

УДК 624.138.22:624.152

Гончаров Б.В. – доктор технических наук, профессор**Гареева Н.Б.** – доктор технических наук, профессор**Галимнурова О.В.** – кандидат технических наук, доцент**Башлыков А.В.** – аспирантE-mail: galimnurova@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной технический университет

О РАСЧЕТЕ ФУНДАМЕНТОВ-ОБОЛОЧЕК НА ВЫТРАМБОВАННОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается метод устройства фундамента-оболочки на основании из уплотненного грунтового «целика», повторяющего внутреннюю форму железобетонной оболочки, образуемого специальным коническим штампом. Приводятся результаты полевых и численных исследований, положенные в основу метода расчета несущей способности. Показаны результаты определения характера и величины уплотняемой зоны грунта в основании фундамента оболочки, по данным зондирования массива и после уплотнения. Представлены также результаты численных исследований, выполненных для жесткой плиты с диаметром, равным диаметру штампа, используемые для оценки ожидаемой осадки фундамента-оболочки. Предлагается динамический метод оценки несущей способности по данным вытрамбовки основания. Предложен расчет ожидаемой осадки фундамента-оболочки по данным расчета с использованием компьютерной программы или «метода послойного суммирования». Кратко представлена технико-экономическая эффективность нового типа фундамента для производственных зданий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фундамент-оболочка, вытрамбованное основание, динамический метод, несущая способность, осадка фундамента.

Goncharov B.V. – doctor of technical sciences, professor**Gareeva N.B.** – doctor of technical sciences, professor**Galimnurova O.V.** – candidate of technical sciences, associate professor**Bashlykov A.V.** – post-graduate student

Ufa State Petroleum Technical University

ON THE DESIGN OF THE FOUNDATION-SHELL ON THE COMPACTED SOIL BASE

ABSTRACT

Method of the foundation-shell construction on the compacted soil «block» base is presented. The soil «block» is formed with a special tapered stamp and corresponds to the inner form of the reinforced concrete shell. Results of in-situ and numerical tests are shown to be the basis of the method of the bearing capacity design. The results of the determination of the form and size of the soil zone under compaction in the foundation-shell base by data of soil mass CPT and after the compaction are shown. The results of the numerical tests for the rigid raft, the diameter of which is equal to the stamp diameter are also presented to estimate the expected foundation-shell settlement. The dynamic method of the bearing capacity estimation by data of the base compactness and design of the expected foundation-shell settlement are suggested.

KEYWORDS: foundation-shell, compacted base, dynamic method, bearing capacity, foundation settlement.

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 также

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.

Для повышения эффективности фундаментов-оболочек Уфимским государственным нефтяным техническим университетом совместно с институтом «БашНИИстрой» разработан способ устройства фундаментов-оболочек на вытрамбованном грунтовом основании. Вначале сваебойный агрегат дизель-молотом вытрамбовывает в грунтовой массе с помощью специального штампа скважину-котлован с уплотненным коническим основанием. Затем штамп извлекается из котлована и на основание устанавливается конический фундамент-оболочка из железобетона.

Опытная проверка технологии проводилась в полевых условиях на площадках с залеганием глинистых грунтов, имеющих индекс 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 формируется полностью и при снятии штампа после извлечения остается без трещин и отрывов грунта, что позволяет устанавливать оболочку на основание без дополнительной зачистки.

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 [1] использовать динамический метод определения несущей способности по данным вытрамбовки котлована штампом.

Для получения расчетной формулы деформирование грунта при последнем ударе молота по наголовнику штампа принимается подобным процессу погружения сваи (рис. 1).

Соотношение сопротивления при динамическом нагружении R_D и статическом R_S записывается в виде

$$R_D = b \cdot R_S, \tag{1}$$

где b – опытный коэффициент, больше единицы.

