

УДК 624.157.2:624.138.22

ФУНДАМЕНТЫ-ОБОЛОЧКИ НА ВЫТРАМБОВАННОМ ОСНОВАНИИ

Гончаров Б.В., Гареева Н.Б., Галимнурова О.В., Башлыков А.В.

*ФГ БОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет»*

Кратко изложена технология устройства фундамента-оболочки на вытрамбованном грунтовом основании. Приводятся результаты испытаний фундаментов в полевых условиях. Предложен динамический метод расчета несущей способности по величине отказа при вытрамбовке. Приведен метод оценки ожидаемой осадки фундамента с использованием данных зондирования.

Technology of foundation-shell on the tamped out soil base engineering is shortly presented. Results of foundations field tests are given. The paper presents dynamic method of bearing capacity analysis according to refusal value while tamping out. Method of expected foundation settlement evaluation with use of sounding data is described.

Программа правительства РФ по развитию малого и среднего предпринимательства требует значительного увеличения объемов производственных зданий преимущественно быстро монтируемых из легких несущих и ограждающих конструкций. Это требует разработки облегченных конструкций фундаментов взамен монолитных и столбчатых фундаментов, а так же новых технологий их устройства с уменьшением объемов работ и сроков проектирования и строительства.

Одним из перспективных видов фундаментов, позволяющих решить эти задачи являются конические фундаменты-оболочки с экономией бетона и высокой удельной несущей способностью материала. Но главным вопросом, сдерживающим их широкое применение следует считать значительные затраты ручного труда при устройстве грунтового основания для внутренней полости фундамента-оболочки.

В практике строительства производственных сельскохозяйственных зданий имеется опыт применения эффективной технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах, совмещающий разработку котлована и повышение несущей способности грунта [1]. По результатам опытов, проведенных в непросадочных глинистых грунтах, несущая способность ФВК в 2,5...3,0 раза превышает несущую способность фундамента в откопанном котловане при одинаковых объемах и форме фундаментов [2].

Для повышения эффективности фундаментов-оболочек Уфимским государственным нефтяным техническим университетом совместно с институтом БашНИИстрой разработана технология, совмещающая преимущества по материалоемкости фундамента и повышению несущей способности грунта в результате уплотнения при вытрамбовке [1].

Технология устройства фундамента-оболочки на вытрамбованном основании сравнительно проста: вначале сваебойный агрегат дизель-молотом вытрамбовывает в грунтовом массиве с помощью специального штампа скважину-котлован с уплотненным коническим основанием (рис. 1, *а*), затем штамп извлекается из котлована (рис. 1, *б*) и на основание устанавливается конический фундамент-оболочка из железобетона (рис. 1, *в*).

Опытная проверка технологии проводилась в полевых условиях на площадках с залеганием глинистых грунтов при индексе текучести $0,10 < I_L < 0,60$. Во всем интервале грунтов использовался универсальный трамбуемый штамп диаметром $D = 1,1$ м с углом наклона образующей $\alpha = 45^\circ$. Результаты опытных вытрамбовок показали, что грунтовый «целик» основания при глубине погружения штампа более 1,5 м формируются полностью и после извлечения штампа остается без трещин и отрывов грунта, что позволяет устанавливать оболочку на основание без дополнительной зачистки.

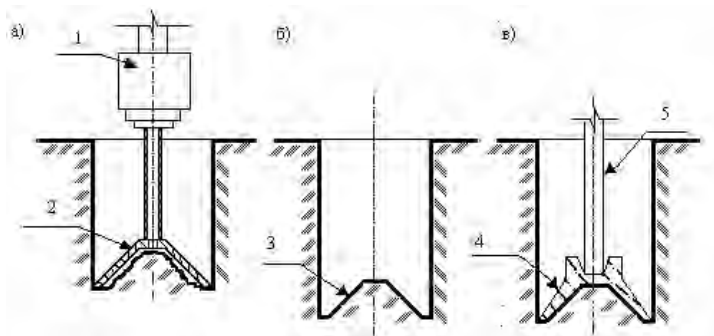


Рис. 1. Последовательность устройства фундамента-оболочки

Основной характеристикой фундамента-оболочки при проектировании является величина несущей способности при вертикальном нагружении. Эта величина может быть получена путем статических испытаний или расчетным путем. Так как характер деформирования грунта при ударном уплотнении штампом с конической полостью осложняется кумулятивным эффектом, теория расчета будет весьма сложна и пока не разработана.

