

Рис. 1. Изменение модуля деформации уплотненного грунта в зависимости от давности работ по их уплотнению: 1 – супесь пластичная; 2 – песок пылеватый.

Таким образом, после завершения уплотнения грунта ударными нагрузками при выравнивании порового давления в нем весьма интенсивно развиваются первичные связи, а затем, в зависимости от минералогического состава в большей или меньшей степени развивается сцепление упрочнения. В общем, процесс формирования структуры уплотняемого и уплотненного грунта можно свести к следующим основным стадиям:

- стадия разрушения существующей структуры, соответствующая периоду производства работ по уплотнению грунтов;
- стадия формирования структуры уплотненного грунта, соответствующая периоду выравнивания влажности по всей мощности уплотняемого слоя;
- стадия упрочнения, соответствующая периоду восстановления структурных связей в грунтах.

**Выводы:**

1. Выполненные экспериментальные исследования изменения механических свойств грунтов, уплотненных интенсивными ударными нагрузками, выявили увеличение модуля деформации в зависимости от давности работ по уплотнению.

2. Процесс формирования структуры уплотненного грунта не завершается с окончанием работ по уплотнению, а является более длительным во времени.
3. Прочность структурных связей уплотненных грунтов зависит от плотности грунта, содержания пылеватоглинистых фракций, минералогического состава.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Денисов Н. Я., Рельтов Б. Ф. Влияние некоторых физико-химических процессов на прочность грунтов. В кн.: Доклады к международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. – М.: 1961. - 424с.
2. Денисов Н. Я., Ребиндер П. А. О коллоидно-химической природе связности глинистых пород. // Доклады АН СССР. – 1946. – Т.У. – с. 127 – 134.
3. Денисов Н. Я. Природа прочности и деформаций грунтов. – М.: Стройиздат, 1972. – 280с.
4. Цытович Н. А. Механика грунтов. – М.: Госстройиздат, 1963. – 636с.
5. Осипов В. И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. – М.: 1979 – 221с.
6. Терцачи К. Теория механики грунтов. – М.: 1961 – 356с.

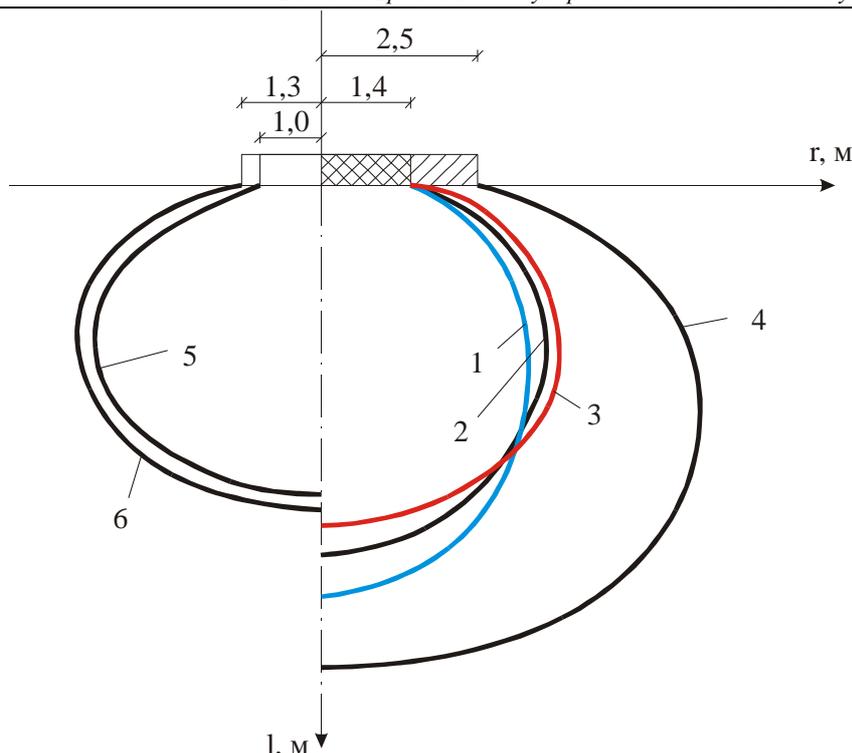
УДК 624.131.22

**Пойта П.С.**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА УПЛОТНЕННОЙ ЗОНЫ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ДИНАМИЧЕСКОМ УПЛОТНЕНИИ ГРУНТОВ**

Выполненные экспериментальные исследования уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками позволили установить, что размеры зоны уплотнения зависят от ряда факторов: диаметра трамбовки, энергии удара, формы подошвы трамбовки, первоначального состояния уплотняемого грунта, напластование слоев грунта (рис. 1).

