

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2685607

### СПОСОБ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНЫМ СООРУЖЕНИЕМ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Протосеня Анатолий Григорьевич (RU), Деменков Петр Алексеевич (RU), Карасев Максим Анатольевич (RU), Беляков Никита Андреевич (RU)*

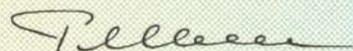
Заявка № 2018117641

Приоритет изобретения 11 мая 2018 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 22 апреля 2019 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 11 мая 2038 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E02D 31/08 (2018.08)

(21) (22) Заявка: 2018117641, 11.05.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
11.05.2018

Дата регистрации:  
22.04.2019

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 11.05.2018

(45) Опубликовано: 22.04.2019 Бюл. № 12

Адрес для переписки:  
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Протосеня Анатолий Григорьевич (RU),  
Деменков Петр Алексеевич (RU),  
Карасев Максим Анатольевич (RU),  
Беляков Никита Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2291253 C1, 10.01.2007. RU  
121275 U1, 20.10.2012. RU 2328577 C2,  
10.07.2008. RU 79301 U1, 27.12.2008. RU  
2354778 C2, 10.05.2009.

(54) СПОСОБ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНЫМ  
СООРУЖЕНИЕМ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к строительству подземных сооружений под наземными уникальными и историческими объектами в сложных инженерно-геологических условиях. Способ подработки наземных объектов подземным сооружением в сложных инженерно-геологических условиях включает устройство геотехнического экрана. Геотехнический экран создают в грунте вдоль и под зданием, при этом вдоль здания выполняют буронабивные сваи для снижения горизонтальных смещений под зданием. Далее выполняют бурение горизонтальных или наклонных скважин для инъектирования

тампонажного раствора в грунт под зданием. Объем тампонажного раствора назначают из условий компенсации вертикальных и горизонтальных смещений грунта, возникающих в результате подработки, с образованием после набора прочности нагнетаемого тампонажного раствора, опирающегося на буронабивные сваи горизонтального перекрытия над подземным сооружением. Технический результат состоит в снижении оседаний наземных объектов при подработке подземным сооружением, повышении безопасности строительства. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(19) **RU** (11)

**2 685 607**<sup>(13)</sup> **C1**

(51) Int. Cl.  
*E02D 31/08* (2006.01)

(52) CPC  
*E02D 31/08* (2018.08)

(21) (22) Application: 2018117641, 11.05.2018

(24) Effective date for property rights:  
11.05.2018

Registration date:  
22.04.2019

Priority:

(22) Date of filing: 11.05.2018

(45) Date of publication: 22.04.2019 Bull. № 12

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,  
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i  
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

**Protosenya Anatolij Grigorevich (RU),  
Demekov Petr Alekseevich (RU),  
Karasev Maksim Anatolevich (RU),  
Belyakov Nikita Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)**

(54) **METHOD FOR SAFE UNDERMINING OF GROUND OBJECTS BY AN UNDERGROUND STRUCTURE  
IN COMPLEX ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: invention relates to construction of underground structures under ground unique and historical objects in complex engineering-geological conditions. Method of underground facilities underworking by underground structure in complex engineering-geological conditions includes device of geotechnical screen. Geotechnical screen is created in the soil along and under the building; at that, bored piles are made along the building to reduce horizontal displacements under the building. Further, horizontal

or inclined wells are drilled to inject grouting mortar into soil under the building. Volume of grouting mortar is specified from conditions of compensation of vertical and horizontal soil displacements arising as a result of underworking, to form, after strength, injected grouting mortar resting on boron piles of horizontal covering above underground structure.

EFFECT: technical result consists in reduction of subsidence of ground objects when running under an underground structure, higher safety of construction.

1 cl, 4 dwg

RU 2 6 8 5 6 0 7 C 1

RU 2 6 8 5 6 0 7 C 1

Изобретение относится к строительству подземных сооружений под уникальными и историческими объектами.

Известен способ снижения вредного влияния подземных выработок на территории зеленой поверхности (патент RU №2014396, опубл. 22.05.1991), включающий бурение скважин с расположением их по сети прямоугольников на определенном расстоянии друг от друга, при этом меньшие стороны прямоугольников располагают вдоль направления проведения выработок, а очередность нагнетания заполнителя в скважины устанавливают в направлении движения очистной выработки.

Недостаток способа состоит в том, что он не позволяет безопасно выполнять работы под наземными объектами, так как геотехнический барьер устанавливается вертикально.

