

В.І. Пантелеєнко, доц., канд. техн. наук

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

С.О. Карпушин, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження процесу занурення тонкостінних фундаментів-оболонок при зведенні нульового циклу будівель і споруд

Наведено результати досліджень процесу занурення тонкостінних фундаментів-оболонок в ґрунт, представлені залежності опору ґрунту від глибини занурення, що дає можливість формування методики інженерного розрахунку обладнання для занурення фундаментів-оболонок.

фундамент-оболонка, занурення, наголовник, молот, енергія удару, паля, відказ, опір, ґрунт

Суттєвий розвиток в будівництві одержали фундаменти із забивних блоків, або фундаменти-оболонки. Розроблено багато конструкцій фундаментів-оболонок для різних ґрунтових умов [1].

При зануренні фундаментів-оболонок під ними і навкруги них утворюється ущільнена зона з підвищеною міцністю, за рахунок чого суттєво підвищується їх несуча здатність. Як показала практика, застосування фундаментів-оболонок дозволяє в 3...4 рази

© В.І. Пантелеєнко, С.О. Карпушин, 2010

зменшити об'єм земляних робіт, майже повністю виключити опалубочні роботи порівняно з звичайними стрічковими і пальовими фундаментами, зменшити витрату бетону в 2...2,5, металу в 1...2 рази, трудомісткість і кошторисну вартість робіт нульового циклу на 40%.

Але процес занурення фундаментів-оболонок вивчений недостатньо добре з точки зору взаємодії з ґрунтом та ефективного використання копрового обладнання для їх занурення. Мало вивчені фізичні умови процесу занурення, зокрема дія різних параметрів копрового обладнання на ефективність процесу занурення.

Відсутні відомості про дію конструкції наголовників на перетворення удару молота в енергію руху фундаментів-оболонок. В той же час застосування фундаментів-оболонок являється широко розповсюдженим в практиці будівництва внаслідок простоти конструкції, прогресивних методів виробництва та високої культури будівництва.

Мета досліджень полягає у визначенні основних параметрів обладнання для занурення фундаментів-оболонок і формуванні методики його розрахунку.

Проведений огляд і аналіз конструкцій копрового обладнання і пальових наголовників, які використовуються для занурення паль і паль-оболонок показав, що для занурення фундаментів-оболонок доцільно застосовувати копрове обладнання на базі екскаваторів та кранів.

Огляд наголовників показав, що серійне обладнання для занурення оболонок не виготовляються, а тому необхідні подальші дослідження для визначення основних раціональних параметрів обладнання для ефективного занурення оболонок в ґрунт.

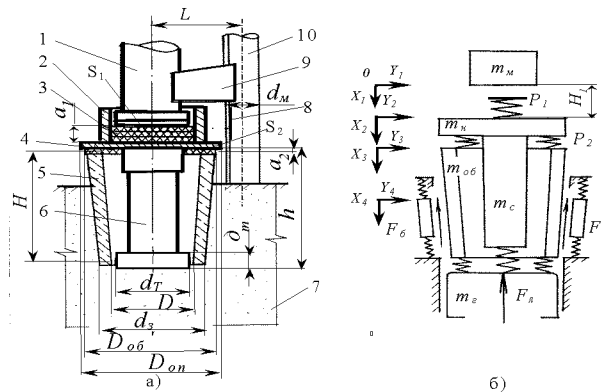
Досліди динамічного опору ґрунтів при забиванні в нього паль проводили Б.В. Бахолдін, Л.Я. Гінзбург, Д.Д. Баркан, та інші, більшість дослідників динамічного опору ґрунту визначають його при допомозі коефіцієнту в'язкості.

В роботі Л.Р.Ставніцера встановлено існування критичної швидкості деформування ґрунту, при перевищенні якої величина реакції практично не залежить від

швидкості його деформування. Б.В.Бахолдін, Л.Я.Гінзбург показали, що величина критичної швидкості стосовно до паль залежить від статичного опору ґрунту.

