

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2747181

### СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ ОПОРНОГО ОСНОВАНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Патентообладатели: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU), Общество с Ограниченной Ответственностью «Флагман Гео» (RU)*

Авторы: *Пишайнен Виктор Юрьевич (RU), Бажин Владимир Юрьевич (RU), Денисов Виктор Маевич (RU), Ковальчук Константин Николаевич (RU), Рябкин Юрий Викторович (RU), Тимофеев Андрей Владимирович (RU), Устьян Нагапет Амирханович (RU)*

Заявка № 2020124968

Приоритет изобретения **28 июля 2020 г.**

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации **28 апреля 2021 г.**

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает **28 июля 2040 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Ивлиев*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E01C 3/00 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020124968, 28.07.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.07.2020

Дата регистрации:  
28.04.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.07.2020

(45) Опубликовано: 28.04.2021 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Пиирайнен Виктор Юрьевич (RU),  
Бажин Владимир Юрьевич (RU),  
Денисов Виктор Маевич (RU),  
Ковальчук Константин Николаевич (RU),  
Рябкин Юрий Викторович (RU),  
Тимофеев Андрей Владимирович (RU),  
Устьян Нагапет Амирханович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский горный  
университет» (RU),  
Общество с Ограниченной  
Ответственностью «Флагман Гео» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: KZ 22792 A4, 16.08.2010. RU 2687723  
C1, 15.05.2019. RU 2351702 C1, 10.04.2009. US  
6146054 A1, 14.11.2000. US 8662787 B2,  
04.03.2014. Топологическое самозаклинивание  
как принцип инженерного дизайна при  
строительстве морских и прибрежных  
сооружений. В.Ю. Пиирайнен, Ю.З. Эстрин,  
Записки горного института, 2017, Т.266, с.480-  
486.

## (54) СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ ОПОРНОГО ОСНОВАНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области дорожного строительства и может быть использовано при новом строительстве или проведении ремонта автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос аэродромов, вертолетных и иных площадок в условиях слабых грунтов на заболоченных территориях, а также на подвижных песчаных грунтах пустынь и морских побережий. Способ возведения опорного основания дорожной одежды включает поэтапный монтаж слоев одежды, при котором на первом этапе на грунт укладывают несущий слой, поверх которого

накладывается слой в виде сегментированной монолитной сборки из остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми поверхностями, изготовленных из легкого пенобетона, на который далее укладывается дорожное покрытие. Нижний несущий слой укладывают на дренажное основание из геотекстиля, а между несущим основанием, которое выполнено из высокопрочного ячеистого полимербетона, и сегментированным монолитным слоем из бетонных остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми поверхностями, прокладывают еще

один разделительный дренажный слой из геотекстиля, далее монтируют второй сегментированный немонолитный слой из остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми поверхностями, который выполнен из полимерного материала, блоки соединены друг с другом по принципу топологического

самозацепления, внутри слоя устанавливают датчики мониторинга. Техническим результатом решения является создание дорожного покрытия повышенной прочности и долговечности в условиях слабых грунтов и многолетней мерзлоты. 1 з.п. ф-лы, 8 ил., 2 табл.

RU 2747181 C1

RU 2747181 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)**2 747 181** (13) **C1**(51) Int. Cl.  
*E01C 3/00* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC  
*E01C 3/00 (2021.02)*(21)(22) Application: **2020124968, 28.07.2020**(24) Effective date for property rights:  
**28.07.2020**Registration date:  
**28.04.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **28.07.2020**(45) Date of publication: **28.04.2021** Bull. № 13

Mail address:

199106, g. Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,  
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet", Patentno-litsenziornyj otdel

(72) Inventor(s):

**Piirainen Viktor Iurevich (RU),  
Bazhin Vladimir Iurevich (RU),  
Denisov Viktor Maevich (RU),  
Kovalchuk Konstantin Nikolaevich (RU),  
Riabkin Iurii Viktorovich (RU),  
Timofeev Andrei Vladimirovich (RU),  
Ustian Nagapet Amirkhanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet» (RU),  
OOO «Flagman Geo» (RU)**

(54) **METHOD FOR CREATING SUPPORT STRUCTURE OF PAVEMENT**

(57) Abstract:

FIELD: road construction.

