

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042066**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.01.02**

(51) Int. Cl. *F16L 9/08* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202292218**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.08.27**

---

(54) **ЖЕЛЕЗОБЕТОННО-КОМПОЗИТНАЯ ТРУБА ДЛЯ НАПОРНЫХ И БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

---

(43) **2022.12.30**

(56) DE-A1-102013220150

(96) **2022000078 (RU) 2022.08.27**

NL-A1-1028345

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

CN-A-109538845

**БАЙБОРОДИН АНДРЕЙ  
ПАВЛОВИЧ; СУХОМЛИНОВ  
ВИКТОР ПАВЛОВИЧ (RU)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к области строительства, в частности к области изготовления труб для инженерных коммуникаций, водостоков и трубопроводов различного назначения, в том числе для транспортировки агрессивных и химических жидкостей. Предложена железобетонно-композитная труба для напорных и безнапорных трубопроводов, прокладываемых открытым способом или методом микротоннелирования, содержащая армированную композитную трубу и снабженную уплотнителем муфту, герметично соединенные между собой и покрытые железобетонной оболочкой, выполненной методом виброформования или литья, при этом армированная композитная труба изготовлена методом непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей, пропитанных связующим с последующим отверждением, и имеет, по меньшей мере, следующие слои: внутренний слой, содержащий эпоксивинилэфирную смолу от 55 до 96 мас.%, рубленое стекловолокно от 3 до 35 мас.% и базальтовую вуаль от 1 до 10 мас.%, структурный слой, содержащий ненасыщенную полиэфирную смолу от 20 до 50 мас.%, непрерывное базальтовое волокно от 5 до 60 мас.%, рубленое стекловолокно от 3 до 35 мас.% и дисперсный наполнитель от 0 до 60 мас.% и внешний слой, содержащий эпоксивинилэфирную смолу от 90 до 99 мас.% и вуаль из С-стекла и/или базальтовую вуаль от 1 до 10 мас.%. Техническим результатом заявленного изобретения является повышение стойкости железобетонно-композитной трубы к агрессивному воздействию, в частности к агрессивному воздействию транспортируемой среды на внутреннюю поверхность армированной композитной трубы и к воздействию бетона на внешнюю поверхность армированной композитной трубы и, как следствие, повышение эксплуатационных характеристик в части прочности и долговечности армированной композитной трубы и железобетонно-композитной трубы в целом.

---

**B1**

**042066**

**042066**

**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области строительства, в частности к области изготовления труб для инженерных коммуникаций, водостоков и трубопроводов различного назначения, в том числе для транспортировки агрессивных и химических жидкостей.

Количество коммуникаций, прокладываемых методом микротоннелирования, с каждым годом увеличивается, так как создание новых трубопроводов методом прокладки в траншее в условиях плотной застройки и уже имеющихся разветвленных инженерных сетей усложняется, и прокладка бестраншейным способом методом микротоннелирования оказывается более целесообразной или единственно возможной.

Технология микротоннелирования заключается в механизированной разработке грунтового массива щитовым комплексом, удалении разработанного грунта из забоя с одновременным продавливанием труб за проходческим комплексом.

### Уровень техники

Из уровня техники известно использование железобетонных труб с внутренним стеклокомпозитным сердечником. Например, из патентного документа CN 201434153 Y известна железобетонная труба с внутренним стеклокомпозитным сердечником, получаемая методом вибрационного формования бетонной оболочки, плотно сформированной по периферии армированной стекловолокном пластиковой трубы.

Из уровня техники известна также железобетонная труба с внутренним стеклокомпозитным сердечником согласно патенту РФ 2703115. Труба состоит из стеклокомпозитной трубы и муфты, герметично соединенных между собой эластичными уплотнительными кольцами, изготовленных методом непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей, пропитанных связующими на основе ненасыщенных полиэфирных смол с последующим отверждением, при этом в состав стеклокомпозитной муфты и трубы входят:

матрица на основе полиэфирного связующего - от 25 до 35% массовой доли;

непрерывные и рубленые стеклянные волокна - от 12 до 66% массовой доли;

дисперсный наполнитель - от 0 до 54% массовой доли, при этом муфта снабжена уплотнительными кольцами и центральным стопорным кольцом, установленными в выточенные пазы, внешняя поверхность стеклокомпозитной трубы для увеличения адгезии обработана и соединена с железобетонной оболочкой, которая выполнена методом высокочастотного виброформования, содержащей обечайку расправленную и уплотнительную манжету. Известная железобетонная труба может быть использована для напорных и безнапорных трубопроводов, прокладываемых методом микротоннелирования, однако имеет недостаточную стойкость к воздействию агрессивных сред.

