

3. Ващуковна-Каменецка Д. Брест – город незабываемый / Д. Ващуковна-Каменецка. – Брест, 2000. – 282 с.
4. Власюк Н. Н. Историческая топонимия Кобринского форштадта крепости Бресть-Литовск XIX-XXI ввковъ и нынѣшніхъ городскіхъ земѣль / Н. Н. Власюк. – Брест: Издательство БрГТУ, 2020. – 180 с.
5. Przeciwlotnicza.pl [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://przeciwlotnicza.pl/szkola-podchorazych-artylerii-przeciwlotniczej-w-trauguttowie](http://przeciwlotnicza.pl/szkola-podchorazych-artylirii-przeciwlotniczej-w-trauguttowie); Дата обращения: 04.04.2021.

УДК 624.15

Костюк А. И.

Научный руководитель: ст. преподаватель Клебанюк Д. Н.

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ

На сегодняшний день уплотнения структурно-неустойчивых грунтов тяжелыми трамбовками дна котлована путем свободного сбрасывания на уплотняемую площадь является одним из актуальных способов. При ударе происходит превращение кинетической энергии падающего органа в энергию деформации. Эффективность применения данного метода многократно подтверждена многочисленными исследованиями и производственными испытаниями [1...8] на строящихся объектах ввиду простоты производства, экономичности.

В настоящее время широко применяются трамбовки различного диаметра $d = 1,4...1,8$ м и веса 45...60 кН, обеспечивающие уплотнение просадочных грунтов на глубину до 3–3,5 м. При массе трамбовки 100 кН и $d = 2,4$ м, глубина уплотнения достигает 5,5...6,0 м.

Глубина уплотнения зависит от массы трамбовки, высоты сбрасывания, количества ударов, а также вида, структурной прочности, плотности и влажности грунта. Обычное уплотнение тяжелыми трамбовками применяется с целью:

- устранения просадочных свойств грунтов в пределах всей или части деформируемой зоны от нагрузки фундаментов;
- создание в основании сооружений сплошного маловодопроницаемого экрана, препятствующего интенсивному замачиванию нижележащих просадочных грунтов;
- повышения плотности, прочностных характеристик и снижения сжимаемости грунтов при последующем их водонасыщении.

Большое влияние на эффективность уплотнения оказывает влажность грунта (W). С увеличением влажности плотность сухого грунта (ρ_d) возрастает, при достижении некоторого максимального значения – снижается.

Максимальная плотность уплотненного грунта представляет собой наибольшее значение ρ_d , достигаемое при принятых режимах методах и энергии уплотнения.

Оптимальную влажность принимают равной $w_{opt} = w_p - (0,01..0,03)$ (w_p – влажность на границе раскатывания).

Уплотнение грунтов производится до определенной степени плотности выражаемой через коэффициент уплотнения $k_{упл}$, который определяется по формуле:

$$k_{\text{упл}} = \frac{\rho_d}{\rho_{d,\text{max}}} \quad (1)$$

На рисунок 1 приведен график изменения требуемого диаметра трамбовки от ρ_d^{mp} .

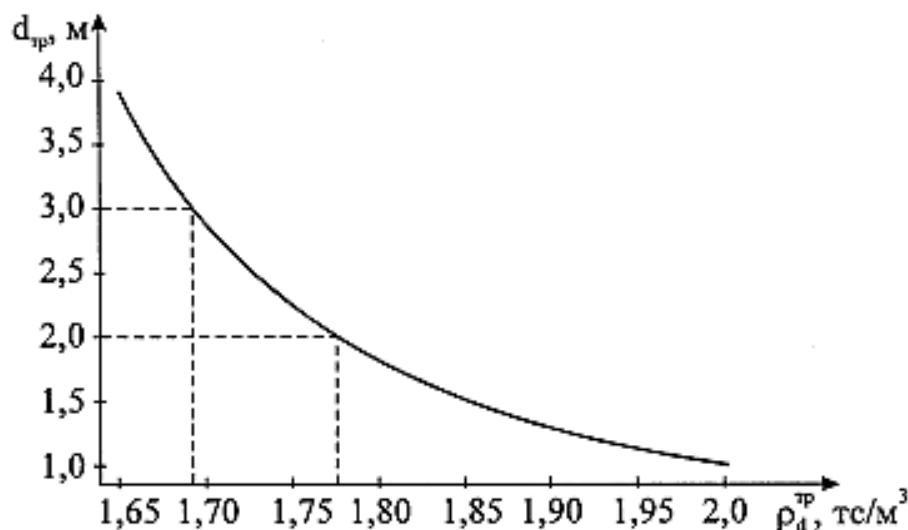


Рисунок 1 – График изменения диаметра трамбовки от требуемой плотности грунта

Чем больше требуемая плотность сухого грунта, тем диаметр трамбовки должен быть меньше. Степень уплотнения и объемный вес скелета грунта по глубине уменьшается и целесообразно выделять зону распространения и уплотняемую зону грунта.