Предлагается по опыту применения забивных свай [4] использовать динамический метод определения несущей способности по данным вытрамбовки котлована штампом. Для получения расчетной формулы использовано представление характера деформирования глинистого грунта при ударе молота по свае [4] в виде графика (рис. 2). На графике показано также соотношение сопротивления при динамическом нагружении R_D , и в случае статического нагружения R_S

$$R_D = \beta \cdot R_S \quad (1)$$

Где β – опытный коэффициент, больше единицы.

На базе этих представлений в зарубежной практике свайных работ используются динамические формулы вида

$$R_s = \frac{\mathcal{E}}{\beta \left(\epsilon + c/2 \right)} \quad (2)$$

где \mathcal{E} – энергия удара молота; e – остаточный отказ; c – величина упругого перемещения.

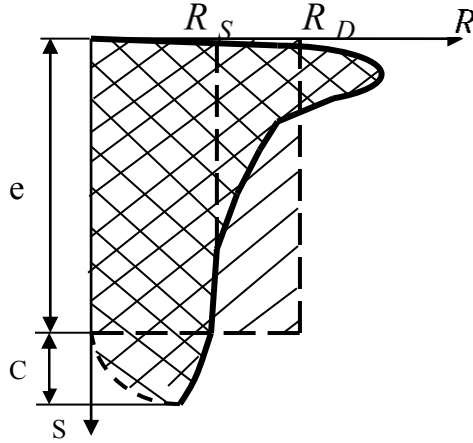


Рис. 2. Графическая интерпретация уравнения (1)

Для опытной проверки принята расчетная формула для определения предельной вертикальной нагрузки на фундамент-оболочку

$$F_u = \frac{K \cdot \mathcal{E}}{e + c/2}, \quad (3)$$

где $K = 1/\beta$ – коэффициент, учитывающий долю общей энергии удара, использованную на деформирование грунта.

Величина коэффициента «К» определялась опытным путем в полевых условиях. Площадка испытаний сложена тугопластичными суглинками с характеристиками, приведенными в табл. 1

Таблица 1

Результаты полевых исследований на площадке

Плотность ρ , г/см ³	Влажность, W	Коэффициент пористости e	Индекс текучести I_L	Угол внутреннего трения ϕ , град	Сцепление с МПа	Лобовое сопротивление q_s , МПа
1,914	0,29	0,83	0,24	18	0,025	2,4

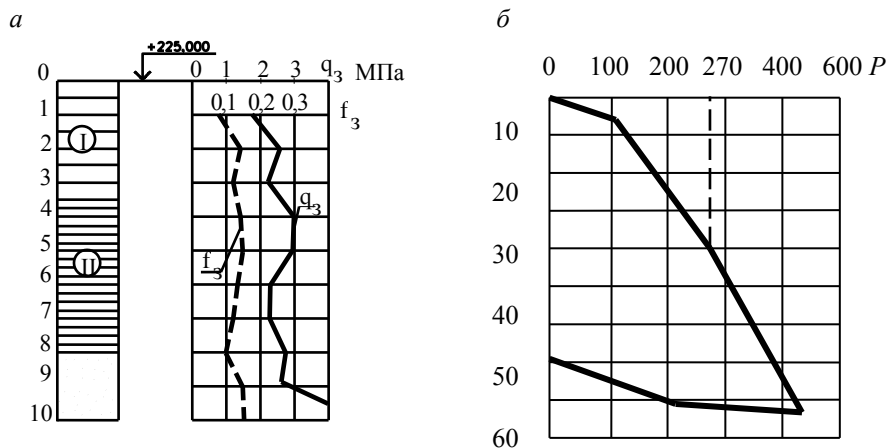


Рис. 3. Результаты полевых испытаний

a – графики зондирования (f_s – боковое трение зонда, q_s – лобовое сопротивление); *б* – график статических испытаний (S – осадка, мм, F – нагрузка, кН)