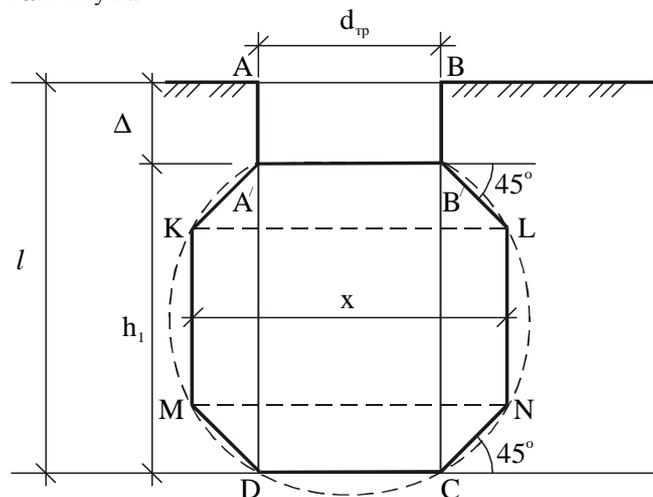
Из рис. 1 видно, что при проведении опытных работ были использованы трамбовки различных диаметров, которые применялись в различных инженерно-геологических условиях. Различие в энергии удара так же было довольно существенным: от 98 тм до 625тм. [1, 2, 3, 4].



**Рис. 1.** Контуры зон уплотненного грунта: 1, 2, 3 – по данным Гарицелова М.Ю. (опытная площадка Загорской ГРЭС); 4 – по данным Зарецкого Ю.К., Гарицелова М.Ю. (площадка надпойменной террасы г. Сейм); 5 – по данным автора (площадка IV очереди капролактама Гродненского ПО "Азот"); 6 – по данным Петрова М.С. (площадка Загорской ГАЭС).

Для решения поставленной задачи используем схему, показанную на рис. 2. В основу данной схемы положено, что любую реальную зону уплотненного грунта можно заменить более простой приближенной. При этом угол наклона секущей, для упрощения преобразований можно принять равной 45°.

Следует отметить, что приведенные на рис. 1 контуры зон уплотненного грунта были получены экспериментальных путем. Нами предлагается теоретическое решение этой задачи. Для упрощения решения примем, что точное очертание зоны уплотненного грунта можно заменить приближенным A'B'LNCDMK. При этом угол наклона секущей BL примем равным 45° к горизонту (рис. 2). Мощность грунта, требующего уплотнения обозначим через *l*. В результате *n* ударов трамбовки происходит понижение поверхности грунта на величину Δ..



**Рис. 2.** Схема к определению диаметра зоны уплотненного грунта.

Очевидно, что объем приближенной фигуры состоит из двух объемов усеченных конусов, расположенных в верхней и нижней частях и объема цилиндра, расположенного в центральной части зоны уплотненного грунта.

Объем твердых частиц грунта до уплотнения в выделенном цилиндре A'B'LNCDMK будет равен

$$V_1 = \frac{\pi d_{mp}^2 \cdot l}{4(1 + e_0)}, \quad (1)$$

где  $e_0$  – коэффициент пористости грунта природного сложения.

Объем твердых частиц после уплотнения в пределах зоны уплотненного грунта будет равен

$$V_2 = \frac{\frac{\pi x^2 h_1}{4} - \left( \frac{\pi x^2}{4} - \frac{\pi d_{mp}^2}{4} \right) \left( h_1 - \frac{x - d_{mp}}{2} \right)}{1 + e_{yn}}, \quad (2)$$

где  $e_{yn}$  – коэффициент пористости грунта после уплотнения.

После преобразования формулы (2) будем иметь

$$V_2 = \frac{2\pi d_{mp}^2 h_1 + \pi x^3 - \pi x^2 d_{mp} - \pi d_{mp}^2 x + \pi d_{mp}^3}{8(1 + e_{yn})}. \quad (3)$$

Очевидно, что объем твердых частиц грунта в выделенном объеме до уплотнения будет равен объему твердых частиц грунта во вновь сформированном объеме, т.е.

$$V_1 = V_2. \quad (4)$$

Подставив в (4) выражения (1) и (3) будем иметь

$$\frac{\pi d_{mp}^2 \cdot l}{4(1 + e_0)} = \frac{2\pi d_{mp}^2 h_1 + \pi x^3 - \pi x^2 d_{mp} - \pi d_{mp}^2 x + \pi d_{mp}^3}{8(1 + e_{yn})}. \quad (5)$$

Преобразовав выражение (5), получим

$$\frac{2d_{mp}^2 l(1+e_{yn})}{1+e_{yn}} - 2d_{mp}^2 h_1 - d_{mp}^3 = x^3 - x^2 d_{mp} - d_{mp}^2 x \quad (6)$$

