

ДЗЯРЖАЎНЫ КАМІТЭТ
ПА НАВУЦЫ І ТЭХНАЛОГІЯХ
РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ

НАЦЫЯНАЛЬНЫ ЦЭНТР
ІНТЭЛЕКТУАЛЬнай УЛАСНАСЦІ

ПАТЭНТ

№ 6558

У адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
“Аб патэнтах на вынаходствы, карысныя мадэлі і прамысловыя ўзоры”
выдадзены сапраўдны патэнт на вынаходства:

Спосаб глыбіннага уплотнення грунта

Патэнтаўладальнік:

Учреждение образования "Брестский государственный технический университет"
(ВУ)

Аўтар (аўтары):

Пчелин Вячеслав Николаевич; Чернюк Владимир Петрович; Черноиван Вячеслав
Николаевич; Щербач Александр Валерьевич (ВУ)

Заяўка № а 20010098

Прыярытэтныя звесткі: (22) 2001.02.07

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры вынаходстваў: 2004.06.15

Дата пачатку дзеяння: 2001.02.07

Генеральны дырэктар

Л.И. Вороневский

0001912

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 6558

(13) С1

(51)⁷ Е 02D 3/00, 3/046,
5/56

(54)

СПОСОБ ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА

(21) Номер заявки: а 20010098

(22) 2001.02.07

(46) 2004.09.30

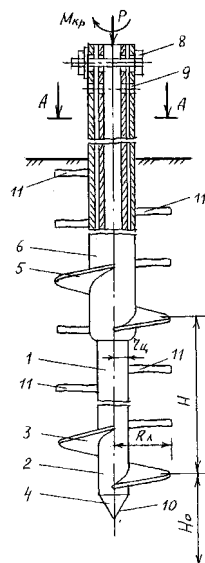
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Брестский государственный техни-
ческий университет" (ВУ)

(72) Авторы: Пчелин Вячеслав Николаевич;
Чернюк Владимир Петрович; Черно-
иван Вячеслав Николаевич; Щербач
Александр Валерьевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Брестский государственный
технический университет" (ВУ)

(57)

1. Способ глубинного уплотнения грунта, включающий образование в грунте скважины посредством ввинчивания в грунт рабочего органа в виде цилиндрического корпуса с винтовой лопастью и коническим наконечником в нижней части и последующее вывинчивание рабочего органа ступенями с приложением вначале каждой из ступеней направленной вниз осевой нагрузки до получения осаживания рабочего органа, **отличающийся** тем, что одновременно с рабочим органом в грунт завинчивают прикрепленную к одетой на корпус с возможностью осевого перемещения оболочке дополнительную винтовую лопасть на отметку, превышающую отметку завинчивания лопасти рабочего органа, осевую нагрузку вначале прикладывают к дополнительной винтовой лопасти, а затем – к последней и винтовой лопасти рабочего органа одновременно, причем приложение осевой нагрузки к дополнительной лопасти производят с ее осаживанием до полной ликвидации полостей в грунте между лопастями, после чего оболочку скрепляют с корпусом, а после вывинчивания рабочего органа на каждой из ступеней оболочку открепляют от корпуса.



Фиг. 1

ВУ 6558 С1

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что дополнительную винтовую лопасть на каждой из ступеней осаживают на величину Δh_k , определяемую из соотношения:

$$\Delta h_k = \frac{(H_{k-1} - \Delta h_{k-1} - h_{k-1})mV_{\text{л}}}{t\pi(R_{\text{л}}^2 - r_{\text{ц}}^2)} + \Delta h_{k-1} + h_{k-1},$$

где k - порядковый номер ступени вывинчивания;

H_{k-1} - высота "к-1" ступени вывинчивания или разность отметок завинчивания лопастей на первой ступени вывинчивания;

h_{k-1} - величина одновременного осаживания рабочего органа и дополнительной лопасти на "к-1" ступени вывинчивания;

m - коэффициент, учитывающий расширение грунта в стороны;

$V_{\text{л}}$ - объем однооборотного участка лопасти;

t - шаг винтовой лопасти;

$R_{\text{л}}$ - радиус винтовой лопасти;

$r_{\text{ц}}$ - радиус цилиндрического корпуса.

