

Пойта П.С., Тарасевич А.Н.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В МЕТОДИКЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

Интенсивное ударное уплотнение грунтов используется вместо традиционных методов подготовки оснований либо в тех случаях, когда оно является единственно возможным методом подготовки территории под строительство. Ю.К. Зарецкий и М.Ю. Гарицелов [4] подчеркивают, что стоимость работ по интенсивному ударному уплотнению грунтов в несколько раз ниже стоимости применения любого другого метода подготовки основания при залегании слабых грунтов на глубину более 3,0 м. При этом, чем больше площадь территории и мощность требующих уплотнения грунтов, тем выше показатели экономической эффективности.

Данные применения интенсивного ударного уплотнения за рубежом свидетельствуют о том, что если уплотнение применялось на небольших площадях (5... 10 тыс. м²), то по сравнению со свайными фундаментами отношение затрат оценивается как 1:3. При уплотнении больших территорий и мощных грунтовых толщ затраты на уплотнение составляют 1/15 по сравнению с затратами на устройство свайного основания [1,4].

Расчеты экономической эффективности от применения метода интенсивного ударного уплотнения при инженерной подготовке территории под строительство III очереди капролактама Гродненского ПО "Азот" показали, что в сравнении с проектным решением (уплотнение грунтов катками), внедрение метода уплотнения оснований тяжелыми трамбовками позволило снизить стоимость строительно-монтажных работ на 7755,2 тыс. рублей (в ценах 1984 г.), уменьшить затраты труда на 29300 чел/дней. Получена экономия основных материалов: металла - 871,13 т; цемента - 6595,02 т; щебня - 11613,6 м³; песка - 2161,19 м; дизтоплива - 510 т; лесоматериалов - 799,72 м.

Использование метода интенсивного динамического уплотнения при строительстве отдельных сооружений

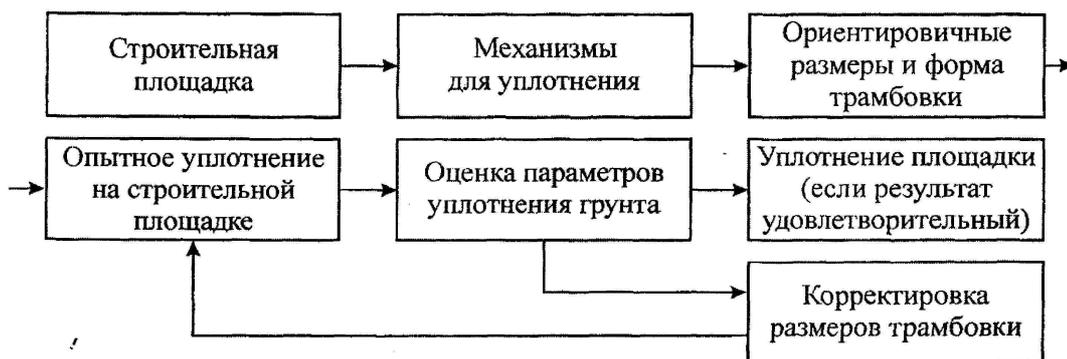
Кайшядорской ГАЭС позволили снизить стоимость работ в 50 раз [3,4].

Применение метода интенсивного ударного уплотнения в сочетании с намывом, т.е. доставкой грунтовой массы с помощью средств гидромеханизации, позволяет вести намыв высокими ярусами и одновременно обеспечить качественное уплотнение грунта.

По существу, рассматриваемая технология уплотнения грунта позволяет перейти от циклических к поточным схемам организации работ при рациональном планировании работ.

Вместе с тем, имея ряд весьма существенных преимуществ в сравнении с другими методами устройства искусственных оснований, интенсивное ударное уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками имеет и весьма значительные недостатки. Одним из них является выбор технологических параметров уплотнения грунта. При существующем подходе после оценки инженерно-геологических условий строительной площадки выбирают механизмы для уплотнения грунтов (рис.1). При решении этой задачи совершенно произвольно определяют механизмы для уплотнения, назначают высоту сбрасывания трамбовки. Размеры и форму подошвы трамбовки назначают исходя из опыта применения уплотнения грунтов для аналогичных площадок с последующей экспериментальной проверкой. Как показывает выполненный анализ, при уплотнении грунтов применялись трамбовки диаметром от 1.5 до 5.0 м. При этом не учитывались ни физико-механические свойства уплотняемых грунтов, ни их прогнозируемые параметры. Высота сбрасывания, диаметр трамбовки, характеристики уплотненных грунтов, технологические схемы уплотнения - все эти весьма важные составляющие качественного уплотнения грунта отрабатываются при опыт-

Существующая схема выбора технологических параметров уплотнения грунтов



Предлагаемая схема

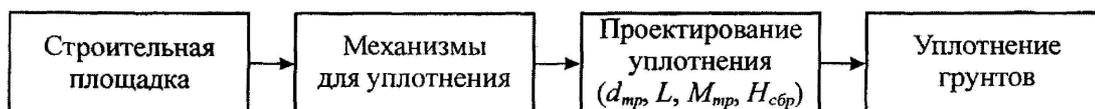


Рис. 1. Схема выбора технологических параметров.

