

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **22473**

(13) **С1**

(46) **2019.04.30**

(51) МПК

*E 21D 9/04* (2006.01)

*E 02D 29/00* (2006.01)

(54)

## СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ТУННЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА И ПОДЗЕМНЫЙ ТУННЕЛЬ

(21) Номер заявки: а 20170396

(22) 2017.10.24

(71) Заявители: Кравцов Владимир Николаевич; Ким Василий; Ким Валерий Андреевич; Лапатин Павел Владимирович (ВУ)

(72) Авторы: Кравцов Владимир Николаевич; Ким Василий; Ким Валерий Андреевич; Лапатин Павел Владимирович (ВУ)

(73) Патентообладатели: Кравцов Владимир Николаевич; Ким Василий; Ким Валерий Андреевич; Лапатин Павел Владимирович (ВУ)

(56) RU 2001134692 А, 2003.

RU 2550608 С1, 2015.

RU 2501953 С1, 2013.

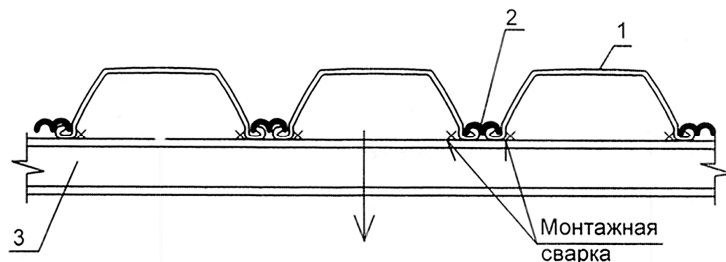
RU 2198263 С1, 2003.

JP 4174371 В2, 2008.

JP 4500428 В2, 2010.

(57)

1. Способ возведения туннеля путем бестраншейной закрытой разработки грунта в подземной выработке, при котором выполняют защитный экран с образованием в поперечном сечении коробчатой или арочной пространственной конструкции туннеля, разрабатывают под защитным экраном грунт при проходке подземной выработки и формируют прислонную к внутренней поверхности защитного экрана постоянную монолитную железобетонную обделку туннеля, причем защитный экран выполняют из незамкнутых протяженных желобообразных элементов, открытыми полостями направленных внутрь туннеля и жестко соединенных между собой посредством замковых соединений и сварки в упомянутую пространственную конструкцию, железобетонную обделку туннеля выполняют частично или полностью размещенной в открытых полостях упомянутых желобообразных элементов и бетонируют их совместно, а к нижним кромкам желобообразных элементов перпендикулярно их продольной оси по мере удаления грунта из подземной выработки приваривают с требуемым шагом по длине туннеля анкерные балки и монтируют боковые металлические стойки с обеспечением требуемой прочности и устойчивости защитного экрана и железобетонной обделки туннеля.



Фиг. 1

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что для выполнения защитного экрана используют желобообразные элементы в виде шпунтовых свай корытного или полукруглого в поперечном сечении типа или секторов, вырезанных из круглых труб с радиальным углом от 90 до 180°.

3. Подземный туннель, выполненный способом по п. 1, содержащий защитный экран в виде коробчатой или арочной в поперечном сечении пространственной конструкции и прислонную к внутренней поверхности защитного экрана постоянную монолитную железобетонную обделку туннеля, причем защитный экран выполнен из незамкнутых протяженных желобообразных элементов, открытыми полостями направленных внутрь туннеля и жестко соединенных между собой посредством замковых соединений и сварки в упомянутую пространственную конструкцию, железобетонная обделка туннеля выполнена частично или полностью размещенной в открытых полостях упомянутых желобообразных элементов, а к нижним кромкам желобообразных элементов перпендикулярно их продольной оси приварены с требуемым шагом по длине туннеля анкерные балки и смонтированы боковые металлические стойки с обеспечением требуемой прочности и устойчивости защитного экрана и железобетонной обделки туннеля.