3. Способ по п. 1 или 2, **отличающийся** тем, что одновременное приложение осевой нагрузки к рабочему органу и дополнительной лопасти на каждой из ступеней производят до получения их осаживания на величину h_k , выбранную из соотношения:

$$h_k = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 - \frac{\gamma}{\gamma_{\text{yh}}}) H_{k-1} \cdot m \\ H_{k-1} \left(\frac{V_{\text{л}}}{t} + \pi r_{\text{ц}}^2 \right) / (\pi R_{\text{л}}^2) \cdot m \end{array} \right\},$$

где t - плотность скелета грунта до его уплотнения;

γ_{yh} - необходимая плотность скелета грунта после его уплотнения;

H_{k-1} - высота "к-1" ступени вывинчивания или величина превышения отметки завинчивания лопасти рабочего органа над отметкой низа зоны уплотнения на первой ступени вывинчивания.

4. Способ по п. 1 или 2, **отличающийся** тем, что дополнительную винтовую лопасть завинчивают на отметку, превышающую отметку завинчивания лопасти рабочего органа на величину H , определяемую при одинаковой высоте ступеней вывинчивания H_c из соотношения:

$$H \geq H_c + \Delta h_n,$$

где Δh_n - высота осаживания дополнительной лопасти на последней ступени вывинчивания.

(56)

ВУ а19980356, 1999.

SU 1325135 А1, 1987.

SU 1694780 А1, 1991.

SU 1176024 А, 1985.

RU 02117106 С1, 1998.

SU 566903, 1977.

Изобретение относится к строительству, в частности к способам глубинного уплотнения слабых и насыпных грунтов.

Известен способ глубинного уплотнения грунта, включающий образование в грунте скважины посредством завинчивания в грунт рабочего органа в виде цилиндрического

BY 6558 C1

корпуса с винтовой лопастью и коническим наконечником в нижней части и последующее вывинчивание рабочего органа с приложением направленной вниз осевой нагрузки, величину которой принимают равной задаваемому значению расчетного сопротивления уплотняемого грунта [1].

В данном решении уплотнение грунта производится при вывинчивании рабочего органа в виде шнекового бурового инструмента с одновременным приложением направленного вниз осевого усилия, т.е. уплотнение грунта происходит в результате взаимодействия перемещающейся по винтовой линии вверх наклонной нижней плоскости винтовой лопасти с грунтом, при этом последний осаживается вниз. Для обеспечения уплотнения грунта необходимо, чтобы осевое усилие было приложено постоянно и вывинчивание рабочего органа за один оборот было меньше шага винтовой лопасти. Первоначальное погружение рабочего органа производится на проектную глубину зоны уплотнения грунта.

Известный способ обладает целым рядом недостатков, определяющих низкую эффективность уплотнения грунта:

уплотнение грунта сопровождается большими энергозатратами вследствие наличия значительных сил трения между лопастью и уплотняемым грунтом (т.к. грунт взаимодействует с наклонной поверхностью лопасти при перемещении последней по винтовой линии);

необходимо заполнение полости, образующейся после вывинчивания ствола рабочего органа, грунтом;

необходимо погружение рабочего органа на проектную отметку, что также определяет повышенные энергозатраты на уплотнение грунта.

Известен также способ глубинного уплотнения грунта, включающий образование в грунте скважины посредством завинчивания в грунт рабочего органа в виде цилиндрического корпуса с винтовой лопастью и коническим наконечником в нижней части и последующее вывинчивание рабочего органа ступенями с приложением вначале каждой из ступеней направленной вниз осевой нагрузки до получения осаживания рабочего органа [2].

Данный способ позволяет устранить недостатки способа, указанного ранее, однако при осаживании рабочего органа над его винтовой лопастью образуется полость, размеры которой увеличиваются по мере вывинчивания рабочего органа из грунта. При попадании в полость лопасти рабочий орган прокручивается на месте, так как лопасть, не взаимодействуя с грунтом, не в состоянии создать подъемную силу. В этом случае, для обеспечения вывинчивания рабочего органа необходимо приложение к нему не только крутящего момента, но и осевого выдергивающего усилия. Кроме того, для уплотнения грунта не используется процесс вывинчивания рабочего органа. В совокупности вышесказанное определяет низкую эффективность уплотнения грунта.