Наиболее близким техническим решением к заявленному изобретению является железобетонно-стеклокомпозитные трубы "Flowtech" для строительства трубопроводов методом микротоннелирования (Материалы Международной конференции, посвященной 145-летию УП "Минскводоканал": в 2 частях. 2019, Издательство: Белорусский государственный технологический университет (Минск), подписано в печать 05.02.2019 <https://elib.belstu.by/handle/123456789/28072>. Описанная в этой статье железобетонно-композитная труба может использоваться для напорных и безнапорных трубопроводов, прокладываемых открытым способом или методом микротоннелирования, содержит армированную композитную трубу и снабженную уплотнителем муфту, герметично соединенные между собой и покрытые железобетонной оболочкой, выполненной методом виброформования, про этом армированная композитная труба изготовлена методом непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей, пропитанных полиэфирным связующим с последующим отверждением.

Хотя известные стеклокомпозитные трубы и изготовленные на их основе железобетонно-стеклокомпозитные трубы имеют неплохие прочностные характеристики, но технические решения, известные из уровня техники, все еще не позволяют получить изделия с высокой стойкостью труб к агрессивному воздействию, и задачей изобретения является создание железобетонно-композитной трубы для напорных и безнапорных трубопроводов, обладающей повышенной стойкостью к агрессивному воздействию.

### Сущность изобретения

Данная задача решена путем создания железобетонно-композитной трубы для напорных и безнапорных трубопроводов, прокладываемых открытым способом или методом микротоннелирования, содержащей армированную композитную трубу и снабженную уплотнителем муфту, герметично соединенные между собой и покрытые железобетонной оболочкой, выполненной методом виброформования или литья, при этом армированная композитная труба изготовлена методом непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей, пропитанных связующим с последующим отверждением, и имеет, по меньшей мере, следующие слои:

внутренний слой, содержащий эпоксивинилэфирную смолу от 55 до 96 мас.%, рубленое стекловолокно от 3 до 35 мас.% и базальтовую вуаль от 1 до 10 мас.%,

структурный слой, содержащий ненасыщенную полиэфирную смолу от 20 до 50 мас.%, непрерывное базальтовое волокно от 5 до 60 мас.%, рубленое стекловолокно от 3 до 35 мас.% и дисперсный на-

полнитель от 0 до 60 мас.% и

внешний слой, содержащий эпоксивинилэфирную смолу от 90 до 99 мас.% и вуаль из С-стекла и/или базальтовую вуаль от 1 до 10 мас.%.

Согласно вариантам выполнения заявленного изобретения муфта может быть стальной, в частности, из нержавеющей стали, стеклокомпозитной, стеклобазальтопластиковой или углепластиковой. Муфта может быть также выполнена таким образом, что состав и структура муфты соответствует составу и структуре армированной композитной трубы.

Железобетонно-композитная труба дополнительно содержит размещенные на железобетонной оболочке обечайку раструбную и уплотнительную манжету.

В вариантах выполнения заявленной трубы на внешней части армированной композитной трубы перед изготовлением бетонной оболочки могут быть дополнительно закреплены кольца для повышения прочности соединения армированной композитной трубы с бетонной оболочкой. Кольца могут быть выполнены из армированного стеклопластика, стеклобазальтопластика или углепластика. Количество колец и их размеры выбираются исходя из общих габаритов изготавливаемой трубы. При этом на внешней поверхности стеклопластиковых или стеклобазальтопластиковых колец, установленных на композитной трубе, могут быть выполнены канавки, имеющие в сечении геометрическую форму ласточкина хвоста.

В бетон для изготовления железобетонной оболочки могут быть дополнительно введены добавки для увеличения адгезии бетона к композитной трубе.

В одном из вариантов выполнения железобетонно-композитной трубы толщина внутреннего слоя армированной композитной трубы предпочтительно составляет 1-2 мм; толщина структурного слоя 3-60 мм, а толщина внешнего слоя - 1-2 мм.

Техническим результатом заявленного изобретения является повышение стойкости железобетонно-композитной трубы к агрессивному воздействию, в частности, к агрессивному воздействию транспортируемой среды на внутреннюю поверхность армированной композитной трубы и к воздействию бетона на внешнюю поверхность армированной композитной трубы и, как следствие, повышение эксплуатационных характеристик в части прочности и долговечности армированной композитной трубы и железобетонно-композитной трубы в целом.

#### **Краткое описание чертежей**

Различные варианты осуществления заявленного изобретения будут описаны более подробно со ссылкой на следующие чертежи, которые приведены в качестве неограничивающих примеров реализации изобретения, при этом элементы трубы показаны на чертежах не в масштабе.

Фиг. 1 - вид в продольном сечении заявленной железобетонно-композитной трубы.

Фиг. 2 - поперечное сечение заявленной железобетонно-композитной трубы.

Фиг. 3 - вид в сечении другого варианта выполнения заявленной железобетонно-композитной трубы с кольцами, установленными на внешней поверхности армированной композитной трубы.

Фиг. 4 - вид варианта выполнения кольца, устанавливаемого на внешней части армированной композитной трубы, которое имеет по окружности канавки, в сечении представляющие геометрическую форму ласточкина хвоста.

Фиг. 5 - вид спереди варианта выполнения кольца, устанавливаемого на внешней части армированной композитной трубы, которое имеет по окружности канавки, в сечении представляющие геометрическую форму ласточкина хвоста.