4. Туннель по п. 3, **отличающийся** тем, что защитный экран выполнен из желобообразных элементов в виде шпунтовых свай корытного или полукруглого в поперечном сечении типа или секторов, вырезанных из круглых труб с радиальным углом от 90 до 180°.

---

Изобретение относится к области подземного строительства, а именно к бестраншейным (закрытым) способам разработки грунта в подземных выработках, возведения и конструкциям подземных туннелей с применением защитного экрана, преимущественно подземных переходов и путепроводов мелкого заложения под существующими транспортными магистралями, насыпями.

Известен способ бестраншейной (закрытой) разработки грунта в подземной выработке с предварительным оборудованием защитного экрана для устройства коллекторов, переходов, туннелей, включающий: а - циклическое задавливание домкратами вдоль наружной поверхности туннеля секций протяженных полых замкнутых элементов, как правило, труб диаметром  $\geq 1000$  мм с ручной или механической выборкой из внутренних полостей каждой продавленной секции грунта, объединенных сваркой и обетонированием, задавливание последующих секций до полной проходки насыпи транспортной магистрали и образования защитного экрана по контуру подземной выборки; б - экскавацию грунта из-под защитного экрана; в - возведение постоянной несущей железобетонной обделки коробчатой, арочной и другой форм подземного туннеля [1].

Известна также конструкция подземного туннеля, содержащая не несущий защитный экран из протяженных полых элементов, как правило, труб и прислонную к нему несущую железобетонную обделку [1].

Известные способ и конструкция позволяют эффективно осуществлять подземную разработку грунта и возведение подземных туннелей без остановки производственных процессов, движения транспорта на поверхности магистралей, насыпей и др. К недостаткам способа и конструкции [1] следует отнести: повышенную сложность процесса и оборудования (требуется домкраты с усилием до 5000 кН и мощный стапель с упорной системой), большие себестоимость, материалоемкость, длительные сроки строительства и трудоемкость (много ручного труда в ограниченном пространстве трубы диаметром, исходя из санитарных требований не менее 1020 мм при удалении из нее грунта и выполнении сварочных работ).

Известно также шпунтовое ограждение, включающее отдельные вертикально установленные металлические шпунтовые сваи корытообразной или полукруглой (из половин труб) в т.ч. секторной форм, с боковыми замковыми крючкообразными или охватываю-

щим и охватываемым элементами, служащие для объединения погруженных шпунтовых свай в сплошную стену, защемленную в грунте ниже дна котлована на расчетную глубину, для удержания вертикальных откосов котлована от обрушения [2].

Данная конструкция надежно, быстро и технологически эффективно, промышленными методами решает задачу удержания грунта в вертикальных откосах глубоких котлованов и траншей от обрушения. К недостаткам указанных конструкций следует отнести недостаточно высокую прочность шпунтовых свай корытного профиля на изгиб из-за наличия плоских полок и протяженных замковых концевых участков их корпусов, требующую установки анкерных поясов по высоте изгибаемой части стены. Кроме того, данное техническое решение не предназначено для горизонтальных защитных экранов подземных (закрытых) туннелей при проходке горизонтальных выработок.

