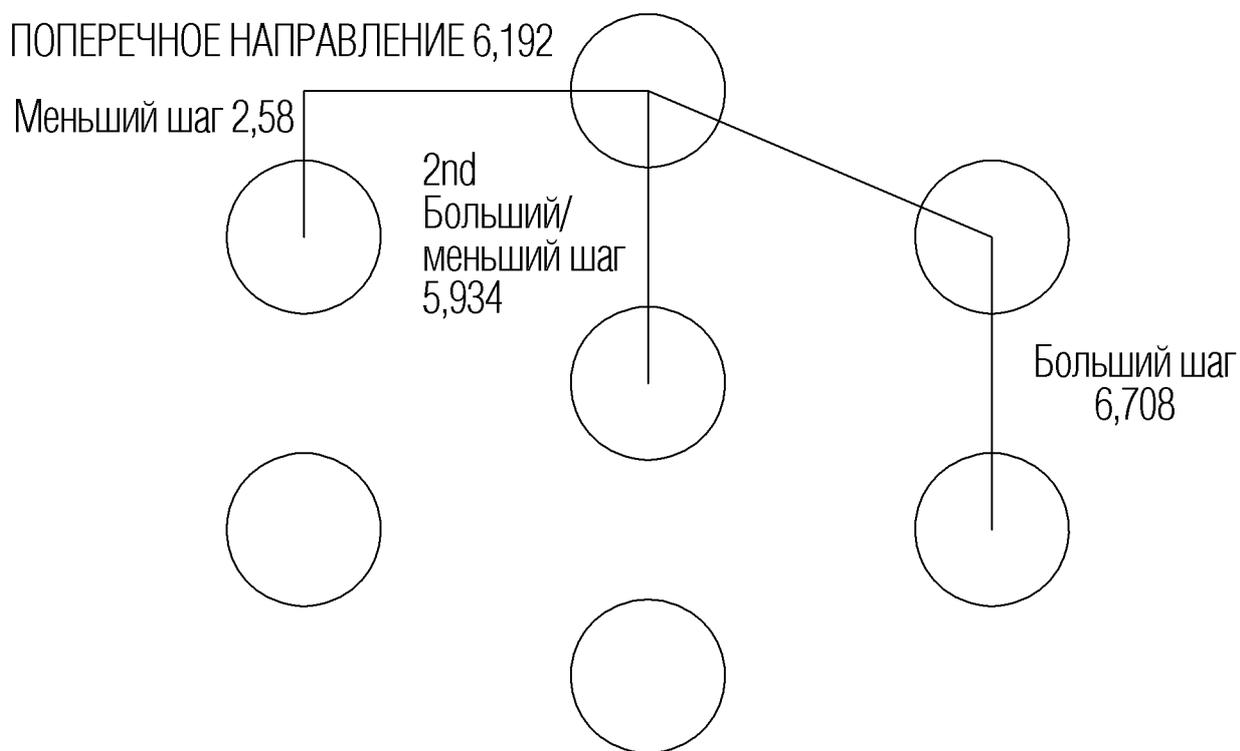
ФИГ. 36

	<u>Средние значения</u>	
	Максимальное напряжение (фунтов на кв. дюйм)	Деформация при максимальном напряжении (%)
Контрольный образец	55.9	1.81
Решетка А	70.2	2.17
Решетка В	71.1	2.08
Решетка С	71.6	2.27
Решетка D	71.0	1.92
Решетка E	70.1	1.82
Решетка G	72.0	2.07

