

УДК 69:624.131.43

Ивлиева Е. О.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОАКТИВИЗИРОВАННЫХ ГРУНТОВ

Статья посвящена исследованию закономерностей деформирования грунтов. Приведены результаты исследований физико-механических свойств супеси. По результатам лабораторных исследований получена зависимость абсолютной величины деформирования супеси от сжимаемой нагрузки для типовых инженерно-геологических разрезов характерных для условий Донбасса.

Ключевые слова: исследования, моделирование, грунт, деформирование, компрессионные испытания.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Полное затопление выработанного пространства стало причиной изменения физико-механических свойств грунтов, что привело к ослаблению и неравномерным деформациям основания. С целью стабилизации деформационных процессов в грунтовом массиве и защиты от недопустимых осадков выполняют укрепление основания. Одним из средств улучшения инженерно-геологических условий строительства является создание надежного искусственного основания. Для обоснования эффективности применения такого основания использовался метод физического моделирования, позволяющий определять деформационные характеристики и проводить исследования консолидации искусственного основания с соблюдением основных принципов подобия процессов в грунтовом массиве [1, 2].

Постановка задачи. Целью данной работы является исследование закономерностей деформирования деконсолидированных обводненных грунтов основания фундаментов.

Изложение материала и его результаты. Процесс деформирования искусственного основания является весьма сложным, зависящим от целого ряда факторов, полное соблюдение которых при лабораторных испытаниях невозможно. Поэтому при моделировании учитывались основ-

ные характеристики и параметры, от которых зависит исследуемый процесс. В качестве исходных характеристик выбираем нагрузку на основание и величину сжимаемой толщи. Исходя из того, что процесс деформирования грунтового массива представляет собой изменение сжимающих напряжений в зависимости от прочностных характеристик грунтового массива и размеров фундаментов. Функция зависимости величины осадки грунтового массива от основных параметров имеет вид:

$$\Delta h = f(\sigma, E, b, P, h), \quad (1)$$

где σ — прочность основания, кг/м²; E — модуль деформации основания, кг/м²; b — ширина фундамента, м; P — нагрузка на основание, кг; h — глубина сжимаемой толщи, м.

На основе анализа уравнения размерностей и условия независимости переменных были получены критерии подобия процесса консолидации грунта, которые имеют вид [2]:

$$\pi_1 = \frac{\Delta h}{b}; \pi_2 = \frac{P}{E \cdot \Delta h^2}; \pi_3 = \frac{P}{\sigma \cdot \Delta h^2}; \pi_4 = \frac{\Delta h}{h}.$$

Одним из основных условий физического моделирования является соблюдение геометрического подобия системы. На практике тело затампонированного грун-

тового массива, устроенное на контакте покровных и коренных пород, представляет собой неправильную форму близкую к эллиптическому сечению. Равенство для модели и оригинала критериев π_1 и π_4 позволяет определить линейные размеры модели. Выражая критерии подобия как отношение соответствующих величин в натуре и на модели, получим:

$$\frac{\Delta h_n}{b_n} = \frac{\Delta h_m}{b_m} \rightarrow \Delta h_m = \frac{\Delta h_n \cdot b_m}{b_n};$$

$$\frac{\Delta h_n}{h_n} = \frac{\Delta h_m}{h_m} \rightarrow \Delta h_m = \frac{\Delta h_n \cdot h_m}{h_n}; \quad (2)$$

$$\frac{\Delta h_n \cdot b_m}{b_n} = \frac{\Delta h_n \cdot h_m}{h_n} \rightarrow \frac{b_m}{b_n} = \frac{h_m}{h_n}.$$

