

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9582

(13) С1

(46) 2007.08.30

(51) МПК (2006)

Е 02D 3/00

(54)

ГРАМБОВКА ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА

(21) Номер заявки: а 20050770

(22) 2005.07.27

(43) 2007.03.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Пчелин Вячеслав Николаевич; Пойта Пётр Степанович; Чернюк Владимир Петрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (ВУ)

(56) SU 1318654 A1, 1987.

SU 1094899 A, 1984.

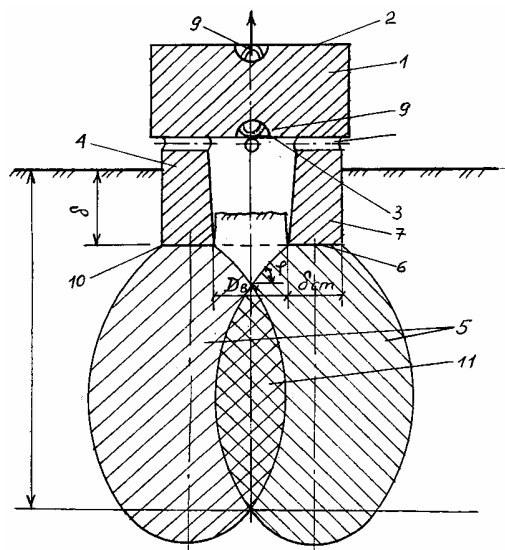
SU 1335643 A1, 1987.

SU 1654454 A1, 1991.

(57)

1. Трамбовка для уплотнения грунта, содержащая цилиндрический корпус, прикрепленный соосно к одному из оснований цилиндрического корпуса выступ и устройство для зацепления, обеспечивающее нанесение ударов по грунту выступом, отличающаяся тем, что выступ выполнен в виде втулки с кольцевым поперечным сечением, внутренний диаметр рабочего торца которой принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта участками торца втулки, а цилиндрический корпус снабжен дополнительным устройством для зацепления, обеспечивающим нанесение ударов по грунту цилиндрическим корпусом, причем в стенке верхней части втулки выполнены сквозные отверстия, соединяющие полость втулки с атмосферой, а рабочая площадь F торца втулки определяется из выражения:

$$F = \frac{F_k P_k}{P_k + P_{ш}}$$



Фиг. 3

ВУ 9582 С1 2007.08.30

где F_k - рабочая площадь цилиндрического корпуса;

P_k - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом;

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

2. Трамбовка по п. 1, **отличающаяся** тем, что внутренний диаметр $D_{вн}$ рабочего торца втулки определяется из выражения:

$$D_{вн} \leq \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_{ст}}{a}\right]^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_{ст}}{a}\right]^2}} - \delta_{ст},$$

где $c = \left(\frac{\pi\delta_{ст}^2}{2}\delta - \frac{\pi}{24}\delta_{ст}^2 \text{tg}\varphi\right)(\rho_d - \rho_d^{тп}) - \rho_d^{тп} \frac{\pi\delta_{ст}^2}{2}\delta$;

$a = -\frac{\text{tg}\varphi}{2}\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4}\ln 3\right)(\rho_d - \rho_d^{тп})$;

$b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4}1 - \frac{\sqrt{3}}{4}\delta + \frac{\sqrt{3}}{4}\delta_{ст}\text{tg}\varphi\right)(\rho_d - \rho_d^{тп})$;

$\delta_{ст}$ - толщина стенки рабочего торца втулки;

δ - глубина отпечатка втулки трамбовки после уплотнения ею грунта;

φ - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения грунта втулкой;

ρ_d - плотность сухого грунта до его уплотнения втулкой;

$\rho_d^{тп}$ - требуемая плотность сухого грунта после уплотнения втулкой;

1 - глубина уплотняемой толщи грунта.

3. Трамбовка по п. 1, **отличающаяся** тем, что внутренний диаметр втулки увеличивается в направлении от ее рабочего торца к цилиндрическому корпусу.

Изобретение относится к строительству и может быть использовано 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 к одному из оснований цилиндрический выступ, диаметр которого составляет 0,25-0,4 диаметра диска, и устройство для зацепления [3] (прототип).

Благодаря выполнению корпуса трамбовки с цилиндрическим выступом после его полного вдавливания в грунт существенную величину зоны выпора накрывает цилиндри-

ческий 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 направлено предлагаемое изобретение, состоит в том, чтобы повысить эффективность уплотнения грунта за счет обеспечения возможности создания 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, обеспечивающее нанесение ударов по грунту выступом, выступ выполнен в виде втулки с кольцевым поперечным сечением, внутренний диаметр рабочего торца которой принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта участками торца втулки, а цилиндрический корпус снабжен дополнительным устройством для зацепления, обеспечивающим нанесение ударов по грунту цилиндрическим корпусом, причем в стенке верхней части втулки выполнены сквозные отверстия, соединяющие полость втулки с атмосферой, а рабочая площадь F торца втулки определяется из выражения:

$$F = \frac{F_k \cdot P_k}{P_k + P_{ш}},$$

где F_k - рабочая площадь цилиндрического корпуса;

