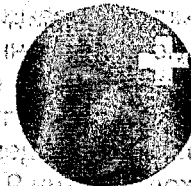




**АС'05**



**АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО — 2005**

**ARCHITEKTUR UND BAUWESEN — 2005**

**I Международный научно-практический семинар**

**I Internationales wissenschaftlich-praktisches Seminar**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА СОСТАВНОЙ ТРАМБОВКОЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ОДНОВРЕМЕННОЕ НАНЕСЕНИЕ УДАРОВ В ТРЕХ ТОЧКАХ**

***Пойта П.С.<sup>I</sup>, Пчелин В.Н.<sup>II</sup>, Никитенко М.И.<sup>III</sup>***

Одним из высокоэффективных способов подготовки оснований в сложных инженерно-геологических условиях является уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками. Однако массив грунта, уплотненный тяжелыми трамбовками, при традиционном размещении точек уплотнения в плане, не будет однородным по плотности. Наиболее высокая плотность грунта имеет место в точках, расположенных по вертикали, проходящей через центр трамбовки. По мере удаления от вертикали в стороны плотность грунта уменьшается и на каком-то расстоянии уплотнение практически отсутствует.

С целью получения более однородного основания по плотности нами было предложено размещение точек уплотнения грунта в вершинах равностороннего треугольника [1]. Разработана методика определения расстояния между точками уплотнения. Все это позволило получить более качественное основание в сравнении с ранее применяемыми методами. Однако и предложенный способ обладает недостатками, основными из которых могут быть названы невысокая производительность трамбования, а также несколько меньшая эффективность уплотнения вследствие создания в межточечных зонах незначительных динамических напряжений под воздействием одиночных, наносимых с разрывом по времени ударов.

Учитывая сказанное, авторами разработан способ уплотнения грунта, при котором нанесение ударов происходит секциями одновременно в трех точках, расположенных в вершинах равностороннего треугольника. Благодаря предлагаемому способу в месте пересечения создаваемых секциями зон уплотнения грунта создаются увеличенные примерно в три раза динамические напряжения и, тем самым, увеличивается плотность грунта и повышается производительность трамбовки за счет сокращения количества циклов ее работы.

Для реализации способа используется составная трамбовка, содержащая выполненный из цилиндрических секций 1 корпус 2 и устройство для зацепления 3 (рис.1...2) и снабженная горизонтальной лучевидной траверсой 4, каждый из лучей 5 которой выполнен в виде спаренных, установленных с зазором 6 балочных элементов 7 и образует в плане с рядом расположенным лучом 5 угол 120°. В качестве балочных элементов 6 наиболее целесообразно использовать швеллеры.

<sup>I</sup> Пойта Петр Степанович, доктор технических наук, ректор Брестского государственного технического университета (БГТУ)