Задача, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, состоит в том, чтобы повысить эффективность уплотнения грунта за счет исключения или значительного уменьшения прикладываемого к рабочему органу при его вывинчивании осевого выдергивающего усилия и использование процесса вывинчивания для уплотнения грунта.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в способе глубинного уплотнения грунта, включающем образование в грунте скважины посредством завинчивания в грунт рабочего органа в виде цилиндрического корпуса с винтовой лопастью и коническим наконечником в нижней части и последующее вывинчивание рабочего органа ступенями с приложением вначале каждой из ступеней направленной вниз осевой нагрузки до получения осаживания рабочего органа, одновременно с последним в грунт завинчивают прикрепленную к одетой на корпус с возможностью осевого перемещения оболочке дополнительную винтовую лопасть на отметку, превышающую отметку завинчивания лопасти рабочего органа, а осевую нагрузку вначале прикладывают к дополнительной винтовой лопасти, а затем - к последней и лопасти рабочего органа одновременно. Причем приложение осевой нагрузки к дополнительной лопасти производят с ее осаживанием до полной

ВУ 6558 С1

ликвидации полостей в грунте между лопастями, после чего оболочку скрепляют с корпусом, а после вывинчивания рабочего органа на каждой из ступеней оболочку открепляют от корпуса.

На каждой из ступеней дополнительную винтовую лопасть осаживают на величину Δh_k , принимаемую из выражения

$$\Delta h_k = \frac{(H_{k-1} - \Delta h_{k-1})m \cdot V_{\text{л}}}{t \cdot \pi(R_{\text{л}}^2 - r_{\text{ц}}^2)} + \Delta h_{k-1} + h_{k-1},$$

где k - порядковый номер ступени вывинчивания;

H_{k-1} - высота "к-1" ступени вывинчивания или разность отметок завинчивания лопастей на первой ступени вывинчивания;

h_{k-1} - величина одновременного осаживания рабочего органа и дополнительной лопасти на "к-1" ступени вывинчивания;

m - коэффициент, учитывающий расширение грунта в стороны;

$V_{\text{л}}$ - объем однооборотного участка лопасти;

t - шаг винтовой лопасти;

$R_{\text{л}}$ - радиус винтовой лопасти;

$r_{\text{ц}}$ - радиус цилиндрического корпуса.

Одновременное приложение осевой нагрузки к рабочему органу и дополнительной лопасти на каждой из ступеней производят до получения их осаживания на величину h_k , выбранную из соотношения

$$h_k = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 - \gamma/\gamma_{\text{yh}})H_{k-1} \cdot m \\ H_{k-1}(V_{\text{л}}/t + \pi r_{\text{ц}}^2)/(\pi R_{\text{л}}^2) \cdot m \end{array} \right\},$$

где γ - плотность скелета грунта до его уплотнения;

γ_{yh} - необходимая плотность скелета грунта после его уплотнения;

H_{k-1} - высота "к-1" ступени вывинчивания или величина превышения отметки завинчивания лопасти рабочего органа над отметкой низа зоны уплотнения на первой ступени вывинчивания.

Дополнительную винтовую лопасть завинчивают на отметку, превышающую отметку завинчивания лопасти рабочего органа на величину H , определяемую при одинаковой высоте ступеней вывинчивания по выражению

$$H \geq H_c + \Delta h_n,$$

где H_c - высота ступени вывинчивания;

Δh_n - высота осаживания дополнительной лопасти на последней ступени вывинчивания.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображен процесс завинчивания рабочего органа и дополнительной винтовой лопасти в грунт; на фиг. 2 - процесс осаживания дополнительной винтовой лопасти на первой ступени вывинчивания; на фиг. 3 - процесс одновременного осаживания рабочего органа и дополнительной винтовой лопасти на первой ступени вывинчивания; на фиг. 4 - процесс вывинчивания рабочего органа и дополнительной винтовой лопасти на первой ступени; на фиг. 5 - процесс осаживания дополнительной винтовой лопасти на второй ступени вывинчивания; на фиг. 6 - процесс осаживания рабочего органа и дополнительной винтовой лопасти на второй ступени вывинчивания; на фиг. 7 - процесс уплотнения засыпаемого в воронку проседания грунта трамбовками; на фиг. 8 - разрез "А-А" на фиг. 1.

Для реализации способа используется рабочий орган 1 в виде цилиндрического корпуса 2 с винтовой лопастью 3 и коническим наконечником 4 в нижней части и дополнитель-

ВУ 6558 С1

ная винтовая лопасть 5, прикрепленная к одетой на корпус 2 с возможностью осевого перемещения оболочке 6. Винтовые лопасти 3, 5 должны иметь не менее одного оборота в плане и крепятся к корпусу 1 и оболочке 6 под углом $\beta \leq 90^\circ$ в сторону наконечника 4. Радиус лопастей 3,5 принимается равным $R_{л} = (2... 5)r_{ц}$, а угол подъема витков лопастей α должен быть не более $\arctg(f)$, где f - коэффициент трения материала лопастей 3,5 по грунту.