SUBSTANCE: invention relates to the field of road construction and can be used in new construction or repair of highways, runways of airfields, helicopter and other sites on soft soils in wetlands, as well as on shifting sandy soils of deserts and sea coasts. The method of creating the support structure of the pavement includes an incremental-phased installation of layers of pavement. According to the method, the first stage presupposes that a base layer is laid on the ground, on top of which a layer is applied in the form of a segmented non-monolithic assembly of osteomorphic blocks with convex-concave surfaces made of lightweight foam concrete, on which road surface is then laid. The lower base layer is laid on a drainage base made of geotextile. Another separating drainage

layer made of geotextile is laid between the supporting base, which is made of high-strength cellular polymer concrete, and a segmented non-monolithic layer made of concrete osteomorphic blocks with convex-concave surfaces. Then the second segmented non-monolithic layer of osteomorphic blocks with convex-concave surfaces is mounted. This layer is made of polymer material. The blocks are connected to each other according to the principle of topological self-interlocking. Monitoring sensors are installed inside the layer.

EFFECT: creation of a road surface of increased strength and durability in conditions of soft soils and permafrost.

1 cl, 8 dwg, 2 tbl

RU 2 747 181 C1

RU 2 747 181 C1

Изобретение относится к области дорожного строительства и может быть использовано при новом строительстве или проведении ремонта автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос аэродромов, вертолетных и иных площадок, в условиях слабых грунтов на заболоченных территориях, а также на подвижных песчаных грунтах пустынь и морских побережий.

Известен способ устройства дорожного покрытия (патент на изобретение РФ № 2318947, опубл. 10.03.2008г.), включающий укладку на дорожное основание комбинированного трещинопрерывающего слоя, в состав которого введена эластичная мембрана, а поверх нее - армирующая геосетка высокой прочности, и последующую укладку поверх комбинированного трещинопрерывающего слоя несущего покрытия, выполненного из асфальтобетонной смеси. Укладку комбинированного трещинопрерывающего слоя производят на предварительно подготовленное дорожное основание, подготовка которого предусматривает его деление на ряд отдельных составленных элементов как по длине, так и по ширине, с последующим их уплотнением и посадкой на грунт земляного полотна, а в качестве эластичной мембраны в состав комбинированного трещинопрерывающего слоя введен выравнивающий слой, состоящий из асфальтобетонной смеси с комплексным органическим вяжущим, состав которого подбирают в соответствии с температурой хрупкости, равной минимальной температуре наиболее холодных суток района эксплуатации, при этом армирующая геосетка изготовлена из стекломатериала, обладающего низкой степенью деформативности, близкой к деформативности несущего покрытия. Подготовку дорожного основания при новом строительстве или при незначительной степени разрушения старого дорожного покрытия осуществляют в виде деления на блоки с размерами сторон 1,5 - 2,5 м. При сильной же степени разрушения старого дорожного покрытия подготовку дорожного основания осуществляют в виде деления его на фрагменты с размерами элементов 200 - 250 мм.

Недостатками способа является не равномерное распределение демпфирующей нагрузки на основание дорожной одежды, а также необходимость его уплотнения, которое негативно воздействует на грунты слабого основания

Известен способ возведения дорожной одежды (патент на изобретение РФ № 2351702, опубл. 10.04.2009г.), включающий трехстадийную укладку слоев одежды и заключающийся в том, что на первой стадии на грунт насыпи укладывают верхнюю часть земляного полотна из улучшенного устойчивого грунта, состоящего из смеси песка, золошлаков, отходов угледобычи и шлакощелочного вяжущего, содержащего фибру. На второй стадии поперек дороги укладывают два слоя полимерного полотна с напуском кромок одна на другую, после чего укладывают один или два слоя основания из фибробетона повышенной прочности на шлакощелочном вяжущем, на поверхность которого наносят тонкий слой износостойкого бетона с последующим выполнением на его поверхности шероховатой накатки, после чего на завершающей стадии производят укладку двухслойного покрытия, которое покрывают тонким слоем износа из раствора, содержащего золаминеральную смесь и шлакощелочное вяжущее, для устранения шероховатости дороги.

Недостатками способа является неравномерное распределение демпфирующей нагрузки на основание дорожной одежды, а также низкая прочность и долговечность дорожного покрытия в условиях слабых грунтов и многолетней мерзлоты.

