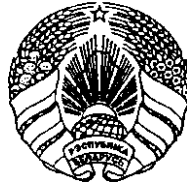


# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 2378

(13) U

(46) 2005.12.30

(51)<sup>7</sup> E 02D 3/046

(54)

## ГРАМБОВКА ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА

(21) Номер заявки: u 20050326

(22) 2005.06.01

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

(72) Авторы: Пойта Петр Степанович; Пче-  
лин Вячеслав Николаевич; Чернюк  
Владимир Петрович (ВУ)

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

(57)

1. Трамбовка для уплотнения грунта, содержащая корпус с горизонтальными нижним и верхним основаниями, прикрепленный к нижнему основанию выступ и устройство для зацепления, отличающаяся тем, что корпус выполнен в виде прямой четырехгранной призмы, нижнее основание корпуса снабжено дополнительными выступами и дополнительным устройством для зацепления, а выступы выполнены с лежащими в одной горизонтальной плоскости рабочими участками и расположены симметрично относительно оси корпуса и с зазорами относительно друг друга, причем ширина каждого из зазоров принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта каждым из выступов, сечение зазоров выполнено в виде ласточкиного хвоста, а рабочая площадь каждого из выступов принимается по выражению:

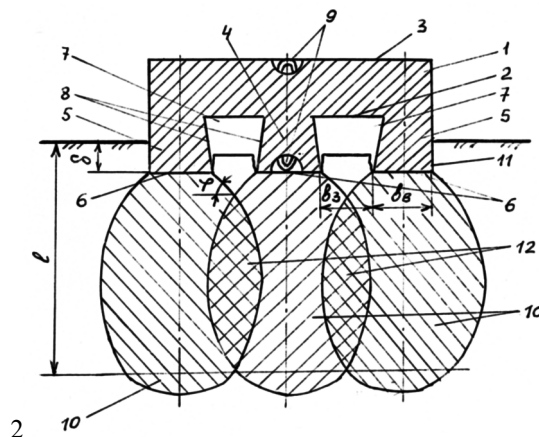
$$F = \frac{F_{\text{во}} \cdot P_{\text{во}}}{n(P_{\text{во}} + P_{\text{ш}})},$$

где  $F_{\text{во}}$  - рабочая площадь верхнего основания корпуса;

$P_{\text{во}}$  - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении верхним основанием;

$n$  - количество выступов на нижнем основании;

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



Фиг. 2

ВУ 2378 U 2005.12.30

2. Трамбовка по п. 1, **отличающаяся** тем, что ширина каждого из зазоров между выступами принимается по выражению:

$$b_3 = \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{b_B}{a}\right]^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{b_B}{a}\right]^2}} - b_B,$$

где  $C = \left(\frac{\pi \cdot b_B^2}{2} \cdot \delta - \frac{\pi}{24} \operatorname{tg} \phi \cdot b_B^3\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{mp}}) - \rho_d^{\text{mp}} \cdot \frac{\pi \cdot b_B^2}{2} \cdot \delta;$

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

$$b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot l - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \operatorname{tg} \phi \cdot b_B\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{mp}});$$

$b_B$  - ширина выступа;

$\delta$  - глубина отпечатка выступов трамбовки после уплотнения грунта;

$\phi$  - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения грунта выступами;

$\rho_d$  - плотность сухого грунта до его уплотнения выступами;

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

$l$  - глубина уплотняемой толщи грунта.

(56)

1. Лычко Ю.М. Уплотнение шлаковых отвалов при реконструкции Магнитогорского металлургического комбината // Основания и фундаменты.-1988.- № 4. - С. 5.

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

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

4. А.с. СССР № 1289959 SU, 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 корпус в виде прямой четырехгранной призмы 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, обеспечивается невысокая плотность грунта в местах пересечения зон уплотнения грунта рядом

расположенных точек уплотнения, вследствие создания в местах пересечения зон уплотнения незначительных динамических напряжений, в каждом из циклов уплотнения грунта основания наносится удар только в одной точке уплотнения, что определяет невысокую производительность трамбовки, и вокруг трамбовки образуется зона выпора грунта. В совокупности, вышесказанное определяет низкую эффективность уплотнения грунта.