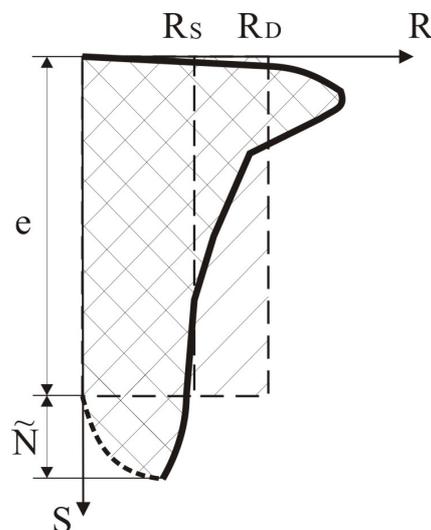


Рис. 1. Графическая интерпретация уравнения

Динамическая формула выводится из уравнения энергетического баланса с учетом, что в нашем случае металлический штамп можно считать абсолютно жестким телом и вся энергия удара тратится на деформирование грунта

$$R_s = \frac{\mathcal{E}}{b(e+c/2)}, \quad (2)$$

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

Предлагается 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 энергии удара, использованную на деформирование грунта.

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

Таблица 1

Характеристики грунта опытной площадки

Плотность ρ , г/см ³	Влажность ω	Коэффициент пористости e	Индекс текучести I_L	Угол внутреннего трения φ , град.	Сцепление c , МПа	Лобовое сопротивление q_s , МПа
1,89	0,26	0,81	0,24	18	0,023	2,2

На площадке выполнена вытрамбовка котлована под фундаменты-оболочки и проведены статические испытания, при этом величина предельной нагрузки на фундамент-оболочку принята по Руководству [2]. Результаты вытрамбовки приведены в таблице 2, а результаты статических испытаний показаны на рис. 2. В таблице 2 приведена также величина упругого перемещения по результатам измерения упругих перемещений в подобных глинистых грунтах при погружении дизель-молотом объемного штампа, имеющего лобовую площадь $A = 1,0 \text{ м}^2$ [3].

Таблица 2

Результаты вытрамбовки на опытной площадке

Энергия удара молота кДж	Отказ e , м	Упругое перемещение C , м	Предельная нагрузка кН	Величина коэффициента K
25	0,014	0,008	270	0,18

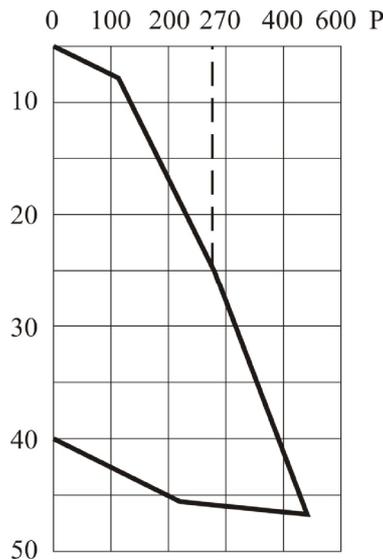


Рис. 2. График статических испытаний штампа после вытрамбовки

Следует отметить, что полученная величина $K = 0,18$ одного порядка с величиной $K = 0,12$, полученной при вытрамбовке ФВК в грунтах с сопротивлением зондированию 2 МПа [4]. Некоторое увеличение при вытрамбовке штампом с полостью можно объяснить кумулятивным эффектом.

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

$$F_u = \frac{0,2 \cdot \mathcal{E}}{e + 0,004}, \tag{4}$$

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

Наличие у штампа полости предполагает кумулятивный эффект при пластическом течении грунта во время удара молота. По этой причине характер уплотнения грунтового массива ниже подошвы штампа должен отличаться от принятых моделей при расчетах осадок жестких фундаментов.

Для оценки зон уплотнения при вытрамбовке котлована использованы результаты статического зондирования. Вытрамбовка котлована и зондирование грунта выполнены на площадке проведения статических испытаний штампа. Зондирование выполнено зондирующей установкой С-832М со стандартной скоростью зонда. На рис. 3а представлен план расположения скважин зондирования, а на рис. 3б – приближенная картина разреза уплотненной зоны.