Известен способ возведения подземных сооружений в зоне городской застройки (патент RU №2245428 С2, опубл. 20.02.2004), включающий устройство в грунте геотехнического барьера между фундаментом существующего здания и возводимым подземным сооружением с заделкой его на расчетную глубину, возведение стен и днища подземного сооружения. Геотехнический барьер устраивают путем образования щели на расчетную глубину его заделки на пути распространения волны изменения напряженно-деформированного состояния грунта, в которую помещают плоскую пневмокамеру и закачивают сжатый воздух до получения давления, соответствующего начальному напряженно-деформированному состоянию грунта, а в процессе возведения подземного сооружения при изменении напряженно-деформированного состояния грунта производят подкачку сжатого воздуха до восстановления начального давления, причем после завершения возведения подземного сооружения в пневмокамеру подают твердеющий раствор.

Недостатком способа является вертикальная установка геотехнического барьера, что не позволяет выполнять работы под наземными объектами и не защищает сооружения от подработки снизу.

Известен способ возведения подземных сооружений в зоне городской застройки (патент RU №2245966, опубл. 20.02.2004), включающий устройство в грунте геотехнического барьера между фундаментом существующего здания и возводимым подземным сооружением с заделкой его на расчетную глубину, возведение стен и днища подземного сооружения. Геотехнический барьер устраивают путем внедрения в грунт ряда вертикальных инъекторов на пути распространения волны изменения напряженно-деформированного состояния грунта и производят закачивание цементного раствора, а в процессе возведения стен подземного сооружения ведут контроль напряженно-деформированного состояния грунта, при изменении которого производят дополнительную закачку цементного раствора до восстановления напряженно-деформируемого состояния грунта.

Недостатком способа является вертикальная установка геотехнического барьера, что не позволяет выполнять работы под наземными объектами и не защищает сооружения от подработки снизу.

Известен способ защиты существующих зданий, сооружений и подземных коммуникаций в зоне влияния строительства (патент RU №2291253, опубл. 10.01.2007), принят за прототип, включающий устройство в грунте геотехнического экрана из погружаемых в грунт, между фундаментами существующих и возводимых зданий, сооружений и подземных коммуникаций, инъекторов с последующей инъекцией закрепляющего раствора в грунт под давлением. Геотехнический экран устраивают комбинированным - из двух рядов инъекторов, пассивного, со стороны возводимого объекта, и активного, со стороны существующего объекта. Закрепляющий раствор

подают сначала в пассивный ряд инжекторов путем однократной инъекции раствора, а затем в активный ряд инжекторов путем многократной инъекции раствора в грунт до восстановления первоначального напряженно-деформированного состояния грунтов основания и фундаментов существующих зданий, сооружений и подземных

5 коммуникаций.

Недостаток способа состоит в том, что геотехнический экран, создаваемый в грунте, укрепляет его неравномерно, что может привести к неравномерным оседаниям. Кроме того, нагрузки на сооружаемый тоннель также могут передаваться неравномерно.

10 Техническим результатом изобретения является снижение оседаний наземных объектов при подработке подземным сооружением и повышение безопасности строительства за счет применения буронабивных свай вдоль планируемой трассы тоннеля или другого подземного сооружения вблизи здания и бурения скважин для тампонажа грунтов основания.

15 Технический результат достигается тем, что геотехнический экран создают в грунте вдоль и под зданием, при этом вдоль здания выполняют буронабивные сваи для снижения горизонтальных смещений под зданием, далее выполняют бурение горизонтальных или наклонных скважины для инъецирования тампонажного раствора в грунт под зданием, при этом объем тампонажного раствора назначают из условий компенсации вертикальных и горизонтальных смещений грунта, возникающих в

20 результате подработки, с образованием после набора прочности нагнетаемого тампонажного раствора опирающегося на буронабивные сваи горизонтального перекрытия над подземным сооружением. Буронабивные сваи устраивают с присечкой соседних свай, создавая сплошную стену.

Способ безопасной подработки наземных объектов подземным сооружением в

25 сложных инженерно-геологических условиях поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - схема - разрез реализации способа;

фиг. 2 - схема - план реализации способа;

фиг. 3 - схема распределения вертикальных перемещений поверхности;

фиг. 4 - графики вертикальных перемещений земной поверхности при различном

30 значении давления нагнетания тампонажного раствора, где:

1 - существующее здание,

2 - фундамент здания,

3 - подземное сооружение,

4 - буронабивная свая,

35 5 - скважина для тампонирувания грунта.