Выражение (6) можно записать в виде

$$x^3 - d_{mp} x^2 - d_{mp}^2 x + k = 0, \quad (7)$$

где

$$k = 2d_{mp}^2 \cdot h_1 - d_{mp}^3 - \frac{2d_{mp}^2 l(1+e_{yn})}{1+e_0}.$$

Выполнив замену  $x = y - \frac{(-d_{mp})}{3}$ , сведем выражение

(7) к неполному кубическому уравнению, вида

$$y^3 + Py + q = 0, \quad (8)$$

где

$$P = -\frac{(d_{mp})^2}{3} + (-d_{mp}^2); \quad (9)$$

$$q = 2\left(\frac{-d_{mp}}{3}\right)^3 - \frac{(-d_{mp})(-d_{mp}^2)}{3} + k. \quad (10)$$

Корни "неполного" кубического уравнения вычислим по формулам Кардано. Здесь представляют интерес только действительные корни.

$$y = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{3}\right)^2}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{3}\right)^2}} \quad (11)$$

УДК 624.131

**Пойта П.С., Тарасевич А.Н., Рубанов В.С.**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЕ ЗОНЫ УПЛОТНЕННОГО ГРУНТА, НА ВЕЛИЧИНУ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ТОЧКАМИ УДАРА ТРАМБОВКИ

Уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками широко используется при устройстве искусственных оснований. Однако эффективность интенсивного динамического уплотнения грунтов зависит от ряда технологических параметров [1, 2]. Весьма важное значение, при уплотнении грунтов тяжелыми трамбовками, имеет величина расстояния между точками удара трамбовки. Если это расстояние велико, то невозможно получить однородное по плотности уплотненное основание. При близком расположении точек удара трамбовкой друг от друга в значительной степени теряется эффективность интенсивного ударного уплотнения грунтов. В связи с этим нами решена задача определения оптимального расстояния между точками уплотнения грунта трамбовками, в основу которой, положено размещение точек удара трамбовки в вершинах равностороннего треугольника. На рис. 1 показана развертка схемы уплотнения грунта в вершинах равностороннего треугольника.

Расстояние  $L$  между точками уплотнения грунта тяжелыми трамбовками, диаметром  $d_{mp}$ , можно определить исходя из следующих рассуждений. Площадь части сектора отпечат-

Выполнив анализ выражения (11) с использованием программного комплекса "Математика", и задавая различные значения параметров  $d_{mp}$ ,  $\rho_d$ ,  $\rho_s^{mp}$ , можно получить диаметр зоны, уплотненной до требуемой плотности.

### Выводы.

Полученные результаты определения размеров зоны уплотненного грунта имеют несколько приближенный характер. Вместе с тем они являются хорошей основой, учитывающей многообразие факторов, влияющих на формирование зоны уплотненного грунта, позволяющей с достаточной степенью точности определить ее параметры.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зарецкий Ю.К., Гарицелов М.Ю. Глубинное уплотнение грунтов ударными нагрузками. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 192с.
2. Пойта П.С., Тарасевич А.Н. Исследование зоны уплотнения грунта при применении тяжелых трамбовок // Тезисы докладов научно-технической конференции «Архитектура и строительные конструкции», Новосибирск, 1992, с. 69 - 70.
3. Макарук П.Н., Пойта П.С., Тарасевич А.Н. Исследование зоны уплотнения грунтов // Тезисы докладов юбилейной научно-технической конференции, посвященной 25-летию института, часть II, Брест, 1991, с. 14.
4. Петров М.С. Опыт уплотнения смеси песчаных и глинистых грунтов на Загорской ГАЭС методом интенсивного ударного уплотнения / Минэнерго СССР. Экспрессинформ. Сер. Стр-во гидроэлектростанций и монтаж оборудования. 1986. №11. С. 11-15.

ка трамбовки равна 1/6 всей площади ее подошвы. В площадь треугольника входит три таких сектора, составляющие в сумме половину площади подошвы трамбовки, т.е.

$$A_s = \frac{\pi d_{mp}^2}{8}.$$

Площадь треугольника равна

$$A = \frac{L^2 \sqrt{3}}{4}.$$

Обозначим требуемую глубину уплотнения грунта через  $L$ . Тогда объем твердых частиц в единице объема грунта до уплотнения будет равен

$$V_{m.ч.} = \frac{1}{1+e_0} = \frac{\rho_d}{\rho_s},$$

где  $e_0$  – коэффициент пористости грунта природного сложения;

$\rho_d$  – плотность сухого грунта природного сложения;

$\rho_s$  – плотность частиц.

*Тарасевич Алексей Николаевич, к.т.н., доцент каф. оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.*

*Рубанов Владимир Степанович, к.ф.-м.н., доцент, зав. каф. высшей математики Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*