

УДК 624.138.22

*П. С. ПОЙТА, А. Н. ТАРАСЕВИЧ*  
*Брестский государственный технический университет*

### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТОЧЕК УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ

Рассматриваются схемы уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками с различным расположением точек уплотнения. Доказывается, что схема с размещением точек уплотнения по вершинам равностороннего треугольника является оптимальной с точки зрения затрат и позволяет получить более однородное по плотности основание.

При уплотнении грунтов тяжелыми трамбовками важным является выбор наиболее оптимальной схемы размещения точек, в которых производится уплотнение грунта.

В ряде работ, посвященных исследованиям уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками, как правило, рассматривается квадратная схема размещения точек, в которых производится уплотнение грунта [1]. Суть схемы заключается в том, что уплотнение грунтов осуществляют по условной сетке различных размеров (рисунок 1).

Уплотнение грунтов осуществляется в один либо в два этапа. При производстве работ по одноэтапной схеме точки, в которых производится уплотнение грунтов, расположены по вершинам квадрата. При этом уплотнение выполняют во всех точках с начала и до конца. При двухэтапной схеме вначале производят уплотнение в точках, расположенных по вершинам больших квадратов. Затем делают технологический перерыв, составляющий от 10 до 30 суток [1]. По окончании перерыва производят дальнейшее уплотнение грунта в точках, расположенных в середине расстояния между существующими отпечатками трамбовки. В итоге получается схема размещения точек трамбования грунта, как и при одноэтапной схеме.

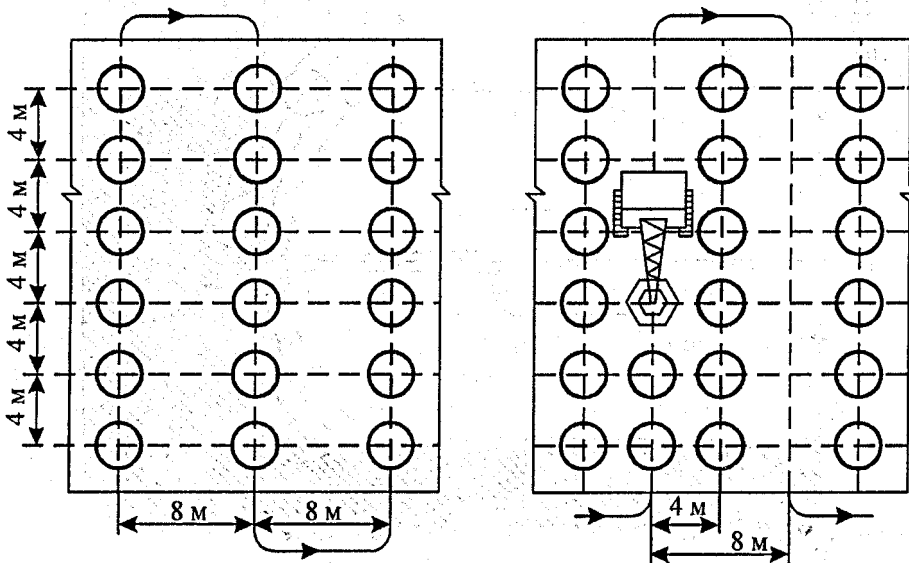


Рисунок 1 – Схема уплотнения оснований по условной сетке размером 4×8 м:  
а – первый этап; б – второй этап (через 10 дней)

В работах других авторов [2] трамбование грунтов рекомендуется осуществлять с перекрытием следов отдельными циклами при постоянном повороте стрелы крана по мере перехода с одного следа на другой (рисунок 2). В каждой точке выполняют по 2–4 удара трамбовки. Затем изменяют вылет стрелы крана либо кран переезжает назад.