Известен способ возведения дорожной одежды (патент на изобретение Республики Казахстан №22792, опубл. 16.08.2010г.), при котором основание из грунта, песка и/или щебня, покрывают геотекстильным полотном из нетканого материала, на которое

наносят несущий слой, края полотна заворачивают вверх, образуя несущий каркас и размещают на нем геомембрану из полимерной пленки, на которую укладывают плиты со сквозными каналами и связывают их между собой в секции арматурным тросом с помощью крепежных элементов, при этом в верхней части некоторых плит  
5 предварительно выполняют отверстия, сообщенные с каналами, для натяжения и стыковки арматурного троса.

Данный способ не обеспечивает существенного повышения прочности и долговечности дороги в условиях слабых грунтов и вечной мерзлоты. Кроме того, он предусматривает использование для формирования основания дороги обычных, но  
10 часто труднодоступных материалов (грунт, песок, гравий, щебень и проч.), которые, к тому же, не в полной степени обеспечивают возведение дорожного покрытия, равномерно распределяющего и демпфирующего нагрузку на основание дорожной одежды, и не проявляет устойчивости к размыванию и подтоплению, являющимися  
15 существенными факторами разрушения дорог в условиях слабых грунтов и вечной мерзлоты.

Известен способ возведения дорожной одежды (материалы V-й Международной научно-практической конференции «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2017». В.Ю. Пиирайнен, Ю. Эстрин. Новая концепция дорожного строительства в нефтедобывающих районах Западной Сибири.  
20 СПб: Санкт-Петербургский горный университет, 23-24 апреля 2017 г. с.), принятый за прототип. По которому осуществляется послойное формирование дорожной одежды из: водонепроницаемой прорезиненной рулонной подложки, служащей несущим  
основанием; опорного слоя из легких строительных материалов, например пенобетона; и асфальтобетонного или иного дорожного покрытия, уложенного на вышеописанное  
25 опорное основание. Опорный слой представляет собой немонолитную сборку из отдельных остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми поверхностями, пропитанный резиноподобным материалом, например битумом.

К недостаткам данного способа следует отнести формирование одного опорного слоя из отдельных остеоморфных блоков, принимающего на себя и распределяющего,  
30 как внутреннюю вертикальную нагрузку со стороны грунта, так и внешнюю вертикальную нагрузку и напряжения сдвига со стороны проезжающего автотранспорта и температурных колебаний окружающей среды, что исключает, в случае необходимости, надежную эксплуатацию встроенных в него датчиков мониторинга текущего состояния  
35 дороги в режиме реального времени, и соответственно, реализацию концепции «умной дороги».

Техническим результатом предлагаемого решения является создание дорожного покрытия повышенной прочности и долговечности в условиях слабых грунтов и многолетней мерзлоты.

Технический результат достигается тем, что нижний несущий слой укладывают на  
40 дренажное основание из геотекстиля, а между несущим основанием, которое выполнено из высокопрочного ячеистого полимербетона и сегментированным немонолитным слоем из бетонных остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми поверхностями прокладывают еще один разделительный дренажный слой из геотекстиля, далее монтируют второй сегментированный немонолитный слой из остеоморфных блоков  
45 с выпукло-вогнутыми поверхностями, который выполнен из полимерного материала, блоки соединены друг с другом по принципу топологического самозацепления, внутри слоя устанавливают датчики мониторинга. В качестве датчиков мониторинга используют датчики изгиба поверхности, датчики температуры, датчики давления,

датчики влажности, датчики гамма-фона.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - схема расположения слоев дорожной одежды;

фиг. 2 - внешний вид слоя из топологически самозацепленных сегментированных  
5 остеоморфных блоков;

фиг. 3 - график зависимости глубины колеи от количества циклов приложенной  
нагрузки в дорожном полотне;

фиг. 4 - экспериментальная сэндвич-сборка, сегментированная;

фиг. 5 - экспериментальная сэндвич-сборка, монолитно-сегментированная;

10 фиг. 6 - схема разворота инклинометров при подъеме/просадке слоя дорожной  
одежды;

фиг. 7 - блок-схема применение геосинтетиков при выполнении дорожных работ,  
где:

1 - грунт;

15 2 - разделительный дренажный слой;

3 - несущее основание;

4 - слой остеоморфных бетонных блоков;

5 - слой остеоморфных пластиковых блоков;

6 - дорожное покрытие;

20 7 - опалубка;

8 - измерительные датчики;

фиг. 8 - приведены результаты расчетов при концентрированной нагрузке в центре  
экспериментальной сборки трех вариантов геометрии.