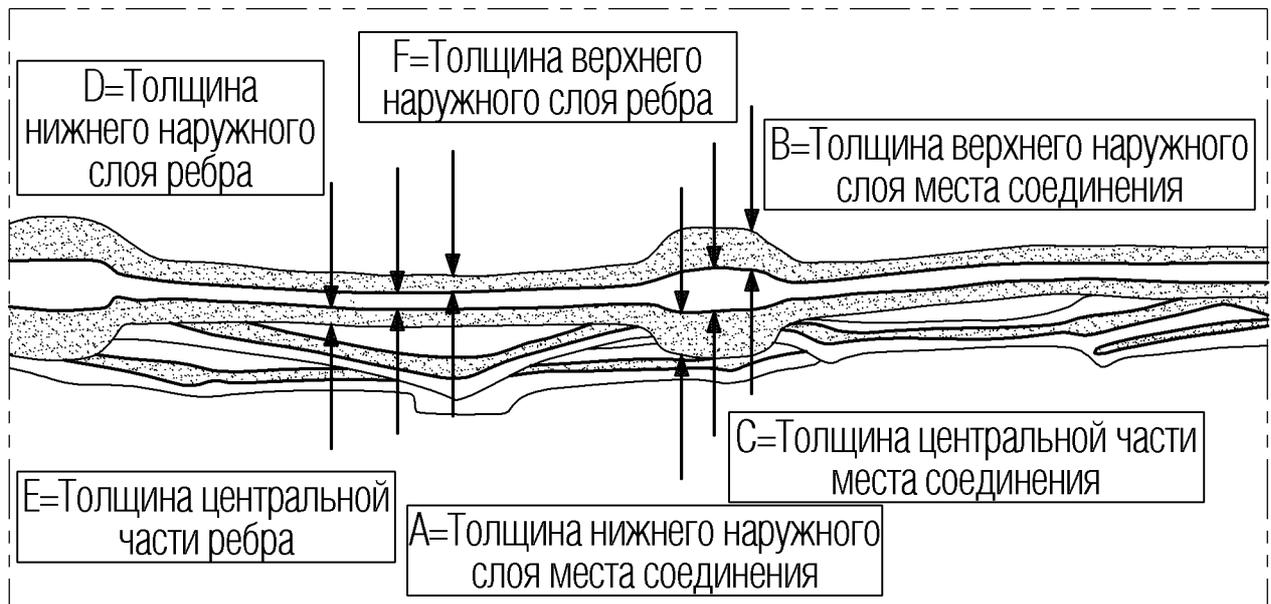
ФИГ. 37



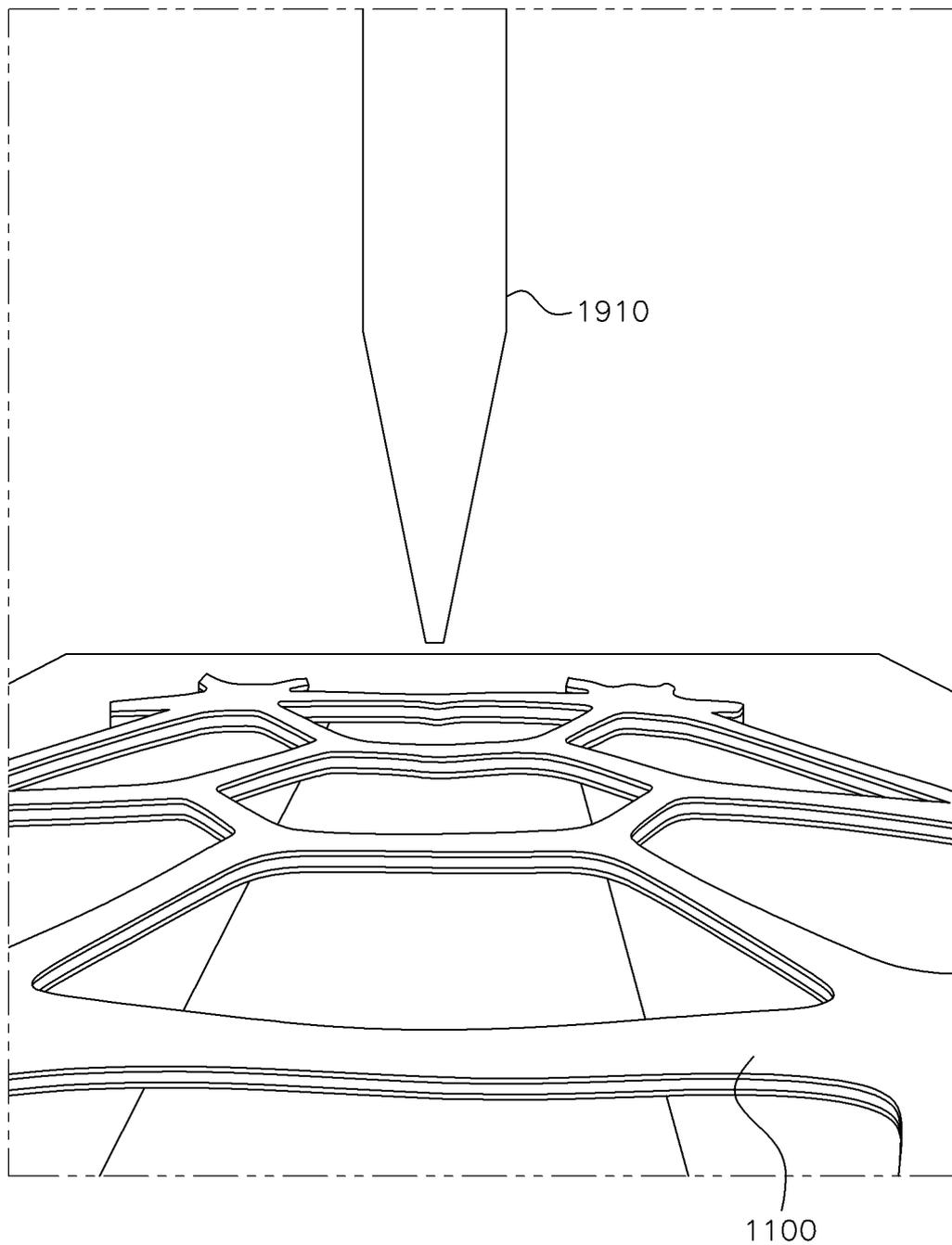
ФИГ. 38



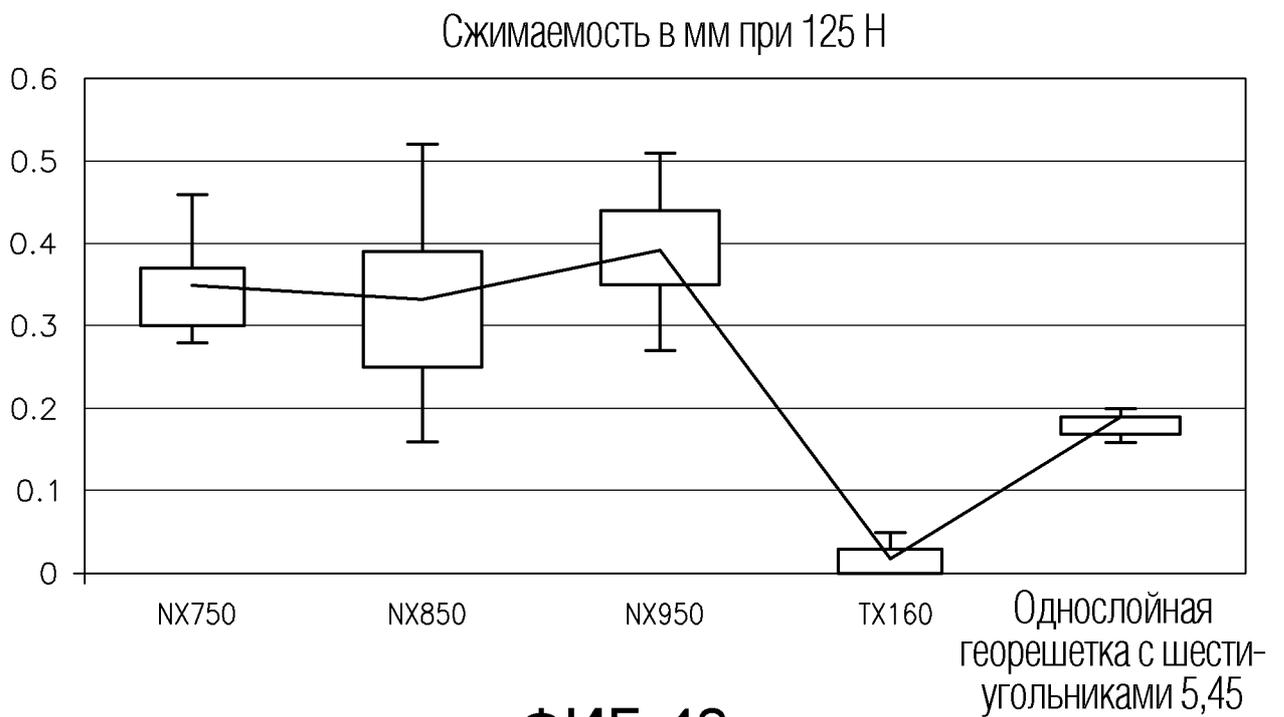