Моделі системи "паль-ґрунт" були досліджені рядом вчених для випадків синусоїдального навантаження. Порівняння результатів теоретичних розрахунків віброзанурення паль з дослідними даними показало великі розбіжності. Аналіз, проведений Д.Д.Барканом і О.А.Савіновим показав, що для задовільного сходження результатів необхідно урахувати вплив інерції ґрунту. Для цього масу палі необхідно збільшити на деяку величину, яка одержала назву приєднаної маси ґрунту. Питання про вплив інерції ґрунту при забиванні паль на величину відказу до теперішнього часу не досліджене.

Система "молот-наголовник-оболонка-ґрунт" представлена на рис. 1а, б.



а) - реальна система; б) - розрахункова схема

1-молот; 2- наголовник; 3 і 4- пружні прокладки; 5-оболонка; 6- сердечник;
7-ґрунт; 8-направляючі копра; 9-кронштейни ; 10-стріла

Рисунок 1 – Система "молот-наголовник-оболонка-ґрунт"

Найбільш цінним для практики являється дослідження впливу на процес занурення наступуючих факторів:

- граничного опору оболонки по ґрунту (рис. 2);
- висоти підйому молота (рис.3);
- відношення маси молота до маси оболонки (рис.4);
- товщини пружної прокладки у наголовнику.

З метою одержання аналітичних залежностей між параметрами системи "молот-наголовник-оболонка-ґрунт" був проведений аналіз одержаних даних з застосуванням рівнянь регресії [2, 3]. В результаті було встановлено, що сила удару на контактах молот-наголовник і наголовник-оболонка може визначатись залежностями:

$$P_1 = 314m_m H_1 + 0,7R - 212 \frac{m_m}{m_n} - 6131 \frac{a_1}{S_1} - 950; \quad (1)$$

$$P_2 = 245m_m H_1 + 0,97R - 510 \frac{m_m}{m_c + m_{об}} - 9231 \frac{a_2}{S_2} - 637, \quad (2)$$

де m_m , m_n , $m_{об}$, m_c - відповідно маси молота, наголовника, оболонки та сердечника;
 a_1 , S_1 та a_2 , S_2 - товщина і площа амортизуючих прокладок на межі молот-наголовник та наголовник-оболонка;

H_1 - висота підйому молота;

R - опір ґрунту.

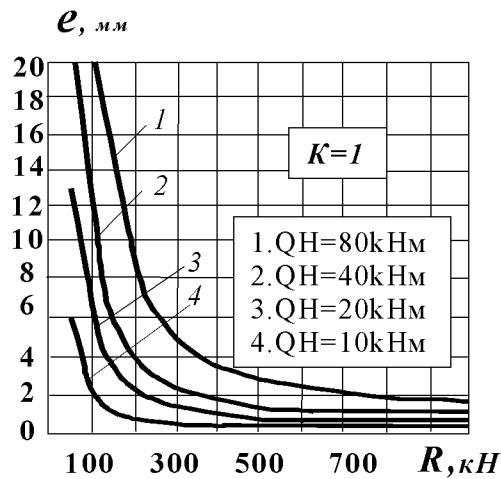
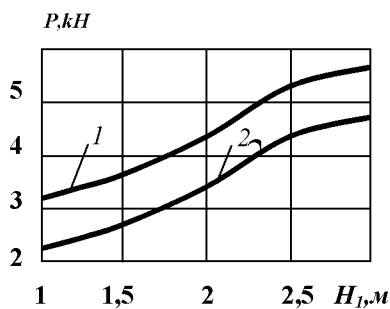


Рисунок 2 – Залежність відказу оболонки від опору ґрунту, R .