Способ возведения дорожной одежды включает поэтапную укладку слоев одежды.

25 На первом этапе на грунт 1 (фиг. 1) укладывают разделительный дренажный слой 2 из  
геотекстиля. На этот слой укладывают несущее основание 3 дорожной одежды которое  
выполнено из композиционного ячеистого бетона. Следом укладывают еще один  
разделительный дренажный слой 2. Далее укладывают опорный слой из остеоморфных  
бетонных блоков 4. Поверх слоя остеоморфных бетонных блоков 4 укладывают еще  
30 один опорный слой из остеоморфных пластиковых блоков 5. Сверху укладывают  
дорожное покрытие 6 (фиг. 1).

Разделительный дренажный слой 2 представляет собой тканное полотно из  
синтетического геотекстиля, препятствующего проникновению влаги в тело дорожной  
одежды со стороны грунта, и одновременно дренирующего верхние слои дорожной  
35 одежды от влаги, поступающей из внешней среды.

Несущее основание 3 дорожной одежды представляет собой монолитный слой  
изготавливаемый из обладающего высокой прочностью и низким объемным весом  
композиционного ячеистого бетона, который заливается на разделительный дренажный  
слоем 2, с применением легкой пластмассовой опалубки 7, и не требует уплотнения,  
40 воздействие которого на слабый грунт имеет негативное воздействие. Толщина этого  
слоя зависит от планируемых нагрузок и рассчитывается на этапе проектирования. В  
среднем толщина составляет от 0,3 до 0,5 м. Расчеты дорожных конструкций с типовыми  
нагрузками показывают, что эквивалентный слой из композиционного ячеистого бетона  
имеет прочность в 3 - 4 раза больше, чем слой той же толщины из сыпучих материалов  
45 (песок, гравий, щебень).

Слой остеоморфных бетонных блоков 4 играет роль основного опорного слоя,  
который монтируется из топологически самозацепленных остеоморфных бетонных  
блоков (фиг. 2), уложенных по принципу самозаклинки в конвенционных технологиях

создания дорожной одежды. Слой остеоморфных бетонных блоков 4 принимает на себя нагрузку и снимает напряжения, передаваемые ему от несущего основания 3, которые воздействуют со стороны грунта в результате его вспучивания. Слой остеоморфных бетонных блоков 4 является одновременно несущим основанием для  
5 слоя остеоморфных пластиковых блоков 5, который принимает и демпфирует нагрузку от движущегося транспорта и от наружных температурных изменений. Слой остеоморфных пластиковых блоков 5 монтируется аналогично слою остеоморфных бетонных блоков 4 по принципу топологического самозацепления.

Слой остеоморфных бетонных блоков 4 и слой остеоморфных пластиковых блоков  
10 5 представляют собой немонолитную сегментированную конструкцию из архиматов, то есть материалов с заданной внутренней архитектурой, на масштабном уровне большем, чем микроструктурный. Важным свойством материалов данного класса и конструкций, изготовленных из них, являются их немонолитность и сегментированная структура, которая состоит из отдельных блоков определенной формы,  
15 ориентированных по отношению друг к другу особым образом. К ним относятся остеоморфные блоки, самозацепление которых обеспечивается за счет выпукло-вогнутой формы их контактных поверхностей, соединение блоков друг с другом происходит по принципу топологического самозацепления. Геометрия блоков при этом такова, что после их сборки ни один из множества элементарных блоков извлечь из конструкции  
20 невозможно, а благодаря «мозаичности» материала существенно увеличивается его сопротивляемость разрушению. По сути, возникает самозаклинивание отдельных элементов конструкции аналогично сборке арок и куполов из кирпичей с конусными поверхностями, с той лишь разницей, что в случае сборки из остеоморфных блоков заклинивание происходит одновременно во всех направлениях. Это свойство играет  
25 ключевую роль в конструкции дорожной одежды, так как позволяет создавать слои, достаточно жесткие в нескольких плоскостях, выдерживающие многократные динамические нагрузки от движения автотранспорта и циклического вспучивания грунтов.