Для определения величины коэффициента «К» в формуле (3) использованы результаты выполненной вытрамбовки и статических испытаний. Эти результаты приведены в табл. 2. Величина упругого отказа определялась как средняя для глинистых грунтов с индексом текучести 0,10...0,60 по выполненным ранее исследованиям института БашНИИстрой [6, 7].

Следует отметить, что полученная величина $K = 0,18$ одного порядка с величиной $K = 0,12$, полученной при вытрамбовке котлована трамбовкой прямоугольной формы в грунтах с сопротивлением зондированию 2МПа [7]. Некоторое увеличение при вытрамбовке штампом с полостью можно объяснить кумулятивным эффектом.

Таблица 2

Результаты вытрамбовки и статических испытаний

Энергия удара молота, кДж	Отказ e , м	Упругий отказ $s/2$, м	Предельная нагрузка кН	Величина коэффициента К
25	0,014	0,004	270	0,18

Для практического применения экспресс-метода определения предельной вертикальной нагрузке на фундамент-оболочку предлагается формула

$$F_u = \frac{0,18 \cdot \mathcal{E}}{e + 0,004}, \quad (4)$$

Где F_u – предельная нагрузка, кН; \mathcal{E} – энергия удара дизель-молота, кДж; e – величина остаточного отказа, м; 0,004 – средняя величина упругого отказа, м.

Наличие у штампа конической полости предполагает кумулятивный эффект при пластическом течении грунта во время удара молота. По этой причине характер уплотнения грунтового массива ниже подошвы штампа может отличаться от получаемого при жестких трамбовках конической и пирамидальной формы.

Для оценки зон уплотнения после вытрамбовки котлована использованы результаты статического зондирования. Вытрамбовка котлована и зондирование грунта выполнены на площадке, проведения статических испытаний штампа. Зондирование выполнено до вытрамбовки и после по размеченным точкам зондирующей установкой С-832М со стандартной скоростью зонда. На рис. 4 представлены план расположения скважин зондирования, а на рис. 5 приближенная картина разреза уплотненной зоны.

Результаты опытных работ показывают, что характер уплотненной зоны при использовании конического штампа с полостью отличается от предлагаемой «Руководством...» шаровой формы с диаметром $D = 2D_{ш}$ [5].

В нашем случае при сложной форме уплотненной зоны возникают значительные трудности для разработки метода расчета осадки фундамента-оболочки, так как сложно учитывать пластическое проскальзывание уплотненного грунта в основном массиве.

Предложена методика использовать приближенные данные расчетов осадки жестких круглых плит на грунте естественного залегания, сравниваемой с реальной осадкой фундамента-оболочки на уплотненном грунте при статических испытаниях. Результаты сравнения опытов приведены в таблице 3 и в виде графика на рис. 6.

