

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 2618

(13) U

(46) 2006.04.30

(51)⁷ E 02D 3/046

(54)

ГРАМБОВКА ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА

(21) Номер заявки: u 20050487

(22) 2005.08.08

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Брестский государственный тех-
нический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Пчелин Вячеслав Николаевич;
Пойта Петр Степанович; Чернюк Вла-
димир Петрович (ВУ)

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

(57)

1. Грамбовка для уплотнения грунта, содержащая цилиндрический корпус, прикрепленный соосно к одному из оснований выступ и устройство для зацепления, **отличающаяся** тем, что выступ выполнен в виде втулки с кольцевым поперечным сечением, а корпус - с соосным сквозным отверстием, сообщающимся с полостью втулки, внутренний диаметр рабочего торца втулки и диаметр отверстия принимаются из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта рабочими участками торца втулки и корпуса, соответственно, а в полости втулки и отверстии корпуса монтирован с возможностью выемки из них сердечник, форма которого соответствует форме полости втулки и отверстия в корпусе, причем внутренний диаметр втулки отличается от диаметра отверстия.

2. Грамбовка по п. 1, **отличающаяся** тем, что диаметр отверстия в корпусе принимается по выражению:

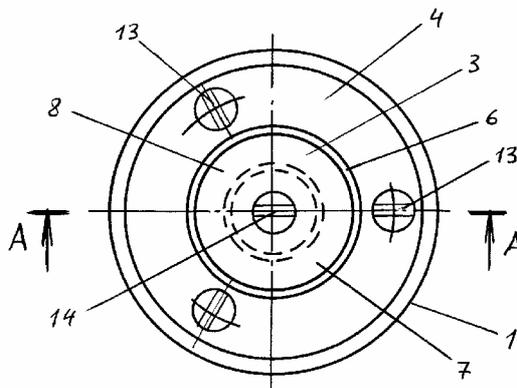
$$D_2 = D_1 \sqrt{1 - \frac{P_1}{P_1 + P_{ш}}},$$

где D_2 - диаметр отверстия в корпусе;

D_1 - наружный диаметр цилиндрического корпуса;

P_1 - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом с сердечником;

$P_{ш}$ - шаг возрастания динамических контактных напряжений.



Фиг. 1

ВУ 2618 U 2006.04.30

3. Трамбовка по п. 1, **отличающаяся** тем, что внутренний диаметр рабочего торца втулки принимается по выражению:

$$D_3 = \sqrt{D_4^2 - \frac{D_1^2 \cdot P_1}{P_1 + 2P_{ш}}},$$

где D_3 - внутренний диаметр рабочего торца втулки;

D_4 - наружный диаметр втулки;

D_1 - наружный диаметр цилиндрического корпуса;

P_1 - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом с сердечником;

$P_{ш}$ - шаг возрастания динамических контактных напряжений.

(56)

1. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований. - Брест: издательство БГТУ, 2004, рис. 6.10. - С. 126.

2. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований. - Брест: издательство БГТУ, 2004, рис. 5.6. - С. 94.

3. А.с. СССР № 1318654 SU. МПК Е 02D 3/046. Трамбовка для уплотнения связных грунтов. 1987.06.23, № 23 (прототип).

4. А.с. СССР № 1289959 SU. МПК Е 02D 3/046. Способ уплотнения связных грунтов трамбованием. 1987.02.15, № 6.

5. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований. - Брест: издательство БГТУ, 2004. - С. 99.

Полезная модель относится к строительству и может быть использована при ударном уплотнении грунта оснований фундаментов зданий и сооружений.

Известна трамбовка для уплотнения грунта, включающая цилиндрический корпус с устройством для зацепления [1]. При этом точки уплотнения располагаются на расстоянии друг от друга, принимаемом из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта рядом расположенных точек уплотнения [2].

Данная трамбовка характеризуется простотой изготовления, однако она не позволяет обеспечить создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений, что определяет повышенные энергозатраты на уплотнение грунта, небольшую глубину уплотнения и неустойчивую плотность всей массы уплотненного грунта. Кроме того, вокруг трамбовки образуется зона выпора грунта. В совокупности, вышесказанное определяет низкую эффективность уплотнения грунта.

Известна также трамбовка для уплотнения грунта, содержащая цилиндрический корпус, прикрепленный соосно к одному из оснований цилиндрический выступ, диаметр которого составляет 0,25-0,4 диаметра диска, и устройство для зацепления [3].

Благодаря выполнению корпуса трамбовки с цилиндрическим выступом после его полного вдавливания в грунт существенную величину зоны выпора накрывает цилиндрический корпус, рабочая поверхность которого в форме кольца оказывает уплотняющее воздействие на разрыхленную грунтовую массу в выпоре грунта.

