

камня. Рекомендуемое количество сухого вещества добавки на 1 м^3 бетона составляет (0.005...0.015)% от массы цемента.

С целью определения параметров, подтверждающих эффективность добавки **STG-3**, исследовалась кинетика нарастания прочности бетона с добавкой и без добавки (контрольные образцы) в нормальных условиях (через 1, 3, 7, 14 и 28 суток), а так же в условиях ТВО.

Материалы, используемые при испытании: портландцемент ПЦ 500-ДО ОАО «Красносельскстройматериалы»; щебень $5 \div 20$ мм РУПП «Гранит» п. Микашевичи; песок $M_k=2.34$ Слонимского дробильно-сортировочного завода; вода СТБ 1114; добавка **STG-3** (см. табл.2).

Результаты исследований представлены в табл. 3. Как видим из табл. 3 и рис. 2, прирост прочности бетона с добавкой **STG-3** при постоянном W/C в течение 1 суток составляет более 30%. В возрасте 28 суток прирост прочности составил (15,... 20)%.

Установлено, что добавка **STG-3** увеличивает начальную прочность структуры бетонной смеси. Одновременно добавка обладает и пластифицирующим эффектом, что обеспечивает важнейшие технологические параметры бетонной смеси: подвижность, удобоукладываемость, нерасслаиваемость, однородность, уплотняемость при укладке.

Пластичность бетонной смеси с добавкой **STG-3** проявляется сразу, пластическая прочность проявляется несколько позже. Имеет место незначительное (в пределах 15,..., 20 мин) увеличение начальных сроков схватывания бетона.

Краткие выводы. Теоретически обоснован и экспериментально подтвержден в лабораторных условиях разработанный нами технологический регламент получения недорогой мало энергоемкой добавки для бетонов STG на основе органического сырья, представляющего собой отход промышленного производства топливного торфобрикета. Органические функциональные группы добавки **STG-3** обеспечивают бетонным смесям пластифицирующие свойства, а свойства ускорителя твердения бетона обеспечивают гуматы и фульваты натрия как полиэлектролиты органических солей гуминовой и фульковой кислот. По основному эффекту действия и критериям эффективности, нормируемым табл. 1 СТБ 1112-98, добавка **STG-3** соответствует нормируемому уровню, принятому для ускорителей твердения бетона. В качестве дополнительного показателя, отражающего специфику добавки, следует указать на пластифицирующий эффект воздействия на бетонную смесь, эквивалентный пластифицирующим добавкам IV группы, с увеличением прочности в возрасте 28 суток.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лиштван И.И., и др. Физико-химическая механика гуминовых веществ. – Минск: «Наука и техника», 1976. –264 с.
2. Уласевич В.П., Уласевич З.Н. Конструкционный бетон с добавкой PCY. – Брест, БрПИ, ООО FORT, 1997. – 65 с.
3. Уласевич В.П., Уласевич З.Н. и др. К возможности получения модификаторов бетона из утилизированных гуминовых веществ // В сб. «Вестник БГТУ» № 1(19). –Брест: 2003. – с. 61-63.

УДК 624.138.22

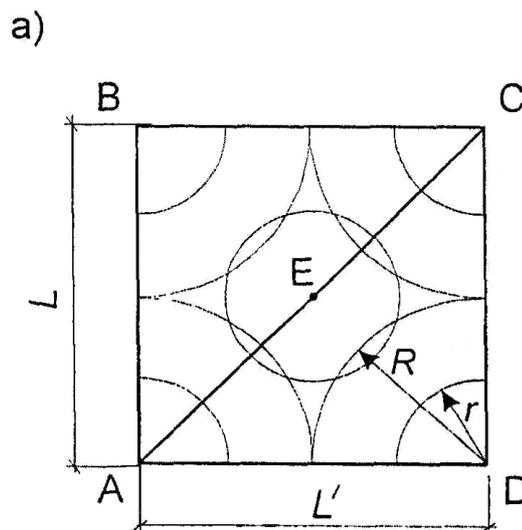
Пошта П.С.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ, УПЛОТНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ

Опыт применения интенсивного ударного уплотнения оказывает, что тяжелые трамбуемые установки служат универсальным средством уплотнения различных типов грунтов [1, 2, 3, 6]. Однако для успешного решения задач глубинного уплотнения грунтов важное значение имеет вопрос распределения плотности сухого грунта после воздействий ударных нагрузок. Очевидно, что качество уплотненного грунта, как основания зданий и сооружений, в значительной степени зависит от многих факторов: формы подошвы трамбовки; энергии удара; исходного состояния уплотняемого грунта; мощности уплотняемой толщи и др.

Наиболее важным и определяющим здесь является, на наш взгляд, правильный выбор схемы уплотнения грунтов. В настоящее время наиболее широко используется квадратная схема, в основу которой положено размещение точек удара трамбовки в вершинах квадрата (рис. 1а).

Расстояние между центрами точек уплотнения определялось только по результатам опытного уплотнения [1, 2, 3, 6]. Нами предложена треугольная схема производства работ (рис. 1б), по которой точки удара трамбовки расположены в вершинах равностороннего треугольника [4, 5].



Пошта Петр Степанович, к.т.н., доцент, зав. каф. оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии, ректор Брестского государственного технического университета. Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

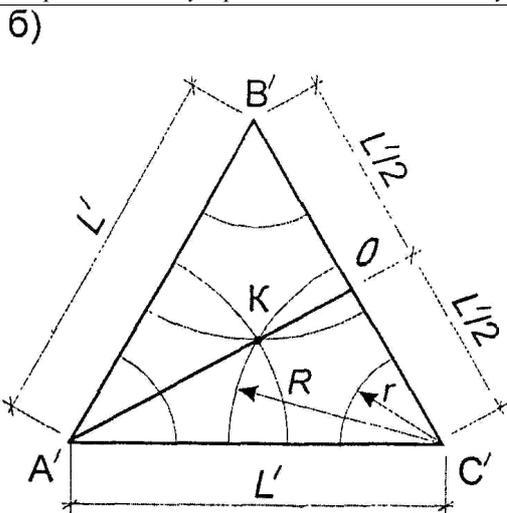


Рис.1. Схема уплотнения грунтов: а – квадратная; б – треугольная.

Расстояние между точками уплотнения определяем по формуле [5], предложенной автором

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

где

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

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

$$c = \left(\frac{\pi d_{mp}^2}{2} \delta - \frac{\pi}{24} tg\varphi \cdot d_{mp}^3 \right) \cdot (\rho_d - \rho_d^{mp}) - \rho_d^{mp} \frac{\pi d_{mp}^2}{2} \delta;$$

d_{mp} – диаметр трамбовки;

ρ_d – плотность сухого грунта до уплотнения, т/м³;

ρ_d^{mp} – прогнозируемая плотность сухого грунта, т/м³;

δ – глубина отпечатка, м.

Для определения эффективности ударного уплотнения по различным схемам автором выполнены экспериментальные исследования распределения плотности сухого грунта по глубине уплотненной толщи. Уплотнение грунтов производили трамбовками с плоской и ступенчатой подошвой. В каждой точке было выполнено по 10 ударов.

Анализ обобщенных данных, приведенных на рис. 2, показывает, что максимальную плотность сухого грунта наблюдали в точках, расположенных по оси отпечатков трамбовки. При этом с возрастанием глубины рассматриваемой точки плотность сухого грунта уменьшается. Так, при десяти ударах трамбовки на глубине 1.0 м плотность сухого грунта составила $\rho_d = 1.84$ г/см³, а на глубине 3.0 м в том же инженерно-геологическом элементе – $\rho_d = 1.81$ г/см³.