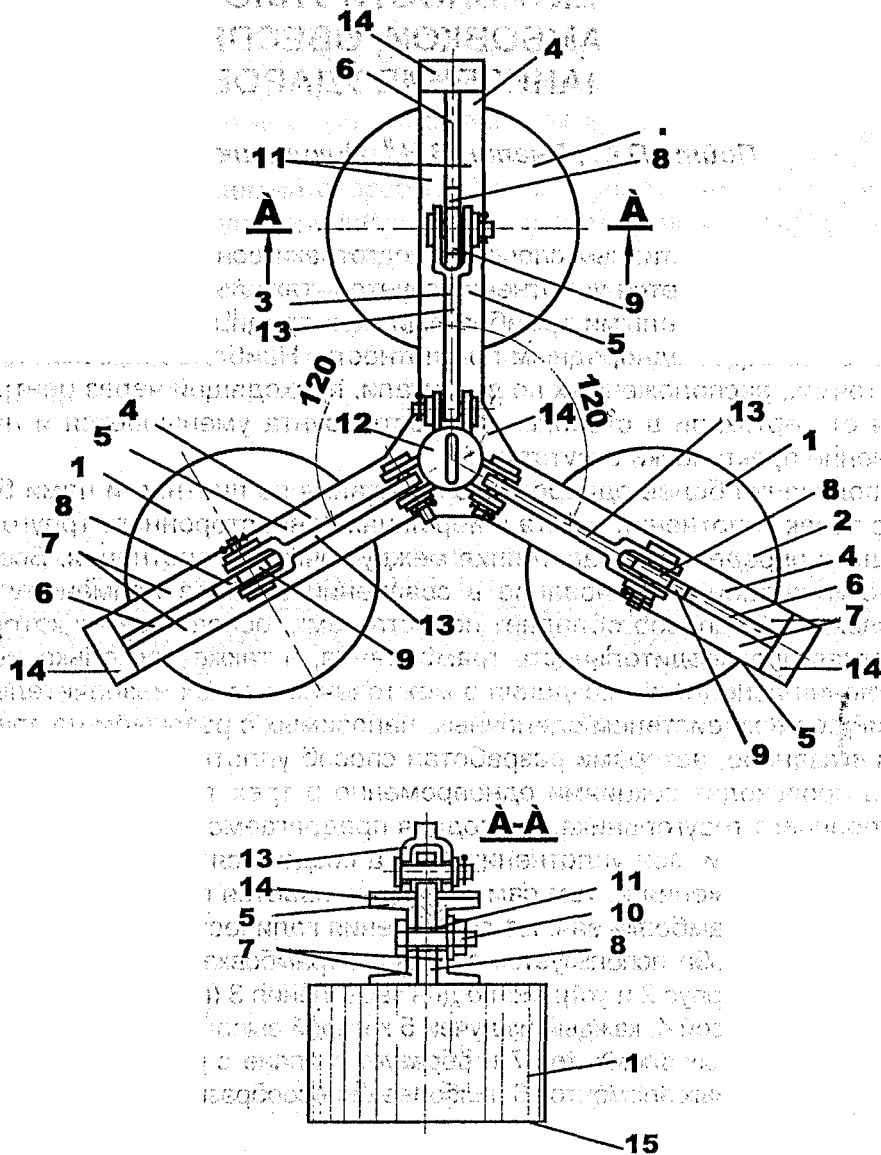
<sup>II</sup> Пчелин Вячеслав Николаевич, доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета (БГТУ)

<sup>III</sup> Никитенко Михаил Иванович, кандидат технических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет

Каждая из секций 2 оборудована в верхней части кронштейном 8, пропущенным через зазор 6 между балочными элементами 7 соответствующего луча 5 с возможностью перемещения вдоль зазора 6 и фиксации относительно балочных элементов 7. Кронштейны 8 выполняются в виде вертикальных плоских пластин 9, имеющих толщину, обеспечивающую их свободное перемещение вдоль соответствующего зазора 6 (луча 5), и высоту, обеспечивающую выход пластин 9, при опирании траверсы 4 на секции 1, за пределы траверсы 4 (рис. 1.2).

Для фиксации секций 1 относительно балочных элементов 7 можно использовать болтовые соединения 10, болты которых пропущены через соосные горизонтальные отверстия 11 в пластинах 9 секций 1 и балочных элементах 7 лучей 5 траверсы 4; причем отверстия 11 в балочных элементах 7 выполнены с заданным шагом, благодаря чему обеспечивается возможность изменения расстояния между секциями 1.

Устройство для зацепления 3 выполнено в виде подвески 12 с шарнирно прикрепленными к ней штангами 13, нижний конец каждой из которых шарнирно прикреплен к кронштейну 8 соответствующей секции 1, благодаря чему элементы траверсы 4 работают только на сжатие.



**Рисунок 1** – Общий вид составной трамбовки в плане:

1 – цилиндрические секции; 2 – корпус; 3 – устройство для зацепления; 4 – траверса; 5 – лучи траверсы; 6 – зазор; 7 – балочный элемент; 8 – кронштейн; 9 – вертикальные пластины; 10 – болтовое соединение; 11 – отверстия; 12 – подвеска; 13 – штанги; 14 – накладки; 15 – нижнее основание

