

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОБАВКИ В БЕТОННУ СУМІШ ТА КЕРАМІКУ

Патакі Д.В., студ. гр. МШ-314

Науковий керівник – Петров В.М., к.т.н., доцент (кафедра  
Машинобудування, Одеська державна академія будівництва та  
архітектури)

**Анотація.** Досліджено компресійні характеристики порошку бури як добавки в будівельні суміші. Встановлено, що добавка – порошок бури є нелінійним пружним матеріалом і для теоретичного опису процесу її стиснення придатні методи нелінійної теорії пружності. Результати роботи можуть бути використані при розробці теорії стиснення сипких матеріалів, при проведенні розрахунків обладнання (наприклад змішувачів), для використання порошку як добавки в бетон.

Добавки – це речовини, які після введення в бетонні суміші покращують їх технічні та будівельні характеристики. Їх використання дозволяє з мінімальними матеріальними та енергетичними витратами значно поліпшити будь-які певні якості розчину.

У нашому дослідженні використовувався один із компонентів добавок у бетон та кераміку – порошок тетраборату натрію (бура), що є сполукою з формулою  $\text{Na}_2\text{H}_4\text{B}_4\text{O}_9 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  [6]. Це безбарвна кристалічна тверда речовина, яка розчиняється у воді.

На підприємствах будівельної промисловості велике розповсюдження отримало обладнання для переробки, стиснення і пресування сипких матеріалів. Рациональне проектування цього обладнання не можливе без знання пружних характеристик матеріалу, що підлягає обробці. Однак, такі дані в розглянутих роботах відсутні. У зв'язку з цим проведено експериментальне дослідження пружних характеристик порошку, результати яких приводяться в даній роботі.

З обзорів робіт [1-3] видно, що більшість досліджень, результати яких опубліковані, відносяться до визначення пружних характеристик ґрунтів (піску, глини).

Дослідження пружних характеристик сипких матеріалів (бури, інших складових сипких композитних матеріалів) являються не достатніми або відсутні, тому необхідно проведення таких дослідів.

**Метою дослідження** є визначення модулів об'ємної деформації і пружності, коефіцієнтів Пуассона і бокового розпору порошку.

З розглянутих конструкцій приладів для дослідження пружних характеристик сипких матеріалів виходить, що найбільше розповсюдження отримали прилади тривісного стиснення. Тому була розроблена конструкція приладу, в якому значні недоліки відсутні.

Досліди проводили на приладі, схема якого приведена на рис. 1.

Прилад складається з корпусу 1, утворюючого гідростатичну камеру 2, перфорованого циліндра 3, гнучкої оболонки 4, прилеглої до внутрішньої поверхні циліндра 3. Торець циліндра 3 з однієї сторони закритий з'ємною перфорованою решіткою 5. З іншої сторони перфорованого циліндра 3 розташована пружна мембрана 6, еластичні прокладки 14, короткий металевий циліндр 7, утворюючий разом з кришкою корпусу 8 порожнину 12, з'єднану з трубкою 13 для вимірювання бокового тиску і деформації. Гідростатична камера 2, з'єднана краном 9 з трубкою 10, що створює гідростатичний тиск. Також корпус 1 з'єднаний краном 9 з трубкою 11 U-подібного манометра, який приєднаний до вакуум-насосу 10 системи Комовського.

Корпус 1 встановлений на штативі з можливістю повороту у вертикальне (початкове) і горизонтальне (робоче) положення циліндра 3.

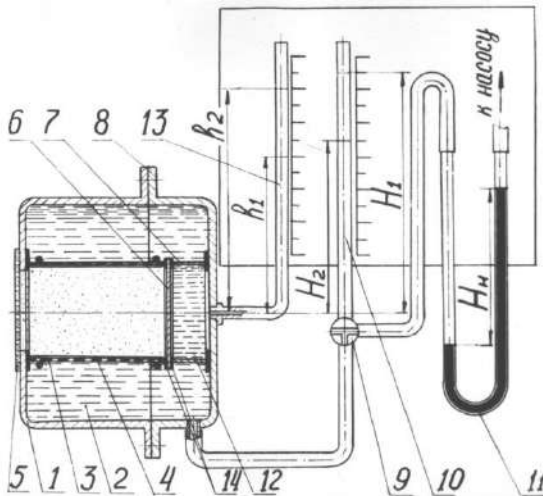


Рис. 1. Схема приладу для визначення пружних характеристик сипкого матеріалу.