На глубине 4.0 м плотность сухого грунта составила $\rho_d = 1.76$ г/см³, а на глубине 5.0 м – 1.69 г/см³. При удалении от оси отпечатка трамбовки плотность сухого грунта также уменьшается. Интенсивность уменьшения плотности сухого грунта ρ_d весьма четко прослеживается и по глубине. Так, на глубине 1.0 м практически природную плотность сухого грунта получили уже на расстоянии 3 м от оси отпечатка. На глубине 3.0 м природное сложение грунтов наблюдается на расстоянии 4.0 м от оси отпечатка.

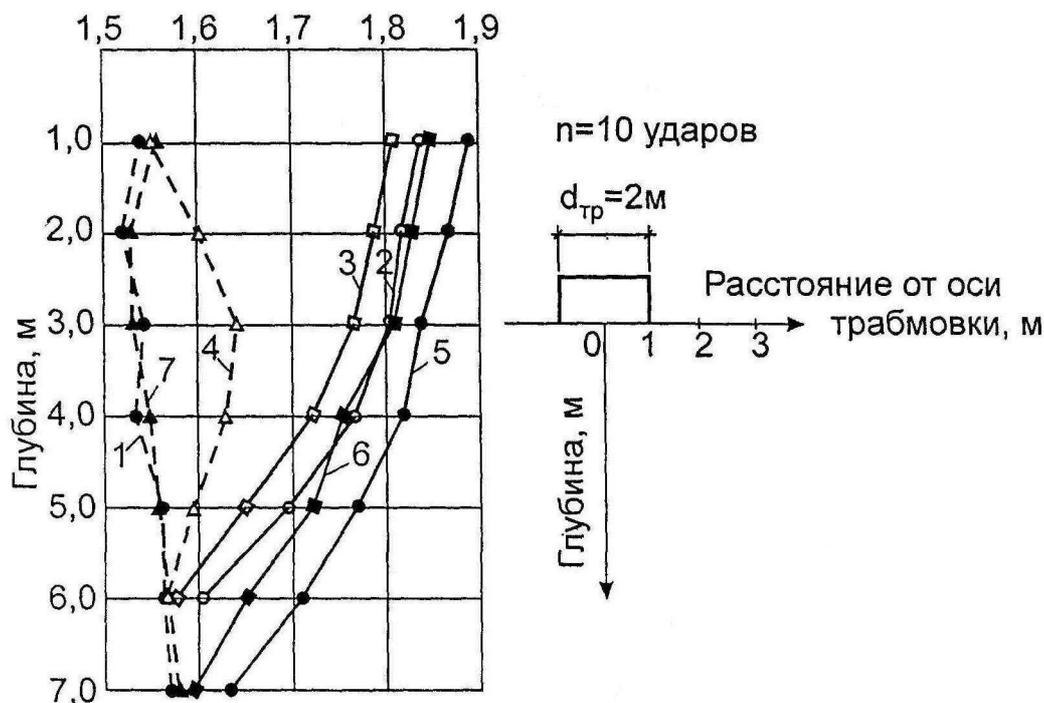


Рис. 2. Изменение плотности сухого грунта по глубине:

1 – до уплотнения; 2, 3, 4 – после уплотнения трамбовкой с плоской подошвой соответственно при $y=0$; $y=1.0$ м; $y=3.0$ м; 5, 6, 7 – после уплотнения трамбовкой со ступенчатой подошвой соответственно при $y=0$; $y=1.0$ м; $y=3.0$ м.