#### **Подробное описание осуществления изобретения**

Технология микротоннелирования позволяет выполнять протяженные участки трубопроводов под территорией с городской застройкой или в условиях с большим насыщением подземного пространства действующими коммуникациями, под железнодорожными путями, автотрассами, водными и другими преградами, при высоком уровне грунтовых вод, при невозможности водопонижения, на большой глубине, в различных инженерно-геологических условиях - от неустойчивых водонасыщенных грунтов до крепких скальных горных пород, под охраняемыми территориями, не допускающими изменения их сложившегося облика даже на период прокладки коммуникаций открытым способом.

Предложенная железобетонно-композитная труба состоит из железобетонной оболочки и внутреннего композитного сердечника (называемого также вкладышем), собранного из армированной волокном композитной трубы и муфты с уплотнением, и предназначена для прокладываемых открытым способом или методом бестраншейной прокладки (методом микротоннелирования) подземных напорных и безнапорных трубопроводов, транспортирующих воду хозяйственно-питьевого назначения, бытовые и производственные жидкости, атмосферные, сточные и подземные воды, в том числе агрессивные к бетону, с рабочей температурой жидкостей до 70°C.

На фиг. 1 и 2 показана в продольном и поперечном сечении железобетонно-композитная труба согласно изобретению. Труба имеет внутреннюю армированную волокном композитную трубу (1), герметично соединенную с муфтой (2), снабженной уплотнителем (3), которые соединены с железобетонной оболочкой (4). На железобетонной оболочке расположены раструбная обечайка (5) и уплотнительная манжета (6).

Армированная композитная труба (1) изготавливается методом непрерывной намотки на оправку

армирующих наполнителей, пропитанных связующим с последующим отверждением, и имеет по меньшей мере три слоя - внутренний (7), структурный (8) и внешний (9) слои, при этом во внутреннем (7) и внешнем (9) слоях используют армирующий компонент на основе базальтового волокна, в частности, вуаль на основе базальтового волокна, в сочетании с матрицей на основе эпоксивинилэфирной смолы, что повышает стойкости внутренней и внешней поверхностей армированной волокном композитной трубы к агрессивному воздействию. В одном из предпочтительных вариантов выполнения толщина внутреннего слоя армированной композитной трубы может составлять 1-2 мм. толщина структурного слоя зависит от конкретной марки трубы и, соответственно, общей толщины трубы и может составлять 3-60 мм, а толщина внешнего слоя может составлять 1-2 мм. В одном из вариантов выполнения структурный слой может быть подразделен на по меньшей мере два подслоя, при этом отдельные подслои могут содержать ненасыщенную полиэфирную смолу, непрерывное базальтовое волокно, рубленое стекловолокно и дисперсный наполнитель, а могут быть выполнены без дисперсного наполнителя.

Базальтовое волокно представляет собой волокно, получаемое путем плавления сырья из базальтовых пород магматического происхождения и вытяжки волокон из расплава через фильерные питатели или другие устройства для получения волокна. Базальтовое волокно имеет высокую стойкость к воздействию химически агрессивных сред, таких как кислоты, щелочи, растворы солей, а также органических веществ, таких как масло, растворители и др. Согласно изобретению предпочтительно могут быть использованы базальтовые волокна диаметром 5-25 мкм.

Базальтовая вуаль представляет собой тонкий нетканый материал, содержит тонкие непрерывные базальтовые нити и/или рубленое базальтовое волокно, скрепленные связующим, имеет толщину 0.2-0.5 мм и поверхностную плотность 25-60 г/м<sup>2</sup>.

Использование сочетания базальтового волокна в среднем структурном слое и базальтовой вали со связующими из эпоксивинилэфирных смол, которые также являются более химически стойкими по сравнению с полиэфирными смолами, во внутреннем и внешнем слоях армированной композитной трубы при заявленных соотношениях компонентов обеспечивает повышение стойкости армированной композитной трубы и железобетонно-композитной трубы в целом к воздействию химически агрессивных сред.

Согласно изобретению могут использоваться муфты (2), выполненные из нержавеющей стали, стеклокомпозита, стеклобазальтокомпозита или углепластика, в частности, состав и структура муфты может соответствовать составу и структуре армированной композитной трубы. Муфта снабжена уплотнительными кольцами и центральным стопорным кольцом, установленными в выточенные пазы, либо единым уплотнительным кольцом в зависимости от конструкции муфты и трубы. В качестве уплотнителя (3) могут быть использованы уплотнительные кольца и манжеты из эластомерных материалов, например, системы REKA, а также из резины круглого или трапециевидного сечения, которые обеспечивают водонепроницаемость стыкового соединения трубопровода.

Трубы изготавливают в два этапа - на первом этапе изготавливают армированную композитную стеклобазальтопластиковую трубу и муфту, соединяют их с использованием уплотнителей для получения сердечника и проводят испытания на водонепроницаемость. А на втором этапе с использованием полученного композитного сердечника изготавливают комплексную железобетонно-композитную трубу.