1 - молот-наголовник;
2 - наголовник-оболонка

Рисунок 3 – Залежність контактної сили P від висоти падіння H_1 молота на контактах

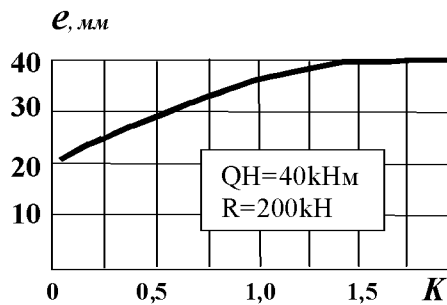


Рисунок 4 – Залежність відказу оболонки e від співвідношення мас молота і оболонки з сердечником K

Для визначення величини залишкового відказу достатньо точний результат дає встановлена залежність виду:

$$e = 1,2 \frac{m_m H_1 \left(\frac{m_m}{m_{об} + m_c} \right)^{0,2}}{R^{1,3}} \quad (3)$$

Таким чином, в другому розділі розроблена математична модель системи "молот-наголовник-оболонка-ґрунт", розкриті закономірності динамічної взаємодії молота з оболонкою (рис.5 а, б), що занурюється в ґрунт і встановлено слідує:

– ударна взаємодія в системі "молот-наголовник-оболонка-ґрунт" представляє собою багатократні співударі, характер яких залежить від режиму роботи молота;

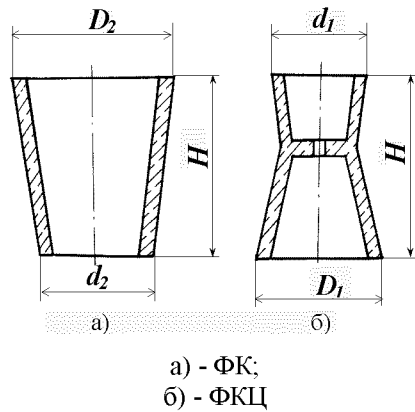
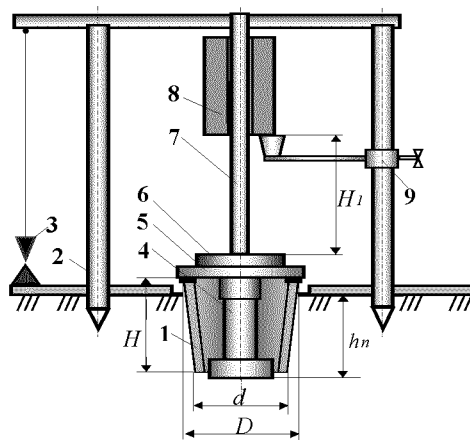


Рисунок 5 - Конструктивні схеми оболонок

- перший співудар молота з наголовником не приводить до зміни знаку його швидкості. Відскок вгору відбувається після декількох співударів;
- найбільший вплив на величину контактних сил мають висота падіння молота та жорсткість пружної прокладки. Вплив відношення мас молота і оболонки, а також величина опору ґрунту проявляється значно менше;
- основними факторами, які впливають на відказ оболонок, являються: висота підйому молота, опір ґрунту і співвідношення мас молота і оболонки;
- найбільший вплив на величину контактних сил мають висота падіння молота та жорсткість пружної прокладки [4, 5].

Для проведення експериментальних дослідів по зануренню моделей оболонок був спроектований і виготовлений спеціальний стенд, який забезпечував дослідження процесу в умовах будівельного майданчика (рис. 6).



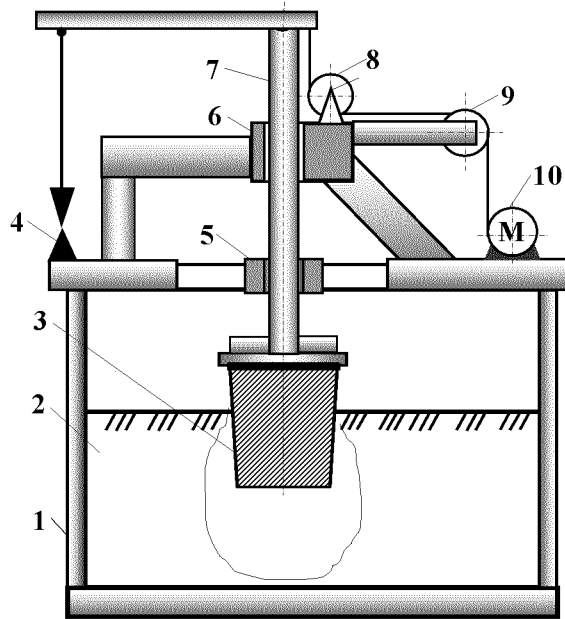
1 - оболонка; 2 - каркас; 3 - зв'яз; 4 - седечник; 5 - наголовник;
6 - амортизатор; 7 - штанга; 8 - ударник; 9 - фіксатор

