

Пчелин В.Н., доц.; Юськович В.И., канд. техн. наук, доц.;
Друшниц Д.В.
(БрГТУ, г. Брест)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА РАБОЧИМ ОРГАНОМ С ВИНТОВОЙ ЛОПАСТЬЮ

Одним из наиболее важных этапов при строительстве зданий и сооружений является уплотнение грунтов для увеличения их несущей способности, сдвигоустойчивости и уменьшения сжимаемости, водопроницаемости. Нередко в строительстве возникает необходимость уплотнения грунта на большой глубине, в этом случае наиболее широко используются сбрасываемые с высоты 5 – 6 м, трамбуемые плиты, которые обеспечивают глубину уплотнения до 5,5 – 6 м при их массе 10 т (см. [1], с. 103).

Однако применение тяжелых трамбовочных средств сопряжено с опасностью для подземных и наземных конструкций, затруднено в стесненных условиях и характеризуется невысокой производительностью.

Исключить динамическое воздействие и обеспечить высокую производительность позволяет винтовое продавливание спиралевидными снарядами в грунте скважин с последующим заполнением их грунтом (см. авт. св. СССР N1086106). В данном случае винтовые лопасти предназначены только для уменьшения необходимого осевого напора и практически не участвуют в непосредственном уплотнении грунта вследствие их малого вылета относительно корпуса, что определяет небольшие размеры уплотняемой зоны грунта.

Увеличить в 2 – 3 раза размеры в плане зоны уплотняемого грунта позволяет разработанный в Брестском государственном техническом университете способ глубинного уплотнения грунта, для реализации которого используется рабочий орган в виде цилиндрического ствола с винтовой лопастью наконечником в нижней части [2]. В этом случае уплотнение грунта происходит в два этапа. На первом этапе грунт уплотняется в процессе завинчивания рабочего органа в грунт, который раздвигается, уплотняясь, стволом и винтовой лопастью, при этом в грунте образуются скважина и винтовая полость. На втором этапе производится вывинчивание рабочего органа с периодическим его осаживанием. В процессе осаживания грунт сдвигается вниз и, дополнительно уплотняясь, заполняет скважину и винтовую полость, что приводит к образованию окончательной зоны уплотнения грунта. Однако диаметр полученной зоны уплотнения не превышает

диаметра лопасти, что снижает эффективность известного способа. Снижению эффективности уплотнения грунта способствуют также значительные энергозатраты на обрушение грунта и заполнение им образующейся при вывинчивании рабочего органа скважины.

Для увеличения диаметра зоны уплотненного грунта и снижения энергозатрат на уплотнение в УО БрГТУ разработано новое устройство [3], содержащее рабочий орган 1 в виде трубчатого корпуса 2 с винтовой лопастью 3 и коническим наконечником 4 в нижней части (рис. 1). Наконечник 4 выполнен в виде теряемого башмака.

Для снижения сил трения между грунтом и корпусом 2 последний выполнен из верхней 5 и нижней 6 частей, причем диаметр верхней части 5 меньше диаметра нижней части 6 не менее чем на 4 – 8 мм, а лопасть 3 крепится к нижней части 6 корпуса 2. Винтовая лопасть 3 должна иметь не менее полутора оборотов в плане и крепится к корпусу 2 под острым углом α к образующим корпуса в сторону его оголовка, причем угол α принимается из соотношения:

$$\alpha < 90 - \arctg(f), \quad (1)$$

где f коэффициентом трения материала лопасти по грунту.

Благодаря указанному углу при осаживании рабочего органа грунт раздвигается в стороны, увеличивая диаметр зоны 7 уплотняемого грунта.

Радиус лопасти 3 принимается из соотношения:

$$R_3 = (2 - 5) r_{\text{кп}}, \quad (2)$$

где $r_{\text{кп}}$ – радиус цилиндрического корпуса.

Угол подъема витков лопасти должен быть не более $\arctg(f)$ для того, чтобы при осаживании рабочего органа 1 грунт раздвигался в стороны, а рабочий орган 1 при взаимодействии лопасти 3 с грунтом не завинчивался в него.