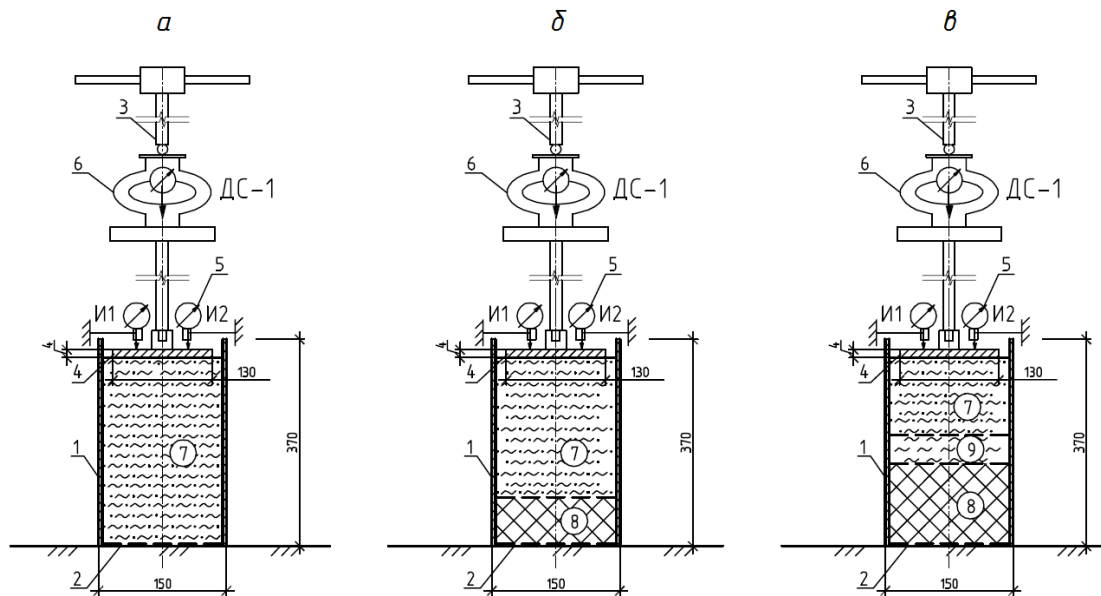
Используя в расчетах фактические размеры ширины фундамента здания ($b_n = 1,2$ м) и величину сжимаемой толщи ($h_n = 7,8$ м), получили коэффициент геометрической пропорциональности, который равен $C_L = 16$.

В основе физического моделирования деформирования обводненных и разуплотненных грунтов лежит способность уплотнения грунта в условиях одноосного сжатия без возможности бокового расширения образца при его нагружении вертикальной нагрузкой. Исходя из того, что основные процессы деформации грунтов в основании зависят от нагрузки по подошве фундамента, исследование деформационных характеристик грунта выполняются при штамповых испытаниях.

С целью определения нагрузки действующей на модель воспользуемся критерием подобия π_2 выражающим отношение соответствующей величины в натуре и на модели:

$$P_m = P_n \cdot \left(\frac{b_m}{b_n} \right)^2 \approx 0,004 \cdot P_n. \quad (3)$$

Для проведения экспериментального исследования процесса консолидации грунта была разработана конструкция стенда, приведенная на рисунке 1.



1 — рабочий цилиндр с перфорированным дном; 2 — поддон с емкостью для воды; 3 — механизм для вертикального нагружения образца грунта; 4 — штамп; 5 — часовой индикатор; 6 — динамометр; 7 — супесь; 8 — щебенка; 9 — глиноцементный раствор

Рисунок 1 — Схема экспериментального стенда для моделирования процесса консолидации грунта: а — покровной зоны из супеси; б — супеси и трещиноватой зоны; в — глиноцементной подушки на контакте покровных и коренных пород

БУДІВНИЦТВО

Стенд изготовлен в виде цилиндра из металлической трубы диаметром 150 мм и высотой 370 мм, сверху оснащенного перфорированными штампом диаметром 130 мм и расположенного между прижимными плитами стационарного прессы.

Для измерения вертикальных деформаций образца на верхнем штампе по центру устанавливают индикаторы часового типа. Между перфорированными штампами в металлической трубе, уплотняя слоями, укладывают грунт объемом 3,7 л. Фраг-

мент экспериментального исследования моделирования процесса консолидации грунта представлен на рисунке 2.