Прототипами предлагаемого способа изготовления и конструкции подземного туннеля, близкими к заявляемым по сущности и достигаемым результатам, является: способ возведения подземного туннеля с использованием защитного экрана в бестраншейных подземных выработках, включающий: а - создание защитного не несущего экрана при проходке туннеля под насыпью посредством ступенчато-последовательного задавливания секций труб 1020 мм длиной не более 3 м (с выемкой грунта из труб каждой задавленной секции; объединением сваркой смежных секций в местах замковых соединений; вырезкой внутренних технологических проемов и окон; установкой в них замковых элементов, арматурных пространственных каркасов, ребер жесткости); объединение залавливаемых секций сваркой и обетонированием межтрубного пространства в пространственную коробчатую или арочную конструкцию; б - бестраншейную туннельную выработку грунта под защитным экраном с установкой под ним на каждой захватке временных или постоянных балок и стоек для удержания его от проседания; в - возведение постоянной прислонной к внутреннему контуру защитного экрана монолитной несущей железобетонной обделки и ее отделка оштукатуриванием или торкретбетонированием; а также конструкция подземного туннеля, содержащая: а - защитный не несущий экран в виде пространственной коробчатой или арочной формы, состоящий из отдельных жестко скрепленных друг с другом сваркой и обетонкой внутриполостного пространства секций, выполненных, по меньшей мере, из двух сваренных между собой труб диаметром не менее 1020 мм, с продольными секторальными вырезами, в которых установлены с требуемым шагом, распорные балки и стойки (ребра) жесткости и замковое устройство в виде двух прокатных уголков, приваренных на одной из боковой граней секции; б - постоянную несущую монолитную железобетонную туннельную обделку с балками и продольными стойками или ребрами жесткости (при необходимости), как правило, повторяющую внутренний контур защитного экрана горизонтальной подземной выработки, которая выполнена в виде самостоятельной прислонной конструкции, не связанной жестко с конструкцией защитного экрана, и работает под нагрузкой самостоятельно [3, 4].

Недостатками прототипов способа возведения с использованием защитного экрана и конструкции подземного туннеля по [3, 4] являются: повышенные технологическая сложность, материалоемкость, трудоемкость, стоимость и сроки строительства.

Техническая задача изобретения состоит в снижении технологической сложности, трудоемкости, материалоемкости и себестоимости способа изготовления и конструкции туннеля за счет их упрощения без снижения технических характеристик: надежности, прочности и деформативности.

Указанная задача и технический результат достигаются тем, что в способе возведения подземного туннеля (коробчатой или арочной пространственной конструкции) в бестраншейно (закрыто) разрабатываемых подземных выработках с использованием не несущего защитного экрана, включающем: создание защитного экрана из протяженных полых элементов в виде труб диаметром не менее 1020 мм или секций из них; горизонтальную разработку грунта под ним с установкой временных опор; и возведение постоянной

конструкции туннеля из несущей монолитной железобетонной обделки коробчатой или арочной формы, прислонной к внутреннему контуру защитного экрана, согласно изобретению, защитный экран выполняют из незамкнутых желобообразных протяженных элементов, преимущественно в виде шпунтовых свай корытного, полукруглого поперечных сечений или секторов, вырезанных из круглых труб с радиальным углом от 90 до 180 °С открытыми полостями, направленными внутрь туннеля и жестко объединенными между собой посредством замковых соединений и сварки в упомянутую пространственную конструкцию, постоянную монолитную железобетонную обделку туннеля частично или полностью размещают в указанных открытых железобетонных полостях и бетонируют совместно, а к нижним кромкам желобообразных элементов перпендикулярно их продольной оси приваривают с требуемым шагом по длине туннеля по мере удаления грунта из подземной выработки анкерные балки жесткости и монтируют боковые металлические стойки с обеспечением требуемой прочности и устойчивости защитного экрана и туннельной обделки.

В части известной конструкции подземного туннеля, содержащей защитный экран в виде коробчатой или арочной в поперечном сечении пространственной формы и прислонную к внутренней поверхности защитного экрана постоянную монолитную железобетонную обделку туннеля, поставленная задача и технический результат достигаются тем, что защитный экран выполнен из незамкнутых протяженных желобообразных элементов, преимущественно в виде шпунтовых свай корытного или полукруглого поперечного сечения, или секторов, вырезанных из круглых труб с радиальным углом от 90 до 180°, открытые полости которых направлены внутрь туннеля и жестко соединены между собой посредством замковых соединений и сварки в упомянутую пространственную конструкцию, железобетонная обделка туннеля возведена частично или полностью размещенной в открытых полостях упомянутых желобообразных элементов, а к нижним кромкам желобообразных элементов перпендикулярно их продольной оси приварены с требуемым шагом по длине туннеля анкерные балки и смонтированы боковые металлические стойки с обеспечением требуемой прочности и устойчивости защитного экрана и железобетонной обделки туннеля.