В слой остеоморфных пластиковых блоков 5 в определенном порядке встроены  
30 самостоятельные или объединенные в группы измерительные датчики 8, например, датчики угла изгиба поверхности (инклинометры) и/или датчики температуры, и/или датчики давления, и/или датчик влажности, и/или датчик гамма-фона и другие. При этом датчики 8 могут быть объединены в группы, содержащие несколько измерительных датчиков разного назначения. Датчики 8 могут быть выполнены в едином корпусе,  
35 запитываться от аккумулятора, заряда которого хватает на обеспечение работы в течение, например, 10 лет. Углы наклона слоя остеоморфных пластиковых блоков 5 измеряются с точностью до 0.1 углового градуса, температура - с точностью до одного градуса С, давление - с точностью 10% от номинального, установленного для данных условий эксплуатации, влажность - с точностью 5% от номинальной, установленной  
40 для данных условий эксплуатации, уровень гамма-фона - с точностью 20% от номинального, установленного для данных условий эксплуатации. Данные измерений передаются в систему мониторинга трассы по беспроводному каналу связи, построенному на основе протокола LoRaWAN. Система датчиков 8 встраивается в слой остеоморфных пластиковых блоков 5 на этапе его укладки и не подлежит ремонту, сохраняя работоспособность на протяжении не менее 10 лет, по истечении которых  
45 слой остеоморфных пластиковых блоков 5 может быть заменен в рамках планового ремонта дорожной одежды. Инсталляция каждого корпуса датчиков 8 производится в специальные пазы, которые предварительно создаются в группе смежных элементов

слоя остеоморфных пластиковых блоков 5. Измерения, снимаемые с распределенной системы датчиков 8, позволяют на постоянной основе удаленно контролировать состояние дорожной одежды на всем протяжении дорожного полотна или многофункционального покрытия. В тех местах полотна, где измеренные показатели выходят за априорно установленные границы, производится оперативный осмотр с возможностью реконструкции проблемной части дорожной одежды. Важно и то, что слой остеоморфных пластиковых блоков 5 сохраняет свои свойства даже в том случае, если часть элементарных блоков ее конструкции по какой-либо причине будет разрушена.

Слой остеоморфных пластиковых блоков 5 изготавливается из высокопрочного полимерного материала и является сменным. Этот слой служит для первичного распределения нагрузки от движения транспорта и является слоем, который может меняться в процессе ремонта дорог или многофункциональных площадок.

Суммарная толщина слоя остеоморфных бетонных блоков 4 и слоя остеоморфных пластиковых блоков 5 варьируется в зависимости от планируемой нагрузки на дорогу и может составлять от 0,10 до 0,15 м. Толщина должна быть достаточной для выдерживания и распределения максимального веса транспортных средств, которым будет разрешено пользоваться дорогой. Элементарные блоки слоя остеоморфных бетонных блоков 4 и слоя остеоморфных пластиковых блоков 5 изготавливаются методом 3Д-печати.

Дорожное покрытие 6, например, из асфальтобетона предназначено для непосредственного контакта с колесами транспортных средств или иных источников статической или динамической нагрузки, является сменным слоем, подлежащим плановой замене или локальному восстановлению. Верхний слой асфальтобетона должен быть не менее 0,05 м и может достигать 0,13 - 0,15 м в зависимости от планируемых нагрузок на дорогу.

Способ поясняется следующими примерами. Примером эффективного применения дренажного слоя, используемого в предлагаемом решении, может служить схема применения геосинтетиков при выполнении дорожных работ (фиг. 7), а также график зависимости глубины колеи от количества циклов приложенной нагрузки в дорожном полотне, армированном

геосинтетическим материалом (фиг.3). Геосинтетики прекрасно справляются с задачей увеличения срока службы дорожного покрытия.

Проверка концептуальной идеи осуществлялась на макете основания дорожной одежды, собранного из бетонных и полистирольных блоков в единую слоенную конструкцию, пропитанную резиноподобным полимерным материалом.

Разработка сегментов экспериментальной конструкции осуществлялась методом компьютерного моделирования. В программе AutoCAD с трехмерной системой автоматизированного проектирования велись поиск и построение моделей топологических самозацепляющихся блоков, которые «собирались» далее в трехслойное полотно, закрепленное по краям фиксирующей рамкой. Всего было рассмотрено и построено четыре вида математических моделей элементарных блоков: два - типа LEGO и по одному - тела Платона и остеоморфные блоки.