Способ реализуется следующим образом. В грунте вдоль планируемой трассы тоннеля или другого подземного сооружения (фиг. 1) 3 вблизи здания создают геотехнический экран с использованием вертикальных буронабивных свай 4 (фиг. 2), предназначенные для снижения горизонтальных смещений под зданием 1.

40 Далее выполняется бурение наклонных скважин 5 или горизонтальных скважин для инъецирования грунта под зданием или грунта совместно с фундаментом, для тампонирувания основания и укрепления фундаментов 2 с целью снижения оседания здания 1. Бурение выполняется стандартными буровыми установками.

После набора прочности нагнетаемого тампонажного раствора образуется

45 горизонтальное перекрытие, опирающееся на буронабивные сваи. Полученная таким образом пространственная конструкция в грунте позволяет защитить наземный объект от подработки подземным сооружением.

После проведения мероприятий по усилению оснований и фундаментов выполняется

строительство подземного сооружения.

Тампонирующее основание может осуществляться и параллельно со строительством подземного сооружения, объем и давление тампонажного раствора определяют

5 величиной оседания здания и расположением подземного объекта относительно здания. При ведении работ должен проводиться геотехнический мониторинг. Объем тампонажного раствора должен компенсировать вертикальные и горизонтальные смещения грунта, возникающие в результате подработки. Вертикальные буронабивные сваи в этом случае ограничивают в плане зону тампонажа.

10 Характеристики тампонажного раствора подбираются в зависимости от коэффициента фильтрации основания здания. При необходимости, в случае плохого состояния фундаментов здания, тампонаж основания выполняется вместе с фундаментами. При необходимости буронабивные сваи могут устраиваться с присечкой соседних свай, создавая сплошную стену.

15 Предлагаемый способ подработки наземных объектов подземным сооружением в сложных инженерно-геологических условиях снижает их оседания и тем самым существенно повышает безопасность строительства.

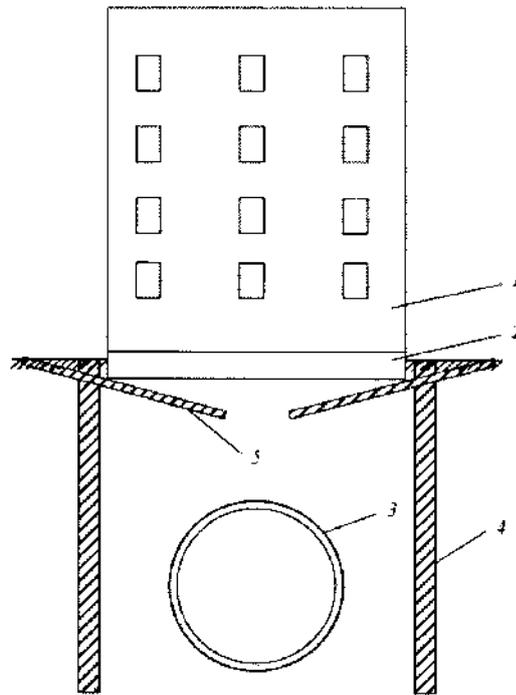
Способ поясняется следующим примером. Выполнено численное моделирование в Plaxis 2D (фиг. 3). Расчет велся на не дренированное состояние глин с учетом естественной скорости фильтрации и распределения порового давления. За основу 20 модели упрочняющегося грунта принята нелинейно-упругая модель Дункана-Ченга, которая обеспечивает гиперболическую взаимосвязь между вертикальными относительными деформациями  $\epsilon_1$  и девиатором напряжений  $q$ . Результаты расчета показали, что применение предлагаемого способа может существенно снизить оседания поверхности (фиг. 4), так при давлении в 1,5  $\gamma H$  оседания снижаются в 2 раза с 9 до 4,5 25 мм, а при значительном избыточном давлении раствора (более  $2\gamma H$ ), можно почти полностью компенсировать оседания здания при дальнейшей подработке его тоннелем.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ подработки наземных объектов подземным сооружением в сложных 30 инженерно-геологических условиях, включающий устройство геотехнического экрана, отличающийся тем, что геотехнический экран создают в грунте вдоль и под зданием, при этом вдоль здания выполняют буронабивные сваи для снижения горизонтальных смещений под зданием, далее выполняют бурение горизонтальных или наклонных скважин для инъецирования тампонажного раствора в грунт под зданием, при этом 35 объем тампонажного раствора назначают из условий компенсации вертикальных и горизонтальных смещений грунта, возникающих в результате подработки, с образованием после набора прочности нагнетаемого тампонажного раствора, опирающегося на буронабивные сваи горизонтального перекрытия над подземным сооружением.