Тарасевич Алексей Николаевич, к.т.н., доцент каф. оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.
Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ном уплотнении на строительных площадках. После завершения работ по пробному уплотнению определяют параметры уплотненного грунта. Если результаты удовлетворительны, то далее производят работы по уплотнению при выбранных технологических параметрах. Если нет, то производят корректировку технологических параметров уплотнения, затем повторяют опытное уплотнение. Таким образом, отсутствие надежных методов выбора технологических параметров уплотнения в значительной степени увеличивает сроки производства работ, их стоимость.

Разработанная и предложенная нами схема выбора технологических параметров уплотнения грунтов полностью исключает предварительный подбор механизмов для уплотнения, выбор ориентировочных размеров трамбовки, проведение опытного трамбования с последующей оценкой качества уплотнения. Для реализации предлагаемой схемы необходимо:

- выполнить инженерно-геологические изыскания на строительной площадке;
- выбрать механизмы для уплотнения грунтов исходя из их максимальной грузоподъемности и высоты сбрасывания;
- назначить максимальной массу трамбовки исходя из условия обеспечения нормальной работы грузоподъемного механизма;
- произвести расчеты оптимального диаметра трамбовки с учетом заданной массы, высоты сбрасывания, плотности и деформируемости уплотняемого грунта, мощности слабого слоя, прогнозируемой плотности сухого грунта;
- выполнить уплотнение грунтов на строительной площадке.

Из всей цепочки предложенной схемы новым является третий блок, в котором решаются вопросы проектирования уплотнения. Рассмотрим последовательно каждый параметр, составляющий этот блок.

Выполненные нами исследования [5, 6, 7], а также результаты, полученные Л.Р. Ставницером [1, 8], Л.М. Бобылевым [2], показывают целесообразность применения трамбовок наибольшей массы, что при минимальном числе ударов приводит к наиболее эффективным результатам. Кроме того, чем больше масса трамбовки при её одинаковых размерах в плане, тем более равномерное распределение плотности сухого грунта по глубине уплотняемой толщи. Следовательно, при выборе грузоподъемного механизма необходимо руководствоваться тем, что масса применяемой трамбовки должна быть максимально возможной из условия обеспечения его нормальной работы. При этом высота сбрасывания трамбовки должна быть максимально возможной, ибо чем больше энергия удара, тем выше эффективность работ по уплотнению грунтов. Таким образом, в рассматриваемом блоке не определены диаметр трамбовки и расстояние между центрами точек уплотнения. Каких-либо рекомендаций по выбору данных параметров с учетом энергии удара, свойств уплотняемых грунтов, их мощности в литературе нет [1, 2, 4, 8]. Нами впервые предложена, апробирована и внедрена на реальных объектах методика расчета оптимального диаметра трамбовки, включающая и учитывающая параметры оценивающие исходное состояние грунта, энергию удара, мощность уплотняемого слоя.

Диаметр трамбовки определяют по формуле:

$$d_{mp} = \frac{2.55MH(1-v^2)\omega}{\left(\frac{\rho_d^{mp} - \rho_d}{\rho_d^{mp}}\right) \cdot E},$$

где M - масса трамбовки, т;

H - высота сбрасывания, м;

v - коэффициент относительной поперечной деформации, зависящий от вида грунта;

ω - безразмерный коэффициент, равный 0.8;

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

ρ_d - плотность сухого грунта природного сложения, т/м³;

l - мощность уплотняемой толщи, м;

E - модуль деформации уплотняемого грунта, т/м².

Расстояние между центрами отпечатков следует определять по формуле:

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

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.

Глубина отпечатка может быть определена по формуле

$$\delta = nk + 40,$$

где n - количество ударов трамбовки;

K - коэффициент пропорциональности.

Качество уплотненного грунта в значительной степени зависит от применяемой схемы уплотнения грунтов. Применяемая в большинстве случаев квадратная схема, когда точки удара трамбовки расположены по углам квадрата, не обеспечивает равномерного распределения плотности сухого грунта по всей уплотняемой толщ. Как показали наши исследования при традиционно используемых размерах стороны квадрата 4.0 м и диаметре трамбовки 2.0 м ниже дна отпечатка вообще не уплотнен грунт глубиной до 0.8 м. При увеличении длины стороны квадрата область неуплотненного грунта резко увеличивается. Нами предложена схема, в которой точки удара трамбовки расположены в вершинах равностороннего треугольника.