Далее трехслойные сборки из этих блоков проверялись на свойства механики деформируемого твердого тела в программной системе конечно-элементарного анализа ANSYS. Одновременно для сравнения рассчитывалась идентичная монолитная конструкция. Каждая сборка сопоставлялась по трем вариантам расчета:

- равномерно распределенная нагрузка (20 тонн) по всей плоскости исследуемой

сборки;

- концентрированная нагрузка (20 тонн) в центре исследуемой сборки;
- кручению относительно центра торцевой грани по часовой стрелки (крутящий момент - 200 кН).

5 В качестве материалов сборки для расчетов были выбраны газобетон и пенополистирол, которые, в той или иной степени, уже используются в дорожном строительстве и наиболее подходят для сравнительных экспериментов.

Первые результаты расчетов показали однозначное преимущество сэндвич-конструкций перед монолитом, а остеоморфная сборка при этом (фиг. 2) оказалась  
10 наиболее прочной, в связи с чем она была выбрана для последующей оптимизации размеров блоков и дальнейшего макетирования.

Поиск и построение выпукло-вогнутой формы остеоморфного блока выполнялся с помощью элементарных команд программы AutoCAD в соответствии с условиями последовательного самозацепления при сборке.

15 Для выбора оптимальной геометрии сборочного элемента(блока) были рассмотрены различные варианты соотношения размеров по осям координат, один из которых в горизонтальной плоскости соответствовал «золотому сечению» (2,0x1.2258x1,0). Именно этот вариант показал при расчетах наилучший результат. На фиг. 8 приведены результаты расчетов при концентрированной нагрузке в центре экспериментальной  
20 сборки трех вариантов геометрии.

Далее проводились лабораторные испытания комбинированной трехслойной конструкции на бетонных образцах размером 200x80x40 с сегментированной внутренней прослойкой из полистирола, пропитанной силиконом. Результаты испытаний показали  
25 существенные преимущества сэндвич-сборок с наружными слоями из самозацепленных остеоморфных блоков (фиг. 4) по сравнению с монолитно-сегментированными (фиг. 5)

По результатам испытаний производился расчет прочности на растяжение при изгибе (таблица 1) по формуле:

$$30 \quad R_{изг} = \frac{F \times l}{b \times h^2},$$

где:

$R_{изг}$  - прочность на растяжение при изгибе, кгс/см<sup>2</sup> ;

35 F- максимальная нагрузка, кгс ;

l - расстояние между опорами при испытании, см ;

b - ширина образца, см ;

Результаты расчётов приведены в таблице

Таблица 1 - Результаты расчетов экспериментальных образцов на растяжение при изгибе

Конструкция	l, см	b, см	h, см	F, Кгс	$R_{изг}$ , кгс/см <sup>2</sup>
монолитно-сегментированная	10	8	4	250	19,5
сегментированная	10	8	4	550	42,9

45 Двукратное увеличение прочности экспериментальной сегментированной конструкции в полной мере согласуется с предварительными компьютерными расчетами и подтверждает правильность концептуальной идеи.

Примером одного из ключевых элементов предлагаемого решения может служить система контроля деформаций дорожного покрытия с помощью измерительных

датчиков. Для этого в слой остеоморфных пластиковых блоков устанавливаются датчики измерения углов наклона (инклинометры). В процессе эксплуатации дорожного покрытия могут возникать его деформации (просадки, вспучивания, возникновение колеиности и другое). При этом инклинометры, размещенные в слое остеоморфных

5 пластиковых блоков, воспринимают деформации и изменяют свое угловое положение. Информация об изменении угла наклона передается с помощью беспроводных каналов связи в систему мониторинга трассы, где производится перерасчет приращений углов наклона, заданное в угловых градусах, в значения линейного смещения, заданного в миллиметрах.

10 На фиг. 5 показана иллюстрация разворота инклинометров при деформации слоя дорожной одежды.

В таблице 2 показана связь между шагом размещения инклинометров, величиной подъема/просадки слоя дорожной одежды (мм) и углом разворота инклинометров (угловые минуты).

15

Таблица 2 - Изменение угла наклона инклинометра от величины подъема/просадки грунта						
Шаг установки датчиков (м)	Подъем / просадка грунта (мм)					
	1,0	4,0	10,0	20,0	50,0	100,0
	Угол наклона инклинометров (угл.мин)					
0,5	13,7	55,0	137,5	275,3	692,2	1414,6
20 1,0	6,8	27,5	68,7	137,5	344,3	692,2
2,0	3,4	13,7	34,4	68,8	171,9	344,4

25 Таким образом, подъем/просадка дорожной одежды на 1 мм при размещении инклинометров с шагом 1 м приводит к изменению их угла наклона на 6...7 угловых минут. При проведении измерений 1 раз в сутки емкости источников питания хватит на обеспечение работоспособности в течение не менее 10-и лет.