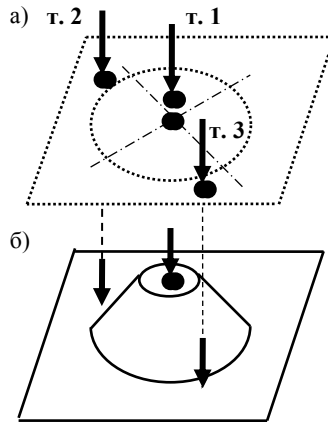


Рис. 4. Схема зондирования в месте погружения штампа до и после вытрамбовки

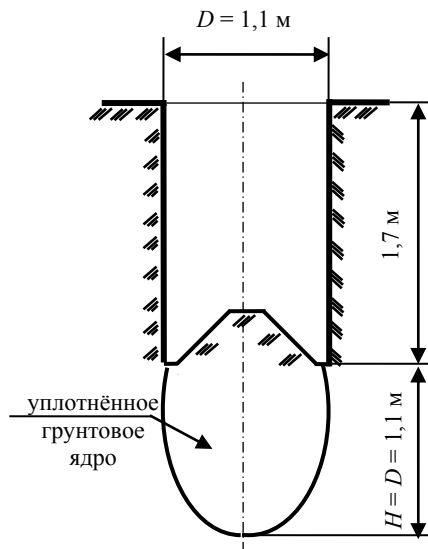


Рис. 5. Схема уплотненной зоны грунта

Результаты опытов при испытании фундаментов

№ на рис.4	Методы определения осадки	Величина осадки	Величина коэффициента η
1	Статические испытания	40	1,0
2	Расчет по программе «PLAXIS»	16	2,5
3	Расчет по СП 50-101-2003	10	4,0

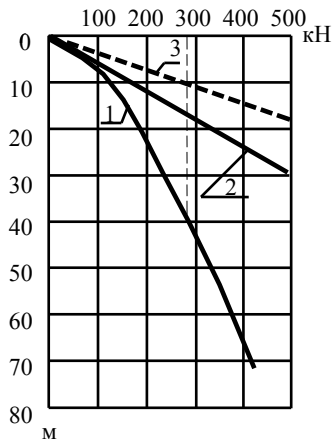


Рис. 6. График сравнительных величин расчетных и опытных осадок:
 1 – статические испытания; 2 – расчет «PLAXIS»; 3 – расчет СП-50-101-2003

Таким образом, величину ожидаемой осадки можно определять по характеристикам грунта в естественном залегании как

$$S_0 = \eta \cdot S_p, \quad (5)$$

где S_0 – ожидаемая осадка; η – коэффициент, учитывающий проскальзывание уплотненного ядра; S_p – расчетная величина осадки.

Выполненные исследования позволили обосновать расчетную базу для проектирования фундаментов производственных зданий с нагрузкой на колонну до 500 кН.

Разработаны и предложены для практического проектирования:

- экспресс-метод определения предельной нагрузки на фундамент-оболочку по данным динамических испытаний при вытрамбовке основания без проведения статических испытаний;
- метод оценки ожидаемой осадки фундамента-оболочки по характеристикам грунта естественного залегания, определяемых по данным зондирования.

Новая технология и конструкция фундаментов в виде фундаментов-оболочек на вытрамбованном основании позволяют значительно снизить расход железобетона, уменьшить объем земляных работ, сократить продолжительность проектирования и устройства фундаментов при снижении трудовых затрат.

Литература

1. Крутов, В.И. Фундаменты в вытрамбованных котлованах / В.И. Крутов, Ю.В. Багдасаров, И.Г. Рабинович. – М. : Стройиздат, 1985. – 164 с.
2. Гончаров, Б.В. Об эффективности фундаментов в вытрамбованных котлованах в непросадочных глинистых грунтах / Б.В. Гончаров, О.В. Галимнурова, Н.Б. Гареева // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2007. – № 1. – С. 13–15.
3. Гончаров, Б.В. Фундаменты-оболочки на вытрамбованном грунтовом основании / Б.В. Гончаров, А.В. Рыбаков // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2001. – № 5. – С. 17–20.
4. Терцаги, К. Теория механики грунтов / К. Терцаги. – М. : Госстройиздат, 1961. – 507 с.
5. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах / НИИОСП. – М. : Стройиздат, 1981.
6. Гончаров, Б.В. О прогнозе колебаний грунта при забивке свай по данным зондирования / Б.В. Гончаров, В.Ф. Ковалев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1995. – № 1. – С. 16–17.
7. Гончаров, Б.В. О динамическом методе оценки несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах / Б.В. Гончаров, А.В. Рыбаков // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2009. – № 1. – С. 11–13.