ФИГ. 39



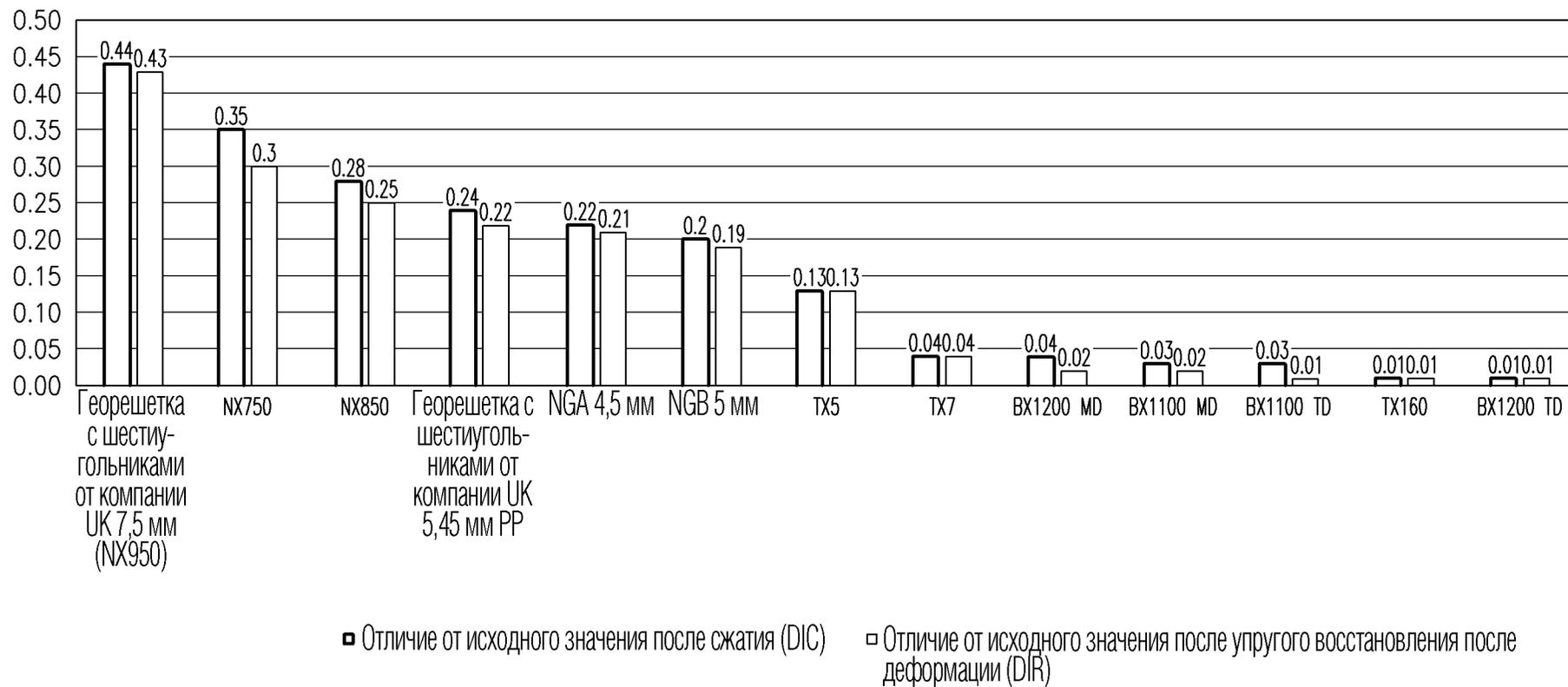
ФИГ. 40



ФИГ. 41

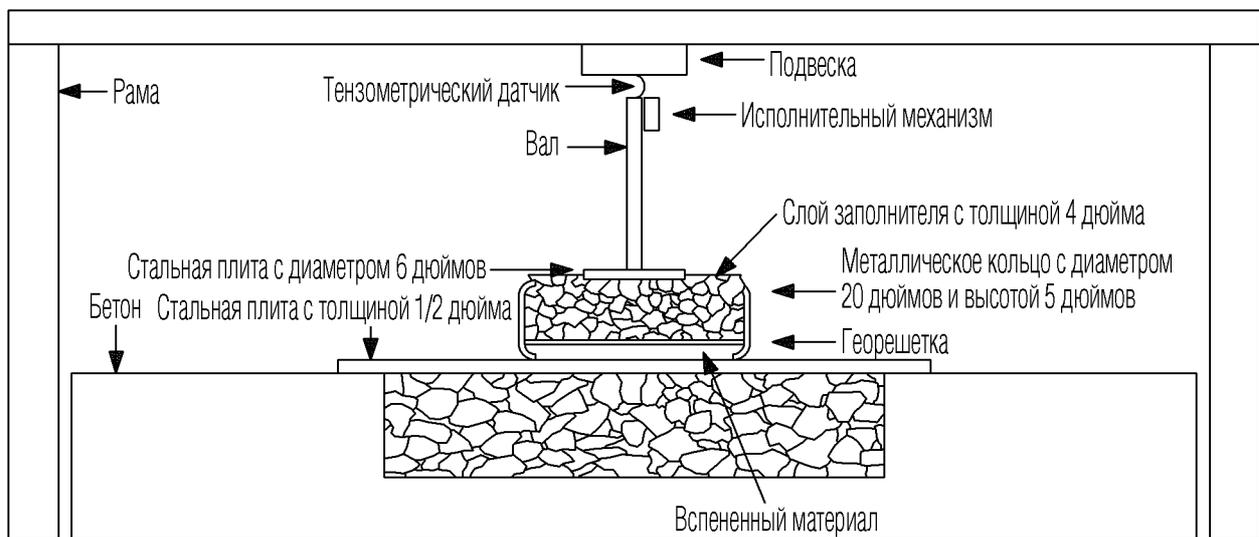


Сжатие (мм)



