

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2459907

СПОСОБ КРЕПЛЕНИЯ ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011100353

Приоритет изобретения **11 января 2011 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 августа 2012 г.**

Срок действия патента истекает **11 января 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2459907**

(13) **C1**

(51) МПК

E02D11/00 (2006.01)

E02D3/11 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2011100353/03**,
11.01.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия
патента: **11.01.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.01.2011**

(45) Опубликовано: **27.08.2012**

(56) Список документов, цитированных в
отчете о поиске: **SU 1566035 A1**,
23.05.1990. SU 711297 A1, **25.01.1980. SU**
881319 A1, **15.11.1981. SU 1305365 A1**,
23.04.1987. RU 2019705 C1, **15.09.1994. RU**
2371544 C1, **27.10.2009. EP 437262 B2**,
17.07.1991.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21
линия, 2, СПГГИ (ТУ), отдел
интеллектуальной собственности и
трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Смирнов Владимир Алексеевич (RU),
Гончаров Евгений Владимирович (RU),
Гореликов Владимир Георгиевич (RU),
Шванкин Михаил Васильевич (RU),
Дмитриев Дмитрий Валерьевич (RU),
Работа Александр Эдуардович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Санкт-Петербургский
государственный горный институт
имени Г.В. Плеханова (технический
университет)" (RU)

(54) СПОСОБ КРЕПЛЕНИЯ ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

(57) Реферат:

Изобретение относится к горнодобывающей промышленности и используется преимущественно для проведения и крепления горизонтальных и наклонных горных выработок. Техническим результатом является повышение устойчивости почвы выработок при их поддержании на участках глинистых и глиносодержащих пород, склонных к пучению. Способ крепления почвы горных выработок содержит этап, на котором определяют толщину упрочняемого слоя горных пород в почве, затем бурят шпурь на толщину упрочняемого слоя, устанавливают в них нагревательные элементы и обеспечивают термообработку пород упрочняемого слоя. При этом в упрочняемом слое путем термообработки формируют обратный грузонесущий свод. Причем толщину свода принимают равной глубине распространения зоны пучения в почве выработки. При необходимости, шпурь после термообработки армируют анкерами. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

Изобретение относится преимущественно к горной промышленности и подземному строительству, а именно к проведению и поддержанию горных выработок в условиях залегания пучащих пород. Оно позволяет повысить устойчивость почвы выработок на участках глинистых, суглинистых, песчано-глинистых отложений и органосодержащих пород и грунтов, склонных к пучению при проходке или в процессе эксплуатации.

Известен способ снижения пучения почвы горных выработок (патент RU № 2019705, опубл. 15.09.1994), при котором защита горных выработок от пучения почвы достигается тем, что, согласно изобретению, определяют положение в почве выработки слоя горных пород, обладающих максимальной пластичностью, бурят шпуры или скважины в почву выработки и производят камуфлетный взрыв в этом слое, после чего осуществляют обрушение вышележащих пород в полость, образованную этим взрывом.

Недостатком способа является его низкая эффективность при залегании в почве выработки мощных слоев пород, склонных к пучению, так как после производства камуфлетного взрыва в таких горных породах камуфлетная полость будет заполнена горной массой, обладающей такой же склонностью, как и нижележащие породы почвы. При интенсивном горном давлении эта зона, обладая большой пластичностью, не обеспечивает эффективной защиты выработки от пучения почвы.

Известен способ крепления горных выработок, пройденных в породах, склонных к пучению, который включает установку основной крепи технологически заданного профиля, перетяжку крепи и анкерное крепление вспучиваемых пород (патент RU, № 2134350, опубл. 10.08.1999). В зонах вскрытия или присечки вспучиваемых пород, проводимой горной выработкой в почве и (или) бортах, последней производят установку полимерных анкеров с однополимерными анкерами с одновременным нагнетанием быстротвердеющего полимерного состава сразу во все шпуры в соответствии с принятым паспортом крепления, при этом направления шпуров в почве осуществляют с учетом направления смещения вспучиваемых частей контура выработки.

Недостатком этого способа укрепления почвы является сложность и многооперационность технологии, высокая трудоемкость в связи с необходимостью установки анкеров и их низкая эффективность при упрочнении пластичных пород.

