

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9995

(13) С1

(46) 2007.12.30

(51) МПК (2006)

E 02D 3/00

(54)

СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ТРАМБОВАНИЕМ

(21) Номер заявки: а 20051236

(22) 2005.12.13

(43) 2007.08.30

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

(72) Авторы: Пойта Пётр Степанович; Пчелин Вячеслав Николаевич; Левчук Александра Александровна (ВУ)

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

(56) SU 1335643 A1, 1987.

SU 850810, 1981.

BY 5234 C1, 2003.

SU 1560668 A1, 1990.

SU 1770525 A1, 1992.

SU 672275, 1979.

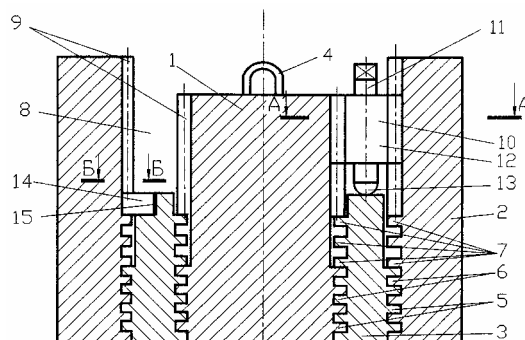
BY 1923 U, 2005.

BY 1958 U, 2005.

(57)

Способ уплотнения грунта трамбованием, при котором сбрасывают трамбовку, состоящую из концентрично расположенных с возможностью их вертикального перемещения друг относительно друга внешней, промежуточной и внутренней секций, до отказа понижения поверхности и создают в процессе уплотнения в грунте возрастающие динамические напряжения путем уменьшения рабочей площади трамбовки, **отличающийся** тем, что уменьшение рабочей площади трамбовки производят путем последовательного подъема и фиксации внутренней, а затем промежуточной секций, причем внутренние радиусы внешней и промежуточной секций соответствуют условию пересечения в плане зон уплотнения грунта рабочими участками внешней и промежуточной секций совместно с внешней секцией соответственно, а наружные радиусы R_n внутренней и промежуточной секций соответствуют выражению:

$$R_n = R_3 \sqrt{1 - \frac{1}{1 + nP_{ш} / P_n}}$$



Фиг. 1

ВУ 9995 С1 2007.12.30

ВУ 9995 С1 2007.12.30

где $n = 1$ для радиуса внутренней секции;

$n = 2$ для радиуса промежуточной секции;

R_3 - наружный радиус внешней секции;

$R_{ш}$ - шаг возрастания создаваемых в грунте динамических напряжений;

P_n - создаваемое в грунте начальное динамическое напряжение при его уплотнении трамбовкой с максимальной рабочей площадью.

Изобретение относится к строительству и может быть использовано при ударном уплотнении грунта оснований фундаментов зданий и сооружений.

Известен способ уплотнения грунтов трамбованием, при котором сбрасывают трамбовку до отказа понижения поверхности и создают в процессе уплотнения в грунте возрастающие динамические напряжения путем уменьшения рабочей площади трамбовки, причем уменьшение рабочей площади достигается посредством замены трамбовок [1]. Благодаря возможности создания в грунте возрастающих динамических напряжений от 0,6 до 2,1 МПа на 15...20 % увеличивается глубина уплотнения, на 14 % снижаются энергозатраты на уплотнение и обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта.

Однако для реализации данного способа необходимо наличие на объекте набора трамбовок с различной рабочей площадью, обеспечивающих создание в грунте возрастающих динамических напряжений, что определяет повышение стоимости уплотнения. Кроме того, замена трамбовок связана с увеличением затрат труда на производство работ по уплотнению грунтов. В совокупности вышесказанное определяет низкую эффективность уплотнения грунта.

Известен также способ уплотнения грунтов трамбованием, при котором сбрасывают трамбовку, состоящую из концентрично расположенных с возможностью их вертикального перемещения друг относительно друга внешней, промежуточной и внутренней секций, до отказа понижения поверхности и создают в процессе уплотнения в грунте возрастающие динамические напряжения путем уменьшения рабочей площади трамбовки [2].