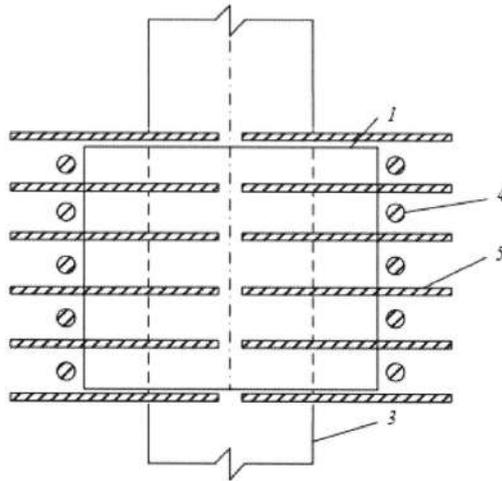
40 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что буронабивные сваи устраивают с присечкой соседних свай, создавая сплошную стену.

**СПОСОБ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПОДЗЕМНЫМ СООРУЖЕНИЕМ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

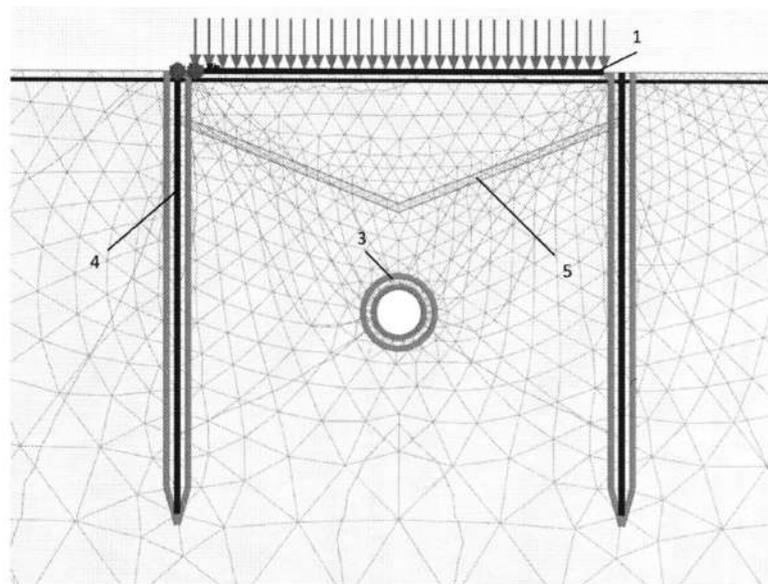


**Фиг. 1**

**СПОСОБ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПОДЗЕМНЫМ СООРУЖЕНИЕМ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

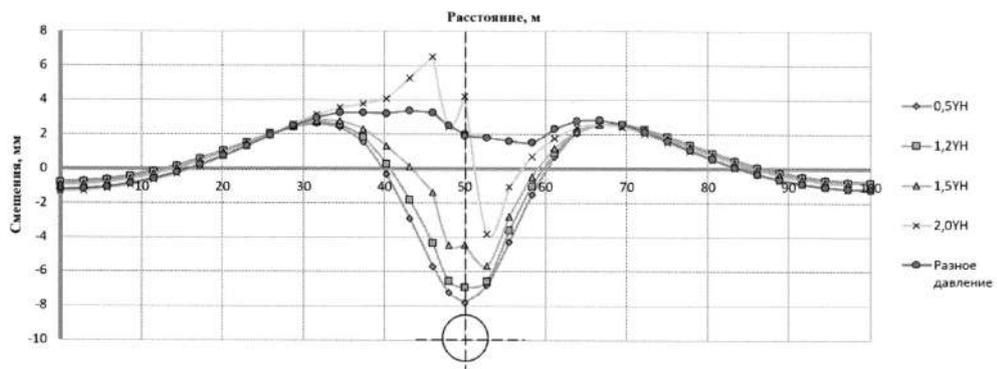


**Фиг. 2**



**Фиг. 3**

**СПОСОБ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПОДЗЕМНЫМ СООРУЖЕНИЕМ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**



**Фиг. 4**