Железобетонную оболочку трубы изготавливают из тяжелого бетона, в частности, по ГОСТ 26633 класса по прочности на сжатие не ниже В40. Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости должны быть не ниже соответственно F 100 и W6. Трубы армируются цилиндрическими каркасами. Для армирования труб, в частности могут применяться арматурная сталь А-I (А240) и А-III (А400) по ГОСТ 5781, прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С по ГОСТ Р 52544. Бетон для изготовления железобетонной оболочки может дополнительно содержать добавки для увеличения адгезии бетона к композитной трубе, что существенно (в МПа примерно на 50%) повышает адгезию бетона к композиту. В частности, качестве добавки в бетонную смесь может вводиться добавка МС - Адгезив, например, в количестве 20 кг на 1 куб.м бетона. Возможно использование также для этих целей таких добавок как Sika Latex, Sikadur-32 Normal, АРБ-10 и других добавок подобного назначения.

Далее приведены конкретные примеры изготовления нескольких вариантов железобетонно-композитной трубы согласно изобретению.

Пример 1.

На первом этапе изготавливают армированную композитную трубу методом непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей, пропитанных связующим.

Композитная труба примера 1 имеет три слоя при следующем соотношении компонентов в слоях:

внутренний слой содержит 55 мас.% эпоксивинилэфирной смолы, 35 мас.% рубленого стекловолокна и 10 мас.% базальтовой вали,

структурный слой содержит 50 мас.% ненасыщенной полиэфирной смолы, 5 мас.% непрерывного базальтового волокна, 3 мас.% рубленого стекловолокна и 42 мас.% дисперсного наполнителя - кварцевого песка, и

внешний слой содержит 99 мас.% эпоксивинилэфирной смолы и 1 мас.% базальтовой вали.

Затем, после нанесения всех слоев связующее отверждают и снимают полученную стеклобазальто-

пластиковую трубу с оправки. Трубу соединяют с муфтой с уплотнением и проводят гидравлические испытания полученного сердечника на водонепроницаемость. В данном примере используют муфту, выполненную из такого же материала, как и сама труба.

На следующем этапе проводят изготовление бетонной оболочки, используя полученные композитные сердечники, прошедшие гидравлические испытания. Для этого композитный сердечник размещают в форме, одновременно используя его как несъемную опалубку, устанавливают сварной спиральный цилиндрический армирующий каркас, а также грузоподъемные анкера и, при необходимости, форсунки, выполняют укладку подвижных бетонных смесей и их уплотнение методом высокочастотного виброформования. Трубу выдерживают в опалубке до набора бетоном распалубочной прочности не менее 20 МПа, после чего трубу извлекают из формы, а затем проводят приемосдаточные испытания. Поперечное сечение полученной трубы показано на фиг. 2, при этом слои трубы показаны иллюстративно и не в масштабе.

Пример 2.

Трубу согласно примеру 2 в целом изготавливают таким же образом, как и трубу, описанную в примере 1, но внутренняя армированная композитная труба примера 2 имеет следующие три слоя:

внутренний слой содержит 96 мас.% эпоксивинилэфирной смолы, 3 мас.% рубленого стекловолокна и 1 мас.% базальтовой вуали,

структурный слой содержит 20 мас.% ненасыщенной полиэфирной смолы, 60 мас.% непрерывного базальтового волокна, 20 мас.% рубленого стекловолокна и не содержит дисперсного наполнителя (0 мас.%), и

внешний слой содержит 90 мас.% эпоксивинилэфирной смолы и 10 мас.% базальтовой вуали.

В примере 2 была использована муфта из стеклопластика. Также в этом варианте выполнения на наружную часть стеклобазальтопластиковой армированной композитной трубы, в частности, в случае изготовления напорных труб, дополнительно устанавливали стеклопластиковые кольца (10), как показано на фиг. 3.

Пример 3.

Внутреннюю армированную композитную трубу согласно примеру 3 изготавливают таким же образом, как и трубу, описанную в примере 1, методом непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей, пропитанных связующим. При этом композитная труба примера 3 имеет следующие три слоя:

внутренний слой содержит 68,5 мас.% эпоксивинилэфирной смолы, 26,5 мас.% рубленого стекловолокна и 5 мас.% базальтовой вуали,

структурный слой содержит 25 мас.% ненасыщенной полиэфирной смолы, 26 мас.% непрерывного базальтового волокна, 35 мас.% рубленого стекловолокна и 14 мас.% дисперсного наполнителя - кварцевого песка, и

внешний слой содержит 95 мас.% эпоксивинилэфирной смолы и 5 мас.% вуали из химически стойкого С-стекла.

Далее в этом варианте выполнения, в отличие от примеров 1-2 проводят изготовление бетонной оболочки методом литья. Для этого композитный сердечник размещают в форме, также используя его как несъемную опалубку, устанавливают сварной цилиндрический армирующий каркас и проводят литье подвижных бетонных смесей.

Пример 4.