Однако известная трамбовка, как и аналог, не позволяет обеспечить создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений. Кроме того, вследствие небольшого размера цилиндрического выступа, в каждой точке уплотнения обеспечивается зона уплотнения грунта незначительных размеров. В совокупности, вышесказанное определяет низкую эффективность уплотнения грунта.

Задача, на решение которой направлена предлагаемая полезная модель, состоит в том, чтобы повысить эффективность уплотнения грунта за счет обеспечения возможности соз-

BY 2618 U 2006.04.30

дания в грунте возрастающих динамических контактных напряжений и увеличения размеров зоны уплотнения грунта выступом в каждой из точек уплотнения.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в известной трамбовке для уплотнения грунта, содержащей цилиндрический корпус, прикрепленный соосно к одному из оснований выступ и устройство для зацепления, выступ выполнен в виде втулки с кольцевым поперечным сечением, а корпус - с соосным сквозным отверстием, сообщающимся с полостью втулки, внутренний диаметр рабочего торца втулки и диаметр отверстия принимаются из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта рабочими участками торца втулки и корпуса, соответственно, а в полости втулки и отверстия корпуса монтирован с возможностью выемки из них сердечник, форма которого соответствует форме полости втулки и отверстия в корпусе, причем внутренний диаметр втулки отличается от диаметра отверстия. При этом диаметр отверстия в корпусе принимается по выражению:

$$D_2 = D_1 \sqrt{1 - \frac{P_1}{P_1 + P_{ш}}}, \quad (1)$$

где D_2 - диаметр отверстия в корпусе;

D_1 - наружный диаметр цилиндрического корпуса;

P_1 - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом с сердечником; $P_{ш}$ - шаг возрастания динамических контактных напряжений.

Внутренний диаметр рабочего торца втулки принимается по выражению:

$$D_3 = \sqrt{D_4^2 - \frac{D_1^2 \cdot P_1}{P_1 + 2P_{ш}}}, \quad (2)$$

где D_3 - внутренний диаметр рабочего торца втулки;

D_4 - наружный диаметр втулки;

D_1 - наружный диаметр цилиндрического корпуса;

P_1 - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом с сердечником;

$P_{ш}$ - шаг возрастания динамических контактных напряжений.

Выполнение корпуса с отверстием и назначение диаметра отверстия и внутреннего диаметра рабочего торца втулки по выражениям (1) и (2), соответственно, а также снабжение трамбовки сердечником позволяет обеспечить создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений от 1 до 2,1 МПа, что обуславливает снижение энергозатрат на уплотнение грунта, увеличение глубины уплотнения и устойчивую плотность всей массы уплотненного грунта. Выполнение выступа в виде втулки с кольцевым поперечным сечением, внутренний диаметр рабочего торца которой принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта участками торца втулки, позволяет увеличить, по сравнению с прототипом, объем зоны уплотнения грунта выступом за счет возможности увеличения наружного диаметра выступа и использования так называемого "арочного эффекта" (в месте пересечения зон уплотнения грунта, т.е. в точке под центром втулки, происходит наложение создаваемых в грунте участками торца втулки динамических напряжений, вследствие чего плотность уплотненного грунта в указанном месте соизмерима с плотностью грунта непосредственно под торцом втулки). В совокупности, вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта. Выполнение внутреннего диаметра втулки отличающимся от диаметра отверстия (больше диаметра отверстия) обеспечивает фиксацию сердечника относительно корпуса при уплотнении грунта корпусом с сердечником, т.е. работоспособность трамбовки.

Полезная модель поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображен общий вид в плане трамбовки при уплотнении грунта цилиндрическим корпусом с сердечником; на фиг. 2 - то же, разрез "А-А" на фиг. 1; на фиг. 3 - то же, при уплотнении грунта цилиндрическим

BY 2618 U 2006.04.30

корпусом; на фиг. 4 - то же, при уплотнении грунта втулкой. Обозначения: 1 - цилиндрический корпус; 2 - нижнее основание; 3 - верхнее основание; 4 - втулка; 5 - отверстие; 6 - полость втулки; 7 - рабочий торец втулки; 8 - сердечник; 9 - ступенчатый упор; 10 - зона уплотнения грунта; 11 - отпечаток трамбовки; 12, 13, 14 - устройства для зацепления; 15 - место пересечения зон уплотнения.

Трамбовка для уплотнения грунта содержит цилиндрический корпус 1 с нижним 2 и верхним 3 основаниями (фиг. 1...4).