P_k - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом;

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

При этом внутренний диаметр $D_{вн}$ рабочего торца втулки определяется из выражения:

$$D_{вн} \leq \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_{ст}}{a}\right]^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_{ст}}{a}\right]^2}} - \delta_{ст},$$

где $c = \left(\frac{\pi \cdot \delta_{ст}^2}{2} \cdot \delta - \frac{\pi}{24} \operatorname{tg} \varphi \cdot \delta_{ст}^3\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тп}) - \rho_d^{тп} \cdot \frac{\pi \cdot \delta_{ст}^2}{2} \cdot \delta$;

$$a = -\frac{\operatorname{tg} \varphi}{2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \ln 3\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тп});$$

$$b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 1 - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \delta_{ст}\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тп});$$

$\delta_{ст}$ - толщина стенки рабочего торца втулки;

δ - глубина отпечатка выступов трамбовки после уплотнения грунта;

φ - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения грунта выступами;

ρ_d - плотность сухого грунта до его уплотнения выступами;

$\rho_d^{тп}$ - требуемая плотность сухого грунта после уплотнения выступами;

l - глубина уплотняемой толщи грунта.

Причем внутренний диаметр втулки увеличивается в направлении от ее рабочего торца к цилиндрическому корпусу.

Снабжение корпуса дополнительным устройством для зацепления, обеспечивающим нанесение ударов по грунту цилиндрическим корпусом, и определение рабочей площади торца втулки из выражения $F = \frac{F_k \cdot P_k}{P_k + P_{ш}}$ позволяют обеспечить создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений, 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).

$$F = \frac{F_k \cdot P_k}{P_k + P_{ш}}$$

Определение внутреннего диаметра $D_{вн}$ рабочего торца втулки из выражения:

$$D_{вн} \leq \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_{ст}}{a}\right]^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{\delta_{ст}}{a}\right]^2}} - \delta_{ст},$$

обеспечивает пересечение в плане зон уплотнения грунта участками торца втулки. В совокупности вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта. Благодаря выполнению в стенке верхней части втулки сквозных отверстий, соединяющих полость втулки с атмосферой, а втулки - с внутренним диаметром, увеличивающимся в направлении от ее рабочего торца к корпусу, устраняется воздушная подушка при нанесении удара втулкой и облегчается отрыв втулки при ее выемке от грунта, т.е. обеспечивается работоспособность трамбовки.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображен общий вид в плане трамбовки при уплотнении грунта цилиндрическим корпусом; на фиг. 2 - то же, разрез "А-А" на фиг. 1; на фиг. 3 - то же, при уплотнении грунта втулкой. Обозначения: 1 - цилиндрический корпус; 2 - нижнее основание; 3 - верхнее основание; 4 - втулка; 5 - зона уплотнения грунта; 6 - рабочий торец втулки; 7 - стенка втулки; 8 - отверстия; 9 - устройство для зацепления; 10 - отпечаток втулки; 11 - место пересечения зон уплотнения.

Трамбовка для уплотнения грунта содержит цилиндрический корпус 1 с нижним 2 и верхним 3 основаниями (фиг. 1...3). К верхнему основанию 3 корпуса 1 соосно прикреплен выступ в виде втулки 4 с кольцевым поперечным сечением, внутренний диаметр рабочей части которой принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения 5 грунта участками торца 6 втулки 4.

В стенке 7 верхней части втулки 4 выполнены сквозные отверстия 8, соединяющие полость втулки 4 с атмосферой.

Благодаря выполнению в стенке 7 верхней части втулки 4 сквозных отверстий 8, соединяющих полость втулки 4 с атмосферой, устраняется воздушная подушка при нанесении удара втулкой 4 и облегчается отрыв втулки при ее выемке от грунта.

ВУ 9582 С1 2007.08.30

Для обеспечения подъема трамбовки на расчетную высоту ниже 2 и верхнее 3 основания снабжены устройствами для зацепления 9, которые, например, могут быть выполнены в виде втопленных монтажных петель.

Масса и рабочая площадь нижнего основания 2 трамбовки, высота ее сбрасывания подбираются из условия создания в грунте при нанесении удара нижним основанием 2 (корпусом 1) необходимых начальных динамических контактных напряжений P_k , которые можно принимать порядка 1...1,5 МПа.

Рабочая площадь торца 6 втулки 4 определяется из выражения:

$$F = \frac{F_k \cdot P_k}{P_k + P_{ш}}, \quad (1)$$

где F_k - рабочая площадь цилиндрического корпуса 1;

P_k - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении цилиндрическим корпусом 1;

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

Шаг возрастания динамических контактных напряжений $P_{ш}$ следует принимать равным 0,6...1 МПа, при этом в грунте, в случае нанесения удара втулкой 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].

Для облегчения выемки втулки 4 из грунта, после нанесения удара, последняя выполнена с внутренним диаметром, увеличивающимся в направлении от ее рабочего торца 6 к корпусу 1.