Новизна заявляемых решений заключается в том, что защитный экран выполнен не из полых замкнутых в поперечном сечении коробов или труб, а из желобообразных элементов, преимущественно в виде шпунтовых свай с открытыми полостями корытного, полукруглого или секторального (радиальный угол раскрытия от 90 до 180°) поперечных сечений, направленными внутрь туннеля и размещением в них монолитной железобетонной обделки, работающих совместно как единый несущий элемент, при этом к нижним граням желобообразных элементов защитного экрана перпендикулярно их оси с требуемым шагом по длине туннеля привариваются анкерные балки и устанавливаются боковые вертикальные стойки, что позволяет достичь поставленной технической задачи упрощения способа изготовления и конструкции подземного туннеля (защитного экрана, обделки) и повышения экономической эффективности без снижения его прочности, деформативности, в частности, за счет:

1 - ликвидации большого количества трудоемких работ и ручного труда в стесненном внутреннем пространстве труб (диаметр не менее 1020 мм, согласно требований СНиП 12-01-2002) при извлечении из них грунта, сварке замковых соединений, прорезке технологических окон, установки туда арматурных объемных каркасов и др., т.к. в этом отпадает необходимость в связи с совмещением указанных процессов с последующими работами по проходке туннельной выработки под защитным экраном и устройству обделки (грунт выпадает из открытых полостей желобообразных элементов под действием силы собственной тяжести);

2 - снижения (практически вдвое) материалоемкости: металла, за счет замены целых труб большого диаметра  $\geq 1020$  мм на менее материалоемкие, вырезанные из них сектора

или корытообразные элементы, в т.ч. шпунтовые сваи, бетона и сроков строительства, в т.ч. за счет размещения несущей монолитной железобетонной обделки туннеля в межполостном пространстве защитного экрана, т.е. объединения их в одну несущую конструкцию и совместного бетонирования;

3 - сокращения себестоимости, сроков строительства и снижения технологической сложности за счет ликвидации процессов, выполняемых в цельных трубах известных способов при создании защитного экрана [3, 4] и уменьшения расходов материалов (пп. 1 и 2); в т.ч. применения более длинных залавливаемых элементов, чем в вариантах из труб;

4 - использования менее мощного оборудования при производстве работ, т.к. сопротивление грунта задавливанию желобообразных элементов более чем в 2 раза ниже, чем для труб, т.к. их поперечное сечение меньше и они легче;

5 - снижения глубины заложения защитного экрана от поверхности грунта до 0,5 м, т.к. деформации грунта вокруг задавливаемых элементов защитного экрана не превышают 0,5 h (где h - высота поперечного сечения), т.е. не более 0,3 м, в то время как для труб она составляет не менее 1,5-2 d (где d - диаметр трубы). Например, для трубы d = 1020 мм - деформации вытеснения грунта распространяются на расстояние от ее наружного контура до 2 м во все стороны.

Таким образом, совокупность отличительных признаков в заявляемых способе устройства и конструкции подземного туннеля является новой, существенной, необходимой и достаточной для получения нового положительного эффекта, выражающегося в снижении их технологической и конструктивной сложности, трудоемкости, материалоемкости и себестоимости.