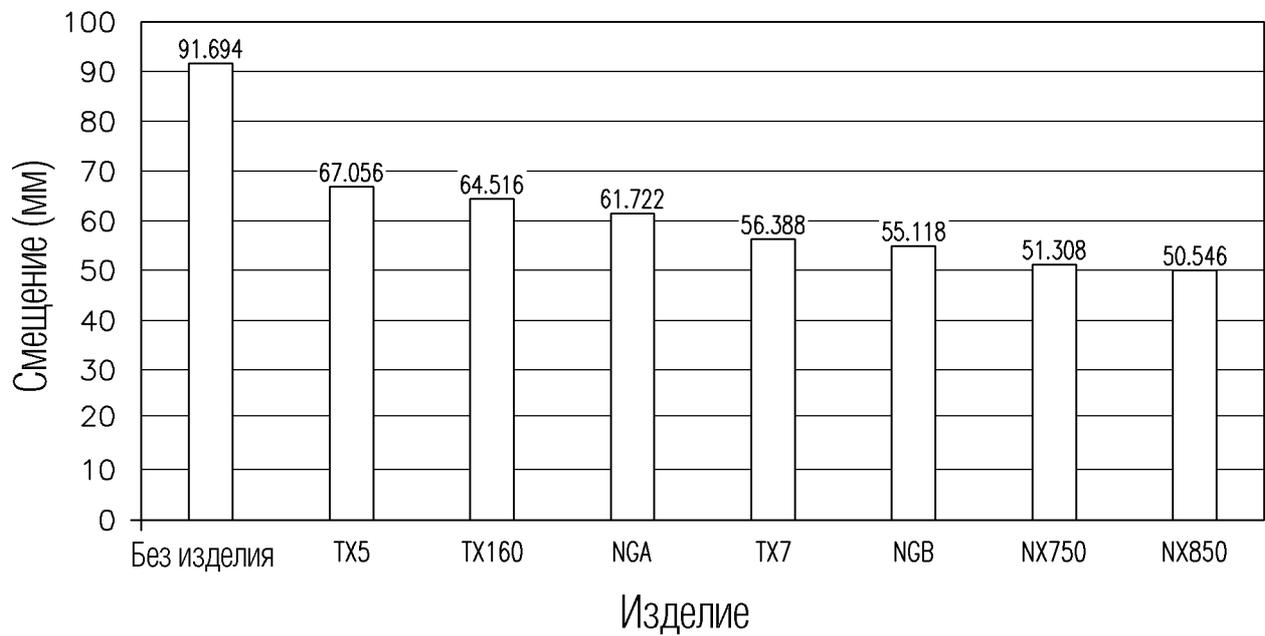
ФИГ. 43

Экспериментальная установка PLTR (установка с нагрузочной плитой, предназначенная для проведения испытаний)