Рисунок 6 – Схема стенда для досліджень занурення оболонок в ґрунт в польових умовах

Стенд для виявлення якісних закономірностей процесу занурення в ґрунтову основу моделей оболонок (рис. 7) складається з ґрунтового контейнеру, передня стінка якого виконана з прозорого матеріалу для спостереження за процесом деформування шарів ґрунту по мірі занурення оболонок.

Занурення моделі в ґрунт пошарово пофарбованої структури забезпечує спостереження за формуванням ущільненої зони і розповсюдженням деформації ґрунту по глибині занурення.

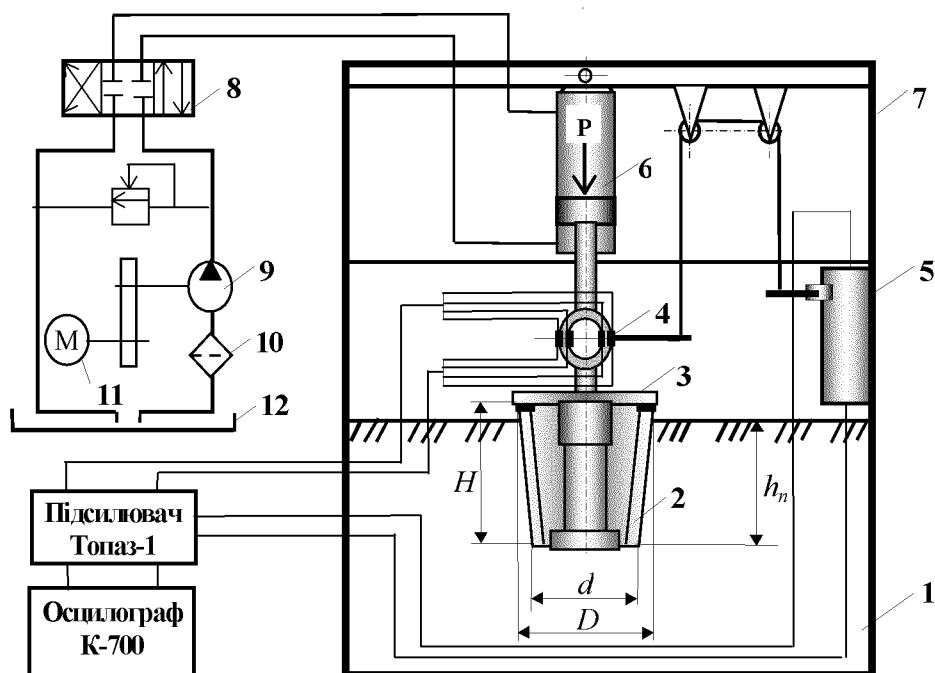
Стенд для визначення зусиль занурення в ґрунтову основу моделей оболонок



1-контейнер; 2-прозора стінка; 3-оболонка; 4-укіс;
5,6-направляючі втулки; 7-штанга; 8,9-блоки; 10-двигун

Рисунок 7 - Схема стенда для вивчення якісних закономірностей процесу занурення оболонок в ґрунт

(рис. 8) складається з металевого контейнера, відкритого зверху. На контейнері закріп-



1-контейнер; 2-оболонка; 3-наголовник; 4-тензоланка; 5-реостат; 6-гідроциліндр;
7-рама; 8-гідророзподільвач; 9-насос; 10-масляний фільтр; 11-електродвигун; 12-маслобак