30 Таким образом, предложенный способ возведения дорожной одежды позволяет повысить прочность и долговечность дорог или иных площадок в условиях слабых грунтов и многолетней мерзлоты, а также значительно сократить материальные затраты на их возведение. Это обстоятельство особенно важно в условиях дорожного строительства, когда обычные материалы для формирования опорного основания

грунт, песок, гравий, щебень и проч. являются труднодоступными.

#### (57) Формула изобретения

35 1. Способ возведения опорного основания дорожной одежды, включающий поэтапный монтаж слоев одежды, при котором на первом этапе на грунт укладывают несущий слой, поверх которого накладывается слой в виде сегментированной немонолитной сборки из остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми поверхностями, изготовленных из лёгкого пенобетона, на который далее укладывается дорожное покрытие, отличающийся тем, что нижний несущий слой укладывают на дренажное

40 основание из геотекстиля, а между несущим основанием, которое выполнено из высокопрочного ячеистого полимербетона, и сегментированным немонолитным слоем из бетонных остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми поверхностями прокладывают ещё один разделительный дренажный слой из геотекстиля, далее монтируют второй сегментированный немонолитный слой из остеоморфных блоков с выпукло-вогнутыми

45 поверхностями, который выполнен из полимерного материала, блоки соединены друг с другом по принципу топологического самозацепления, внутри слоя устанавливают датчики мониторинга.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве датчиков мониторинга

используют датчики изгиба поверхности, датчики температуры, датчики давления, датчики влажности, датчики гамма-фона.

