

$$f_{cm15} \geq f_{ck} + 1,48\sigma. \quad (7)$$

Таким образом, на предприятиях по производству сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций и изделий необходимо осуществлять строгий контроль прочности бетона и ее однородности, в соответствии с обязательными требованиями технических нормативно-правовых актов, во избежание перерасхода сырьевых компонентов бетонной смеси, соответственно, и дороговизны товаров заводов ЖБК, а главное — с целью достижения стабильности уровня качества строительной продукции, т.е. обеспечения ее надежности, безопасности и долговечности. Этому способствует пересмотр, совершенствование, устранение недостатков и разночтений отечественной нормативной базы, в том числе разработка вышеизложенных рекомендаций по оценке соответствия прочности на сжатие и управлению качеством бетона, тем более в современных условиях стремления на данном этапе развития производства к гармонизации с западноевропейскими нормами. Кроме того, особого внимания требует культура и организация всей процедуры контроля, осуществляемой лабораториями заводов, а также личная заинтересованность и ответственность каждого из участников производственного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности»
2. EN 206-1:2001 «Concrete Part 1 Specification, performance production and conformity»
3. ISO 12491:1997(E) International Standard «Statistical methods for quality control of building materials and components»
4. Протасевич А.А. Экспериментальное применение метода контроля прочности бетона на сжатие по критериям соответствия // Дисс. маг. техн. наук: 05.23.05 — БГТУ Брест — 2006

УДК 624.138.003

Левчук А.А.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ТРАМБОВКАМИ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ДИНАМИЧЕСКИМИ КОНТАКТНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

В ряде случаев для улучшения физико-механических характеристик слабых грунтов основания производят уплотнение грунта сбрасываемыми с высоты тяжелыми трамбовками

Важными параметрами, определяющими эффективность уплотнения грунта тяжелыми трамбовками, являются: масса трамбовки, высота ее сбрасывания, расстояние между точками сбрасывания, рабочая площадь трамбовки и создаваемые в грунте при нанесении удара динамические контактные напряжения [1].

Как показывают исследования, результаты которых представлены в [2], значительно повысить эффективность уплотнения грунта трамбовками можно в случае создания в грунте в процессе его уплотнения возрастающих динамических контактных напряжений от 0,6 до 2 МПа, при этом глубина уплотнения увеличивается на 15-20% с одновременным снижением энергозатрат на 14%. Кроме того, обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта, так как исключается образование буферной зоны (взрыхленного слоя).

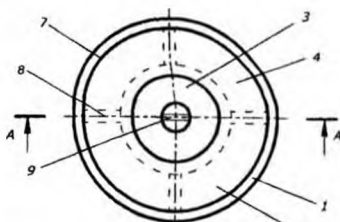
Для реализации указанного способа чаще используется набор трамбовок, но с разной рабочей площадью [2]. Однако при этом увеличиваются затраты труда на уплотнение грунта, связанные с необходимостью периодической замены трамбовок. Кроме того, вследствие уменьшения рабочей площади трамбовок уменьшается зона уплотнения грунта в плане, что приводит к снижению их производительности.

Для устранения указанных недостатков в Брестском государственном техническом университете разработаны новые конструкции трамбовок, обеспечивающими возмож

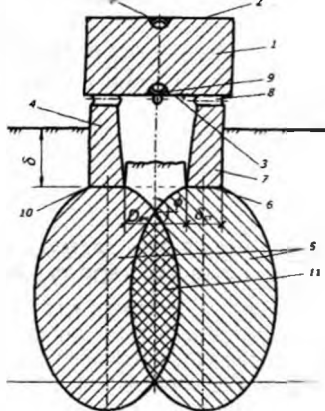
ность регулирования создаваемых в грунте динамических контактных напряжений одной трамбовкой без существенного уменьшения размеров зоны уплотнения грунта в плане

Одна из разработанных конструкций трамбовок представлена на рисунке 1. Предлагаемая трамбовка содержит цилиндрический корпус 1 с нижним 2 и верхним 3 основаниями (рис.1). 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 стенках 7 верхней части втулки 4 выполнены сквозные отверстия 8, соединяющие полость втулки 4 с атмосферой.