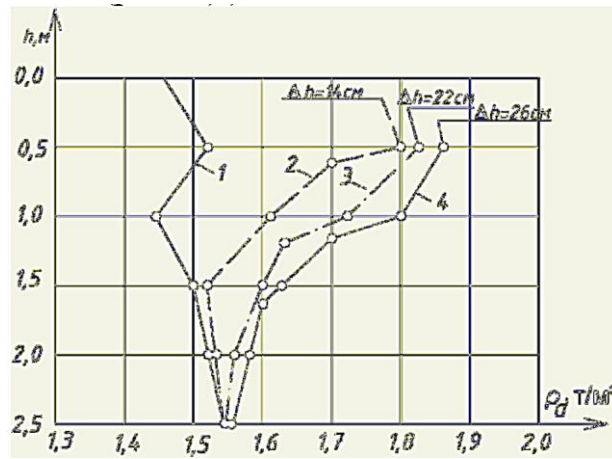
Зона распространения уплотнения представляет собой толщину грунта $h_{\text{упл}}$, в пределах которой происходит повышение объемного веса его скелета, распространяется от уплотненной поверхности до глубины, на которой ρ_d повышается не менее чем на $0,2 \text{ кН/м}^3$.

Уплотнение грунта обычно происходит за счет накопления остаточных деформаций при циклических нагрузках. Состояние грунта, при котором в процессе уплотнения практически не происходит повышение его степени плотности, называется уплотнением до отказа. Величину отказа принимают $0,5 \dots 2,0$ см в зависимости от вида грунта. С увеличением удельной энергии $\rho_{d,\text{max}}$ возрастает. Ударная нагрузка по принятому методу стандартного уплотнения соответствует статической нагрузке $0,8 \dots 1,0$ МПа.

С увеличением диаметра трамбовки в 2 раза происходит повышение глубины уплотнения в 2,75 раза, т. е. до 5,5 м.

Снижение влажности ниже оптимальной на $0,04 \dots 0,05$ приводит к уменьшению глубины уплотнения на $20 \dots 25$ %. При уплотнении грунтов часть энергии переходит в упругие колебания грунта (колебания распространяются на $15 \dots 30$ м с уменьшением амплитуды колебаний).

Экспериментальный график уплотнения лессовидной супеси по глубине при различном количестве ударов представлен на рисунке 2.



1 – до уплотнения; 2 – при 8 ударах; 3 – при 10 ударах; 4 – при 12 ударах
Рисунок 2 – Уплотнение лессовидной супеси трамбовкой при $Q = 0,34 \text{ м}^3/\text{м}^2$

Возможная глубина уплотнения тяжелыми трамбовками (где практически полностью устранены просадочные свойства грунтов) при оптимальной влажности принимается равной:

$$h_{\text{упл}} = k \cdot d_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности, принимаемый при уплотнении: песка – 1,55, супеси – 1,45, пылевато-глинистых грунтов – 1,0...1,2.

Предварительное распределение плотности по глубине можно определить по следующим зависимостям: $\rho_d = 1,8 - 0,09Z$ при $d_{\text{тр}} = 1,5 \text{ м}$; $\rho_d = 1,8 \dots 0,12Z$ при $d_{\text{тр}} = 1,2 \text{ м}$; $\rho_d = 1,8 \dots 0,14Z$ при $d_{\text{тр}} = 1,0 \text{ м}$. Величина Z – в м, а вычислительное значение ρ_d – в $\text{кН}/\text{м}^3$.

Чем больше мощность уплотняемого слоя, тем диаметр трамбовки (при прочих равных условиях) должен быть меньше (рисунок 3).

Величина модуля деформации грунта природного сложения также в определенной степени влияет на размеры подошвы трамбовки (рисунок 4). Из рисунка видно, что с увеличением модуля деформации грунта требуемый диаметр трамбовки уменьшается.