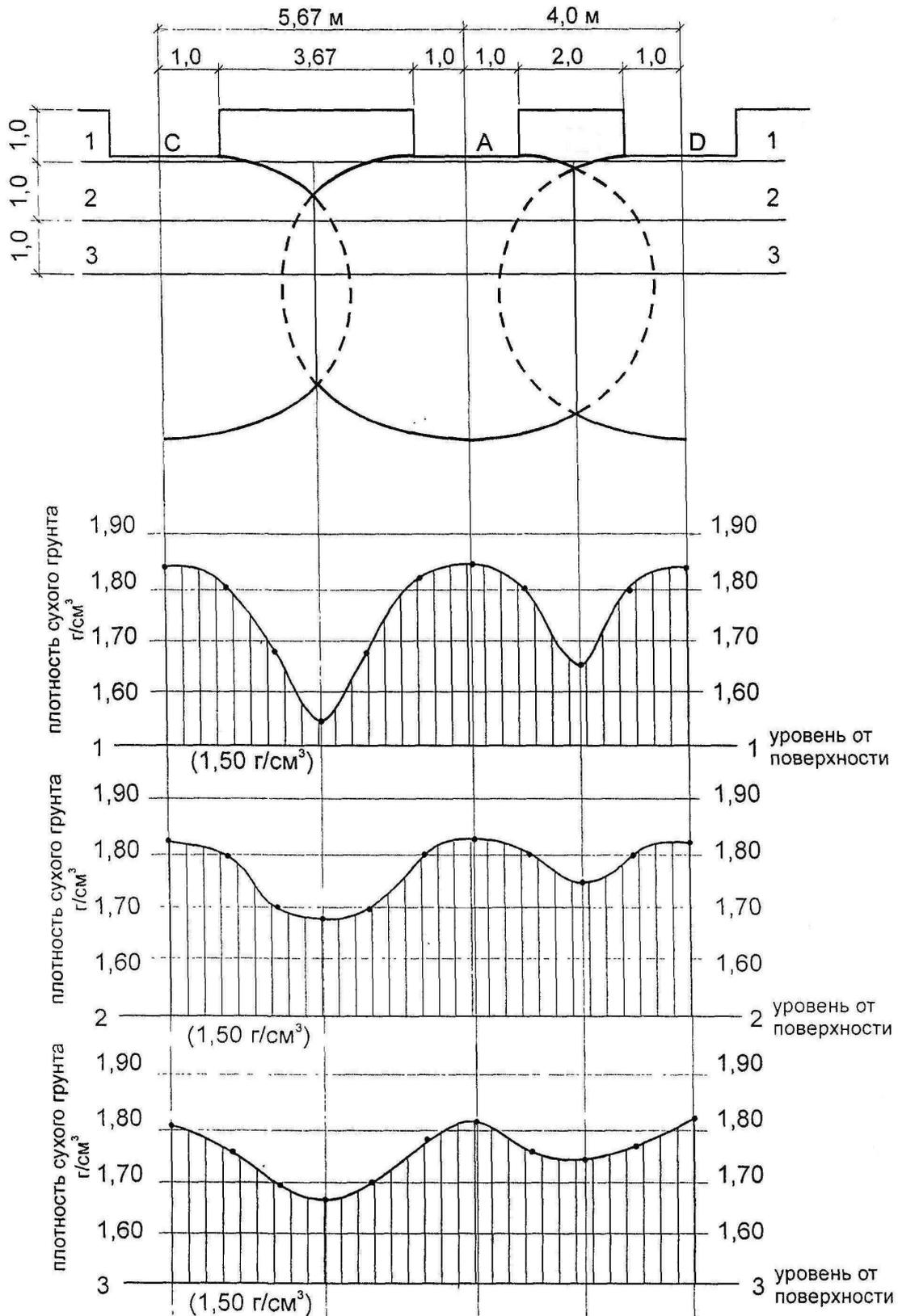


Рис. 3. Распределение плотности сухого грунта на различных уровнях при применении квадратной схемы.