Применение продольных желобообразных шпунтовых элементов из корытообразных полукруглых труб или вырезанных из них секторальных участков с радиальным углом от 90 до 180° позволяет обеспечить их прочность, жесткость и устойчивость в любом требуемом диапазоне нагрузки от давления грунта на защитный экран и возможность изготовления в построечных условиях без использования сложного заводского оборудования. При этом упрощается процесс извлечения грунта из межполостного пространства продольных элементов защитного экрана и отпадает необходимость в большом количестве сварочных и других "ручных" работ, выполняемых в традиционном варианте защитного экрана из труб и др. Следует отметить, что секторальные элементы с радиальным углом менее 90° технологически, экономически не целесообразны, т.к. не обеспечивают требуемую изгибную прочность и усложняется конструкция защитного экрана, а с углом более 180° усложняется извлечение грунта из межполостного пространства. Для обеспечения требуемой жесткости, вертикальной и горизонтальной устойчивости, предотвращения проседания защитного экрана в процессе извлечения из-под него грунта и обеспечения его надежной совместной работы с постоянной монолитной обделкой он снабжен боковыми и центральными стойками, а также анкерными балками, которые привариваются к кромкам желобообразных продольных элементов перпендикулярно их оси с требуемым шагом по длине туннеля по мере разработки грунта в подземной выработке.

Сравнение заявляемого изобретения с другими известными техническими объектами в рассматриваемой области строительства не выявило в них признаков, дискредитирующих новизну заявляемого решения.

Сущность изобретения поясняется фиг. 1-4, где на фиг. 1 дан фрагмент варианта поперечного сечения коробчатого защитного экрана, выполненного из шпунтовых свай корытного типа Larssen по ТУ 14- 2-879-89, поз. 1, с замковыми соединениями, поз. 2, открытые полости которых направлены внутрь туннеля (ориентация указана стрелкой) с перпендикулярно приваренной к их нижним кромкам анкерной балкой, поз. 3; на фиг. 2 - то же для варианта из полукруглых шпунтовых свай, поз. 4, или секторальных сегментов, поз. 5, вырезанных из труб вдоль их оси с радиальным углом  $\alpha$ , равным от 90 до 180°, объединенных замковыми соединениями, поз. 6, и анкерными балками, поз. 3, которые установлены

перпендикулярно их продольной оси с требуемым шагом по длине туннеля. Замковые соединения, поз. 2 и 6, служат не только для жесткого объединения сваркой смежных желобообразных продольных элементов защитного экрана в пространственную коробчатую конструкцию, но и в качестве направляющих устройств, не позволяющих им отклоняться друг от друга при задавливании; на фиг. 3 изображен вариант коробчатого поперечного сечения готовой конструкции туннеля с центральной, поз. 7, боковыми, поз. 8, стойками, анкерными балками, поз. 3, которые частично совмещены с внутривнутренним обетонированным пространством защитного экрана, поз. 9, из незамкнутых полукруглых продольных элементов, поз. 4, и приваренными к ним анкерными балками, поз. 9, объединенных с железобетонной обделкой; на фиг. 4 дан разрез 1-1 на фиг. 3, где показано армирование обделки, поз. 10.

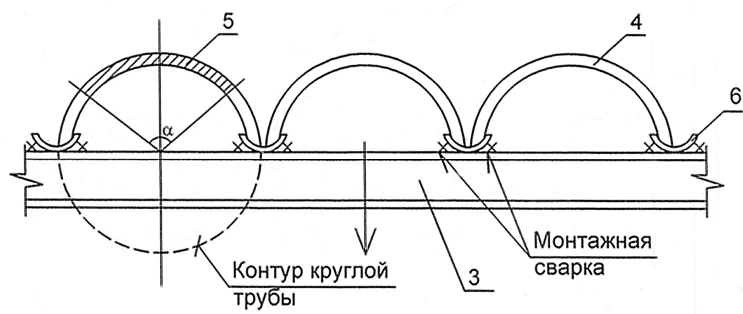
Подземный туннель по заявляемому способу возводится в следующей последовательности. Разрабатывают стартовый и приемный котлованы, в которых монтируется задавливающее оборудование и направляющий стапель. Задавливаются направляющая и последующие шпунтовые сваи в уровне перекрытия и вертикальных стен возводимого туннеля по известным технологиям [1-3], согласно проекту ППР. В связи с тем, что сопротивление продавливанию желобообразных элементов защитного экрана незначительно, по сравнению с трубчатыми протяженными элементами, используется менее мощное задавливающее оборудование, не наблюдается подъемов и оседаний грунта вокруг возводимого защитного экрана, не требуется разработки грунта в их открытых полостях, прорезки технологических окон и других "ручных" работ при создании защитного экрана, как в традиционных способах [1, 3].