Благодаря изготовлению трамбовки из концентрично расположенных с возможностью их вертикального перемещения друг относительно друга внешней, промежуточной и внутренней секций и уменьшению рабочей площади трамбовки путем последовательного подъема и фиксации внешней, а затем промежуточной секций снижается требуемое количество трамбовок на объекте. Однако при уменьшении рабочей площади трамбовки уменьшается площадь и тем самым объем уплотняемой зоны грунта. Кроме того, в известном способе не регламентируется соотношение радиусов секций, что не позволяет обеспечить оптимальный режим увеличения динамических напряжений в грунте и тем самым увеличение глубины уплотнения, снижение энергозатрат на уплотнение и получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта [1]. 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 увеличения площади и объема зоны уплотняемого грунта и обеспечения оптимального режима увеличения динамических напряжений в грунте.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в известном способе уплотнения грунтов трамбованием, при котором сбрасывают трамбовку, состоящую из концентрично расположенных с возможностью их вертикального перемещения друг относительно друга внешней, промежуточной и внутренней секций, до отказа понижения поверхности и создают в процессе уплотнения в грунте возрастающие динамические напряжения путем уменьшения рабочей площади трамбовки, уменьшение рабочей площади трамбовки производят путем последовательного подъема и фиксации внутренней, а затем промежуточной секций, причем внутренние радиусы внешней и промежуточной секций соответству-

ВУ 9995 С1 2007.12.30

ют условию пересечения в плане зон уплотнения грунта рабочими участками внешней и промежуточной секций совместно с внешней секцией соответственно, а наружные радиусы R_n внутренней и промежуточной секций соответствуют выражению:

$$R_n = R_3 \sqrt{1 - \frac{1}{1 + n \cdot P_{ш} / P_n}},$$

где $n = 1$ для радиуса внутренней секции;

$n = 2$ для радиуса промежуточной секции;

R_3 - наружный радиус внешней секции;

$P_{ш}$ - шаг возрастания создаваемых в грунте динамических напряжений;

P_n - создаваемое в грунте начальное динамическое напряжение при его уплотнении трамбовкой с максимальной рабочей площадью.

Уменьшение рабочей площади трамбовки путем последовательного подъема и фиксации внутренней, а затем промежуточной секций и назначение внутренних радиусов внешней и промежуточной секций из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта рабочими участками внешней и промежуточной секций совместно с внешней секцией позволяет увеличить площадь и объем уплотняемой зоны грунта. Принятие наружных ра-

диусов внутренней и промежуточной секций по выражению $R_n = R_3 \sqrt{1 - \frac{1}{1 + n \cdot P_{ш} / P_n}}$

обеспечивает оптимальный режим увеличения динамических напряжений в грунте и тем самым увеличение глубины уплотнения, снижение энергозатрат на уплотнение и получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображен разрез, реализующий способ трамбовки с максимальной рабочей площадью при нанесении удара; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 - разрез Б-Б на фиг. 1; на фиг. 4 - общий вид промежуточной секции; на фиг. 5 - разрез трамбовки с минимальной рабочей площадью при нанесении удара внешней секцией. Обозначения: 1, 2, 3 - внутренняя, внешняя и промежуточная секции соответственно; 4 - петля; 5 - фиксаторы; 6 - упоры; 7 - ребра; 8 - кольцевой зазор; 9 - прямые зубья; 10 - механизм поворота; 11 - вал; 12 - ведущее зубчатое колесо; 13 - полусферическая опора; 14 - шпонка; 15 - выемка; 16 - упорная планка; 17 - зона уплотнения грунта.

Используемая для реализации способа трамбовка содержит составной цилиндрический корпус из концентрично расположенных с возможностью подъема относительно друг друга внутренней 1, внешней 2 и промежуточной 3 секций (фиг. 1-5). Внешняя 2 и промежуточная 3 секции выполнены в виде втулок, а внутренняя секция 1 - в виде цилиндра.