Известен способ крепления горных выработок (авт.свид. SU № 1566035, опубл. 23.05.1990), принятый за прототип, по которому сначала определяют необходимую толщину упрочняемого слоя горных пород в приконтурном массиве выработки, которая зависит от степени ослабленности пород их обводнением, бурят по контуру выработки шпуры с перебором за толщину упрочняемого слоя. Затем в шпуры устанавливают нагревательные элементы и производят упрочнение слоя путем его термообработки. Через шпуры осуществляют предварительный нагрев горной массы по всей длине шпуров при 100-200°C в течение 8 ч. После этого производят обжиг упрочняемого слоя в течение 19-20 ч с постоянным повышением температуры от 200 до 1100°C. При этом достигается необходимая прочность глинистой массы, которая преобразуется упрочняемым слоем и обеспечивает долговечную устойчивость горных выработок.

Основными недостатками такого способа в обводненных глиносодержащих породах являются низкая скорость упрочнения пород в массиве вокруг скважин. Кроме того, вследствие взаимодействия скважин между собой при нагревании массива на первой стадии возможно осыпание стенок скважин, что исключает их использование на второй стадии - стадии обжига.

Технической задачей изобретения является защита горных выработок от пучения почвы за счет сооружения в почве выработки обратного грузонесущего свода.

Технический результат достигается тем, что в способе крепления почвы горных выработок, включающем определение необходимой толщины упрочняемого слоя горных пород в почве, бурение шпуров на толщину упрочняемого слоя, установку в них нагревательных элементов и термообработку пород упрочняемого слоя, в упрочняемом слое формируют обратный грузонесущий свод, опирающийся на устойчивые породы боков выработки, при этом толщину обратного грузонесущего свода принимают равной глубине распространения зоны пучения в почве выработки, определяемой по формуле

$$X_0 = \frac{H_1 \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}$$

где H_1 - высота зоны, создающей пригрузку почвы, приведенная к объемному весу пород почвы, φ - угол внутреннего трения пород почвы, град.

Достигается тем, что шпуры после термообработки, при необходимости, армируют анкерами.

Способ позволяет за счет термического воздействия на склонные к пучению породы приконтурного массива в почве выработки перевести их в состояние, обеспечивающее возможность формирования грузонесущего свода (достаточную прочность пород в своде после их термообработки). Известно увеличение прочности глин при нагревании до 200°C и формировании «киринга» при температуре 500-800°C. При увеличении температуры до 1300°C происходит упрочнение глин до спекания. Такая

термообработка возможна путем применения термоизлучателей, установленных в шпурах, пробуренных в толще глиносодержащих пород, что позволит воздействовать на них, сначала прогревая, а затем превращая в клинкерную массу или остекловывая.

Несущая способность обратного грузонесущего свода определяется, исходя из ожидаемой прочности пород в своде после их упрочнения, которая зависит от технологических параметров термоупрочнения (расстояния по глубине шпура, на которое распространяется спекание пород при их термообработке Γ_T , и густоты сетки шпуров для термообработки). При этом расстояние между скважинами в рядах (δ) принимают по условию смыкания зон упрочнения (спекания), образующихся у скважин при их термообработке. Этот параметр определяют, исходя из результатов испытаний пород при действии на них высоких температур и характеристик применяемого термитного топлива. Для большинства глинистых и глиносодержащих грунтов и пород по имеющимся данным этот параметр может достигать от 1 до 2 м (А.С.Тишкинов, А.А.Таюрский, Е.В.Гончаров, А.Т.Карманский «Упрочнение неустойчивых массивов горных пород на основе термического и газотермохимического воздействия», «Вестник Кузбасского государственного технического университета». Научно-технический журнал, № 1, 2006 г., стр.74-76).

Указанные выше параметры определяют требуемую схему расположения шпуров для термообработки (паспорт термообработки почвы) и формирования обратного грузонесущего свода, который должен опираться на приконтурный массив боков выработки и снизу замыкать крепь выработки.