После создания защитного экрана производится поэтапное (захватками по 3-6 м) извлечение грунта из-под него, в том числе и из открытых полостей продольных элементов (согласно проекту), с установкой временных стоек и анкерных балок для предотвращения его проседания на захватке. Параллельно для повышения жесткости, на каждой освобожденной от грунта захватке под защитным экраном производится сварка замковых соединений смежных продольных элементов, а к их нижним кромкам перпендикулярно продольной оси туннеля привариваются анкерные балки и монтируются боковые металлические стойки, поз. (3, 7, 8). Указанные работы повторяются на каждой последующей захватке до полной проходки всей подземной выработки.

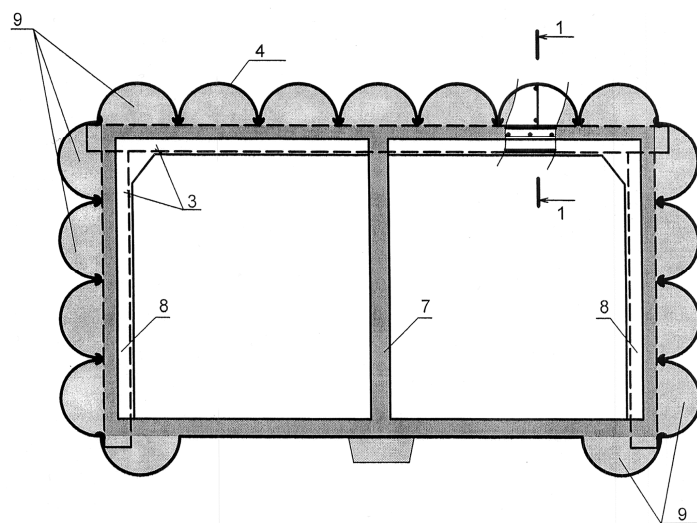
После завершения работ по извлечению грунта и монтажа постоянных стоек и анкерных балок на каждой захватке производится раскладка арматуры, устанавливается опалубка и производится совместное бетонирование межполостного пространства защитного экрана и размещенной в нем частично или полностью постоянной монолитной обделки традиционными методами, например по [4]. После набора бетоном обделки не менее 30 % проектной прочности выполняется разработка грунта следующей захватки. Указанные циклы работ повторяются до полной проходки подземной выработки.

## Источники информации:

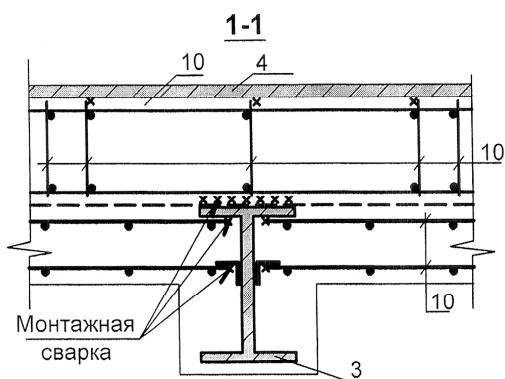
1. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология строительных процессов. В 2 ч. 4.1: Учеб. для строит. вузов. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 2005. - С. 147-155.
2. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей ред. В.А.Ильичева и Р.А.Мангушева. - М: Изд-во АСВ, 2014. - С. 510-520.
3. Проспект ООО "Анкерные технологии". Строительство подземных искусственных сооружений с использованием защитных экранов из металлических труб, [http:// anchortech.ru/tehnology/rn-uprs.html](http://anchortech.ru/tehnology/rn-uprs.html), 2011.
4. Патент РФ на полезную модель 121860, МПК Е 21D 9/04, Е 02D 29/02, 2012.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4