Испытания проводятся с образцами грунта нарушенной структурой, обладающими искусственно приданными им свойствами и состоянием. Образцы супеси отобраны на территории Стахановского региона Луганской области. Результаты исследований инженерно-геологических характеристик отобранного грунта приведены в таблице 1.

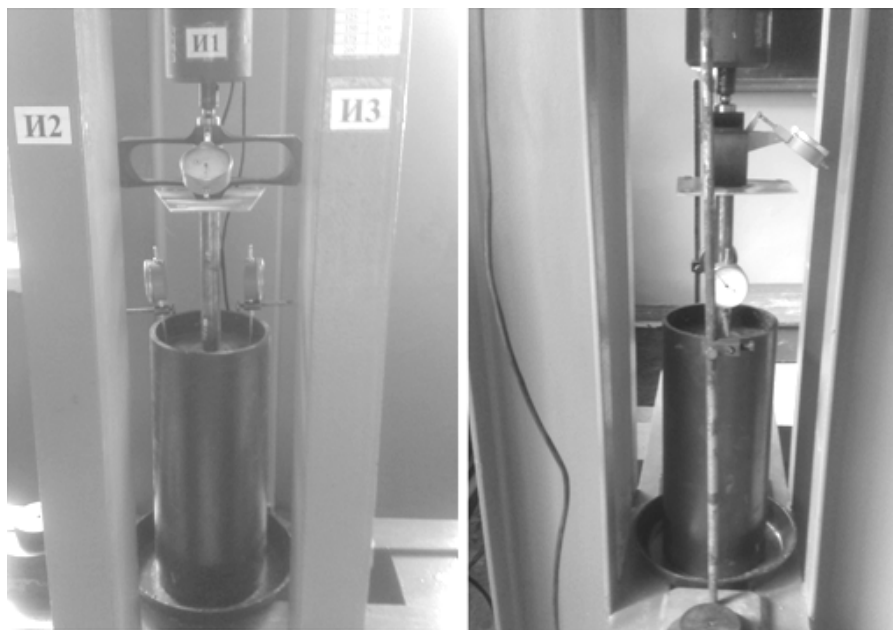


Рисунок 2 — Фрагменты экспериментальных исследований моделирования процесса консолидации грунта

Таблица 1 — Физико-механические свойства супеси

№ п/п	Наименование свойств	Един. измер.	Величина
1.	Удельный вес грунта	г/см ³	2,31
2.	Объемная плотность	г/см ³	1,91
3.	Объемный вес скелета грунта	г/см ³	1,62
4.	Весовая влажность	%	18,1
5.	Коэффициент пористости	д. ед.	0,43
6.	Сцепление	кПа	23
7.	Угол внутреннего трения	град.	31

В соответствии с существующими типами геологических разрезов для условий Донбасса [3] была разработана методика проведения экспериментального исследования, включающая в себя три этапа. На первом этапе моделировали покровные зоны из супеси, на втором этапе моделировали сжатие супеси и трещиноватой зоны из эквивалентного материала, а на третьем этапе — глиноцементную подушку на контакте покровных и трещиноватых пород (рис. 1). Глиноцементный раствор, плотностью $1,26 \text{ г/см}^3$, состоит из глины,

портландцемента М500 и воды в соотношении 3,5:1:6,5 соответственно.

Для эксперимента были подготовлены образцы с различной степенью влажности. В процессе исследования консолидации грунта фиксировались абсолютные величины деформирования грунта.

По результатам лабораторных исследований установлена зависимость абсолютной деформации супеси для трех вариантов моделей от сжимающих нагрузок, которая представлена на рисунке 3. Обработка результатов исследований показала, что погрешность не превышает 10%.