Известна также трамбовка для уплотнения грунта, содержащая дисковый корпус с горизонтальными нижним и верхним основаниями, прикрепленный к нижнему основанию цилиндрический выступ, диаметр которого составляет 0,25-0,4 диаметра диска [3].

Благодаря выполнению корпуса трамбовки с цилиндрическим выступом после его полного вдавливания в грунт существенную величину зоны выпора накрывает дисковый 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, обеспечивается невысокая плотность грунта в местах пересечения зон уплотнения грунта рядом расположенных точек уплотнения и в каждом из циклов уплотнения грунта основания наносится удар только в одной точке уплотнения, что определяет невысокую производительность трамбовки. 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 создания в грунте возрастающих динамических контактных напряжений и увеличения производительности трамбовки и плотности грунта в местах пересечения зон уплотнения грунта рядом расположенных точек уплотнения благодаря одновременному нанесению удара сразу в нескольких точках уплотнения.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в известной трамбовке для уплотнения грунта, содержащей корпус с горизонтальными нижним и верхним основаниями, прикрепленный к нижнему основанию выступ и устройство для зацепления, корпус выполнен в виде прямой четырехгранной призмы, нижнее основание корпуса снабжено дополнительными выступами и дополнительным устройством для зацепления, а выступы выполнены с лежащими в одной горизонтальной плоскости рабочими участками и расположены симметрично относительно оси корпуса и с зазорами относительно друг друга, причем ширина каждого из зазоров принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта каждым из выступов, сечение зазоров выполнено в виде ласточкиного хвоста, а рабочая площадь каждого из выступов принимается по выражению:

$$F = \frac{F_{\text{во}} \cdot P_{\text{во}}}{n(P_{\text{во}} + P_{\text{ш}})},$$

где  $F_{\text{во}}$  - рабочая площадь верхнего основания корпуса;

$P_{\text{во}}$  - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении верхним основанием;

$n$  - количество выступов на нижнем основании;

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

Ширина каждого из зазоров между выступами принимается по выражению:

$$b_3 = \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{b_B}{a}\right]^2}} + \\ + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{b_B}{a}\right]^2}} - b_B,$$

$$\text{где } C = \left( \frac{\pi \cdot b_B^2}{2} \cdot \delta - \frac{\pi}{24} \operatorname{tg} \phi \cdot b_B^3 \right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{мп}}) - \rho_d^{\text{мп}} \cdot \frac{\pi \cdot b_B^2}{2} \cdot \delta;$$

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

$$b = \left( \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot l - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \operatorname{tg} \phi \cdot b_B \right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{мп}});$$

$b_B$  - ширина выступа;

$\delta$  - глубина отпечатка выступов трамбовки после уплотнения грунта;

$\phi$  - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения грунта выступами;

$\rho_d$  - плотность сухого грунта до его уплотнения выступами;

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

$l$  - глубина уплотняемой толщи грунта.

Выполнение корпуса в виде прямой четырехгранной призмы, снабжение нижнего основания корпуса дополнительными выступами и дополнительным устройством для зацепления, расположение выступов с зазорами относительно друг друга, ширина каждого из которых принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта каждым из выступов, и принятие рабочей площади каждого из выступов по выражению (1) позволяет обеспечить создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений, при поочередном уплотнении грунта верхним основанием и выступами, и нанесение одновременного удара выступами сразу в нескольких точках уплотнения, благодаря чему в местах пересечения, создаваемых выступами зон уплотнения грунта, создаются увеличенные динамические напряжения и тем самым увеличивается плотность грунта, и повышается производительность трамбовки за счет сокращения количества циклов ее работы. Назначение ширины зазора по выражению (2) обеспечивает пересечение в плане зон уплотнения грунта каждым из выступов. Выполнение зазоров с сечением в виде ласточкиного хвоста облегчает выемку трамбовки из грунта при нанесении удара выступами и предотвращает вероятность забивки зазоров грунтом. В совокупности, вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта. Расположение выступов симметрично относительно оси корпуса позволяет исключить возможный перекося трамбовки при нанесении ударов, т.е. обеспечивает работоспособность трамбовки.