Внешняя граница формируемого обратного грузонесущего свода устанавливается глубиной распространения зоны пучения (выдавливания) пород x_0 или величиной пластической зоны под выработкой, которую определяют по известному методу проф. Цимбаревича П.М. (Механика горных пород. - М.: Углетехиздат. - 1948. - 184 с.)

$$x_0 = \frac{H_1 \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}; \quad (1)$$

H_1 - высота пригрузки почвы, приведенная к объемному весу пород почвы, м;

$$H_1 = (h_0 + h) \frac{\gamma_6}{\gamma_{\Pi}}; \quad (2)$$

где h_0 - высота сводовой части выработки при сводчатой форме сечения выработки;

$h_0 = b$ при $\gamma_k = \gamma_6$;

b - высота свода обрушения в кровле; по формуле П.М.Цимбаревича

$$b = \frac{a + h \operatorname{tg} \left(\frac{90^\circ - \varphi_1}{2} \right)}{f}; \quad (3)$$

a - полупролет выработки в проходке, м;

h - высота стен выработки, м;

φ_1 - угол внутреннего трения пород кровли, град.;

f - коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М.Протодряконова;

γ_k - объемный вес пород кровли, т/м³;

γ_6 - объемный вес пород боковых пород, т/м³;

γ_{Π} - объемный вес пород почвы, т/м³;

φ - угол внутреннего трения пород почвы, град.

На фиг.1 показана схема расположения шпуров для термообработки почвы выработки в процессе ее эксплуатации и грузонесущий обратный свод из термоупрочненных пород.

1 - массив устойчивых пород;

2 - породы почвы, склонные к пучению;

3 - грузонесущий свод из упрочненных пород после их термообработки;

4 - шпуры для термообработки (обжига) пород.

При проявлении пучения почвы в процессе эксплуатации выработки термообработка пород почвы может обеспечить устойчивость выработки без существенных затрат и без вывода ее из эксплуатации.

На фиг.3 представлена одна из конструкций скважинного термоизлучателя (см. А.С.Тишкинов, А.А.Таюрский, Е.В.Гончаров, А.Т.Карманский «Упрочнение неустойчивых массивов горных пород на

основе термического и газотермохимического воздействия», «Вестник Кузбасского государственного технического университета», Научно-технический журнал, № 1, 2006 г., стр.74-76).

Конструкция термоизлучателя 5 довольно проста (фиг.3). Термоизлучатель имеет полый цилиндрический корпус 7, выполненный из легкого разрушающегося материала (например, фольги, жести, картона, полиэтилена и т.п.) Корпус закреплен на торцах с дном 8 и крышкой 9, а внутренний объем корпуса заполнен набором шашек термитного топлива 10. На нижний торец корпуса навинчен направляющий конус 11. На верхнем торце расположен гермоввод 12 с инициатором 13. Дно, шашки термотоплива и крышка с гермовводом собираются на стержне 14 и крепятся натяжной гайкой 15. Дно и гермоввод герметизируются уплотнительными резиновыми прокладками 16 и 17.

Запуск терморекции осуществляется подачей напряжения постоянного тока на инициатор, который запускает экзотермическую реакцию разложения термитного состава с выделением тепла и газа.

В качестве безгазового термитного топлива используют железоалюминиевомагниевого термит, горение которого обеспечивается в водной среде, как один из наиболее экономичных видов.

Обычный состав такого термитного топлива:

железная окалина ($\approx 50\% \text{Fe}_3\text{O}_4 + \approx 50\% \text{Fe}_2\text{O}_3$) $\approx 50-60\%$

алюминий, например, марки АСД $\approx 20-30\%$

магний (гранулированный) $\approx 5-7\%$

плаггиоклаз, например, марки ППЭ-88

(в зависимости от требуемой температуры) $\approx 2-20\%$

Способ осуществляется следующим образом.

По трассе выработки с признаками пучения почвы бурят вертикальные разведочные скважины и анализируют физико-механические свойства пород почвы, по которым предстоит проведение упрочнения, используя испытания керновых проб, отобранных при разведочном бурении, обращая внимание на прочностные свойства, трещиноватость и обводненность пород. При этом дополнительно испытывают породы на теплопроводность, определяют температуру спекаемости (упрочнения при глинистом компоненте) и остекловывания (при песчанистом). По результатам испытания проб определяют параметры бурения шпуров в почве выработки и производят бурение вееров шпуров для термообработки почвы. По окончании бурения размещают термоизлучатели 5 и иницируют процесс термообработки пород почвы (электрическим, ударным или огневым способом). При оборудовании шпуров термоизлучателями, их устья заполняют забойкой, изолируя таким образом термитную реакцию от выработки.