Трубу согласно примеру 4 в целом изготавливают таким же образом, как и трубу, описанную в примере 1, но внутренняя армированная композитная труба примера 4 имеет следующее соотношение компонентов в слоях:

внутренний слой содержит 75 мас.% эпоксивинилэфирной смолы, 17 мас.% рубленого стекловолокна и 8 мас.% базальтовой вуали,

структурный слой содержит 23 мас.% ненасыщенной полиэфирной смолы, 10 мас.% непрерывного базальтового волокна, 7 мас.% рубленого стекловолокна и 60 мас.% дисперсного наполнителя - кварцевого песка, и

внешний слой содержит 93 мас.% эпоксивинилэфирной смолы и 3,5 мас.% базальтовой вуали и 3,5 мас.% вуали из С-стекла.

В примере 4 была использована муфта из нержавеющей стали. Изготовление бетонной оболочки выполняли как в примере 1 методом высокочастотного виброформования, но в этом варианте выполнения, как представлено на 3.2, на наружную часть стеклобазальтопластиковой армированной композитной трубы дополнительно устанавливали стеклопластиковые кольца (10). При этом кольца, как показано на фиг. 4 и фиг. 5, имеют по окружности на внешней поверхности кольца канавки (11), имеющие в сечении геометрическую форму ласточкина хвоста. Количество устанавливаемых колец, их толщина, а также количество, размеры и расположение канавок подбираются исходя из общих габаритов изготавливаемой трубы.

Было проведено сравнение свойств стеклобазальтопластиковых труб, используемых в качестве сердечника при производстве железобетонно-композитных труб согласно изобретению, и стеклокомпозит-

ных труб, изготовленных в соответствии с методами, известными из уровня техники, то есть путем непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей в виде непрерывных и рубленых стеклянных волокон с использованием дисперсного наполнителя - кварцевого песка, пропитанных связующими на основе ненасыщенных полиэфирных смол с последующим отверждением. Основные характеристики используемых во внутренних сердечниках стандартных стеклопластиковых труб, известных из уровня техники, и характеристики армированных стеклобазальтопластиковых композитных труб, полученных согласно заявленному изобретению, в частности, по примерам 1-4, для образцов труб нескольких марок - DN300 PN1 SN10000, DN1000 PN1 SN10000, DN2000 PN1 SN10000 и DN3000 PN1 SN10000, приведены в табл. 1.1 и 1.2 соответственно.

Таблица 1.1

Характеристики стандартных стеклопластиковых труб

Наименование показателя	Образцы трубы DN300 PN1 SN10000	Образцы трубы DN1000 PN1 SN10000	Образцы трубы DN2000 PN1 SN10000	Образцы трубы DN3000 PN1 SN10000
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1700 - 1900			
Осевое сопротивление на разрыв, Н/мм	188	456	724	1067
Кольцевое сопротивление на разрыв, Н/мм	1128	2428	3588	4875
Окружной модуль упругости на растяжение, МПа	11726	17267	23112	28438
Осевой модуль упругости на растяжение, МПа	3987	4598	5122	5434
Коэффициент линейного теплового расширения, 1/°C	24 - 30*10 <sup>-6</sup>			
Коэффициент Пуассона при превышении осевой нагрузки над кольцевой,	0,08 - 0,12			
Коэффициент Пуассона при превышении кольцевой нагрузки над осевой,	0,22 - 0,29			
Твёрдость по Барколу	47,5	45,6	48,3	46,9

Таблица 1.2

## Характеристики стеклобазальтопластиковых труб согласно изобретению

Наименование показателя	Образцы трубы DN300 PN1 SN10000	Образцы трубы DN1000 PN1 SN10000	Образцы трубы DN2000 PN1 SN10000	Образцы трубы DN3000 PN1 SN10000
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1700 - 1900			
Осевое сопротивление на разрыв, Н/мм	216	476	741	1173
Кольцевое сопротивление на разрыв, Н/мм	1202	2596	3712	5016
Окружной модуль упругости на растяжение, МПа	12875	17568	23463	28644
Осевой модуль упругости на растяжение, МПа	4089	4655	5174	5480
Коэффициент линейного теплового расширения, 1/°C	24 - 30*10 <sup>-6</sup>			
Коэффициент Пуассона при превышении осевой нагрузки над кольцевой,	0,08 - 0,12			
Коэффициент Пуассона при превышении кольцевой нагрузки над осевой,	0,22 - 0,29			
Твёрдость по Барколу	47,2	45,9	48,1	49,4

При этом полученные данные показывают, что стеклобазальтопластиковые композитные трубы согласно изобретению имеют улучшенные механические характеристики в сравнении со стандартными известными стеклопластиковыми трубами.

Для оценки стойкости труб согласно изобретению к агрессивному воздействию транспортируемой среды были отобраны образцы для испытаний путем вырезания фрагментов армированных композитных труб. Далее согласно ГОСТ 12020-2018 образцы подвергались воздействию различных агрессивных веществ путем погружения образцов, изготовленных из испытуемого материала, в раствор для испытаний, приготовленный в соответствии со средой, в которой предполагают эксплуатировать материал трубы. Для сравнения испытания проводились также для образцов стандартных стеклопластиковых труб, известных из уровня техники.