На рис. 3 и 4 показаны вертикальные сечения по направлению стороны квадрата DA и диагонали AC для квадратной схемы: по направлению стороны $C'A$ и высоты $A'O$ для треугольной схемы. На различных уровнях по глубине построе-

ны эпюры распределения плотности сухого грунта. Их анализ показывает (рис. 3), что на глубине 1.0 м от поверхности при ударах трамбовки в точке D наибольшее значение плотности

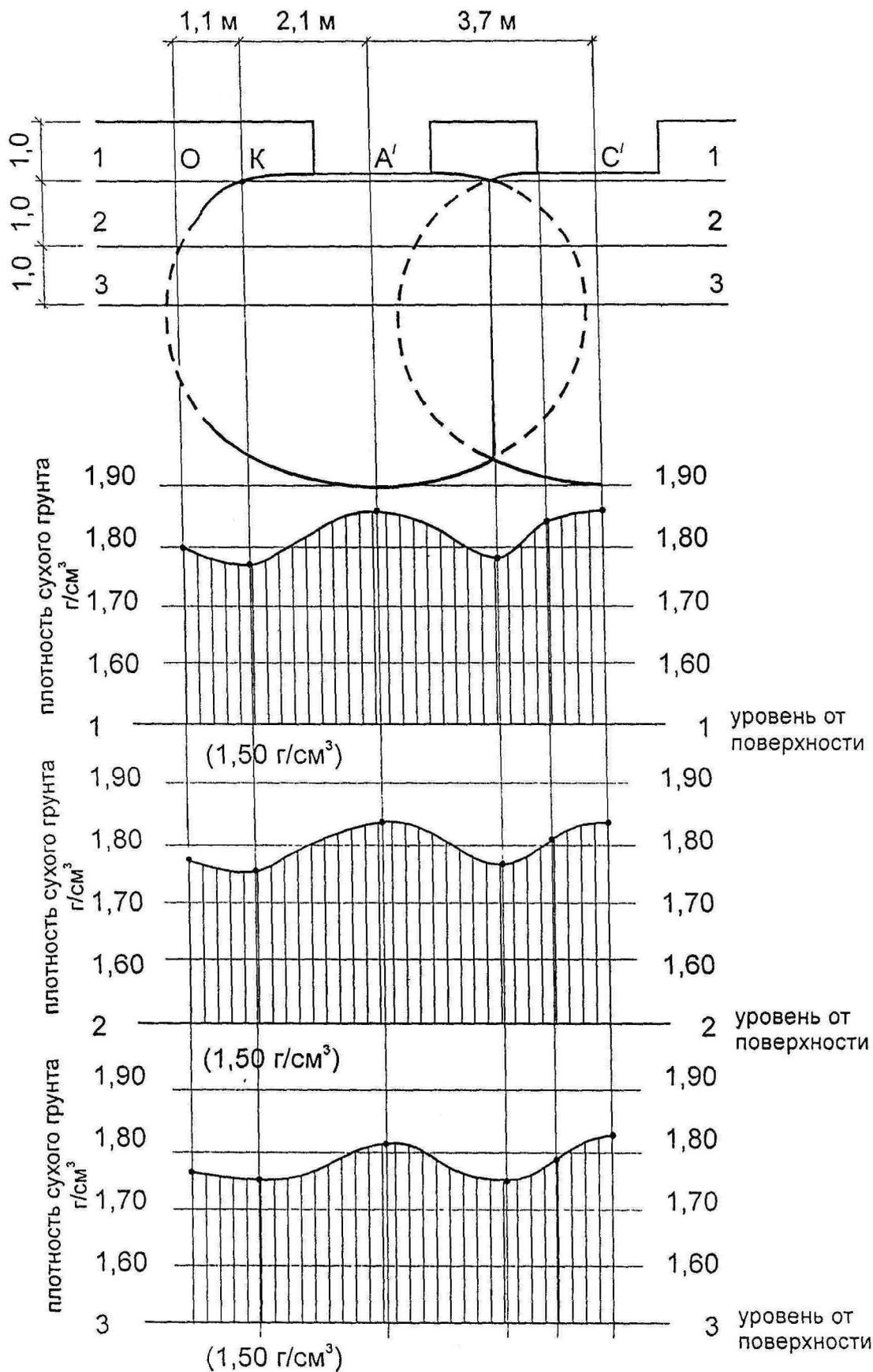


Рис. 4. Распределение плотности сухого грунта на различных уровнях при применении треугольной схемы.