К верхнему основанию 3 корпуса 1 соосно прикреплен выступ в виде втулки 4 с кольцевым поперечным сечением.

Корпус 1 выполнен с соосным сквозным отверстием 5, сообщающимся с полостью 6 втулки 4.

В полости 6 втулки 4 и отверстия 5 корпуса 1 монтирован с возможностью выемки из них со стороны рабочего торца 7 втулки 4 сердечник 8, форма которого соответствует форме полости 6 втулки 4 и отверстия 5 в корпусе 1. Причем внутренний диаметр полости 6 втулки 4, в случае выемки сердечника 8 со стороны торца 7 втулки 4, принимается больше диаметра отверстия 5, благодаря чему сердечник 8 фиксируется, опираясь на ступенчатый упор 9, при нанесении удара нижним основанием 2 корпуса 1 с сердечником 8.

Диаметр отверстия 5 в корпусе 1 принимается по выражению:

$$D_2 = D_1 \sqrt{1 - \frac{P_1}{P_1 + P_{\text{ш}}}}, \quad (1)$$

где D_2 - диаметр отверстия в корпусе 1;

D_1 - наружный диаметр цилиндрического корпуса 1;

P_1 - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом 1 с сердечником 8;

$P_{\text{ш}}$ - шаг возрастания динамических контактных напряжений.

Внутренний диаметр рабочего торца втулки принимается по выражению:

$$D_3 = \sqrt{D_4^2 - \frac{D_1^2 \cdot P_1}{P_1 + 2P_{\text{ш}}}}, \quad (2)$$

где D_3 - внутренний диаметр рабочего торца 7 втулки 4;

D_4 - наружный диаметр втулки 4;

D_1 - наружный диаметр цилиндрического корпуса 1;

P_1 - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом 1 с сердечником 8;

$P_{\text{ш}}$ - шаг возрастания динамических контактных напряжений.

Наружный диаметр D_3 втулки 4, в зависимости от характеристик грунта, может быть как больше, так и меньше диаметра корпуса D_1 .

Масса и диаметр нижнего основания 2 трамбовки, высота ее сбрасывания подбираются из условия создания в грунте при нанесении удара нижним основанием 2 корпуса 1 с сердечником 8 необходимых начальных динамических контактных напряжений P_1 , которые можно принимать порядка 1...1,5 МПа.

Шаг возрастания динамических контактных напряжений $P_{\text{ш}}$ следует принимать равным 0,3...0,55 МПа, при этом в грунте, в случае нанесения удара рабочим торцом 7 втулки 4, будут создаваться динамические контактные напряжения, равные 2...2,1 МПа, благодаря чему на 15...20 % увеличивается глубина уплотнения, на 14 % снижаются энергозатраты на уплотнение и обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта [4].

Внутренний диаметр рабочего торца 7 втулки 4 и диаметр отверстия 5 должны удовлетворять условию пересечения в плане зон уплотнения 10 грунта рабочими участками торца 7 втулки и корпуса 1, соответственно.

BY 2618 U 2006.04.30

С целью обеспечения пересечения в плане зон уплотнения 10 грунта участками нижнего основания 2 корпуса 1 (кольцевым сечением) диаметр отверстия 5 должен удовлетворять условию [5]:

$$D_2 \leq \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_k}{a}\right]^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_k}{a}\right]^2}} - \delta_k, \quad (3)$$

где: $C = \left(\frac{\pi \cdot \delta_k^2}{2} \cdot \delta_1 - \frac{\pi}{24} \operatorname{tg} \phi_1 \cdot \delta_k^3 \right) \cdot (\rho_{d1} - \rho_{d1}^{\text{мп}}) - \rho_{d1}^{\text{мп}} \cdot \frac{\pi \cdot \delta_k^2}{2} \cdot \delta_1;$

$$a = -\frac{\operatorname{tg} \phi_1}{2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \ln 3 \right) \cdot (\rho_{d1} - \rho_{d1}^{\text{мп}});$$

$$b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot l_1 - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta_1 + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \operatorname{tg} \phi_1 \cdot \delta_k \right) \cdot (\rho_{d1} - \rho_{d1}^{\text{мп}});$$

δ_k - толщина стенок корпуса 1;

δ_1 - глубина отпечатка 11 трамбовки после уплотнения грунта корпусом 1;

ϕ_1 - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения 10 грунта корпусом 1;

ρ_{d1} - плотность сухого грунта после его уплотнения корпусом 1 с сердечником 8;

$\rho_{d1}^{\text{мп}}$ - требуемая плотность сухого грунта после его уплотнения корпусом 1;

l_1 - глубина уплотняемой корпусом 1 толщи грунта.