Таким образом, очевидно, что предлагаемая схема выбора технологических параметров уплотнения грунтов является оптимальной, исключающей опытное уплотнение на строительной площадке с последующей оценкой качества выполненных работ, а, следовательно, менее трудоемкой и более экономичной. Кроме того, предлагаемая схема является более общей, так как она позволяет учесть весьма широкий диапазон изменения свойств грунтов, их мощности за счет оптимальности размеров подошвы трамбовки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абелев Ю.М., Кругов В.И. Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах. -М: Госстрой, 1961. - 148 с.
2. Бобылев Л.М. Об уплотнении связного грунта слоями конечной толщины, трамбуемыми плитами // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 1964. - №6. - С. 6-8.
3. Гарицелов М.Ю., Юдкевич А.И., Петров М.С. Интенсивное ударное уплотнение насыпи из тугопластичных грунтов при строительстве ГАЭС // Энергетическое строительство. - 1986. -№6. - с.15-19.
4. Зарецкий Ю.К., Гарицелов М.Ю. Глубинное уплотнение грунтов ударными нагрузками. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 192 с.
5. Пойта П.С. Влияние физико-механических свойств уплотняемого грунта на оптимальный диаметр трамбовки // Строительство. Минск - 2003. – Мн.-2.-с.243-247.
6. Пойта П.С. Оптимизация технологических параметров уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура - 2003. -
7. 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.
8. Ставницер Л.Р. Деформации оснований сооружений от ударных нагрузок. - М.: Строиздат, 1969. - 128 с.

УДК 624.131

Пойта П.С., Тарасевич А.Н., Зуева Ю.С.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ УДАРНЫМИ НАГРУЗКАМИ

Проектирование уплотнения слабых грунтов интенсивными ударными нагрузками производится на основе теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в БГТУ и анализа результатов, полученных другими авторами [1,2,3,4]. Общую схему расчета уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками можно представить в виде алгоритма, приведенного на рис. 1.

♦ Блок 1. Исходными данными для расчета уплотнения являются: инженерно-геологические условия строительной площадки, включающие в себя данные по физико-механическим характеристикам грунтов и данные по вертикальной планировке.

♦ Блок 2. Выбор технологического оборудования для производства работ по уплотнению грунтов осуществляют из имеющегося в строительной организации.

♦ Блок 3. Заданную требуемую плотностью сухого грунта ρ_d^{mp} . По заданным значениям ρ_d^{mp} , определяют прогнозируемые значения φ , C , E и затем выполняют расчет фундаментов.

♦ Блок 4. Вычисления требуемого диаметра трамбовки.

♦ Блоки 5 - 8. Полученный по расчету диаметр трамбовки сравнивают с диаметрами трамбовок, имеющимися в наличии в строительной организации. Если имеется трамбовка требуемого диаметра и заданной массы, то далее определяют расстояние между точками уплотнения грунта. Если такой трамбовки нет, то принимают большей или меньшей массы, затем корректируют высоту сбрасывания.

После уточнения высоты сбрасывания при имеющемся диаметре трамбовки и ее массе корректируют технологическое оборудование и переходят к расчетам, изложенным в алгоритме А (рис.2.)

♦ Блок 9. Определяем расстояние между точками уплотнения грунта.

♦ Блок 10. В зависимости от вида и состояния уплотняемого слоя грунта выбирают одно- или многоэтапную схему уплотнения грунтов на строительной площадке. Расположение точек уплотнения грунта необходимо предусмотреть таким, чтобы возможным было уплотнение площади

$$A_{oc} = (l + 2c')(b + 2c'),$$

где l и b - соответственно большая и меньшая стороны фундамента;

c' - уширение уплотняемого слоя в каждую сторону от фундамента.

Для зданий, чувствительных к неравномерным осадкам, $c' \geq 0,8$ м; для остальных зданий - $c' \geq 0,3$ м.

♦ Блок 11. После завершения работ по уплотнению грунтов на всей строительной площадке, не ранее, чем через месяц, производят определение физико-механических характеристик грунтов.

♦ Блок 12. Полученные значения C и E уточняют с помощью временных коэффициентов.

♦ Блок 13. Размеры подошвы фундаментов назначают исходя из требований СНБ.5.01.01.-99 [129]

♦ Блок 14. Расчет осадок оснований выполняют методом послойного суммирования с учетом выбранной расчетной схемы основания.

Надежность уплотненных тяжелыми трамбовками грунтов как оснований зданий и сооружений доказана результатами теоретических и экспериментальных исследований авторами и другими исследователями [4,5,6,], а также эксплуатацией ряда зданий, построенных на уплотненных грунтах в г.г. Гродно, Минске, Борисове и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Винокуров Е.Ф., Макарук П.Н., Пойта П.С., Набоков И.М., Лобанов В.В. Применение метода интенсивного динамического уплотнения в Белорусской ССР. – Минск, 1989. – С. 60-68.
2. Пойта П.С. Влияние физико-механических свойств уплотняемого грунта на оптимальный диаметр трамбовки // Строительство. Минск. - 2003. -№1 -2.-С. 243-247.
3. Макарук П.Н., Пойта П.С., Лобанов В.В. Об определении параметров уплотнения грунтов // Тезисы докладов областной межвузовской научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования БССР и КПБ. - Брест, 1989. - С. 39-40.

Зуева Юлия Сергеевна, студентка строительного факультета Брестского государственного технического университета. Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.