Рисунок 8 – Схема стенда для дослідження зусиль занурення оболонок в ґрунт

лена П-подібна рама, з нею шарнірно з'єднаний гідроциліндр штоком вниз, до якого закріплена тензовимірювальна ланка, що з'єднана з моделлю і тензоапаратурою, яка складається з осцилографа К-700, підсилювача "Топаз-1" і випрямлювача "Гранат". Це забезпечує реєстрацію опору ґрунтової основи при зануренні моделі в ґрунт. Таким чином, на осцилографічному папері фіксується одночасно зусилля занурення моделі в ґрунтову основу і хід поршня гідроциліндра, що дозволяє будувати по даним осцилограм

графіки залежності зусилля вдавлювання від глибини занурення моделі в ґрунтову основу.

Дослідження на моделях оболонки, в контейнері з прозорою стінкою, (рис.7) проводилися в суглинку і піску, щільність яких була обмежена можливістю проведення дослідів. Для фіксації меж деформації ґрунту в залежності від глибини занурення на зовнішню сторону скла наносились горизонтальні лінії на відстані 15...20мм. Товщина відсипаного шару була такою, що після його ущільнення шари крейди сумішалися з горизонтальними лініями на склі.

Дослідження проводилися з використанням суцільних та пустотілих фундаментів типу ФКЦ і ФК (рис. 5). Встановлена оптимальна глибина занурення при якій стабілізується деформація ґрунту, що говорить про закінчення формування ущільненого ядра. Оскільки питомий опір вдавлювання являється постійним при зміні співвідношення h/D , то зусилля вдавлювання для натурального фундаменту можна розрахувати по зусиллю вдавлювання для моделі по залежності $P_{вн} = P_{вм} K_1^2$, де $K_1 = D_n / D_m$ - масштаб геометричної подібності натурі і моделі.

Оптимальна маса молота, яка відповідає мінімальному значенню сумарної енергії, знаходиться в межах 1,25...1,6 від маси оболонки.

Залежності, які представлені в табл.1. являються результатом математичної обробки дослідних даних на ЕОМ з використанням програми "NAPOLI".

Таблиця 1 – Рівняння регресії залежності опору ґрунту від глибини занурення для оболонки типу Ф-10(суцільна і пустотіла) при різній міцності ґрунтової основи, суглинки.

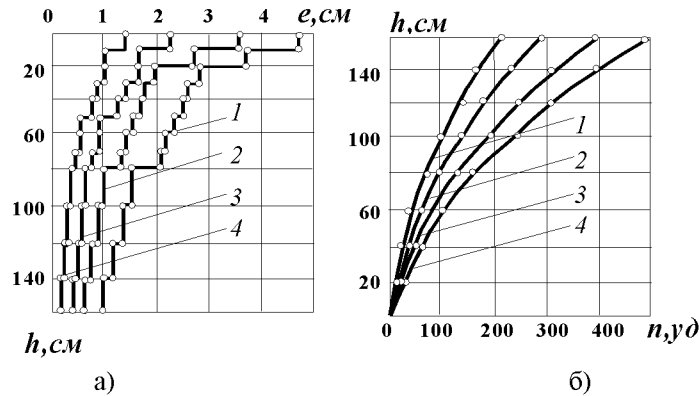
N п/п	Вид оболонки, Ф-10	Міцність ґрунту, Суд.		Рівняння регресії
		модель	натурного	
1	суцільна	3	30	$P_e = 1873 + 9,1 \times h - 2,92 \times 10^{-1} h^2$
2	пустотіла	3	30	$P_e = 1424 + 9,5 \times h - 2,93 \times 10^{-1} h^2$
3	суцільна	2	20	$P_e = 1221 + 62,4 \times h - 1,84 \times 10^{-1} h^2$
4	пустотіла	2	20	$P_e = 907 + 60,2 \times h - 1,74 \times 10^{-1} h^2$
5	суцільна	1	10	$P_e = 677 + 38,9 \times h - 1,11 \times 10^{-1} h^2$
6	пустотіла	1	10	$P_e = 410 + 32,4 \times h - 7,84 \times 10^{-1} h^2$