К внутренней поверхности оболочки 6 и наружной поверхности корпуса 2 прикреплены продольные шпоночные выступы 7 (фиг. 8), предотвращающие поворот оболочки 6 и корпуса 2 относительно друг друга и не препятствующие их осевому перемещению. Для обеспечения одновременного завинчивания, осаживания и вывинчивания оболочки 6 и корпуса 2 их скрепляют, например болтовым соединением 8, при этом болт пропускается через отверстия 9 в оболочке 6 и корпусе 2.

Способ реализован следующим образом.

Вначале в грунт одновременно завинчивают рабочий орган 1 и оболочку 6 с дополнительной винтовой лопастью 5 посредством приложения к их оголовкам крутящего момента $M_{кр}$ с вращением по часовой стрелке и вдавливающего усилия P (фиг. 1), при этом грунт из-под наконечника 4, уплотняясь, отжимается в стороны от корпуса 2 и оболочки 6 и образуется скважина 10. Уплотнение грунта производится также винтовыми лопастями 3, 5, после прохождения которых в грунтовом массиве остаются винтовые полости 11 (фиг. 1).

Для упрощения передачи усилия P на оболочку 6 и корпус 2 перед завинчиванием производят их скрепление болтовым соединением 8, в этом случае P и $M_{кр}$ можно прикладывать либо к корпусу 2 или оболочке 6, при этом передача $M_{кр}$ производится посредством шпоночных выступов 7.

Лопасть 3 рабочего органа 1 завинчивается в грунт на отметку, превышающую отметку низа проектной зоны уплотнения грунта на величину H_0 (фиг. 1), а лопасть 5 оболочки 6 - на отметку, превышающую отметку завинчивания лопасти 3 на величину H .

Затем производят вывинчивание рабочего органа 1 и оболочки 6 ступенями крутящим моментом $M_{кр}$ с вращением против часовой стрелки (фиг. 4).

Перед вывинчиванием на каждой из ступеней к корпусу 2 и оболочке 6 прикладывают направленную вниз осевую нагрузку P_d (динамическую ударную или вибрационную). Вначале, после открепления оболочки 6 от корпуса 2, нагрузку P_d прикладывают к оболочке 6 с лопастью 5 (фиг. 2) с их осаживанием на величину Δh_k , при которой будет обеспечена ликвидация полостей 11, расположенных между лопастями 3, 5.

Величину осаживания на Δh_k принимают из выражения

$$\Delta h_k = \frac{(H_{k-1} - \Delta h_{k-1} - h_{k-1})m \cdot V_{л}}{t \cdot \pi(R_{л}^2 - r_{ц}^2)} + \Delta h_{k-1} + h_{k-1}, \quad (1)$$

где k - порядковый номер ступени вывинчивания;

H_{k-1} - высота "к-1" ступени вывинчивания или разность отметок завинчивания лопастей 3,5 (величина H) на первой ступени вывинчивания;

h_{k-1} - величина одновременного осаживания рабочего органа и дополнительной лопасти на "к-1" ступени вывинчивания;

m - коэффициент, учитывающий расширение грунта в стороны;

$V_{л}$ - объем однооборотного участка лопасти;

t - шаг винтовой лопасти;

$R_{л}$ - радиус винтовой лопасти;

$r_{ц}$ - радиус цилиндрического корпуса.

При определении Δh_k по выражению (1) на первой ступени вывинчивания в качестве H_{k-1} принимается разность отметок завинчивания лопастей 3,5, т.е. величина H .

BY 6558 C1

После осаживания лопасти 5 оболочку 6 скрепляют с корпусом 2 болтовым соединением 8 и осевую нагрузку P_d прикладывают одновременно к корпусу 2 и оболочке 6 (достаточно, благодаря болтовому соединению 8, усилие P_d приложить только к корпусу 2) до получения их осаживания на величину h_k , выбранную из соотношения

$$h_k = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 - \gamma / \gamma_{yh}) H_{k-1} \cdot m \\ H_{k-1} (V_{\text{л}} / t + \pi r_{\text{ц}}^2) / (\pi R_{\text{л}}^2) \cdot m \end{array} \right\}, \quad (2)$$

где γ - плотность скелета грунта до его уплотнения;

γ_{yh} - необходимая плотность скелета грунта после его уплотнения;

H_{k-1} - высота "к-1" ступени вывинчивания или величина превышения отметки завинчивания лопасти рабочего органа над отметкой низа зоны уплотнения.