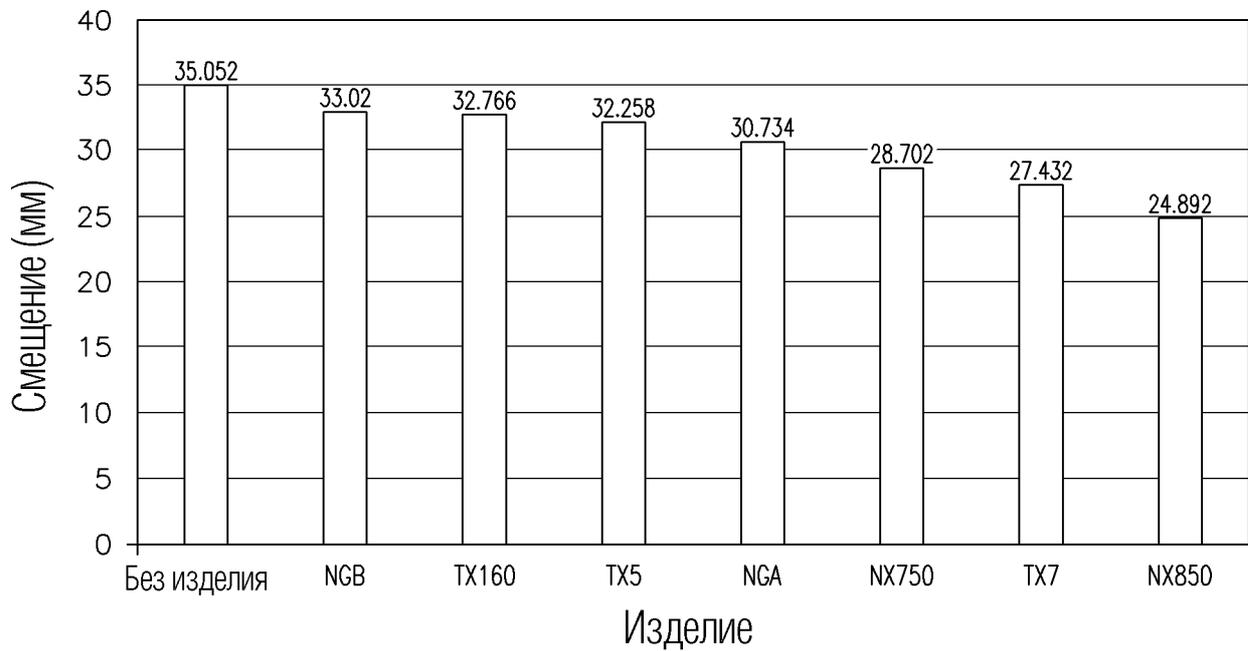
ФИГ. 44

Среднее смещение в случае слоя заполнителя с толщиной 4 дюйма и мягкого вспененного материала
Серия 1



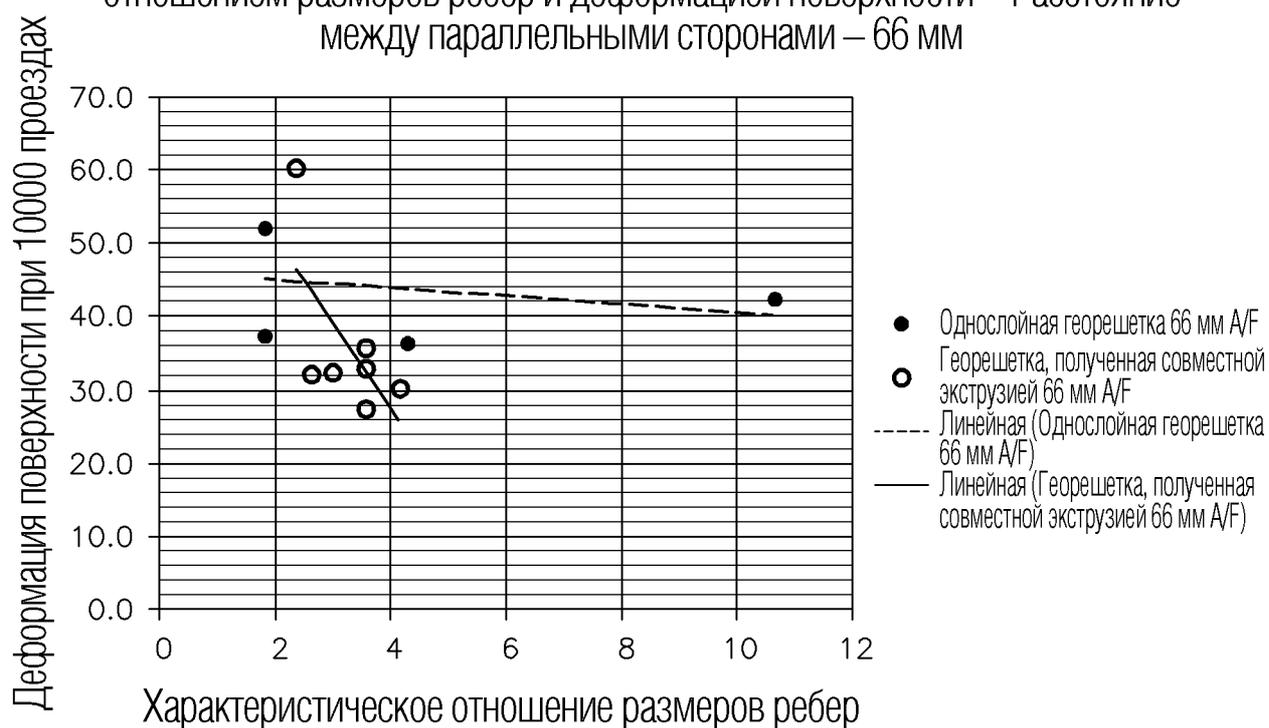
ФИГ. 45

Среднее смещение в случае слоя заполнителя с толщиной 4 дюйма и твердого вспененного материала
Серия 2



ФИГ. 46

Сравнение влияния сжимаемости на зависимость между характеристическим отношением размеров ребер и деформацией поверхности – Расстояние между параллельными сторонами – 66 мм



ФИГ. 47



ФИГ. 49

Испытание при дорожном движении №	Материал	Конфигурация листа	Описание конечной конфигурации	Диаметр перфорационного отверстия (L означает лазер) (мм)	Конеч. размер отвер. (расс. между парал. стор., мм)	Толщина листа (мм)	Характер. отношение размеров ребер	Средняя деформация поверхности для последних 500 проездов (мм)	Общая средняя деформация поверх. для последних 500 проездов
0200504A	ПП – 25% CaCO ₃ Матовая смесь 75 ПП-ПП	1 мм/3,7 мм/1мм	ТХ	3.68	76	5.7	1.94	27.7	32.3
0200605A	ПП – 25% CaCO ₃ Матовая смесь 75 ПП-ПП	1 мм/3,7 мм/1мм	ТХ	3.68	76	5.7	1.94	32.7	
0200522A	ПП – 25% CaCO ₃ Матовая смесь 75 ПП-ПП	1 мм/3,7 мм/1мм	ТХ	3.68	76	5.7	1.94	36.6	
0200617A	ПП – 25% CaCO ₃ Матовая смесь 75 ПП-ПП	1 мм/3,7 мм/1мм	Шестиугольная	3.68	79	5.7	1.76	22.8	24.6
0200520A	ПП – 25% CaCO ₃ Матовая смесь 75 ПП-ПП	1 мм/3,7 мм/1мм	Шестиугольная	3.68	79	5.7	1.76	24.2	
0200604A	ПП – 25% CaCO ₃ Матовая смесь 75 ПП-ПП	1 мм/3,7 мм/1мм	Шестиугольная	3.68	79	5.7	1.76	24.8	
0200612A	ПП – 25% CaCO ₃ Матовая смесь 75 ПП-ПП	1 мм/3,7 мм/1мм	Шестиугольная	3.68	79	5.7	1.76	26.4	