Експлуатаційні випробування обладнання нової конструкції підтвердили його працездатність і надійність. В процесі роботи наголовника не було виявлено істотних пошкоджень, а тому він рекомендований для подальшої експлуатації в умовах будівельного майданчика

Копрове обладнання з дизель-молотом, що має масу ударної частини 0,5т., можна використати для перевірки адекватності математичної моделі реальній системі, його конструкція дозволяє проводити дослідження у всьому необхідному діапазоні співвідношень мас молота і занурюваних елементів.

При обробці експериментальних даних, одержаних в польових умовах, використані методи математичної статистики, що дозволяють оцінити достовірність експериментальних даних та розрахунків (рис. 9).

Зпівставлення даних показало, що величини залишкових відказів, дещо менше, в середньому на 18%, ніж при рішенні теоретичної моделі, а пружних відказів - більше в середньому на 12%. Отже, математична модель точно описує процес занурення оболонки в ґрунтову основу [6,7].



а - відказу e ; б - кількості ударів молота n , від глибини занурення оболонки h
1,2,3,4 - відповідно в січні, березні, травні, і липні місяцях 1995 року (м. Дніпропетровськ)

Рисунок 9 – Експериментально отримані залежності

Практичне втілення створених промислових зразків було здійснено на ремонтно-механічному заводі та в УМБ-2 системи ВАТ "Дніпробудмеханізація" міста Дніпропетровська, де було виготовлено і впроваджено у виробництво вісім комплектів нового обладнання.

Список літератури

1. Крутов В.И., Тропп В.Б. Фундаменты из забивных блоков. - К.: Будівник, 1967. - 120 с.
2. Хмара Л.А., Пантелеенко В.И. Математическое моделирование погружения в грунт фундаментов-оболочек. Сб. науч. тр./АН Украины "Компьютерное моделирование и оптимизация механических систем и процессов" Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова, 1994.-С.65-75.
3. Хмара Л.А., Пантелеенко В.И. Формирование математических моделей и исследование процесса погружения фундаментов-оболочек в грунт. Сб. науч. тр. ПГАСиА "Интенсификация рабочих процессов строительных машин". Выпуск 4. 1998.- С.98-106.
4. Хмара Л.А., Пантелиенко В.І. Дослідження і визначення основних параметрів обладнання для занурення фундаментів-оболонок. Сб. наукових праць ПДАБтаА "Вісник ПДАБтаА", №1, 2002.- С.52-56.
5. Хмара Л.А., Пантелеенко В.И. Погружение тонкостенных фундаментов-оболочек в грунтовое основание// Всеукраїнський міжвідомчий збірник наукових праць "Гірничі, Будівельні, Дорожні та Меліоративні машини" Випуск №58, К.: 2001.- С. 44- 50.
6. Хмара Л.А., Пантелеенко В.И. Исследование взаимодействия системы "молот-наголовник-оболочка-грунт" с грунтовым основанием. Сб. науч. тр. ПГАСиА "Интенсификация рабочих процессов строительных машин". Выпуск 15. 2002.- С.161-170.
7. Пантелеенко В.И. Исследование процесса погружения фундаментов-оболочек в грунт. Сб. науч.тр. ПГАСА "Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Выпуск 10. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование", 2000- С.180 – 184.

Приведены результаты исследований процесса погружения тонкостенных фундаментов-оболочек в грунт, представлены зависимости сопротивления грунта от глубины погружения, что дает возможность формирования методики инженерного расчёта оборудования для погружения фундаментов-оболочек.

The given results researches of process immersing of thin-walled bases - environments in a ground submitted equations of resistance of a ground from depth of immersing, which enables formations of a technique of engineering account of the equipment for immersing bases - environments.