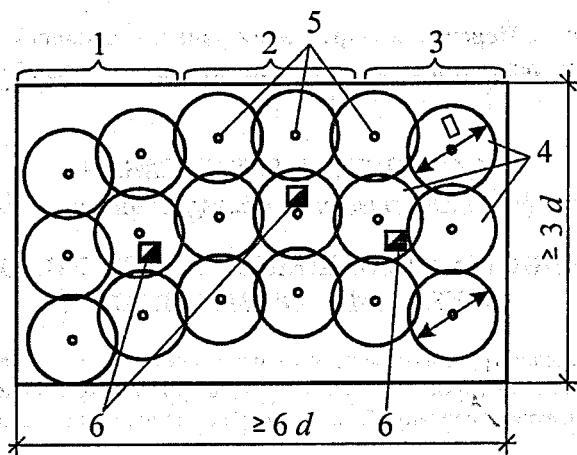


Рисунок 2 – Схема опытного участка для уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками:

1–3 – участки грунта с влажностью соответственно  $0,8\omega_p$ ,  $\omega_p$ ,  $1,2\omega_p$ ; 4 – следы ударов трамбовки;

5 – точки нивелирования (штыри); 6 – шурфы или радиометрические скважины для определения  $\rho_d$  и  $\omega$

Такая схема совершенно не применима при уплотнении водонасыщенных грунтов, ибо, как отмечают Ю. К. Зарецкий, М. Ю. Гарицелов и др. [1, 3], при производстве работ по такой схеме возможно ожигание грунтов, т.е. существует опасность перехода грунтов в подвижное состояние. Следовательно, такая схема уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками является вообще не приемлемой для водонасыщенных оснований.

Нормативные документы Республики Беларусь [4] рекомендуют при производстве работ по уплотнению грунтов тяжелыми трамбовками поверхность строительной площадки разбивать на отдельные участки, равные 1,4–1,5 радиуса действия стрелы крана, и работы выполнять по схеме, приведенной на рисунке 3.

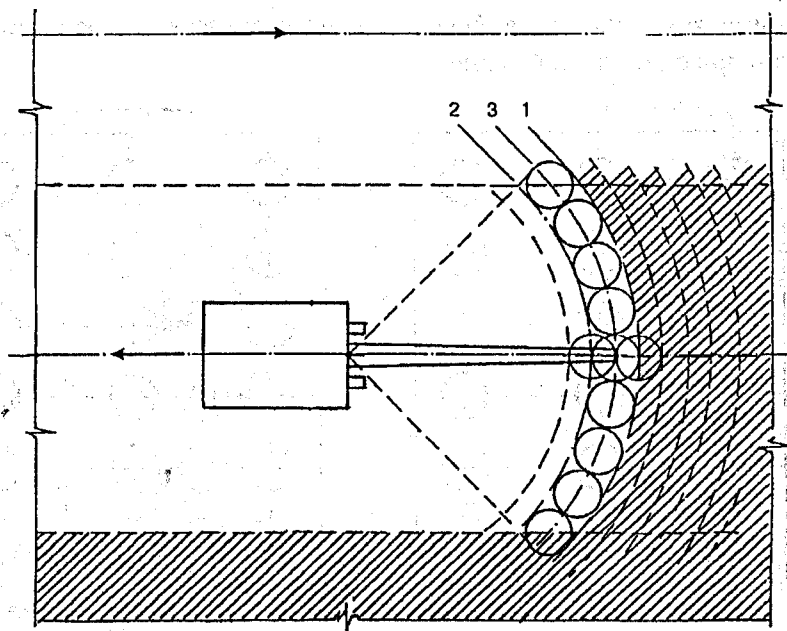


Рисунок 3 – Схема производства работ по уплотнению грунтов тяжелой трамбовкой: 1 – первый цикл (2 удара); 2 – второй цикл (2 удара); 3 – третий цикл (2 удара); далее повторение циклов до получения отказов

Затем трамбование грунта в пределах каждого участка следует производить в последовательности, указанной на рисунке 4. При этом трамбование грунта осуществляется по всему выделенному участку двумя-тремя ударами трамбовки в каждой точке. После завершения уплотнения при первой проходке производят трамбование уже при второй проходке, и так до завершения работ на выделенном участке.