а)



в)



б)

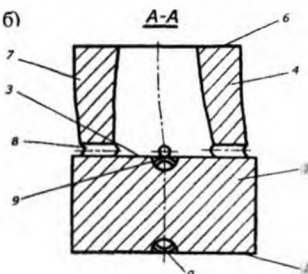


Рис. 1. Схема кольцевой трамбовки, обеспечивающей двухстадийное уплотнение.

- 1 - корпус; 2 - средняя секция; 3 - крайние секции; 4 - шарниры;  
5 - зазор; 6, 7 - верхние и нижние петли;  
8 - дополнительные петли;  
9 - отводные узоры; 10 - стропы;  
11 - штыри; 12 - накладки

Для обеспечения подъема трамбовки на расчетную высоту нижнее 2 и верхнее 3 основания снабжены устройствами для зацепления 9, которые, например, могут быть выполнены в виде втолпленных 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  $P_c$ , которые можно принимать порядка 1.. 1,5 МПа.

Рабочая площадь торца 6 втулки 4 принимается по выражению:

$$F_2 = \frac{P_c \cdot P_c}{P_w - P_c} \quad (1)$$

где  $F_2$  - рабочая площадь цилиндрического корпуса 1;

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

$P_w$  - шаг возрастания динамических контактных напряжений.

Шаг возрастания динамических контактных напряжений  $P_{\text{д}}$  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

С целью обеспечения пересечения в плане зон уплотнения 5 грунта участками торца 6 втулки 4 внутренний диаметр рабочего торца 6 втулки 4 принимается по выражению [1]:

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

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

$$a = -\frac{\text{tg} \phi}{2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \ln 3\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{сп}}); \quad b = \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot l - \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \delta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \text{tg} \phi \cdot \delta_{\text{см}}\right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{\text{сп}});$$

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

$\delta$  - глубина отпечатка втулки 4 трамбовки после уплотнения ею грунта;

$\phi$  - угол наклона образующей конуса зоны уплотнения 5 грунта втулкой 4;

$\rho_d$  - плотность сухого грунта до его уплотнения втулкой 4;

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

$l$  - 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 втулки 4 из грунта.

Трамбовка работает следующим образом

На первой стадии уплотнения путем многократного подъема и сбрасывания трамбовкой наносятся удары нижним основанием 2 корпуса 1 (рис 1, а) с рабочей площадью  $F_n$ , при этом в грунте создаются динамические контактные напряжения 1...1,5 МПа.

На второй стадии, 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 (рис.2)

На обеих стадиях точки уплотнения располагаются на расстоянии друг от друга, принимаемом из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта рядом расположенных точек уплотнения [1].

Благодаря выполнению выступа в виде втулки 4, внутренний диаметр рабочего торца 6 которой принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения 5 грунта участками торца 6 втулки 4, обеспечивается незначительное изменение размеров зоны уплотнения грунта в плане.

К недостатком описанной трамбовки следует отнести то, что она может обеспечить только две стадии уплотнения грунта, что несколько снижает эффективность уплотнения

Трехстадийное уплотнение грунта обеспечивает трамбовка представленная на рис.3, которая включает составной корпус 1, состоящий из средней 2 и двух одинаковых крайних 3 секций в виде прямых четырехгранных призм. Секции 2,3 выполнены с одинаковой шириной и высотой, расположены рядом (вплотную друг к другу) в плане и соединены посредством шарниров 4 в верхней части, в местах примыкания верхних горизонтальных ребер секций 2,3, с возможностью поворота в вертикальной плоскости край-

них секций 3 относительно средней 2 на угол  $180^\circ$  и образования при этом между крайними секциями 3 зазора 5, ширина которого принимается из условия пересечения в плане зон уплотнения грунта каждой из крайних секций 3.

Средняя секция 2 снабжена верхними 6 и нижними 7 петлями для зацепления трамбовки, прикрепленными к верхней и нижней граням секции 2, соответственно.

С целью обеспечения поворота на  $180^\circ$  секции 3 снабжены дополнительными петлями 8 для зацепления и отводными упорами 9. Упоры 9 выполнены в виде выступающих из плоскости боковых граней секций 3 штырей.