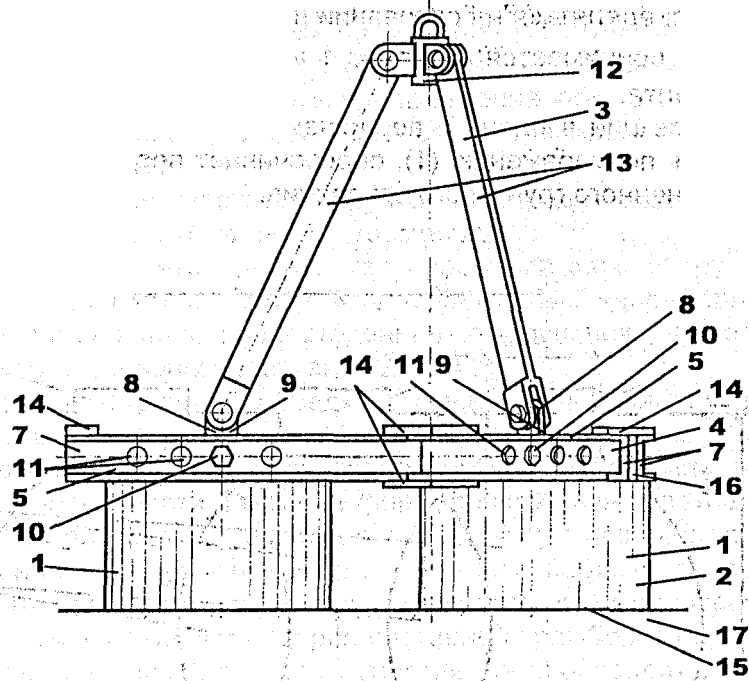


Рисунок 2 – Общий вид составной трамбовки сбоку:

- 1 – цилиндрические секции; 2 – корпус; 3 – устройство для зацепления; 4 – траверса; 5 – лучи траверсы; 6 – зазор; 7 – балочный элемент; 8 – кронштейн; 9 – вертикальные пластины; 10 – болтовое соединение; 11 – отверстия; 12 – подвеска; 13 – штанги; 14 – накладки; 15 – нижнее основание; 16 – прокладки; 17 – грунт.

Секции 1 расположены в плане в вершинах равностороннего треугольника, сторона которого принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта каждой из секций 1. Для повышения жесткости траверса усиливается накладками 14 и прокладками 16.

Сторона равностороннего треугольника, в вершинах которого расположены в плане секции 1 (рис.1), принимается по выражению [1]:

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

$$\text{где } C = \left(\frac{\pi \cdot d_{тр}^2}{2} \cdot \delta - \frac{\pi}{24} \cdot \text{tg} \varphi \cdot d_{тр}^3\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тр}) - \rho_d^{тр} \cdot \frac{\pi \cdot d_{тр}^2}{2} \cdot \delta;$$

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

$$b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \text{tg} \varphi \cdot d_{тр}\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{тр});$$

$d_{тр}$  – диаметр секции 1 трамбовки;

$\delta$  – глубина отпечатка секции 1 трамбовки после уплотнения грунта;

$\varphi$  – угол наклона образующей конуса зоны уплотнения;

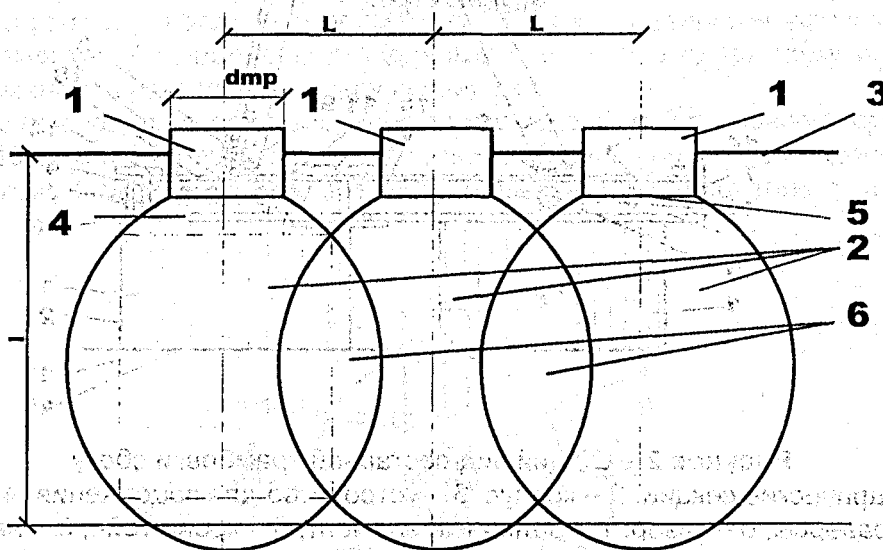
$\rho_d$  – плотность сухого грунта природного сложения;

$\rho_d^{тр}$  – требуемая плотность сухого грунта после уплотнения;