ФИГ. 50



ФИГ. 51

Испытание при дорожном движении №	Материал	Конфигурация листа	Описание конечной конфигурации	Диаметр перфорационного отверстия (L означает лазер) (мм)	Конеч. размер отвер. (расс. между парал. стор., мм)	Толщина листа (мм)	Характер. отношение размеров ребер	Средняя деформация поверхности для последних 500 проездов (мм)	Общая средняя деформация поверх. для последних 500 проездов
0200729A	Вспен. ПП (Microcell 544)-ПП -Вспен. ПП (Microcell 544)	2 мм/2 мм/2 мм	Шестиуголь- ная	3.68	78	6	1.69	23.4	30.9
0200806A	Вспен. ПП (Microcell 544)-ПП -Вспен. ПП (Microcell 544)	2 мм/2 мм/2 мм	Шестиуголь- ная	3.68	78	6	1.69	33.5	
0200820A	Вспен. ПП (Microcell 544)-ПП -Вспен. ПП (Microcell 544)	2 мм/2 мм/2 мм	Шестиуголь- ная	3.68	78	6	1.69	35.9	
0200831A	ПП-М544-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	77	6.2	1.69	33.9	34.8
0200826A	ПП-М544-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.48	29.2	
0200811A	ПП-М544-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.48	29.5	
0200825A	ПП-М544-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.48	30.5	
0200805A	ПП-М544-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.48	32.8	
0200827A	ПП-М544-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.48	34.4	
0200212A	ПП-Вспен. ПП (Microcell 544)-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.85	36.2	
0200214A	ПП-Вспен. ПП (Microcell 544)-ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.85	51.6	