К верхнему основанию внутренней секции 1 прикреплена петля 4, необходимая для зацепления трамбовки крюком грузоподъемной машины.

Секции 1, 3 установлены с возможностью поворота относительно друг друга и секции 2 и снабжены фиксаторами 5, взаимодействующими с соответствующими упорами 6 промежуточной 3 и внешней 2 секций.

Фиксаторы 5 и упоры 6 выполнены в виде ребер 7, жестко прикрепленных к наружной поверхности внутренней 1 и промежуточной 3 секций и внутренней поверхности секций 2, 3 соответственно по многовитковой винтовой линии. Причем высота участков внутренней 1 и промежуточной 3 секций с ребрами 7 фиксаторов 5 принимается меньше высоты взаимодействующих с ними участков с ребрами 7 упоров 6 на величину подъема секций 1, 3, в этом случае обеспечивается возможность подъема секций 1, 3 при их повороте относительно друг друга и секции 2 (фиг. 1, 5).

Угол подъема винтовой линии α (фиг. 4) принимается по выражению:

$$\alpha < \arctg(f), \quad (1)$$

где f - коэффициент трения материала ребер друг о друга.

ВУ 9995 С1 2007.12.30

Благодаря выполнению $\alpha < \arctg(f)$ предотвращается возможность поворота секций 1, 3 относительно друг друга и секции 2 при нанесении удара.

Секции 2, 3 установлены с возможностью образования кольцевого зазора 8 между секциями 1 и 2.

Наружная поверхность участка секции 1, расположенного выше ребер 7 фиксаторов 5, и внутренняя поверхность участка наружной секции 2, расположенного выше ребер 7 упоров 6, снабжены прямыми зубьями 9.

Для обеспечения поворота секций 1, 3 трамбовка снабжена механизмом поворота 10, который выполнен в виде насаженного на вертикальный вал 11 зубчатого колеса 12, монтированного в зазоре 8 с возможностью взаимодействия с зубьями 9 секций 1 и 2 (фиг. 1, 2, 5). При этом зубчатое колесо 12 выполняет роль ведущего зубчатого колеса 12 передачи вращения, а секции 1 и 2 с прямыми зубьями 9 - роль ведомых зубчатых колес. В нижней части вал 11 снабжен полусферической опорой 13, опирающейся на верхний обрез секции 3, что позволяет уменьшить силы трения вала 11 о секцию 3 при вращении секций 1, 3.

Для предотвращения поворота промежуточной секции 3 относительно секции 2 при подъеме внутренней секции 1 секция 3 оборудована съемным стопорным устройством, которое выполнено в виде шпонки 14, заводимой сверху в паз между зубьями 9 секции 2 и образованную в верхней части секции 3 выемку 15 (фиг. 1, 3).

Для исключения поворота внутренней секции 1 относительно промежуточной секции 3 при одновременном подъеме секций 1, 3 относительно секции 2 секция 3 оборудована стационарным стопорным устройством, выполненным в виде горизонтальной упорной планки 16, прикрепленной заподлицо с верхним обрезом ребер 7 упоров 6 (фиг. 4).

Масса трамбовки, высота ее сбрасывания и максимальная рабочая площадь подбираются из условия обеспечения начальных динамических контактных напряжений $P_n = 1,2...1,4$ МПа. Рабочая площадь секций 1, 2, 3 подбирается из условия, чтобы при очередном подъеме секций 1, 3 относительно секции 2 в грунте создавались, при сбрасывании трамбовки, возрастающие динамические напряжения с шагом (интервалом) $P_{ш} = 0,35-0,45$ МПа.