5

10

15

20

25

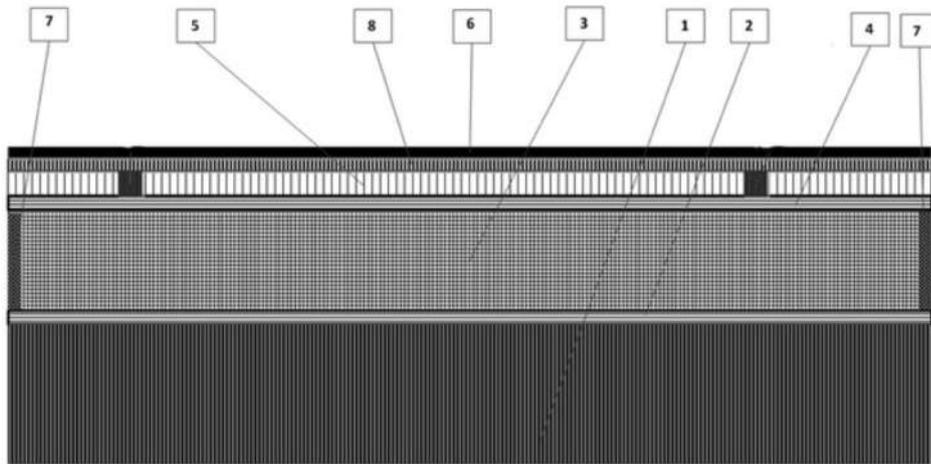
30

35

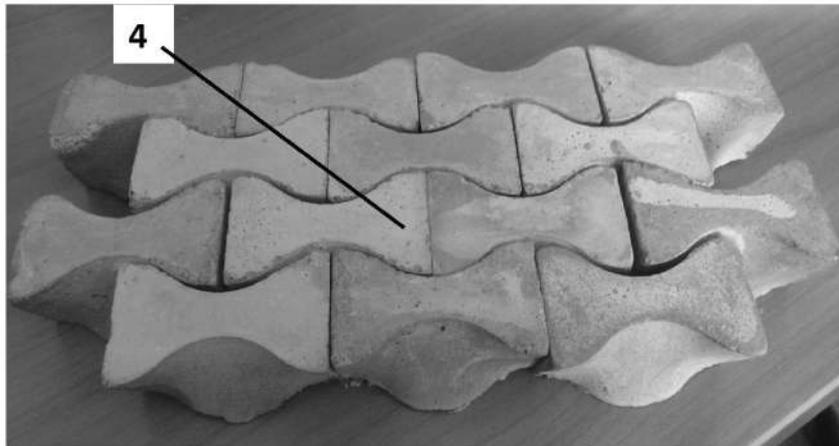
40

45

1

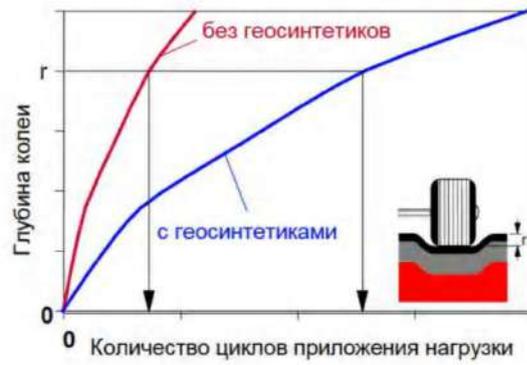


Фиг. 1



Фиг. 2

2



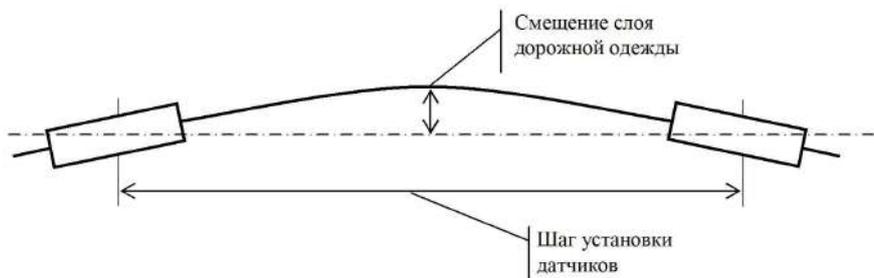
Фиг. 3



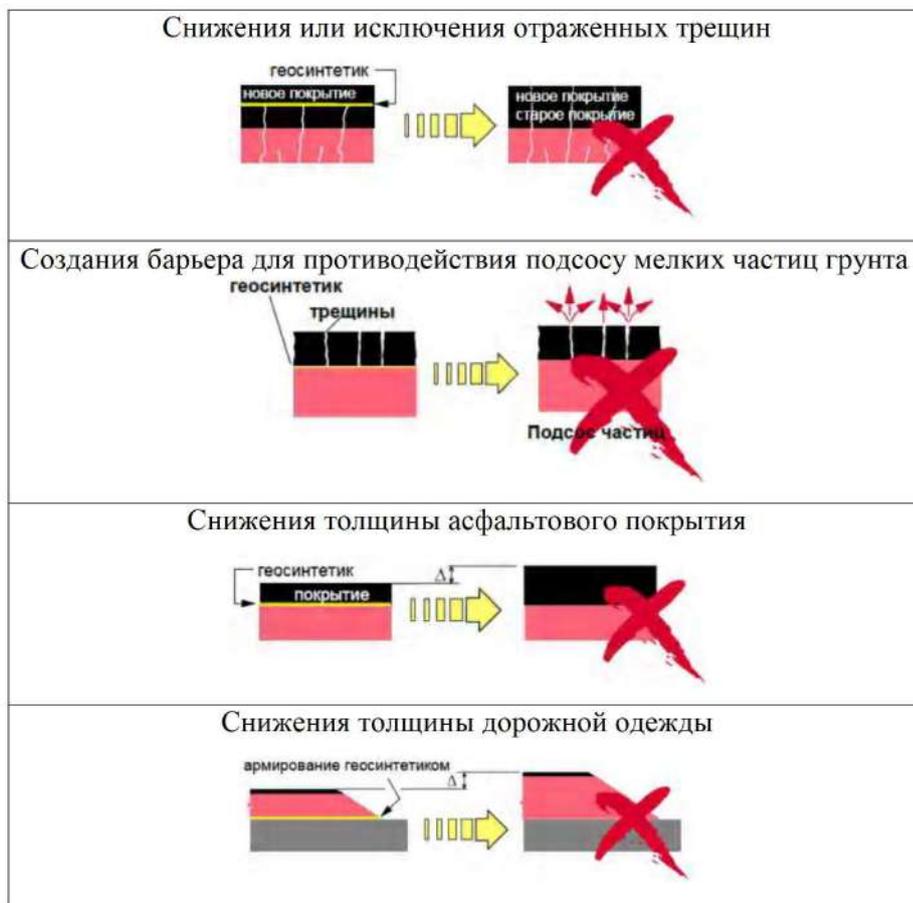
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8