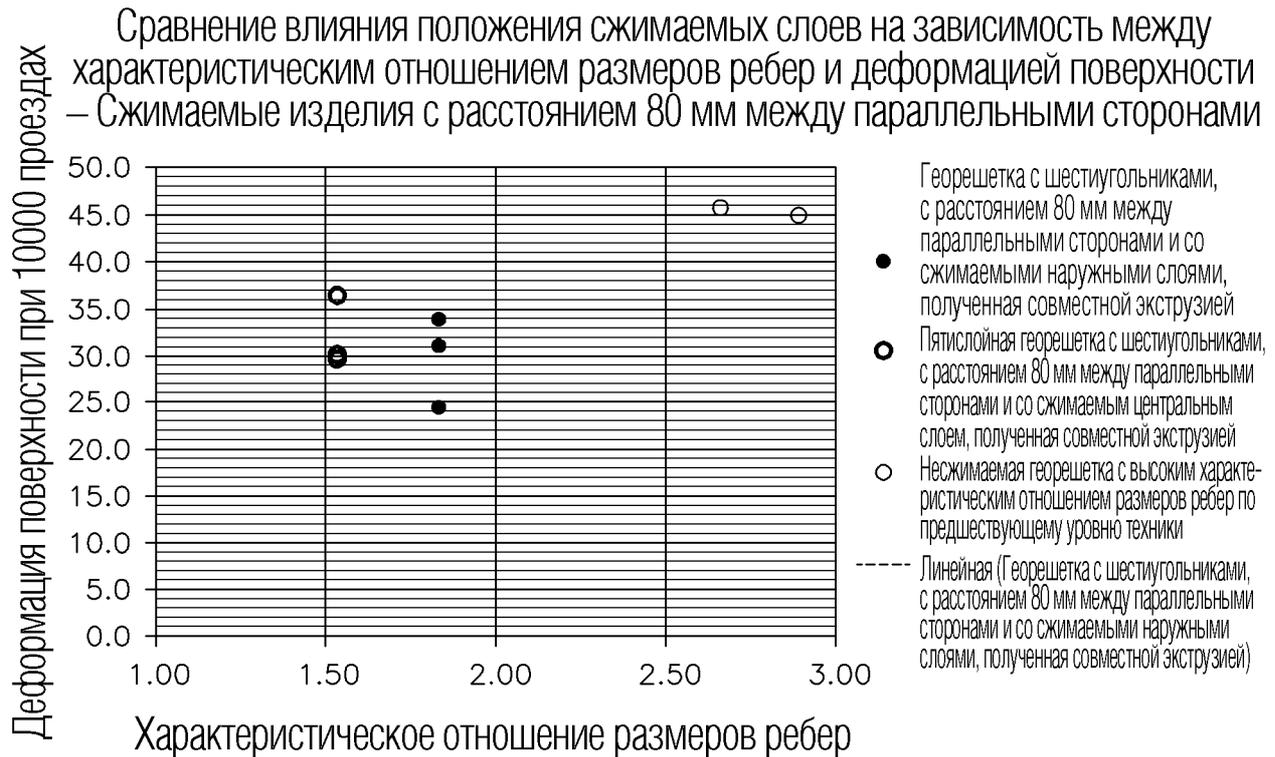
ФИГ. 52



ФИГ. 53

Испытание при дорожном движении №	Материал	Конфигурация листа	Описание конечной конфигурации	Диаметр перфорационного отверстия (L означает лазер) (мм)	Конеч. размер отвер. (расс. между парал. стор., мм)	Толщина листа (мм)	Характер. отношение размеров ребер	Средняя деформация поверхности для последних 500 проездов (мм)	Общая средняя деформация поверх. для последних 500 проездов
0200921A	25% CaCO ₃ Магочная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Магочная смесь 75% ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.83	24.6	29.8
0200929A	25% CaCO ₃ Магочная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Магочная смесь 75% ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.83	31.0	
0200908A	25% CaCO ₃ Магочная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Магочная смесь 75% ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиуголь- ная	3.68	79	6.2	1.53	33.8	
0200916A	ПП-М544-ПП-М544-ПП	0,2мм/1,5 мм/2,8 мм/1,5мм/0,2мм	Шестиуголь- ная	3.68	81	6.2	1.53	29.5	32.0
0200928A	ПП-М544-ПП-М544-ПП	0,2мм/1,5 мм/2,8 мм/1,5мм/0,2мм	Шестиуголь- ная	3.68	81	6.2	1.53	30.1	
0200907A	ПП-М544-ПП-М544-ПП	0,2мм/1,5 мм/2,8 мм/1,5мм/0,2мм	Шестиуголь- ная	3.68	81	6.2	1.53	36.5	
0190724A	ПП	6,2мм	Шестиуголь- ная	3.68 L	80	6.2	2.66	45.8	45.4
0190711A	ПП	6,3мм	Шестиуголь- ная	3,68 ЧПУ	80	6.3	2.89	45.0	