Верхнее выражение в соотношении (2) определяет минимальную высоту осаживания рабочего органа 1, обеспечивающую необходимую плотность скелета грунта после его уплотнения, а нижнее - обеспечивающую полное заполнение сдвигаемым грунтом скважины 10 и винтовых полостей 11.

В идеальном случае параметры рабочего органа 1 следует подбирать такими, чтобы h_k по верхнему и нижнему выражениям в (2) были равны.

Благодаря выполнению угла подъема витков лопастей 3,5 $\alpha < \arctg(f)$, предотвращается поворот лопастей 3,5 под воздействием нагрузки P_d .

Перед вывинчиванием рабочего органа 1 и дополнительной винтовой лопасти 5 на первой ступени посредством их осаживания на h_1 производится уплотнение грунта в пределах участка H_0 с ненарушенной структурой. В этом случае при определении h_1 нижнее выражение принимается равным нулю, так как на указанном участке H_0 свободных полостей нет, а в верхнем выражении в качестве H_{k-1} принимается H_0 .

При осаживании лопасти 5 и рабочего органа 1 над лопастью 5 образуется полость 12, которая по мере вывинчивания увеличивается.

После осаживания рабочего органа 1 и дополнительной лопасти 5 на h_1 производят их вывинчивание на высоту первой ступени (фиг. 4). Благодаря ликвидации полостей 11 между лопастями 3,5 и отсутствия полости над лопастью 3 для вывинчивания достаточно приложить к оголовку корпуса 2 только $M_{\text{кр}}$ или $M_{\text{кр}}$ и незначительного выдергивающего усилия, так как необходимая подъемная сила создается при взаимодействии лопасти 3 с грунтом.

Вследствие скрепления оболочки 6 с корпусом 2 подъемная сила, создаваемая лопастью 3, передается на оболочку 6 с лопастью 5, вследствие чего последняя беспрепятственно проходит полость 12.

При вывинчивании рабочего органа 1 происходит, кроме того, дополнительное уплотнение грунта лопастью 3.

После вывинчивания на первой ступени начинается новый цикл уплотнения грунта с первоначальным осаживанием оболочки 6 с лопастью 5 на Δh_k (фиг. 5) и с последующим одновременным осаживанием оболочки 6 с лопастью 5 и рабочего органа 1 с лопастью 3 на h_k (фиг. 6).

При этом в процессе осаживания лопасти 5 ликвидируются полости 11 между лопастями 3,5, а при одновременном осаживании лопастей 3,5 под воздействием нагрузки, передаваемой от винтовой лопасти 3 на грунт, происходит обрушение грунта по плоскости сдвига 13, заполнение им участка скважины 10 и винтовых полостей 11 с дополнительным уплотнением (фиг. 2 "В"). Обрушению грунта в сторону скважины 10 способствует выполнение лопастей 3 с наклоном в сторону наконечника 4 под углом $\beta < 90^\circ$.

Высота каждой из ступеней вывинчивания принимается в зависимости от вида уплотняемого грунта, плотности его скелета и характера динамической нагрузки P_d . Кроме того,

ВУ 6558 С1

H_k следует принимать такой, чтобы на предпоследней ступени вывинчивания из грунта вышла лопасть 5, а на последней ступени - лопасть 3.

Скорость вывинчивания рабочего органа 1 принимают из условия получения требуемой плотности скелета грунта.

В случае, если высота каждой из ступеней вывинчивания одинаковая, разность отметок завинчивания лопастей 3,5 (фиг. 1) H принимается из выражения

$$H \geq H_c + \Delta h_n, \quad (3)$$

где H_c - высота ступени вывинчивания;

Δh_n - высота осаживания дополнительной лопасти на последней ступени вывинчивания.

При назначении H по выражению (3) лопасть 3 при вывинчивании никогда не попадет в полость 12, которая на заключительных этапах имеет максимальные размеры, в противном случае будет происходить прокручивание лопасти 3 на месте вследствие отсутствия ее контакта с грунтом.

На последней ступени вывинчивания, после выхода лопасти 3 на дневную поверхность, производят дополнительное осаживание только рабочего органа 1.