При этом расстояние между шпурами в рядах принимают по условию смыкания границ зон упрочнения (спекания или остекловывания) 6, образующихся вокруг шпуров после их термообработки (см. фиг.2). Этот параметр определяют, исходя из результатов испытаний пород при действии на них высоких температур и характеристик применяемого термитного топлива.

Все или часть шпуров (4 на фиг.1 и 2) после термообработки пород почвы могут быть также использованы для дополнительного упрочнения сформированного обратного свода в почве анкерами, например железобетонными.

Пример. При подземной разработке месторождений алмазов в Архангельской области поддержание капитальных и подготовительных выработок часто приходится вести в условиях залегания в почве слабых обводненных глиносодержащих пород средней прочностью от 2 до 5 МПа, относящихся к категории неустойчивых вследствие склонности пород к пучению. При длительной эксплуатации выработок это требует наряду с возведением постоянной капитальной крепи применения специальных мер по защите выработок от пучения почвы.

Рассмотрим применение предлагаемого способа в условиях проведения капитального квершлага шириной 4,5 м и высотой 3 м горизонта - 600 м при разработке алмазного месторождения им. В.Гриба.

По данным обследования, в выработке отмечены признаки пучения почвы, при этом по сведениям геологической службы рудника, выявлено залегание в почве выработки влажных неустойчивых глинистых пород.

По данным исследований, определяют необходимые прочностные характеристики пород и влияния термического воздействия на прочностные и деформационные свойства этих пород при естественной степени их обводненности, в частности определены параметры этого воздействия. В таблице приведены результаты термического воздействия на глину и глиносодержащие породы

Таблица		
Температура, создаваемая скважинным излучателем, T°	Прочность образца на сжатие, σ , МПа	Относительная деформация образца, $\epsilon \cdot 10^{-2}$
100	3	1
200	4	1,2
300	5	1,3
400	4,5	1,5
600	14	2,5
900	23	2,2

Установлено, что в почве квершлага залегают глинистые сланцы следующих характеристик: $\gamma_n=2,12$ т/м³; $f=2,5$; $\varphi=26^\circ$. В кровле и боках выработки - песчаные сланцы с $\gamma_k=\gamma_6=2,4$ т/м³; $\varphi_1=36^\circ$. Выработка сводчатого сечения закреплена монолитным бетоном по кровле и бокам; высота выработки $h=3$ м;

ширина $2a=4$ м. Высота подъема свода равна одной трети ширины выработки в проходке $h_c \approx 1,33$ м. Высота пригрузки почвы, приведенная к объемному весу пород по формуле (2)

$$H_1 = (1,33 + 4) \frac{2,4}{2,12} = 6 \text{ м}$$

Глубина зоны пучения пород почвы по формуле (1)

$$X_0 = \frac{6 \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - 26}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - 26}{2} \right)} = 1,07 \text{ м}$$

Эту величину принимают за толщину обратного свода, а подъем свода в почве по внутренней его границе выполняют примерно равным 1/4 от ширины выработки в проходке.

По данным испытаний образцов породы почвы на воздействие термоизлучателей устанавливают функциональную связь между температурой при термообработке и свойствами пород, исходя из которой определяют параметры бурения шпуров для термообработки почвы.

Так, например, установлена эмпирическая связь между основными параметрами. Она отражается следующей формулой:

$$r_T = \frac{A}{T + B}, \quad (3)$$

где r_T - радиус влияния скважинного термоэлемента на окружающие породы, м;

A и B - эмпирические коэффициенты, устанавливаемые для разных типов пород по данным испытаний.

Для глиносодержащих пород, согласно экспериментальным данным, установлено $A=330$, $B=100$;

T - температура, создаваемая термоизлучателем.