Полезная модель поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображена трамбовка при уплотнении грунта верхним основанием, вид сбоку; на фиг. 2 - то же, при уплотнении грунта выступами, в разрезе. Обозначения: 1 - корпус; 2 - нижнее основание; 3 - верхнее основание; 4 - основной выступ; 5 - дополнительные выступы; 6 - рабочие участки выступов; 7 - зазор; 8 - внутренние грани выступов; 9 - устройство для зацепления; 10 - зоны уплотнения грунта выступами; 11 - отпечаток выступов; 12 - место пересечения зон уплотнения.

Трамбовка для уплотнения грунта содержит корпус 1 с горизонтальными нижним 2 и верхним 3 основаниями (фиг. 1, 2). Корпус 1 выполнен в виде прямой четырехгранной призмы. К нижнему основанию 2 корпуса 1 прикреплены основной 4 и дополнительные 5 выступы. Выступы 4, 5 выполнены с лежащими в одной горизонтальной плоскости рабочими участками 6 и расположены симметрично относительно оси корпуса 1 и с зазорами 7 относительно друг друга. Количество дополнительных выступов 5 принимается не менее одного, только в этом случае между выступами 4, 5 можно образовать хотя бы один зазор 7. Вертикальное поперечное сечение зазоров выполнено в виде ласточкиного хвоста, благодаря чему уменьшаются силы трения между внутренними, обращенными друг к другу, гранями 8 и поступающим в зазоры 7 грунтом при его уплотнении выступами 4, 5 и облегчается последующая выемка трамбовки (фиг. 2).

# ВУ 2378 U 2005.12.30

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

Масса и рабочая площадь верхнего основания 3 трамбовки, высота ее сбрасывания подбираются из условия создания в грунте при нанесении удара верхним основанием 3 необходимых начальных динамических контактных напряжений  $P_{во}$ , которые можно принимать порядка 1...1,5 МПа.

Рабочая площадь каждого из выступов 4, 5 принимается по выражению:

$$F = \frac{F_{во} \cdot P_{во}}{n(P_{во} + P_{ш})}, \quad (1)$$

где  $F_{во}$  - рабочая площадь верхнего 3 основания корпуса 1;

$P_{во}$  - создаваемые в грунте динамические контактные напряжения при его уплотнении верхним основанием 3;

$n$  - количество выступов 4, 5 на нижнем основании 2;

$P_{ш}$  - 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 выступами 4, 5, 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].

Ширина каждого из зазоров 7 (фиг. 2) принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения 10 грунта каждым из выступов 4, 5 по выражению [5]:

$$b_3 = \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{b_B}{a}\right]^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c}{2a} - \left(\frac{b}{3a}\right)^3 - \sqrt{\left[-\frac{1}{9}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^3 + \left[2\left(\frac{b}{3a}\right)^3 + \frac{b_B}{a}\right]^2}} - b_B, \quad (2)$$

$$\text{где } C = \left( \frac{\pi \cdot b_B^2}{2} \cdot \delta - \frac{\pi}{24} \operatorname{tg} \phi \cdot b_B^3 \right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{мп}}) - \rho_d^{\text{мп}} \cdot \frac{\pi \cdot b_B^2}{2} \cdot \delta;$$

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

$$b = \left( \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot l - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \operatorname{tg} \phi \cdot b_B \right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{мп}});$$

$b_B$  - ширина выступа 4 или 5;

$\delta$  - глубина отпечатка 11 выступов 4, 5 трамбовки после уплотнения грунта;

$\phi$  - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения 10 грунта выступами 4, 5;

$\rho_d$  - плотность сухого грунта до его уплотнения выступами 4, 5;

$\rho_d^{\text{мп}}$  - требуемая плотность сухого грунта после уплотнения выступами 4, 5;

$l$  - глубина уплотняемой толщи грунта.