Для обеспечения возрастания динамических напряжений с шагом $P_{ш} = 0,35-0,45$ МПа наружный радиус внутренней 1 и промежуточной 3 секций принимают по выражению:

$$R_n = R_3 \sqrt{1 - \frac{1}{1 + n \cdot P_{ш} / P_n}}, \quad (2)$$

где $n = 1$ для радиуса внутренней секции;

$n = 2$ для радиуса промежуточной секции;

R_3 - наружный радиус внешней секции 2;

$P_{ш}$ - шаг возрастания создаваемых в грунте динамических напряжений;

P_n - создаваемые в грунте начальные динамические напряжения при его уплотнении трамбовкой с максимальной рабочей площадью.

Например, в случае назначения наружного радиуса внешней секции 2 равным $R_3 = 1$ м, $P_n = 1,4$ МПа, $P_{ш} = 0,35$ МПа наружные радиусы секций 1, 3 равны:

$$R_1 = 1 \sqrt{1 - \frac{1}{1 + 0,35/1,4}} = 0,45 \text{ м}; \quad R_2 = 1 \sqrt{1 - \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,35/1,4}} = 0,58 \text{ м}.$$

В этом случае при нанесении удара внешней 2 и промежуточной секциями в грунте будут создавать динамические напряжения, равные:

$$P_1 = 1^2 \cdot 1,4 / (1^2 - 0,45^2) = 1,75 \text{ МПа}.$$

При нанесении же удара только внешней секцией 2 в грунте будут создавать динамические напряжения, равные:

$$P_2 = 1^2 \cdot 1,4 / (1^2 - 0,58^2) = 2,1 \text{ МПа}.$$

Наружный радиус секции 2 принимается таким, чтобы при определении R_1 и R_2 внутренний радиус внешней 2 и промежуточной 3 секций обеспечивал условие пересечения в

ВУ 9995 С1 2007.12.30

плане зон уплотнения грунта рабочими участками внешней 2 и промежуточной 3 совместно с внешней 2 секциями соответственно. Данное условие легко проверяется по существующим методикам, например по методике, изложенной в [3].

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

Способ реализован следующим образом.

На первом этапе уплотнения с расчетной высоты сбрасывается трамбовка с установленными в одной плоскости рабочими поверхностями секций 1, 2, 3 (фиг. 1), при этом трамбовкой наносятся удары с максимальной рабочей площадью и в грунте создаются динамические напряжения 1,2...1,4 МПа.

Затем в выемку 15 и зазор между зубьями 9 корпуса 1 устанавливаются шпонку 14 (фиг. 3) съемного стопорного устройства и посредством вращаемого по часовой стрелке ведущего зубчатого колеса 12 производят поворот против часовой стрелки внутренней секции 1, в результате чего последняя, благодаря взаимодействию расположенных по винтовой линии ребер 7 фиксаторов 6 секции 1 и упоров 6 секции 3, поднимается вверх до упора ребер 7 фиксаторов 5 секции 1 в упорную планку 16 секции 3. Съемное стопорное устройство предотвращает возможный поворот секции 3 вместе с секцией 1. После чего проводят второй этап уплотнения грунта с уменьшенной рабочей площадью, при этом в грунте создаются возросшие динамические контактные напряжения 1,65...1,75 МПа, а создаваемые рабочими участками стенок секций 2, 3 зоны уплотнения грунта 17 пересекаются в плане, причем в местах пересечения зон уплотнения создаются увеличенные в два раза динамические напряжения, что повышает степень уплотнения грунта.

Далее производят выемку шпонки 14. При дальнейшем вращении зубчатого колеса 12 против часовой стрелки осуществляется одновременный поворот внутренней 1 и промежуточной 3 секций относительно секции 2, в результате чего секции 1, 3 поднимаются вверх до упора ребер 7 фиксаторов 5 секции 3 в зубья 9 секции 2. На заключительном этапе грунт уплотняется трамбовкой с минимальной рабочей площадью (фиг. 5) до отказа понижения поверхности и полного формирования уплотненной зоны грунта, при этом в грунте создаются максимальные динамические контактные напряжения, равные 2,1 МПа, и обеспечивается пересечение зон уплотнения грунта.