Для обеспечения корректной оценки воздействия агрессивных сред на внутреннюю и внешнюю поверхности вырезанные образцы армированных композитных труб были подготовлены путем обработки торцов образцов эпоксидной смолой для герметизации торцов и исключения взаимодействия среднего структурного слоя с агрессивными средами.

Для определения химической стойкости образцы выдерживали в среде в течение заданного периода и затем определяли изменение массы образцов. После воздействия раствором образцы подвергают также испытаниям на определение интересующих параметров, таких как твердость по Барколу, прочность при изгибе, модуль упругости и другие. На основе изменения свойств определялась химическая стойкость материала в агрессивных средах.

Результаты испытаний образцов в различных средах показаны в табл. 2.1-5.2.

Таблица 2.1

## Изменение массы образцов стандартных стеклопластиковых труб

Наименование показателя	Масса образцов трубы DN300 PN1 SN10000, г		Масса образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, г		Масса образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, г		Масса образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, г	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)	116,64	115,47	354,21	350,76	667,46	662,12	973,5	965,61
Дистиллированная вода (постоянно)	118,48	118,32	360,87	360,32	648,44	648,18	957,31	956,97
водный раствор NaOH (pH= 12) (на 6 часов в неделю)	115,22	111,76	357,67	346,94	649,74	631,54	969,05	944,83
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоратан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтен - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)	119,74	114,96	361,12	346,68	672,84	647,95	948,68	915,47
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтен - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтен - 2,9 мг/л; трихлорэтен - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)	117,3	112,61	355,28	342,14	677,39	652,32	981,45	947,1
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)	116,19	113,88	347,53	345,63	669,47	657,42	971,61	955,09
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)	119,77	119,24	358,72	357,29	658,42	656,34	979,67	976,53

Таблица 2.2

## Изменение массы образцов стеклобазальтопластиковых труб согласно изобретению

Наименование показателя	Масса образцов трубы DN300 PN1 SN10000, г		Масса образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, г		Масса образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, г		Масса образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, г	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)	121,47	121,45	337,12	337,09	674,46	674,44	984,88	984,87
Дистиллированная вода (постоянно)	118,55	118,55	345,23	345,23	652,83	652,83	968,54	968,54
водный раствор NaOH (pH= 12) (на 6 часов в неделю)	117,69	117,67	351,4	351,37	668,68	668,64	981,32	981,3
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоратан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтен - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)	120,38	120,37	339,55	339,53	649,22	649,19	988,71	988,67
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтен - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтен - 2,9 мг/л; трихлорэтен - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)	115,54	115,53	361,61	361,6	665,42	665,38	965,28	965,25
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)	118,91	118,89	342,18	342,14	657,14	657,11	958,36	958,33
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)	116,08	116,08	351,47	351,47	660,39	660,39	976,59	976,59

Согласно полученным экспериментальным данным, стеклобазальтопластиковые композитные трубы согласно изобретению имеют существенно меньшую потерю массы в агрессивных средах и имеют повышенную стойкость к агрессивному воздействию в сравнении со стандартными известными стеклопластиковыми трубами.

Далее в табл. 3.1-5.2 представлены результаты определения свойств стеклобазальтопластиковых труб согласно изобретению в сравнении со стандартными известными стеклопластиковыми трубами уровня техники.



Таблица 3.1

## Изменение твёрдости по Барколу образцов стандартных стеклопластиковых труб

Наименование показателя	Твёрдость по Барколу образцов трубы DN300 PN1 SN10000, ед		Твёрдость по Барколу образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, ед		Твёрдость по Барколу образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, ед		Твёрдость по Барколу образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, ед	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)	47,5	43,7	45,6	41,9	48,3	44,8	46,9	43,1
Дистиллированная вода (постоянно)		45,1		43,5		46,2		42,6
водный раствор NaOH (рН= 12) (на 6 часов в неделю)		38		36,3		38,4		37,1
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтен - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)		41,8		40,1		42,4		41,3
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтен - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтен - 2,9 мг/л; трихлорэтен - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)		41,3		39,7		42		40,1
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)		40,4		38,7		41,1		39,8
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)		45,6		43,8		46,7		44,8

Таблица 3.2

## Изменение твёрдости по Барколу образцов стеклобазальтопластиковых труб согласно изобретению

Испытательная среда	Твёрдость по Барколу образцов трубы DN300 PN1 SN10000, ед		Твёрдость по Барколу образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, ед		Твёрдость по Барколу образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, ед		Твёрдость по Барколу образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, ед	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)	47,2	46,8	45,9	45,6	48,1	47,8	49,4	49,1
Дистиллированная вода (постоянно)		47		45,8		47,9		49,2
водный раствор NaOH (рН= 12) (на 6 часов в неделю)		44,4		42,9		44,9		46,2
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтен - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)		46,3		45		47,1		48,4
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтен - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтен - 2,9 мг/л; трихлорэтен - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)		45,9		44,6		46,7		48,1
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)		45,6		44,3		46,4		47,7
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)		46,9		45,7		47,9		49,2

Полученные данные показывают, что стеклобазальтопластиковые композитные трубы согласно изобретению имеют существенно меньшую потерю твёрдости после воздействия агрессивных сред в сравнении со стандартными известными стеклопластиковыми трубами.