$\delta$  и  $\phi$  могут определяться на основании пробного уплотнения трамбовкой грунта, при этом  $\delta$ , как правило, принимается не более 0,6...0,8 м, так как в противном случае затрудняется выемка выступов 4, 5 из грунта.

## BY 2378 U 2005.12.30

Высота выступов 4, 5 должна на 5...10 см превышать глубину отпечатков 11 выступов 4, 5 после уплотнения ими 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 верхним ее основанием 3 (см. фиг. 1) с рабочей площадью  $F_{во}$ , при этом в грунте создаются динамические контактные напряжения 1...1,5 МПа.

Затем, после уплотнения всей площади грунтового массива, трос грузоподъемной машины открепляют от устройства для зацепления 9 нижнего основания 2, поворачивают трамбовку на 180°, цепляют ее за устройство для зацепления 9 верхнего основания 3 и производят заключительный этап уплотнения путем нанесения ударов выступами 4, 5 до отказа понижения поверхности с образованием отпечатков 11 выступов 4, 5 и полным формированием пересекающихся зон уплотнения 10 грунта (фиг. 2).

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 верхнего основания 3, при этом трамбовка окончательно поворачивается на 180°.

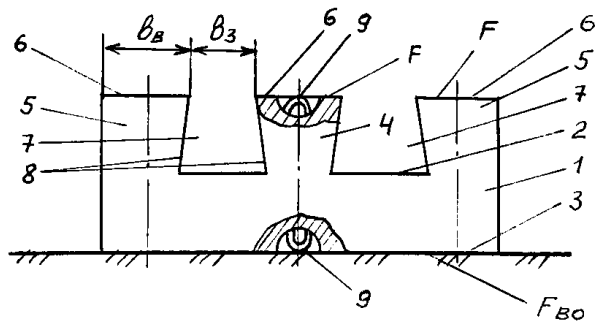
В процессе уплотнения грунта выступами 4, 5 в нем создаются динамические контактные напряжения 2...2,1 МПа, вследствие чего на 15...20 % увеличивается глубина уплотнения, на 14 % снижаются энергозатраты на уплотнение и обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта [4].

Кроме того, выступами 4, 5 одновременно наносится сразу несколько ударов, количество которых соответствует количеству выступов 4, 5, благодаря чему в центре (в наиболее удаленных от выступов 4, 5 точках) мест пересечения 12 зон уплотнения 10 грунта создаются увеличенные примерно в 2 раза динамические напряжения, обеспечивающие повышение степени уплотнения грунта (фиг. 2).

Расположение выступов 4, 5 симметрично относительно оси корпуса 1 позволяет исключить возможный перекося трамбовки при нанесении удара выступами 4, 5, т.е. обеспечивает работоспособность трамбовки.

Благодаря выполнению корпуса 1 в виде прямой четырехгранной призмы, снабжению нижнего основания 2 корпуса 1 дополнительными выступами 5 и дополнительным устройством для зацепления 9, расположению выступов 4, 5 с зазорами 7 относительно друг друга, ширина каждого из которых принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения 10 грунта каждым из выступов 4, 5, и принятию рабочей площади каждого из выступов 4, 5 по выражению (1) обеспечивается создание в грунте возрастающих динамических контактных напряжений, при поочередном уплотнении грунта верхним основанием 3 и выступами 4, 5, и нанесение одновременного удара выступами 4, 5 сразу в нескольких точках уплотнения, благодаря чему в местах пересечения 12, создаваемых выступами 4, 5 зон уплотнения 10 грунта, создаются увеличенные динамические напряжения и тем самым увеличивается плотность грунта, и повышается производительность трамбовки за счет сокращения количества циклов ее работы. Назначение ширины зазора 7 по выражению (2) обеспечивает пересечение в плане зон уплотнения 10 грунта каждым из выступов. Выполнение зазоров 7 с сечением в виде ласточкиного хвоста облегчает выемку трамбовки из грунта при нанесении удара выступами и предотвращает вероятность забивки зазоров 7 грунтом. В совокупности, вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта.

# ВУ 2378 U 2005.12.30



Фиг. 1