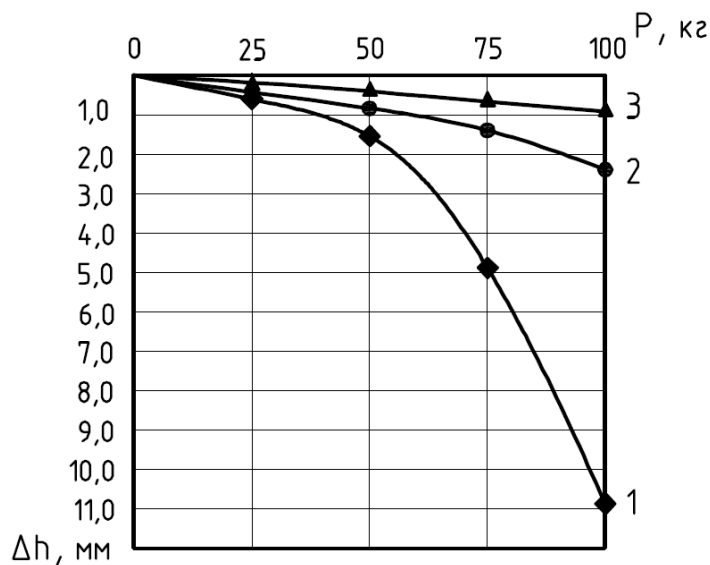


Рисунок 3 — Зависимость осадок образцов грунта от сжимающей нагрузки:
 1 — модель покровной зоны из супеси; 2 — модель супеси и трещиноватой зоны;
 3 — модель глиноцементной подушки на контакте покровных и трещиноватых пород

Анализ результатов исследований приведенных на рисунке 3 позволяет сделать вывод о том, что влияние глиноцементной подушки на деформационный процесс выражается в уменьшении осадки в 9–10 раз и позволяет достичь стабилизации деформационного процесса.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. В результате выполненных исследований получены основные критерии подобия для физического моделирования обводненных и разуплотненных грунтов, позволяющие увязать между собой величи-

ны, полученные при экспериментальном исследовании на модели и соответствующие им величины в натуре.

2. Разработана конструкция экспериментального стенда для моделирования процесса консолидации обводненного грунта.

3. Доказано, что формирование глиноцементной подушки на контакте коренных и покровных отложений, что приводит к уменьшению осадки основания в 9–10 раз и позволяет достигать стабилизации деформационного процесса.

Библіографічний список

1. П'ятницька-Позднякова І. С. Основи наукових досліджень у вищій школі: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / І. С. П'ятницька-Позднякова. — К.: Центр навчальної літератури, 2003. — 116 с.
2. Ивлиева Е. О. Обоснование критериев подобия для физического моделирования деформирования обводненных и разуплотненных грунтов: м-лы VIII междунар. начн.-практ. конфер. молодых ученых, аспирантов и студентов / Е. О. Ивлиева // Перспективы развития строительных технологий. — Днепропетровск: НГУ, 2014. — С. 100–103.
3. Фурдей П. Г. Формирование искусственного основания фундаментов на подработанных территориях: м-лы VII междунар. начн.-практ. конфер. молодых ученых, аспирантов и студентов / П. Г. Фурдей, Е. О. Ивлиева // Перспективы развития строительных технологий. — Днепропетровск: НГУ, 2013. — С. 34–37.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Голодновым А. И., к.т.н., гл.инж. ЧП «Центр проектирования и инженерии» Антошиной Т. В.

Статья поступила в редакцию 17.06.14.

Івлієва Є. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ГІДРОАКТИВІЗОВАНИХ ҐРУНТІВ

Стаття присвячена дослідженню закономірностей деформування ґрунтів. Наведено результати досліджень фізико-механічних властивостей сунісків. За результатами лабораторних досліджень отримано залежність абсолютної величини деформування сунісків від стискаючого навантаження для типових інженерно-геологічних розрізів характерних для умов Донбасу.

Ключові слова: дослідження, моделювання, ґрунт, деформування, компресійні випробування.

Ivlieva E. O. (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

PHYSICAL MODELING OF HYDROACTIVATED SOIL DEFORMATION

The article is devoted to investigation of deformation soils regulations. The results of physical mechanical sandy clay properties investigations are given. In the results of laboratory investigations the dependence of sandy clay deformation absolute value from compressed loading for typical engineering and geological cuttings features for Donbas conditions is obtained.

Key words: investigations, modeling, soil, deformation, compression tests.