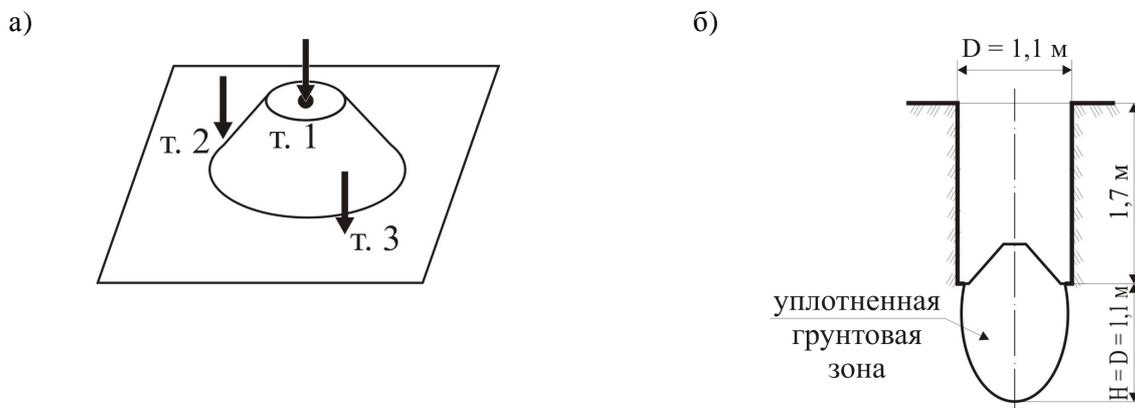


Рис. 3. Результаты зондирования в месте погружения штампа: а) расположение скважин зондирования до уплотнения грунта и после уплотнения; б) схема уплотненной зоны грунта

Такой сложный характер зон уплотнения грунта при вытрамбовке вызывает значительные трудности для разработки метода расчета осадки фундамента-оболочки на вытрамбованном основании. Предложена методика использования приближенных данных расчетных методов осадки круглых плит на грунте естественного залегания, сравниваемых с осадкой фундамента-оболочки на уплотненном грунте. Для опытной площадки результаты приведены на рис. 4 и в табл. 3.

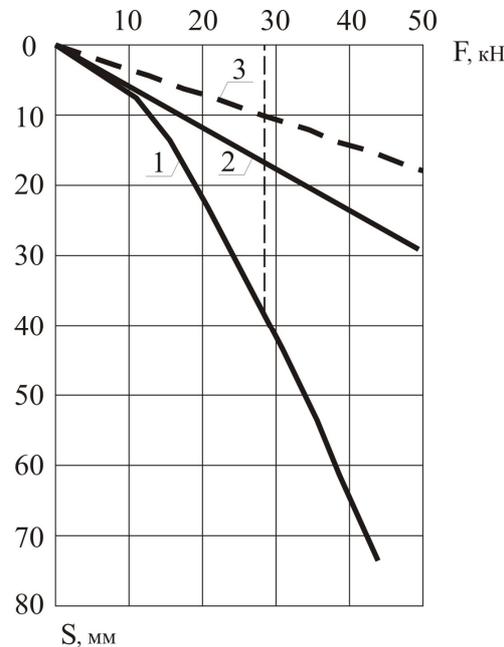


Рис. 4. График сравнительных величин расчетных и опытных осадок

Таблица 3

Результаты сравнения натуральных испытаний и численных исследований

№ 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

Таким образом, величину ожидаемой осадки можно определять как расчетным путем, так и по характеристикам грунта в естественном залегании:

$$S_0 = h \cdot S_p, \tag{5}$$

где η – коэффициент, учитывающий проскальзывание уплотненного ядра;
S_p – расчетная осадка.

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 вытрамбовки основания без проведения статических испытаний;
- метод оценки ожидаемой осадки фундамента-оболочки по характеристикам грунта естественного залегания.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терцаги К. Теория механики грунтов – М.: Госстройиздат, 1961. – 503 с.
2. НИИОСП, Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. – М.: Стройиздат, 1981.
3. Гончаров Б.В., Ковалев В.Ф. О прогнозе колебаний грунта при забивке свай по данным зондирования // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1995, № 1. – С. 16-17.
4. Гончаров Б.В., Галимнурова О.В., Гареева Н.Б. О динамическом методе оценки несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2009, № 1. – С.11-13.