Во всех случаях наружный диаметр общей зоны уплотнения грунта примерно одинаков, а не уменьшается, как это осуществляется в прототипе.

Для облегчения поворота секций 1, 3 расстояние между витками ребер 7 упоров 6 и взаимодействующих с ними фиксаторов 5 принимается таким, чтобы между указанными ребрами 7 по вертикали образовывались небольшие зазоры, что предотвращает возможность заклинивания ребер 7.

Для повторного обеспечения максимальной рабочей площади трамбовки зубчатое колесо 12 вращают против часовой стрелки, при этом вначале опускается секция 1 до упора ее зубьев 9 в ребра 7 упоров 6 секции 3, а затем - обе секции 1, 3 вместе до их упора в грунт (фиг. 1).

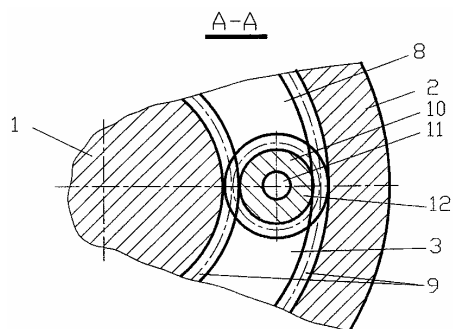
При нанесении ударов зубчатое колесо 12 может выниматься из кольцевого зазора 8 между секциями 1 и 2, благодаря чему исключается смещение центра тяжести трамбовки относительно ее вертикальной геометрической оси.

Уменьшение рабочей площади трамбовки путем последовательного подъема и фиксации внутренней, а затем промежуточной секций и назначение внутренних радиусов внешней и промежуточной секций из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта рабочими участками внешней и промежуточной секций совместно с внешней секцией позволяет увеличить площадь и объем уплотняемой зоны грунта. Принятие наружных радиусов внутренней 1 и промежуточной 3 секций по выражению (2) обеспечивает оптимальный режим увеличения динамических напряжений в грунте и тем самым увеличение глубины уплотнения, снижение энергозатрат на уплотнение и получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта.

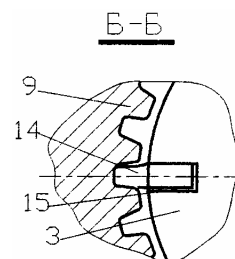
ВУ 9995 С1 2007.12.30

Источники информации:

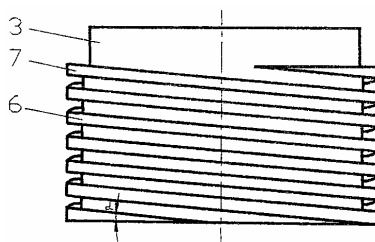
1. А.с. СССР 1289959, МПК Е 02D 3/046, 1987.
2. А.с. СССР 1335643, МПК Е 02D 3/046, 1987.
3. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований. - Брест: издательство БГТУ, 2004. - С. 99.



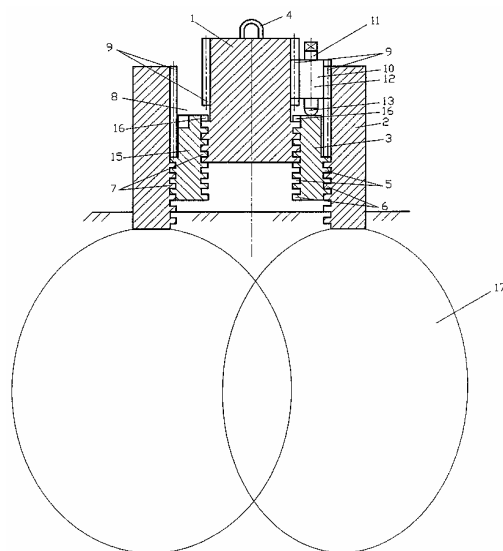
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5