С целью обеспечения пересечения в плане зон уплотнения 10 грунта участками рабочего торца 7 втулки 4 внутренний диаметр втулки 4 должен удовлетворять условию:

$$D_3 \leq \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_b}{a}\right]^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_b}{a}\right]^2}} - \delta_b, \quad (4)$$

где $C = \left(\frac{\pi \cdot \delta_b^2}{2} \cdot \delta_2 - \frac{\pi}{24} \operatorname{tg} \phi_2 \cdot \delta_b^3 \right) \cdot (\rho_{d2} - \rho_{d2}^{\text{мп}}) - \rho_{d2}^{\text{мп}} \cdot \frac{\pi \cdot \delta_b^2}{2} \cdot \delta_2;$

$$a = -\frac{\operatorname{tg} \phi_2}{2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \ln 3 \right) \cdot (\rho_{d2} - \rho_{d2}^{\text{мп}});$$

$$b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot l_2 - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta_2 + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \operatorname{tg} \phi_2 \cdot \delta_b \right) \cdot (\rho_{d2} - \rho_{d2}^{\text{мп}});$$

δ_b - толщина стенок втулки 4;

δ_2 - глубина отпечатка 11 трамбовки после уплотнения грунта торцом 7 втулки 4;

ϕ_2 - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения 10 грунта втулкой 4;

ρ_{d2} - плотность сухого грунта после его уплотнения корпусом 1 ($\rho_{d2} = \rho_{d1}^{\text{мп}}$),

$\rho_{d2}^{\text{мп}}$ - требуемая плотность сухого грунта после его уплотнения торцом 7 втулки 4;

BY 2618 U 2006.04.30

l_2 - глубина уплотняемой втулкой 4 толщи грунта.

δ_i и φ_i могут определяться на основании пробного уплотнения трамбовкой грунта, при этом δ_i , как правило, принимается не более 0,6...0,8 м, так как в противном случае затрудняется выемка трамбовки из грунта.

Для обеспечения подъема трамбовки на расчетную высоту и выемки сердечника 8 нижнее основание 2, торец 7 втулки 4 и сердечник 8 снабжены устройствами для зацепления 12, 13, 14, соответственно, которые, например, могут быть выполнены в виде втопленных монтажных петель.

Для подъема и сбрасывания трамбовки могут использоваться различные грузоподъемные машины: монтажные краны, краны-экскаваторы и т.д. (на чертежах не показано).

Трамбовка работает следующим образом.

На первом этапе уплотнения путем многократного подъема и сбрасывания трамбовкой наносятся удары нижним основанием 2 корпуса 1 с сердечником 8 (см. фиг. 1) с максимальной рабочей площадью, при этом в грунте создаются динамические контактные напряжения 1...1,5 МПа. В этом случае подъем трамбовки производится с ее зацеплением за устройство для зацепления 13 втулки 4.

На втором этапе вынимают сердечник 8 из отверстия 5 корпуса 1 и полости 6 втулки 4 и производят уплотнение грунта нижним основанием 2 корпуса 1 (кольцевым сечением, уже без сердечника 8), при этом, благодаря уменьшению рабочей площади контакта, создаются динамические контактные напряжения 1,3... 1,8 МПа (фиг. 3).

На третьем этапе трос грузоподъемной машины открепляют от устройства для зацепления 13 втулки 4, поворачивают трамбовку на 180°, цепляют ее за устройство для зацепления 12 нижнего основания 2 и производят заключительный этап уплотнения путем нанесения ударов торцом втулки 4 до отказа понижения поверхности (фиг. 4), при этом, вследствие дальнейшего уменьшения рабочей площади контакта, создаются динамические контактные напряжения 1,6...2,1 МПа.

Вследствие создания в грунте увеличивающихся динамических контактных напряжений повышается на 15...20 % глубина уплотнения, на 14 % снижаются энергозатраты на уплотнение и обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта [4].

На втором и третьем этапах уплотнения, благодаря назначению диаметра отверстия 5 по (3), а диаметра полости 6 втулки 4 - по (4), происходит пересечение зон уплотнения 10 грунта участками кольцевого сечения корпуса 1 и торца 7 втулки 4 с созданием в месте пересечения 15 динамических напряжений, обеспечивающих необходимую степень уплотнения грунта по всему контуру трамбовки.