С целью обеспечения пересечения в плане зон уплотнения 5 грунта участками торца 6 втулки 4 внутренний диаметр $D_{вн}$ рабочего торца 6 втулки 4 определяется из выражения:

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

где $c = \left(\frac{\pi \cdot \delta_{ст}^2}{2} \cdot \delta - \frac{\pi}{24} \operatorname{tg} \varphi \cdot \delta_{ст}^3\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тп}) - \rho_d^{тп} \cdot \frac{\pi \cdot \delta_{ст}^2}{2} \cdot \delta$;

$a = -\frac{\operatorname{tg} \varphi}{2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \ln 3\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тп})$;

$b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot l - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \delta_{ст}\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тп})$;

$\delta_{ст}$ - толщина стенки рабочего торца втулки 4;

δ - глубина отпечатка втулки 4 трамбовки после уплотнения ею грунта;

φ - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения 5 грунта втулкой 4;

ρ_d - плотность сухого грунта до его уплотнения втулкой 4;

$\rho_d^{тп}$ - требуемая плотность сухого грунта после уплотнения втулкой 4;

l - глубина уплотняемой толщи грунта.

ВУ 9582 С1 2007.08.30

δ и φ могут определяться на основании пробного уплотнения трамбовкой грунта, при этом δ , как правило, принимается не более 0,6...0,8 м, так как в противном случае затрудняется выемка втулки 4 из грунта.

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 (фиг. 1) с рабочей площадью F_k , при этом в грунте создаются динамические контактные напряжения 1...1,5 МПа.

На втором этапе, после уплотнения всей площади грунтового массива корпусом 1, трос грузоподъемной машины открепляют от устройства для зацепления 9 верхнего основания 3, поворачивают трамбовку на 180°, цепляют ее за устройство для зацепления 9 нижнего основания 2 и производят заключительный этап уплотнения путем нанесения ударов втулкой 4 до отказа понижения поверхности с образованием отпечатков 10 и полным формированием пересекающихся зон уплотнения 5 грунта (фиг. 3).

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 9 нижнего основания 2, при этом трамбовка окончательно поворачивается на 180°.

В процессе уплотнения грунта втулкой 4 в нем создаются динамические контактные напряжения 2...2,1 МПа, вследствие чего на 15...20 % увеличивается глубина уплотнения, на 14 % снижаются энергозатраты на уплотнение и обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта [4].

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

Снабжение корпуса 1 дополнительным устройством 9 для зацепления, обеспечивающим нанесение ударов по грунту цилиндрическим корпусом 1, и определение рабочей площади торца 6 втулки 4 из выражения (1) позволяет обеспечить создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений и, тем самым, снижение на 14 % энергозатрат на уплотнение грунта, увеличение на 15...20 % глубины уплотнения и устойчивую плотность всей массы уплотненного грунта. Выполнение выступа в виде втулки 4 с кольцевым поперечным сечением, внутренний диаметр рабочего торца 6 которой принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения 5 грунта участками торца 6 втулки 4, позволяет увеличить, при одинаковой рабочей площади выступа с прототипом, объем зоны уплотнения грунта выступом. Определение внутреннего диаметра рабочего торца втулки из выражения (2) обеспечивает пересечение в плане зон уплотнения грунта участками торца втулки. В совокупности вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта.

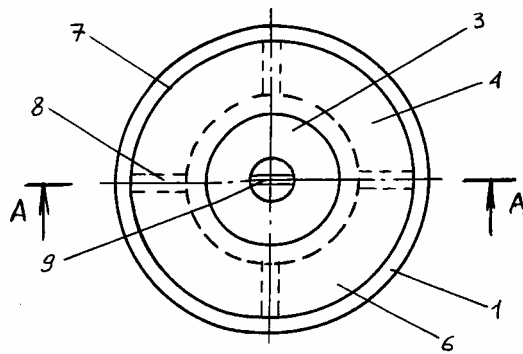
Источники информации:

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

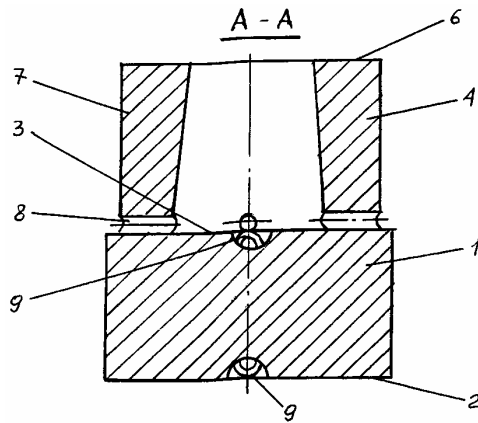
2. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований. - Брест: издательство БГТУ, 2004. - С. 94, рис. 5.6.

3. А.с. СССР 1318654, МПК Е 02D 3/046, 1987.

4. А.с. СССР 1289959, МПК Е 02D 3/046, 1987.



Фиг. 1



Фиг. 2