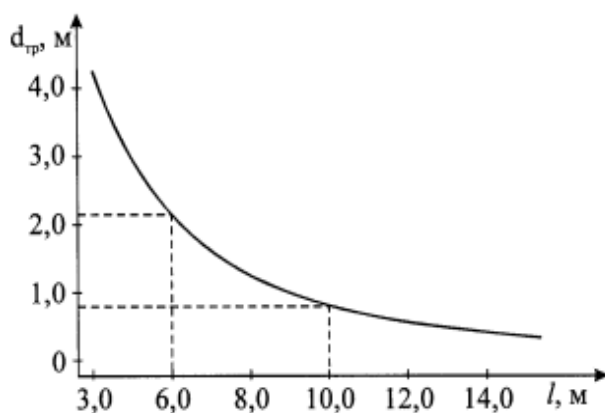


Рисунок 3 – График влияния диаметра трамбовки на мощность уплотняемого слоя

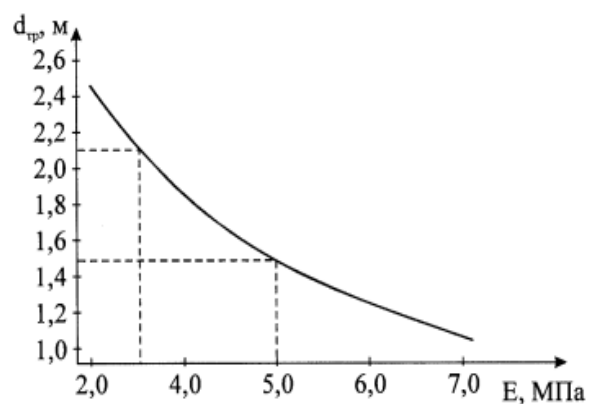


Рисунок 4 – Влияние модуля деформации грунта природного сложения на диаметр трамбовки

Уменьшение диаметра трамбовки возможно до определенных пределов. При малых значениях d_{mp} при ударе трамбовки о грунт будет происходить его разуплотнение за пределами пятна трамбовки. Этот факт объясняется образованием зон выпора, что необходимо учитывать при проектировании уплотнения грунтов интенсивными динамическими нагрузками.

Деформационная способность уплотненных грунтов при динамических нагрузках оценивается с помощью коэффициентов относительного сжатия (δ_p), по которому можно определить $S_{дон}$ для активной зоны.

Список цитированных источников

1. Евгенийев, И. Е. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог / И. Е. Евгенийев, В. В. Савин – М. : Транспорт, 1989. – 238 с.
2. Зарецкий, Ю. К. Глубинное уплотнение грунтов ударными нагрузками / Ю. К. Зарецкий, М. Ю. Гарицелов. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
3. Клебанюк, Д. Н. Особенности методики выбора технологических параметров при уплотнении грунтовых оснований тяжёлыми трамбовками / Д. Н. Клебанюк, П. С. Пойта, П. В. Шведовский // Вес. Брестского гос. техн. ун-та. – 2013. – № 1: Сер. строительство и архитектура. – С. 77–81.
4. Клебанюк, Д. Н. Пути совершенствования конструктивно-технологических параметров процесса уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками / Д. Н. Клебанюк, П. С. Пойта, П. В. Шведовский // Геотехника Беларуси: наука и практика : материалы Междунар. науч.-технич. конференции. – Минск, 2013. – Ч. II. – С. 109–120.
5. Ложкин, В. Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом / В. Н. Ложкин. – СПб, 2001. – С. 49–52.
6. Миронова, А. А. Автомобильные дороги и охрана окружающей среды / А. А. Миронова. – Томск : ТПИ, 1996. – 171 с.
7. Пойта, П. С. Влияние конструктивных параметров и особенностей формы подошвы тяжелых трамбовок на формирование свойств грунтов в зоне уплотнения / П. С. Пойта, П. В. Шведовский, Д. Н. Клебанюк // Вес. Брестского гос. техн. ун-та. – 2013. – № 1: Сер. строительство и архитектура. – С. 72–77.
8. Пойта, П. С. Влияние физико-механических свойств уплотняемого грунта на оптимальный диаметр трамбовки / П. С. Пойта // Строительство. – Минск, 2003. – № 1–2, с. 243–247.
9. Пойта, П. С. Оптимизация технологических параметров уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками / П. С. Пойта // Вестник БГТУ. – № 1: Строительство и архитектура. – с. 109–110.
10. Рябова, О. В. Техногенное воздействие дорожно-транспортного комплекса на экосистемы / О. В. Рябова. – Хабаровск : ДВГУПС, 2008. – 182 с.
11. Шведовский, П. В. Особенности выбора вариантов оптимизации факторов процесса уплотнения грунтов методами интенсивного ударного уплотнения / П. В. Шведовский, Д. Н. Клебанюк, П. С. Пойта // Сб. статей II МНТК «Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением САПР». – Брест, 2018. – С. 50–58.
12. Швец, В. Б. Уплотнение грунтов оснований тяжелыми трамбовками / В. Б. Швец. – М.: Росстройиздат, 1958 – 162 с.