Температура спекаемости глиносодержащих пород кровли, по данным испытаний, составила 300° , тогда исходя из условия смыкания зон спекаемости расстояние между шпурами с термоизлучателями по формуле (3) должно быть не более

$$\partial = 2r_T = 2 \frac{330}{300 + 100} = 1,65 \text{ м}$$

Следуя полученным данным, в почве выработки бурят ряды шпуров, в которых после окончания бурения размещают термоизлучатели, производят забойку устьев скважин глиной и монтируют запальную схему. Далее инициируют процесс горения термотоплива одновременно во всех шпурах, в результате чего вокруг шпуров происходит обжиг и спекание глиносодержащих пород с образованием у каждого шпура арела упрочнения.

Для контроля за уровнем температуры в массиве между шпурами, смыканием зон упрочнения пород между ними и прочностью пород в зонах используют контрольные шпуры.

Контроль за уровнем температуры производят с помощью термомпар. Качество упрочнения пород определяют экспресс-методом по вдавливанию пуансонов в стенки шпуров.

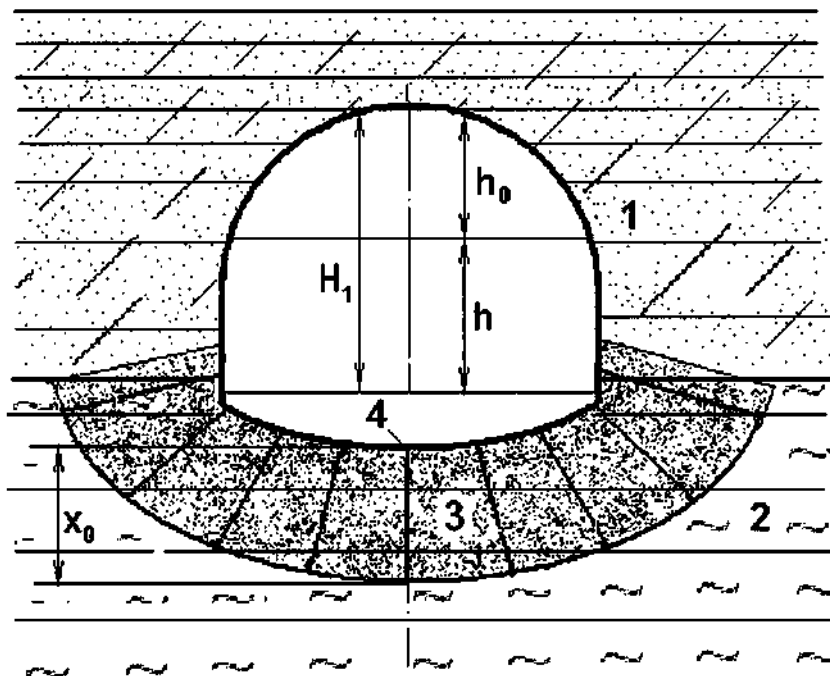
Дополнительное упрочнение пород почвы железобетонными анкерами производят после остывания пород до температуры не выше 40°C.