сухого грунта $\rho_d = 1.84 \text{ г/см}^3$ под центром отпечатка трамбовки. По мере удаления от вертикали, проходящей через точку D , плотность сухого грунта убывает: на расстоянии 1 м от вертикали $\rho_d = 1.82 \text{ г/см}^3$, а двух метров - $\rho_d = 1.67 \text{ г/см}^3$. При уплотнении грунта в точке A наблюдается аналогичное распределение плотности сухого грунта по мере удаления от вертикали, проходящей через центр отпечатка трамбовки к периферии. Однако на расстоянии 2.0 м зоны уплотнения начинают накладываться друг на друга. Но это не оказывает заметного влияния на плотность сухого грунта. В связи с этим в точке M $\rho_d = 1.67 \text{ г/см}^3$. При рассмотрении распределения плотности сухого грунта по направлению диагонали AC следует отметить ее резкое снижение в середине. При увеличении расстояния между точками уплотнения наложение зон уплотнения грунта уменьшается. А на глубине 1.0 м наложение зон уплотнения вообще отсутствует. Более того, как видно из рис. 3, грунт мощностью 0.8 м ниже дна отпечатка вообще не уплотнен. В связи с этим плотность сухого грунта в данной точке равна ее значению в природном состоянии. Значения ρ_d на этом участке изменяются от 1.54 г/см^3 до 1.84 г/см^3 что соответствует рыхлому и плотному сложению грунтов. Наличие таких уплотненных зон в значительной степени снижает качество искусственных оснований и ведет к развитию неравномерных осадок зданий и сооружений. Следует отметить, что кажущееся небольшое различие в значениях ρ_d (1.2 раза) означает различие в 1.5... 2.5 раза в деформационных и прочностных характеристиках грунта.

На глубине 2.0 м от поверхности грунта эпюра распределения плотности несколько выравнивается при общем уменьшении максимальных значений $\rho_d = 1.82 \text{ г/см}^3$. На участке AD , соответствующем стороне квадрата, ввиду значительного наложения зон уплотнения грунта минимальное значение $\rho_d = 1.74 \text{ г/см}^3$, т.е. различие составляет 1.05 раза. По диагонали наложение зон уплотнения грунта меньше, что влечет за собой значительно меньшее значение $\rho_d = 1.68 \text{ г/см}^3$ в центре квадрата. Изменение плотности сухого грунта на этом участке – от 1.82 г/см^3 до 1.68 г/см^3 , т.е. в 1.08 раза.

На глубине 3.0 м от поверхности грунта при общей тенденции уменьшения плотности сухого грунта происходит еще большее ее выравнивание. Максимальные значения под центрами отпечатков трамбовок - $\rho_d = 1.81 \text{ г/см}^3$, а минимальные – в середине рассматриваемых участков: $\rho_d = 1.75 \text{ г/см}^3$ а участке DA и $\rho_d = 1.69 \text{ г/см}^3$ на участке AC .

Совсем другая картина распределения плотности сухого грунта при уплотнении по треугольной схеме (рис. 4). На глубине 1.0 м от поверхности максимальное значение $\rho_d = 1.84 \text{ г/см}^3$ в точках, расположенных под центрами отпечатков трамбовок, а минимальное - $\rho_d = 1.77 \text{ г/см}^3$ в точке, расположенной на вертикали, проходящей через точку K . Таким образом, максимальное различие в значениях ρ_d составляет 1.03 раза. Это объясняется тройным наложением зон уплотнения грунта и способствует этому уменьшение расстояния между точками удара трамбовок.