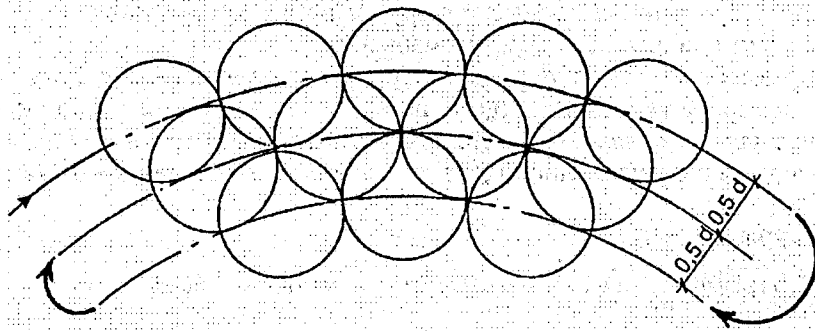


Рисунок 4 – Схема трамбования в пределах отдельных участков

Анализ всех выше рассмотренных схем уплотнения грунтов показывает, что ни одна из них не является оптимальной по следующим причинам:

- не обеспечивается равномерное уплотнение грунта по всей площадке (см. рисунки 1, 2);
- исключается возможность уплотнения водонасыщенных оснований из-за отсутствия технологического перерыва;
- увеличиваются трудозатраты, а следовательно, и стоимость работ из-за необходимости двух-, четырехкратного прохода крана по одному и тому же пути;
- затруднение выполнения работ по уплотнению грунтов при сплошном трамбовании из-за сложности обеспечения формирования последующего отпечатка с рядом расположенным.

Исключить полностью отмеченные выше недостатки рассмотренных схем позволяет, на наш взгляд, схема уплотнения грунта, в которой точки трамбования расположены по вершинам равносортонного треугольника (рисунок 5).

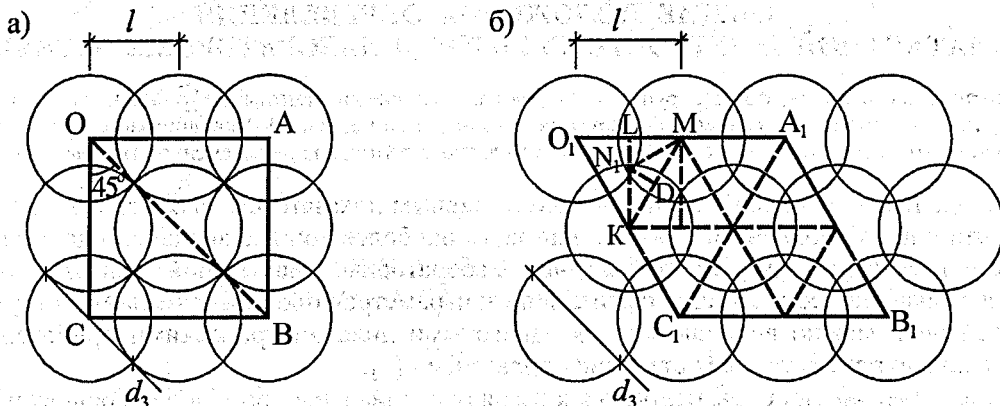


Рисунок 5 – Схемы размещения точек уплотнения грунта трамбовками:  
а – по вершинам квадрата; б – по вершинам равносортонного треугольника

Наиболее равномерное уплотнение по площади при размещении точек в вершинах квадрата может быть получено в том случае, когда уплотненные зоны, имеющие диаметр  $d_3$ , своими боковыми поверхностями касаются друг друга, т.е. когда их центры расположены на диагонали квадрата  $ABCO$ . Диагональ  $OB$  равна  $2d_3$ . Рассмотрев прямоугольный треугольник  $OBC$ , получим  $OC = d_3\sqrt{2}$ . Площадь квадрата  $ABCO$   $S = 2d_3^2$ .