При уплотнении грунта вначале в грунт на расчетную отметку завинчивают рабочий орган 1 посредством приложения к оголовку корпуса 2 осевого вдавливающего усилия и крутящего момента с вращением по часовой стрелке (рис. 1, а), при этом грунт из-под наконечника 4, уплотняясь, отжимается в стороны от корпуса 2. Уплотнение грунта при завинчивании рабочего органа 1 производится также винтовой лопастью 3, после прохождения которой в грунтовом массиве остается винтовая полость 8.

После погружения на расчетную отметку, превышающую проектную отметку на толщину уплотняемого слоя H_0 (рис. 1, б), производят вывинчивание рабочего органа 1 ступенями (рис. 1, в) с параллельным заполнением малосжимаемым грунтом 10 образующейся при вывинчивании сква-

жины 11 посредством засыпки грунта 10 в полость 12 корпуса 2, при этом наконечник 4 остается в грунте.

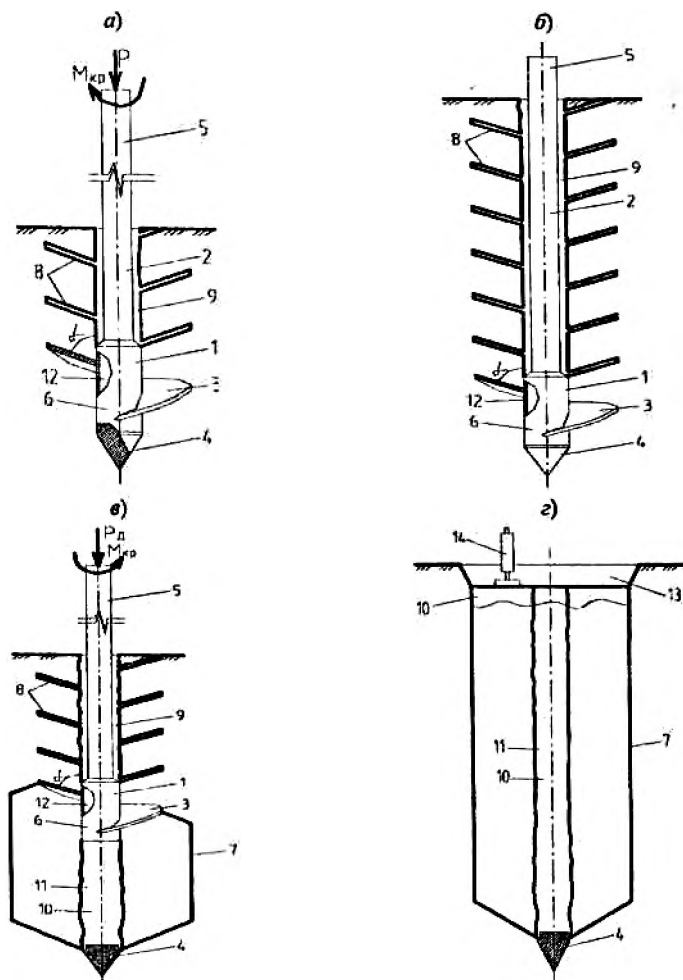


Рис. 1. Последовательность операций глубинного уплотнения грунта с осаживанием рабочего органа при его вывинчивании:

- 1 – рабочий орган; 2 – корпус; 3 – винтовая лопасть; 4 – терзательный конический наконечник;
- 5 – верхняя часть корпуса; 6 – нижняя часть корпуса; 7 – зона уплотняемого грунта;
- 8 – винтовая полость; 9 – зазор; 10 – малосжимаемый грунт; 11 – скважина;
- 12 – полость корпуса; 13 – выемка; 14 – трамбовка

Вначале каждой из ступеней к оголовку корпуса 2 прикладывают направленную вниз осевую нагрузку P_0 (динамическую ударную или вибрационную), обеспечивающую уплотнение грунта. При этом благодаря прикреплению лопасти 3 под углом α к образующим корпуса 2 в сторону его оголовка, принимаемым из соотношения (1), увеличивается объем взаимодействующего с лопастью 3 грунта и происходит скольжение последнего по наклонной поверхности лопасти 3 (раздвижка лопастью 3) в радиальном направлении от оси к периферии, т.е. обеспечивается образование зоны уплотнения 7 диаметром, значительно превышающим диаметр лопасти 3 (рис. 1, а).