Петли 8 и упоры 9 попарно прикреплены к боковым граням секций 3 (граням, перпендикулярным осям шарниров 4), причем каждая из петель 8 прикреплена в нижнем прилегающем к средней секции 2, углу соответствующей боковой грани, а каждый из упоров 9 – в верхнем углу, который расположен по диагонали относительно соответствующей петли 8. В этом случае при подъеме трамбовки гибкими стропами 10 за петли 8 с заведением стропов 10 за упоры 9 обеспечивается создание вращающего момента и тем самым, поворот крайних секций 3 относительно средней секции 2.

Со стороны верхних граней в секциях 3 выполнены выемки под петли 6 секции 2.

Масса и суммарная рабочая площадь  $F_0$  нижних оснований всех секций 2,3 трамбовки, высота их сбрасывания подбираются из условия создания в грунте, при одновременном нанесении удара всеми секциями (с грунтом контактируют все секции 2,3) начальных динамических контактных напряжений  $P_1 = 0,9$  МПа (рис.3 а)

Длина средней секции 2 принимается по выражению.

$$l_c = 2\sqrt{2} l_k, \quad (3)$$

где  $l_c$  - длина средней секции,

$l_k$  - длина крайней секции.

В этом случае при нанесении удара только средней секцией 2 (рис.3 г) в грунте создаются динамические контактные напряжения  $P_2$ , определяемые по выражению:

$$P_2 = \frac{P_1 F_0}{l_c b} \quad (4)$$

где  $P_1$  - начальные динамические контактные напряжения, создаваемые в грунте при нанесении удара всеми секциями 2,3;

$F_0$  - суммарная рабочая площадь всех секций 2,3,

$b$  - ширина каждой из секций 2,3.

Подставив в выражение (4)  $l_c = 2\sqrt{2} l_k$  и  $F_0 = ((2\sqrt{2} l_k + 2 l_k) b)$  получим

$$P_2 = \frac{P_1 2 l_k (\sqrt{2} + 1) b}{2\sqrt{2} l_k b} = P_1 (1 + \frac{\sqrt{2}}{2}) = 1,707 P_1, \quad (5)$$

При нанесении удара только крайними секциями 3 (рис. 3 д) в грунте создаются динамические контактные напряжения  $P_3$ , определяемые по выражению:

$$P_3 = \frac{P_1 F_0}{2 l_k b} \quad (6)$$

Подставив в выражение (6)  $F_0 = ((2\sqrt{2} l_k + 2 l_k) b)$  получим:

$$P_3 = \frac{P_1 2 l_k (\sqrt{2} + 1) b}{2 l_k b} = P_1 (1 + \sqrt{2}) = 2,414 P_1, \quad (7)$$

Таким образом, благодаря назначению длины средней секции по выражению (3) обеспечивается возрастание динамических контактных напряжений с постоянным шагом

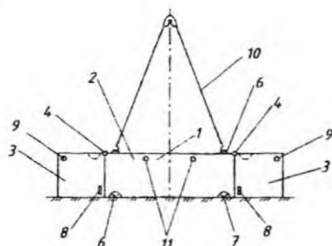
$P_w = \frac{\sqrt{5}}{2} P_1 = 0,707 P_1$ , от 0,9 до 2,17 МПа.

Размеры секций 2,3 принимаются в следующем порядке

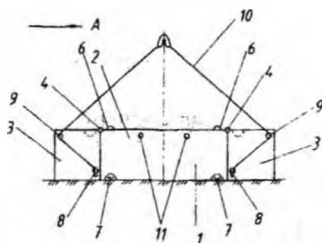
- устанавливается суммарная рабочая площадь  $F_0$  нижних оснований всех секций 2,3

трамбовки из условия создания в грунте, при одновременном нанесении удара всеми секциями, начальных динамических контактных напряжений  $P_0 = 0,9 \text{ МПа}$  (рис.3 а);

а)

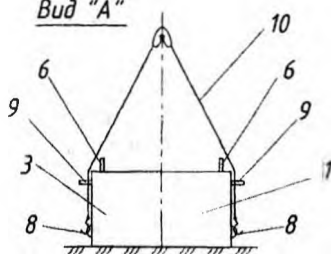


б)

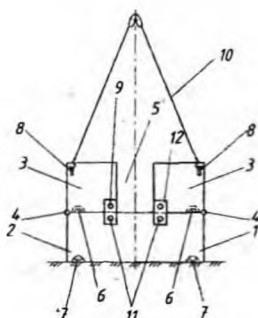


в)

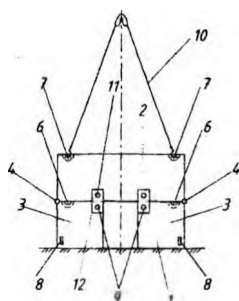
Вид "А"



г)



д)



**Рис.3. Схема составной трамбовки:**  
 1 – корпус; 2 – средняя секция; 3 – крайние секции; 4 – шарниры; 5 – зазор; 6,7 – верхние и нижние петли; 8 – дополнительные петли; 9 – отводные упоры; 10 – стропы; 11 – штыри; 12 – накладки.