Формула изобретения

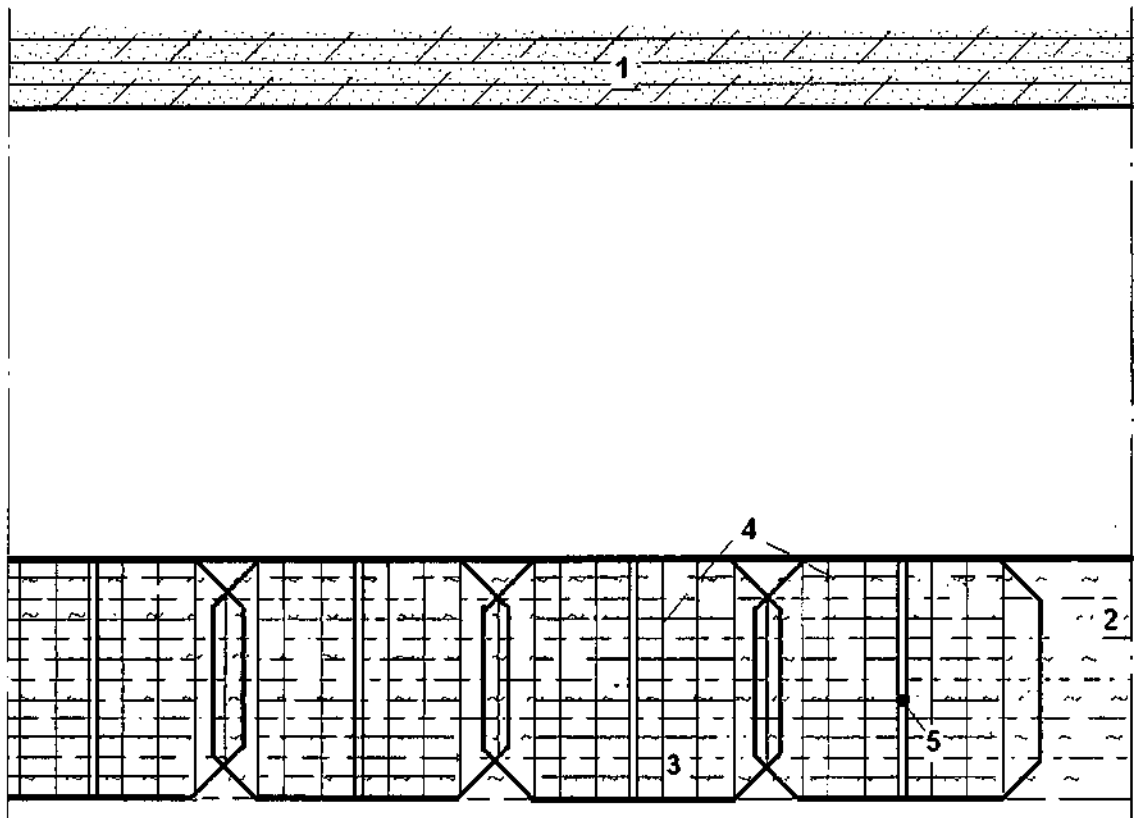
1. Способ крепления почвы горных выработок, включающий определение необходимой толщины упрочняемого слоя горных пород в почве, бурение шпуров на толщину упрочняемого слоя, установку в них нагревательных элементов и термообработку пород упрочняемого слоя, отличающийся тем, что в упрочняемом слое путем термообработки формируют обратный грузонесущий свод, опирающийся на устойчивые породы боков выработки, при этом толщину свода принимают равной глубине распространения зоны пучения в почве выработки, определяемой по известной формуле:

$$X_0 = \frac{H_1 \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}$$

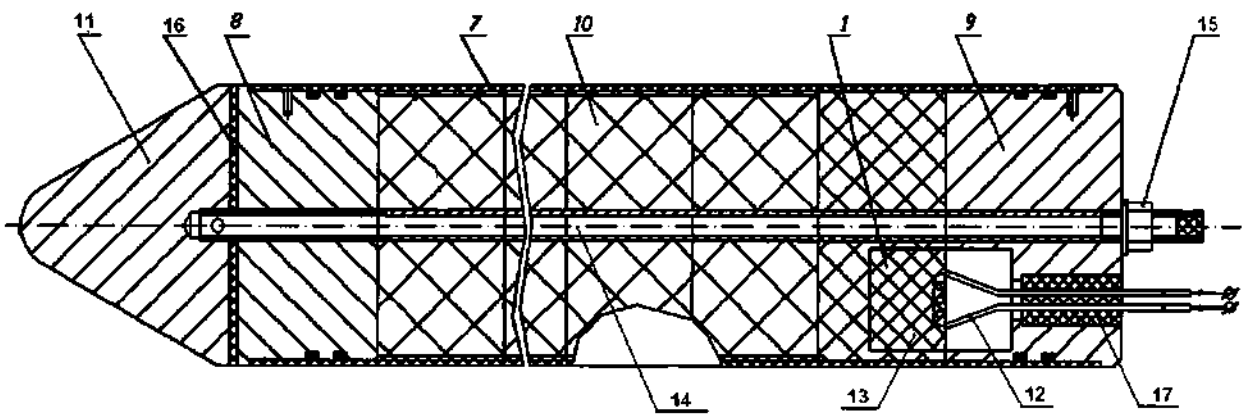
где H_1 - высота зоны, создающей пригрузку почвы, приведенная к объемному весу пород почвы, φ - угол внутреннего трения пород почвы, град. 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что шпуров после термообработки, при необходимости, армируют анкерами.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3