Таблица 4.1

## Изменение осевого сопротивления на разрыв образцов стандартных стеклопластиковых труб

Наименование показателя	Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN300 PN1 SN10000, Н/мм		Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, Н/мм		Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, Н/мм		Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, Н/мм	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)		172		419		662		978
Дистиллированная вода (постоянно)		177		429		681		1002
водный раствор NaOH (рН= 12) (на 6 часов в неделю)		149		365		571		813
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтен - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)	188	169	456	406	724	644	1067	937
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтен - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтен - 2,9 мг/л; трихлорэтен - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)		166		402		635		928
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)		159		388		610		886
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)		176		428		682		1007

Таблица 4.2

## Изменение осевого сопротивления на разрыв образцов стеклобазальтопластиковых труб согласно изобретению

Наименование показателя	Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN300 PN1 SN10000, Н/мм		Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, Н/мм		Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, Н/мм		Осевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, Н/мм	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)		209		462		720		1136
Дистиллированная вода (постоянно)		212		466		728		1150
водный раствор NaOH (рН= 12) (на 6 часов в неделю)		204		447		695		1101
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтен - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)	216	208	476	459	741	712	1173	1127
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтен - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтен - 2,9 мг/л; трихлорэтен - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)		210		463		719		1139
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)		211		455		707		1119
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)		212		465		726		1149

Таблица 5.1

## Изменение кольцевого сопротивления на разрыв образцов стандартных стеклопластиковых труб

Наименование показателя	Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN300 PN1 SN10000, Н/мм		Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, Н/мм		Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, Н/мм		Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, Н/мм	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)		846		1796		2619		3606
Дистиллированная вода (постоянно)		925		1991		2906		4144
водный раствор NaOH (рН= 12) (на 6 часов в неделю)		767		1651		2438		3169
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)	1128	956	2428	2063	3588	3032	4875	4119
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтан - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтан - 2,9 мг/л; трихлорэтан - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)		981		2101		3084		4203
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)		823		1748		2225		3534
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)		919		1967		2902		3949

Таблица 5.2

## Изменение кольцевого сопротивления на разрыв образцов труб стеклобазальтопластиковых труб согласно изобретению

Наименование показателя	Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN300 PN1 SN10000, Н/мм		Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN1000 PN1 SN10000, Н/мм		Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN2000 PN1 SN10000, Н/мм		Кольцевое сопротивление на разрыв образцов трубы DN3000 PN1 SN10000, Н/мм	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (постоянно)		1148		2471		3544		4907
Дистиллированная вода (постоянно)		1160		2492		3582		4945
водный раствор NaOH (рН= 12) (на 6 часов в неделю)		1126		2427		3482		4765
Водный раствор смеси растворителей: бензол - 0,21 мг/л, толуол - 8,4 мг/л, 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 0,1 мг/л; 1,1,2,2 - тетрахлоэтан - 8 мг/л (на 6 часов в неделю)	1202	1163	2596	2510	3712	3590	5016	4840
Водный раствор смеси растворителей: 1,1 - дихлорэтан - 4 мг/л; 1,2 - дихлорэтан - 2,9 мг/л; трихлорэтан - 0,75 мг/л (на 6 часов в неделю)		1168		2521		3608		4892
Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) (на 6 часов в неделю)		1136		2440		3509		4783
Водный раствор 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (на 6 часов в неделю)		1153		2484		3556		4971

Таким образом, полученные результаты испытаний подтверждают, что стеклобазальтопластиковые армированные композитные трубы и железобетонно-композитные трубы согласно изобретению в целом, обладают повышенной стойкостью к воздействию различных агрессивных сред, в частности, к агрессивному воздействию транспортируемой среды на внутреннюю поверхность стеклобазальтопластиковой трубы и к воздействию бетона на внешнюю поверхность стеклобазальтопластиковой трубы, при этом также повышаются эксплуатационные характеристики в части прочности и долговечности стеклобазальтопластиковых композитных труб и железобетонно-композитных труб, изготовленных с их использованием.

Несмотря на то что варианты осуществления были подробно описаны и показаны на сопроводительных чертежах, следует понимать, что такие варианты осуществления являются лишь иллюстратив-

ными и не предназначены ограничивать заявленное изобретение, и что заявленное изобретение не ограничено конкретными показанными и описанными компоновками и конструкциями, и различные другие модификации могут быть очевидны специалистам в данной области техники.