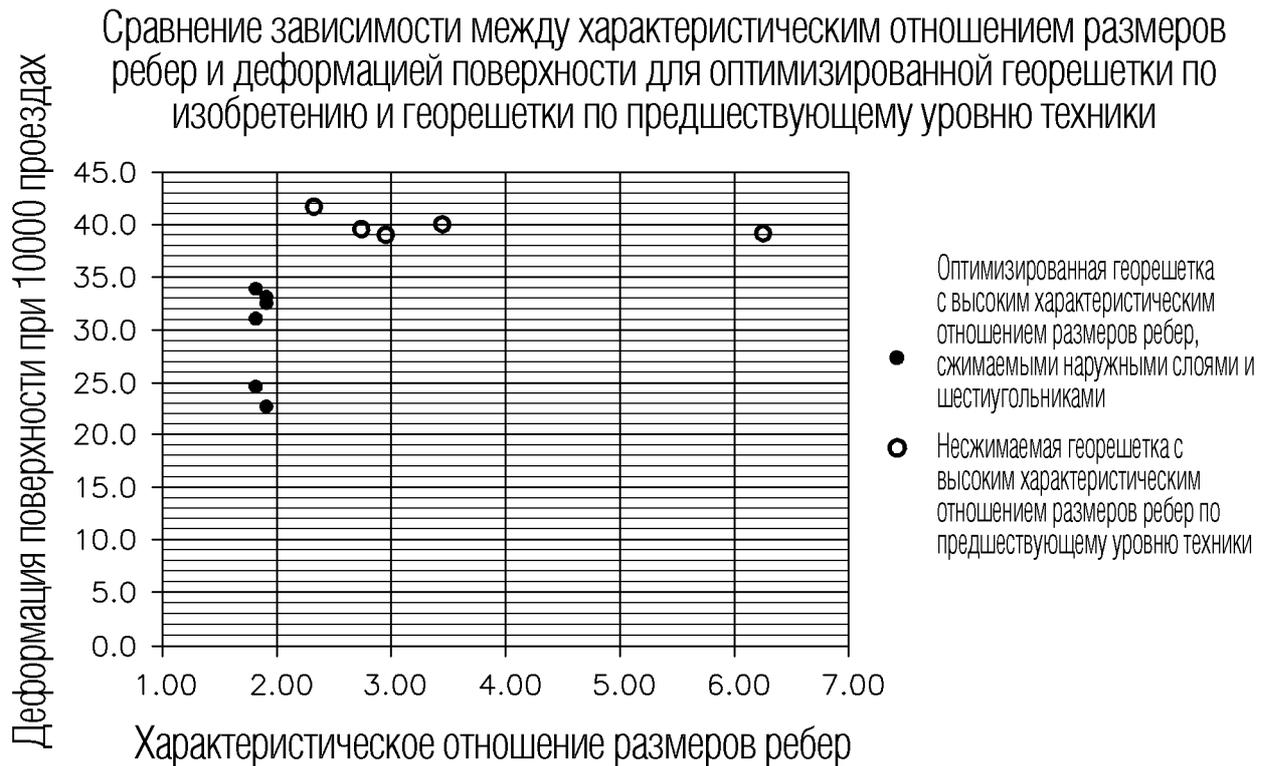
ФИГ. 54



ФИГ. 55

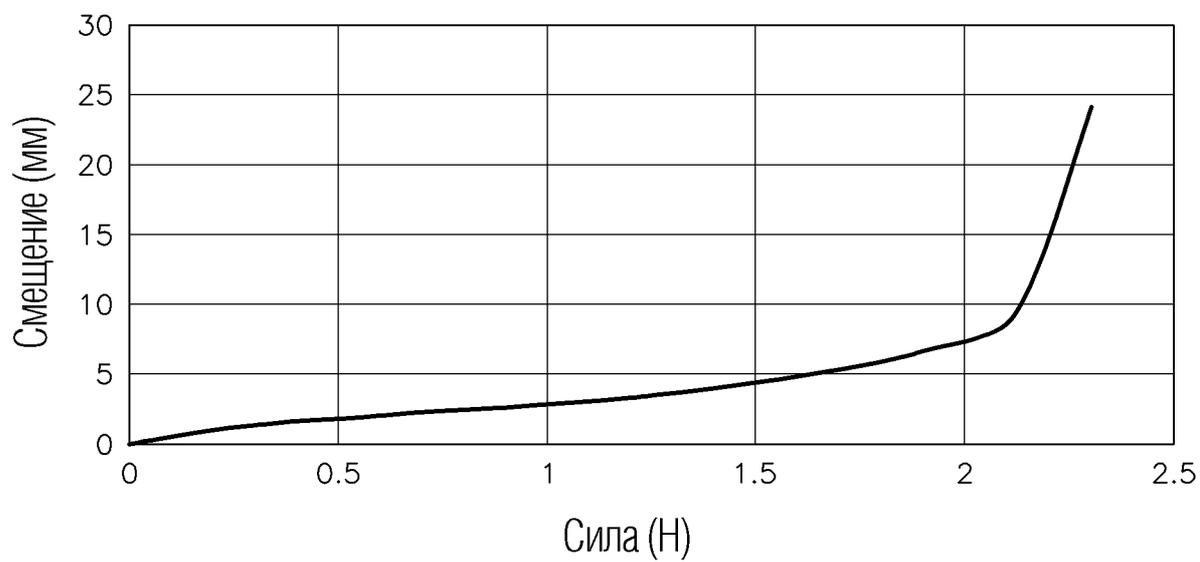
Испытание при дорожном движении №	Материал	Конфигурация листа	Описание конечной конфигурации	Диаметр перфорационного отверстия (L означает лазер) (мм)	Конеч. размер отвер. (расс. между парал. стор., мм)	Толщина листа (мм)	Характер. отношение размеров ребер	Средняя деформация поверхности для последних 500 проездов (мм)	Общая средняя деформация поверх. для последних 500 проездов
0200921A	25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиугольная	3.68	79	6.2	1.83	24.6	29.6
0200929A	25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиугольная	3.68	79	6.2	1.83	31.0	
0200908A	25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП	1 мм/4,2 мм/1 мм	Шестиугольная	3.68	79	6.2	1.83	33.8	
0201111A	25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП	1,25мм/5мм /1,25мм	Шестиугольная	3.68	79	7.5	1.92	22.8	
0201104A	25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП	1,25мм/5мм /1,25мм	Шестиугольная	3.68	79	7.5	1.92	32.5	
0201130A	25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП-ПП-25% CaCO ₃ Маточная смесь 75% ПП	1,25мм/5мм /1,25мм	Шестиугольная	3.68	79	7.5	1.92	33.2	
0180502A	ПП	8,5мм	ТХ 160 Мод.	3.7	80	8.5	2.95	39.0	39.9
0180411A	ПП	8,5мм	ТХ 160 Мод.	5.5	80	8.5	6.26	39.2	
0180510A	ПП	8,5мм	ТХ 160 Мод.	3.68	80	8.5	2.75	39.5	
0180518A	ПП	8,5мм	ТХ 160 Мод.	4	80	8.5	2.33	41.7	
0180417A	ПП	8,5мм	ТХ 160 Мод.	4.7	82	8.5	3.46	40.2	

ФИГ. 56



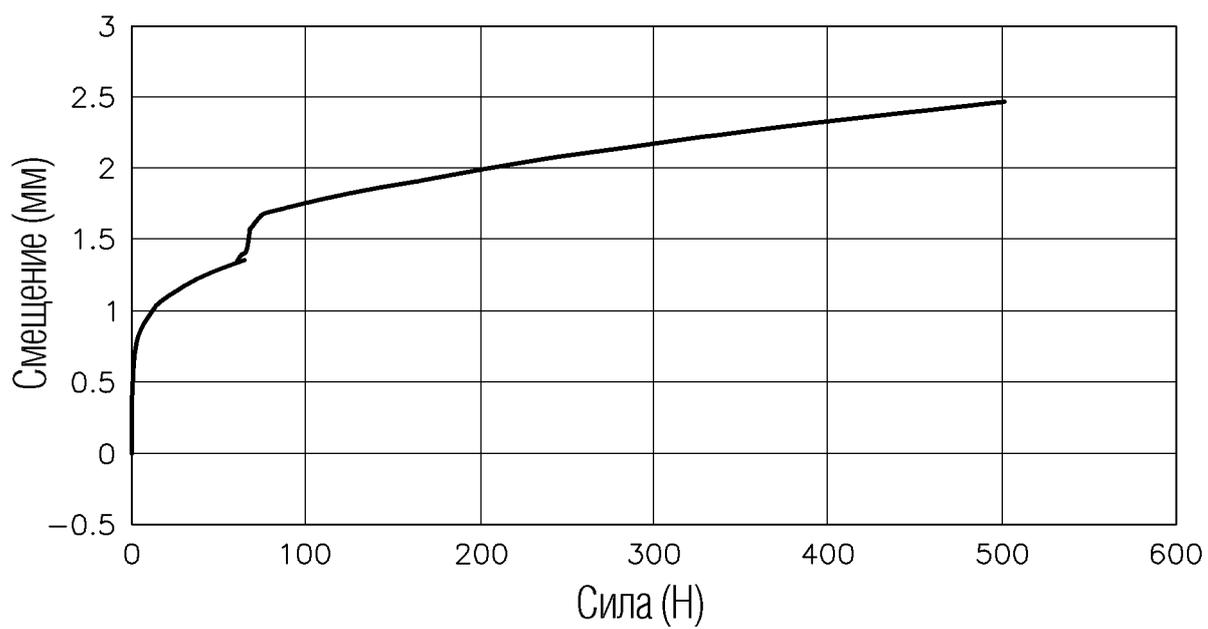
ФИГ. 57

Сжатие в случае мягкого вспененного материала



ФИГ. 58

Сжатие в случае твердого вспененного материала



ФИГ. 59