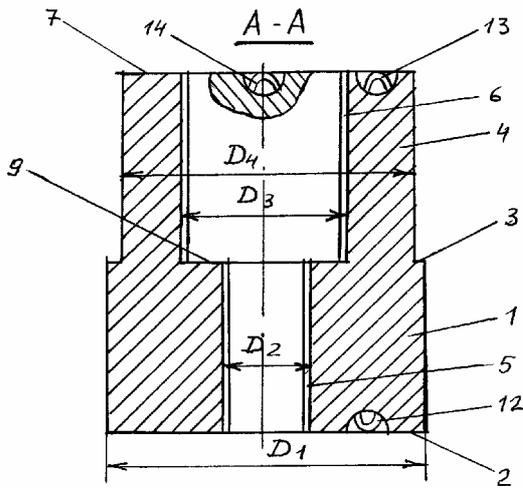
Для облегчения поворота трамбовки к одной из боковых граней можно прикрепить петлю (на чертежах не показано), при подъеме за которую трамбовка поворачивается на 90°, после чего трамбовку поднимают за устройство для зацепления 12 нижнего основания 2, при этом трамбовка окончательно поворачивается на 180°.

На всех этапах уплотнения точки уплотнения располагаются на расстоянии друг от друга, принимаемом из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта рядом расположенных точек уплотнения [2].

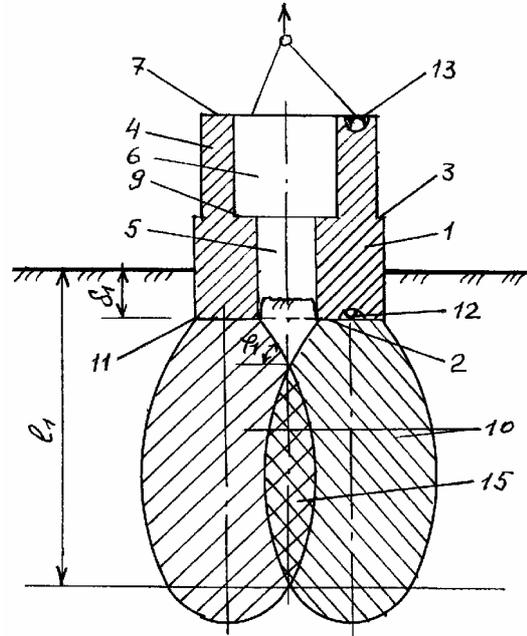
Выполнение корпуса 1 с отверстием 5 и назначение диаметра отверстия 5 и внутреннего диаметра рабочего торца 7 втулки 4 по выражениям (1) и (2), соответственно, а также снабжение трамбовки сердечником 8 позволяет обеспечить создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений от 1 до 2,1 МПа, что обуславливает снижение на 14 % энергозатрат на уплотнение грунта, увеличение на 15...20 % глубины уплотнения и получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта. Изготовление выступа в виде втулки 4 с кольцевым поперечным сечением, внутренний диаметр рабочего торца 7 которой принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения 10 грунта участками торца 7 втулки 4, позволяет увеличить, по сравнению с прототипом, объем зоны

BY 2618 U 2006.04.30

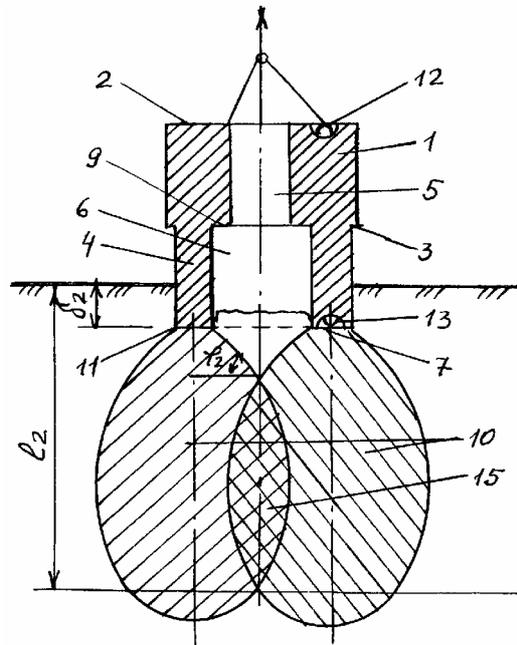
уплотнения 10 грунта выступом за счет возможности увеличения наружного диаметра выступа и использования так называемого "арочного эффекта" (в месте пересечения 15 зон уплотнения 10 грунта, т.е. в точке под центром втулки 4, происходит наложение создаваемых в грунте участками торца 7 втулки 4 динамических напряжений, вследствие чего плотность уплотненного грунта в указанном месте соизмерима с плотностью грунта непосредственно под торцом 7 втулки 4). В совокупности вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4