Осаживание рабочего органа производят вначале каждой из ступеней вывинчивания на величину Δh_k , принимаемую из выражения:

$$\Delta h_k \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \left((1 - \gamma / \gamma_{упл}) \pi \cdot R_n^2 \cdot H_{k-1} \cdot m / (\pi \cdot R_n^2 - \pi \cdot r_n^2) + \Delta h_{k-1} \right) \\ H_{k-1} \cdot V_n \cdot m / (\pi \cdot R_n^2 \cdot t - \pi \cdot r_n^2 \cdot t) + \Delta h_{k-1} \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где k – порядковый номер ступени вывинчивания; γ – плотность скелета грунта до его уплотнения; $\gamma_{упл}$ – необходимая плотность скелета грунта после уплотнения; H_{k-1} – высота « $k-1$ » ступени вывинчивания (на первой ступени принимается H_0); m – коэффициент, учитывающий расширение грунта в стороны ($m = 1,15 - 1,3$); V_n – объем однооборотного участка лопасти.

Верхнее выражение в фигурных скобках формулы (3) определяет минимальную величину осаживания, обеспечивающую необходимую плотность скелета грунта, а нижнее – обеспечивающую полное заполнение сдвигаемым грунтом винтовой полости 8.

Высота каждой из ступеней вывинчивания принимается в зависимости от вида уплотняемого грунта, плотности его скелета и характера динамической нагрузки P_d .

Перед вывинчиванием рабочего органа на первую ступень (рис. 1, б) посредством его осаживания на Δh_1 уплотняется грунт с ненарушенной структурой на участке H_0 , в этом случае при определении Δh_1 по (3) принимают Δh_{k-1} и нижнее выражение в фигурных скобках (3) равным нулю, так как на указанном участке полостей в грунте нет и грунт ниже этого участка не уплотняется.

В процессе вывинчивания рабочего органа 1 с его осаживанием осевой нагрузкой в грунте образуется уплотненная зона 7 с оседанием грунта.

На заключительном этапе, после полного вывинчивания рабочего органа 1, в образовавшуюся в грунте в результате его уплотнения выемку 13 подсыпается слоями малосжимаемый грунт 10 с его уплотнением трамбовками 14 (см. рис. 1, з).

Степень уплотнения грунта может регулироваться высотой ступеней вывинчивания (целесообразно принимать равной 2 – 5 шагам винтовой лопасти 3), величиной и характером динамической нагрузки P_0 , объемом и углом наклона α винтовой лопасти 3, диаметром нижней части корпуса 2.

Выполнение наконечника 4 в виде теряемого башмака позволяет обеспечить заполнение малосжимаемым грунтом 10 образующейся при вывинчивании рабочего органа 1 скважины 11 посредством засыпки грунта 10 в полость 12 корпуса 2. Прикрепление винтовой лопасти 3 под острым углом α к образующим корпуса в сторону его оголовка, принимаемым из соотношения (1), обеспечивает увеличение на 15 – 30 % диаметра уплотняемой зоны 8 грунта, за счет отжатия грунта при его взаимодействии с лопастью 3 в направлении от центральной части к периферии и увеличения объема грунта, на который передается ударная нагрузка при осаживании рабочего органа 1. В совокупности вышесказанное определяет повышение эффективности глубинного уплотнения грунта.

Предлагаемое устройство для глубинного уплотнения грунта защищено патентом Республики Беларусь на изобретение № 7828 [3].

Литература

1. Неклюдов, М.К. Механизация уплотнения грунтов / М.К. Неклюдов. – М.: Стройиздат, 1985. – 168 с.
2. Способ глубинного уплотнения грунта: пат. 3940 Респ. Беларусь, МКИ E 02D 3/00, 3/046, 5/56. / В.Н. Пчелин, И.В. Губаревич, В.Н. Черноиван, А.В. Щербач; заявитель Брест. гос. техн. ун-т.; заявл. 14.04.98; опубл. 30.06.01 // Афіцыйны бюл. – 2001. – № 2. – С. 134.
3. Устройство для глубинного уплотнения грунта: пат. 7828 Респ. Беларусь, МКИ E 02D 3/00, 3/046, 5/56. / В.Н. Пчелин, П.С. Лойта, С.Г. Нагурный, Д.В. Друшиц; заявитель Брест. гос. техн. ун-т.; заявл. 22.04.11; опубл. 30.12.11 // Афіцыйны бюл. – 2011. – № 6. – С. 238.