Признаки, упомянутые в различных зависимых пунктах формулы, а также варианты реализации, раскрытые в различных частях описания, допускают их различные комбинации, находящиеся в рамках формулы изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Железобетонно-композитная труба для напорных и безнапорных трубопроводов, прокладываемых открытым способом или методом микротоннелирования, содержащая армированную композитную трубу и снабженную уплотнителем муфту, герметично соединенные между собой и покрытые железобетонной оболочкой, выполненной методом виброформования или литья, при этом армированная композитная труба изготовлена методом непрерывной намотки на оправку армирующих наполнителей, пропитанных связующим с последующим отверждением, и имеет, по меньшей мере, следующие слои:

внутренний слой, содержащий эпоксивинилэфирную смолу от 55 до 96 мас.%, рубленое стекловолокно от 3 до 35 мас.% и базальтовую вуаль от 1 до 10 мас.%,

структурный слой, содержащий ненасыщенную полиэфирную смолу от 20 до 50 мас.%, непрерывное базальтовое волокно от 5 до 60 мас.%, рубленое стекловолокно от 3 до 35 мас.% и дисперсный наполнитель от 0 до 60 мас.%, и

внешний слой, содержащий эпоксивинилэфирную смолу от 90 до 99 мас.% и вуаль из С-стекла и/или базальтовую вуаль от 1 до 10 мас.%.

2. Железобетонно-композитная труба по п.1, отличающаяся тем, что муфта является стальной, стеклокомпозитной, стеклобазальтопластиковой или углепластиковой.

3. Железобетонно-композитная труба по п.1, отличающаяся тем, что состав и структура муфты соответствует составу и структуре армированной композитной трубы.

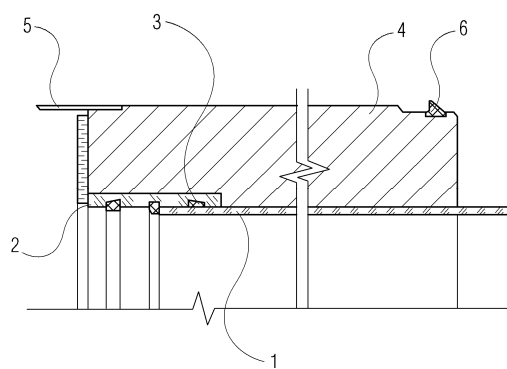
4. Железобетонно-композитная труба по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит размещенные на железобетонной оболочке обечайку раструбную и уплотнительную манжету.

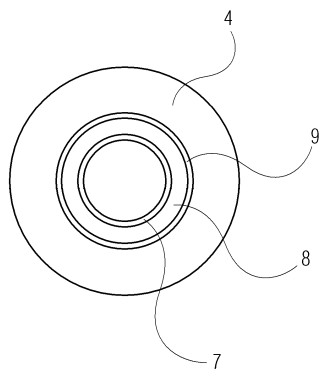
5. Железобетонно-композитная труба по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что на внешней части армированной композитной трубы установлены стеклопластиковые, стеклобазальтопластиковые или углепластиковые кольца.

6. Железобетонно-композитная труба по п.5, отличающаяся тем, что на внешней поверхности стеклопластиковых или стеклобазальтопластиковых колец, установленных на композитной трубе, выполнены канавки, имеющие в сечении геометрическую форму ласточкина хвоста.

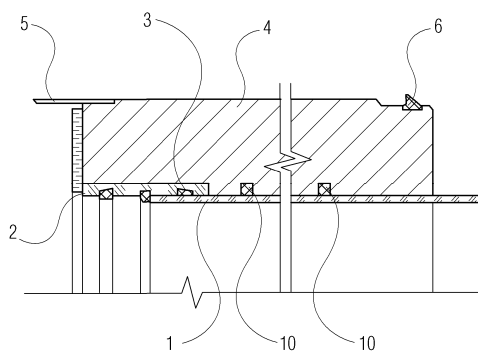
7. Железобетонно-композитная труба по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что бетон для изготовления железобетонной оболочки дополнительно содержит добавки для увеличения адгезии бетона к композитной трубе.

8. Железобетонно-композитная труба по любому из пп.1-7, отличающаяся тем, что толщина внутреннего слоя армированной композитной трубы составляет 1-2 мм, толщина структурного слоя 3-60 мм, а толщина внешнего слоя - 1-2 мм.

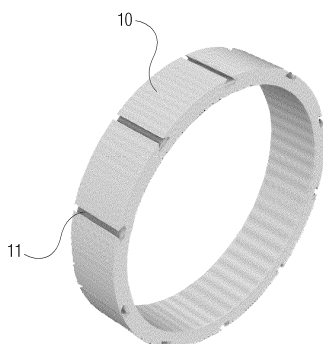




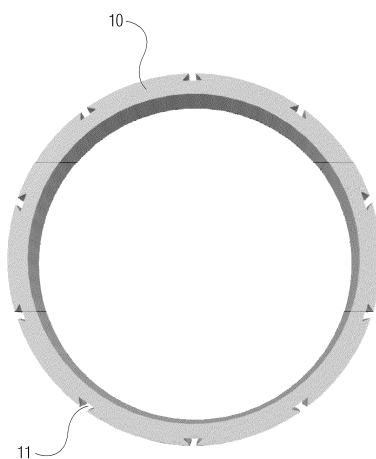
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5