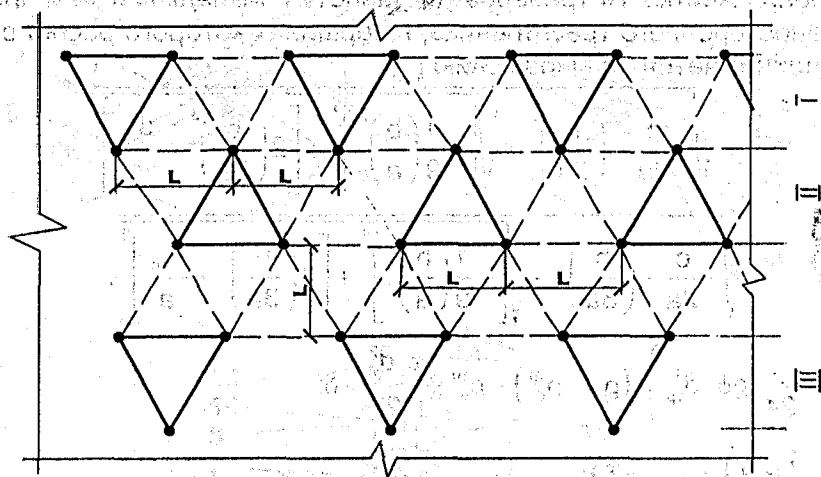
$i$  – глубина уплотняемой толщи грунта.

$\delta$  и  $\phi$  могут определяться на основании пробного уплотнения трамбовкой грунта, при этом  $\delta$ , как правило, принимается не более 1 м, так как в противном случае затрудняется выемка секций из грунта.

Расположение секций в плане в вершинах равностороннего треугольника, сторона  $L$  которого принимается по выражению (1), обеспечивает пересечение зон уплотнения и высокое качество уплотненного грунтового основания.



**Рисунок 3** – Развертка в разрезе схемы создаваемых секциями зон уплотнения грунта:  
 1 – цилиндрические секции; 2 – зона уплотнения; 3 – грунт; 4 – конус зоны уплотнения;  
 5 – нижнее основание; 6 – место пересечения зон уплотнения.



**Рисунок 4** – Схема расположения в плане точек нанесения ударов составной трамбовкой при уплотнении грунтового массива

Масса и рабочая площадь нижнего основания каждой из секций 1 трамбовки, высота их сбрасывания подбираются из условия создания в грунте необходимых динамических контактных напряжений.

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

Уплотнение грунта предлагаемой составной трамбовкой производится следующим образом.

На основании начальных и требуемых параметров уплотняемого грунта по формуле (1) устанавливается требуемое расстояние  $L$  между секциями 1 трамбовки, после чего секции 1 перемещаются вдоль лучей 5 траверсы 4 в положение, при котором между ними будет обеспечено требуемое расстояние  $L$ , и фиксируются болтовыми соединениями 10 относительно балочных элементов 7 (рис.1...2).

Вначале каждого из циклов уплотнения грунта 15 посредством грузоподъемной машины производится подъем на расчетную высоту трамбовки.

Затем трамбовка сбрасывается, посредством растормаживания грузовой лебедки грузоподъемной машины, и наносит секциями 1 одновременные удары сразу в трех точках, расположенных в плане в вершинах равностороннего треугольника, при этом в грунте 3 образуются отпечатки секций 1 и зоны уплотнения 2 (рис.3).

После чего посредством грузовой лебедки грузоподъемной машины секции 1 вынимают из отпечатков в грунте и повторяется новый цикл уплотнения грунта.

На каждой из стоянок грузоподъемной машины циклы уплотнения (удары) производятся до отказа понижения поверхности и полного формирования зон уплотнения грунта.

Далее грузоподъемная машина перемещается на новую позицию, при которой обеспечивается расположение точек уплотнения в шахматном порядке, в вершинах равносторонних треугольников на расстоянии друг от друга, принимаемом по выражению (1). Схема расположения в плане точек нанесения ударов составной трамбовкой при уплотнении грунтового массива приведена на рис.4, при этом уплотнение производится полосами, обозначенными на рис.4 римскими цифрами.

Благодаря одновременному нанесению ударов расположенными в углах равностороннего треугольника тремя секциями 1 сразу в трех точках уплотнения в 1,5..2 раза повышается производительность трамбовки и в месте пересечения создаваемых секциями зон уплотнения грунта создаются увеличенные примерно в три раза динамические напряжения, обеспечивающие повышение на 30..40% степени уплотнения грунта. Возможность регулирования расстояния между секциями расширяет область применения трамбовки. В совокупности, вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта.

На разработанную конструкцию составной трамбовки подана заявка на выдачу патента РБ на полезную модель, по которой вынесено положительное решение на выдачу патента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований. - Брест: издательство БГТУ. – 2004, рис.6.5, 172 с.