В процессе вывинчивания рабочего органа 1 и оболочки 6 с лопастью 5 с их осаживанием осевой нагрузкой в грунте образуется уплотненная зона 14 с оседанием грунта.

На заключительном этапе, после полного вывинчивания рабочего органа 1 и оболочки 6 с лопастью 5, в образовавшуюся в грунте в результате его уплотнения выемку 15 подсыпается слоями малосжимаемый грунт 16 с его уплотнением трамбовками 17 (фиг. 7).

Степень уплотнения грунта может регулироваться высотой ступеней вывинчивания, величиной и характером динамической нагрузки P_d , объемом винтовых лопастей 3,5 и диаметром корпуса 2.

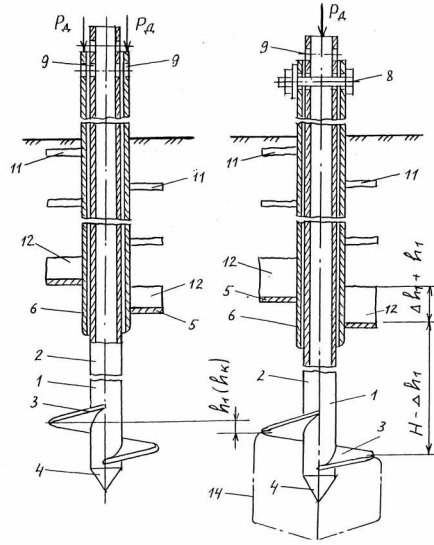
В случае необходимости значительного увеличения плотности грунта корпус 2 выполняется полым, а наконечник 4 - раскрываемым. При этом в процессе вывинчивания рабочего органа 1 и оболочки 6 производят заполнение скважины 10 малосжимаемым грунтом (на чертежах не показано).

Ликвидация полостей в грунте над винтовой лопастью рабочего органа посредством осаживания дополнительной лопасти позволяет исключить или значительно уменьшить прикладываемое к рабочему органу при его вывинчивании осевое выдергивающее усилие, что повышает эффективность уплотнения грунта. Повышению эффективности уплотнения грунта способствует также дополнительное его уплотнение винтовой лопастью рабочего органа при его вывинчивании.

Источники информации:

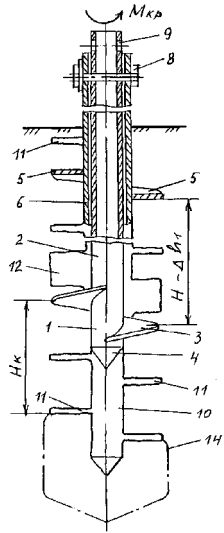
1. Патент РФ RU № 95110298, E 02D 5/30, 1997, № 19.
2. Заявка № а 19980356. МКИ E 02D 3/00, 3/046, 5/56 // АБ № 4. - 1999.

BY 6558 C1

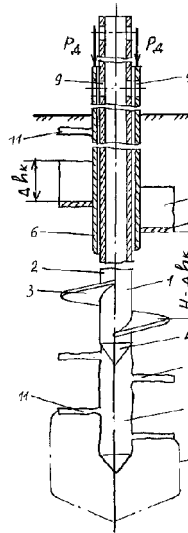


Фиг. 2

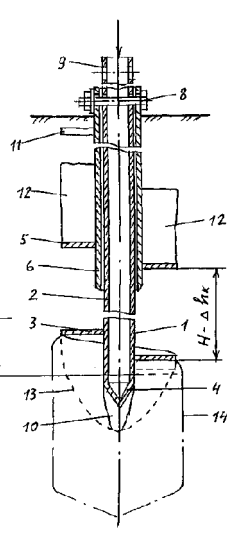
Фиг. 3



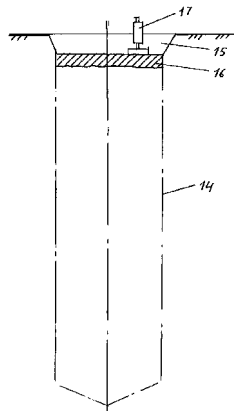
Фиг. 4



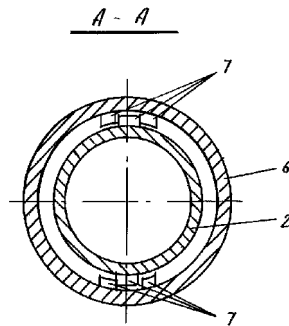
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8