На глубине 2.0 м максимальное значение $\rho_d = 1.82 \text{ г/см}^3$, а максимальное - $\rho_d = 1.76 \text{ г/см}^3$. Колебания полученных значений ρ_d не превышают 1.04 раза.

На глубине 3.0 м при общем уменьшении значений плотности сухого грунта максимальное - $\rho_d = 1.81 \text{ г/см}^3$, мини-

мальное - $\rho_d = 1.74 \text{ г/см}^3$. Различие в значениях ρ_d на этом уровне также не превышает 1.04 раза.

Таким образом, очевидным является преимущество треугольной схемы расположения точек удара трамбовки, предлагаемой автором, в которой расстояние L' между точками уплотнения грунта определено по методике, предложенной автором [4. 5]. В сравнении с широко применяемой квадратной схемой [1. 2. 3. 6]. Серьезным недостатком квадратной схемы является наличие в пределах уплотняемого участка уплотненных зон значительной мощности, а также большая неоднородность по плотности грунта после его уплотнения. Более того, из рисунков 3 и 4 видно, что глубина распространения зоны уплотнения при квадратной схеме неодинакова и колеблется от 5.7 до 5.1 м в центре квадрата. При треугольной схеме этот параметр одинаков и составляет 5.7 м.

Совершенно очевидно, что исключить указанные весьма существенные недостатки квадратной схемы можно путем уплотнения грунта в дополнительной пятой точке E , являющейся центром пересечения диагонали. Но в этом случае уплотнение грунта будет осуществляться по треугольной схеме. Учитывая, что треугольник в данном случае равнобедренный, то этим самым снижается эффективность работ по уплотнению грунтов. Действительно, если площадь квадрата равна 16 м^2 при пяти точках уплотнения грунта, то из одной точки производится уплотнение 3.2 м^2 . Проведя уплотнение грунта по треугольной схеме в пяти точках, получим площадь уплотненного участка 17.76 м^2 . В данном случае из одной точки уплотняется 3.55 м^2 , что в 1,11 раза больше.

ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных экспериментальных данных распределения плотности сухого грунта в пределах уплотненной толщи показал, что более качественное основание при уплотнении грунтов тяжелыми трамбовками имеет место при использовании треугольной схемы расположения точек ударов трамбовки.
2. Экспериментально подтверждена достоверность результатов определения расстояния между точками удара трамбовки по формуле 1.
3. Сопоставление результатов определения плотности сухого грунта по рассмотренным двум схемам показало, что применение технологии уплотнения грунтов по треугольной схеме экономически более выгодно, так как ввиду значительного наложения зон уплотнения площадь и объем уплотненного грунта значительно больше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абелев Ю.М., Крутов В.И. Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах. – М.: Госстрой, 1961. – 148 с.
2. Гарицелов М.Ю. Интенсивное ударное уплотнение водонасыщенных грунтов оснований энергетических сооружений // Ускорение научно-технического процесса в фундаментостроении: Сб. трудов в 2-х томах. - 1987. - Т. 1. - с. 239-341.
3. Зарецкий Ю.К., Гарицелов М.Ю. Глубинное уплотнение грунтов ударными нагрузками. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
4. Пойта П.С., Тарасевич А.Н. Определение оптимального расстояния между точками уплотнения грунта тяжелыми трамбовками // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. -2003. -№ 1 (19) - с. 111-113.
5. Пойта П.С., Тарасевич А.Н., Рубанов В.С. Расчет оптимального расстояния между точками удара при интенсивном динамическом уплотнении грунтов // Строительство. Минск. -2003. - № 1-2. - с. 238-242.
6. Уплотнение просадочных грунтов трамбовкой массой 80 тс, Ильичев В.А., Багдасаров Ю.А., Быцутенко О.В., Гайдуков А.М. // Основания, фундаменте и механика грунтов. - 1990.-№ 2.-с.12-14.