Из рисунка 5, б видно, что вся площадь площадки будет уплотнена полностью в том случае, когда поверхности зон уплотненного грунта, центры которых расположены по вершинам равносортонного треугольника, пересекутся в одной точке  $N_1$ . Выполнив необходимые построения, видим, что треугольник  $KN_1M$  – равнобедренный с углами по  $30^\circ$  при стороне  $KM$ . Проведя высоту из точки  $N_1$  на сторону  $KM$ , получим два прямоугольных треугольника. Отсюда  $KM = \frac{d_3\sqrt{3}}{2}$ .

Площадь фигуры  $O_1A_1B_1C_1$  равна  $3d_3^2$ .

Сопоставляя площадь квадрата и площадь параллелограмма, видим, что при одних и тех же затратах на уплотнение (одинаковое количество точек трамбования, одинаковое количество ударов)

треугольное расположение точек уплотнения грунта позволяет получить в 1,5 раза больше уплотненное основание, чем при их квадратном размещении.

Вместе с тем, размещение точек уплотнения грунта по вершинам равностороннего треугольника обеспечивает равномерное уплотнение грунта по всей площади строительной площадки, а это означает, что предлагаемая схема является не только оптимальной с точки зрения минимума затрат, но и схемой, позволяющей получить однородное по плотности качественное основание.

#### Список литературы

- 1 Зарецкий Ю. К., Гарицелов М. Ю. Глубинное уплотнение грунтов ударными нагрузками. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
- 2 Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
- 3 Абелев Ю. М. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. – М.: Гостройиздат, 1962. – 148 с.
- 4 Пособие П1-97 к СНиП 2.02.01-83. Проектирование и уплотнение оснований зданий и сооружений тяжелыми трамбовками. – Мн.: Минстройархитектуры, 1997. – 35 с.

Получено 09.08.2003 г.

ISBN 985-6550-90-4. Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь. Гомель, 2005

УДК 624.131.439.41.7

*О. В. ПОПОВ, Т. М. УЛАСИК, Ю. В. АНИСИМОВ*  
*Белорусский национальный технический университет*

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЛАТАНТНОЙ ПРОЧНОСТИ ГРУНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Предлагается модель дилатирующего грунта, в которой пластические дилатантные деформации слоя (области) сдвига и области их развития учитываются совместно с упругими деформациями массива. Деформации записываются в виде соотношения обобщенного закона Гука как для линейно деформированного грунта, но при переменном модуле упругости массива.

При оценке несущей способности оснований главным показателем является величина сопротивление грунта сдвигу, поэтому важно использовать наиболее точные значения сдвигающих напряжений. Следовательно, актуальной задачей лабораторных испытаний является определение достоверных значений сопротивляемости сдвигу и параметров прочности несвязных грунтов.

Для этой цели можно воспользоваться сдвиговыми дилатометрическими приборами, которые позволяют моделировать условия стеснения дилатансии [1].

Дилатометрические приборы относятся к разряду специальных приборов, в основу работы которых положены феноменологические модели [1], представляющие собой сочетание моделей скольжения и упругих моделей. Такое сочетание необходимо для того, чтобы отразить разделение пластических деформаций [1], происходящих в области сдвига и упругих деформаций, происходящих в областях, смежных с областью сдвига.

Используя механическую модель прочности грунта Соболевского–Попова (применительно к дилатометрическим приборам), можно моделировать различные случаи разрушения грунта. В основу модели положены следующие положения:

- разрушение грунта при сдвиге локализовано в слое (области) ограниченной толщины;
- положительная или отрицательная дилатансия слоя (области) сдвига вызывает упругий отпор или разгрузку массива грунта соответственно в зависимости от его плотности и начального напряженного состояния.

В предлагаемой модели пластические дилатантные деформации слоя (области) сдвига и области их развития учитываются совместно с упругими деформациями массива, записываются в виде соотношения обобщенного закона Гука как для линейно деформированной среды, но при переменном, зависящем от вида сыпучего грунта и его напряженного состояния модуле упругости массива  $E$ , либо эквивалентно его заменяющему коэффициенту равномерного сжатия  $K$ , отражающему в нашем случае пропорциональность между дилатантными напряжениями  $\sigma_d$  и дилатантными деформациями  $\delta_d$ :

$$K = \sigma_d / \delta_d.$$