- назначают ширину трамбовки  $b$ ;

- находят длину крайней секции 3 по выражению:

$$l_3 = \frac{F_0}{2 b (1 - \sqrt{2})} \quad (8)$$

- по выражению (3) определяется длина средней секции 2;

- по существующей методике [1] проверяется соответствие образуемого между секциями 3 зазора 5 условию пересечения в плане зон уплотнения грунта каждой из секций 3;

- если условие пересечения в плане зон уплотнения грунта каждой из секций 3 не соблюдается, изменяется ширина секций 2,3 и расчеты повторяются.

Для предотвращения откидывания крайних секций 3 относительно средней 2 при нанесении удара секциями 3 трамбовка снабжается фиксирующими приспособлениями которые выполнены в виде штырей 11 и надеваемых на штыри 11 и упоры 9 накладки 12 в виде пластин

Трамбовка работает следующим образом.

Вначале для уплотнения используют трамбовку с ее зацеплением стропами 10 за верхние петли 6 (рис.3 а), при этом трамбовка имеет максимальную рабочую площадь и в грунте создаются минимальные начальные динамические контактные напряжения  $P_1 = 0,9$  МПа

На второй стадии уплотнения производится отцепление стропов 10 от петель 6 и зацепление их за петли 8 с заводом стропов 10 за упоры 9 (рис 3 б). При подъеме переоборудованной трамбовки происходит поворот секций 3 вокруг шарниров 4 относительно секции 2 на угол  $180^\circ$  до опирания верхних граней секций 3 в верхнюю грань секции 2. После чего секции 2,3 фиксируются относительно друг друга путем установки на штыри 11 и упоры 9 накладок 12. Далее трамбовку поднимают на заданную высоту и производят ее сбрасывание, при этом трамбовка наносит удар только средней секцией 2, создавая в грунте динамические контактные напряжения  $P_2 = 1,54$  (рис.3 г).

На третьей стадии уплотнения трамбовку поворачивают в вертикальной плоскости на  $180^\circ$  и цепляют ее стропами 10 за петли 7

Далее трамбовку поднимают на заданную высоту и производят ее сбрасывание при этом трамбовка наносит удар только крайними секциями 3, создавая в грунте динамические контактные напряжения  $P_3 = 2,17$  МПа (рис.3 д) Причем, благодаря расположению секций 3 с зазором 5, обеспечивающим пересечение зон уплотнения грунта секциями 3, увеличивается объем уплотняемого грунта.

Предлагаемые конструкции трамбровок обеспечивают повышение на 15-20% производительности при уплотнении грунта что позволяет рекомендовать их к широкому внедрению в практике строительства

На разработанные конструкции трамбровок поданы заявки на выдачу патентов РФ на полезную модель и изобретение, по одной из которых вынесено положительное решение на выдачу патента.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований - Брест: издательство БГТУ. - 2004, рис.6.10, с 126
2. А.С. 1289959 СССР, МКИ Е 02 D 3/046. Способ уплотнения связных грунтов трамбованием. / В.Д. Зотов, Е.А. Сорочян, Ю.П. Кальнин, И.В. Ананьев, А.И. Семенов, Ш.М. Шлафман, Ростовский инженерно-строительный ин-т - №3899039/29-33; Заявл.01.04.85; Опубл.15.02.87; Бюл.№6 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки - 1987 - №6.

УДК 624.155.1.001.24

Левчук А.А., Чернюк М.В.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСТОГО ВРЕМЕНИ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ ЗАБИВКОЙ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ОТКАЗОВ СВАЙ

Для технологического проектирования свайных работ требуется знание чистого времени забивки свай в грунт Т, которое используется для определения производительности сваепогружающего оборудования, нормирования труда и денежных затрат, установления сроков производства работ.