Для знаходження величини бокової деформації  $E_z$ , об'ємної

деформації  $\delta_v$ , коефіцієнта бокового розпору  $\varphi$ , модуля об'ємної деформації  $E_0$ , коефіцієнта Пуассона  $\mu$  і модуля пружності  $E$  робили математичну обробку дослідів [4, 5].

Результати дослідження приведені на рис. 2, 3.

З рис. 2 видно, що коефіцієнт Пуансона  $\mu$  і коефіцієнт бокового розпору  $\varphi$  при  $\sigma_x = 11000$  Па практично постійні і їх середнє значення  $\mu = 0,184$  та  $\bar{\varphi} = 0,372$ .

З рис. 2, можливо визначити, що похибка не перевищує 0,5%, коефіцієнт бокового розпору  $\varphi = 2 \mu$ .

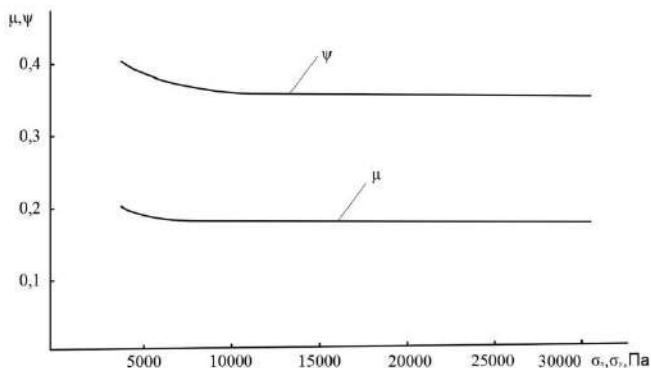


Рис. 2. Залежність коефіцієнта Пуассона та коефіцієнта бокового розпору від нормальних напружень.

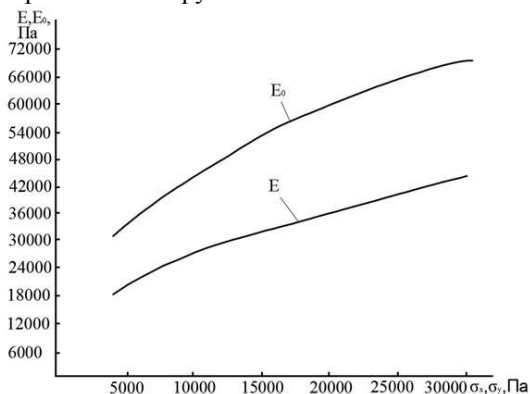


Рис. 3. Залежність модулів об'ємної деформації  $E_0$  та пружності  $E$  від нормальних напружень.

По результатам досліджень та обробки результатів побудовані графіки (рис. 3), які свідчать про те, що модуль об'ємної деформації  $E_o$  і модуль пружності  $E$  в дослідному інтервалі головних напружень  $\sigma_x = \sigma_y$ , не є постійними і нелінійно збільшуються із збільшенням  $\sigma_x$ .

Звідси можливо зробити висновок, що порошок при усесторонньому стисненні в дослідженому інтервалі  $\sigma_x$  є нелінійно пружним матеріалом і для описання процесу його стиснення можливо користуватись теорією пружності [4].

#### **Висновки та результати:**

1. Проведені досліди пружних характеристик порошку бури. Встановлено що при головних нормальних напруженнях  $\sigma_x = \sigma_y \geq 11000$  Па, коефіцієнти Пуассона і бокового розпору є постійними величинами, а модулі об'ємної деформації та пружності – не постійні, які нелінійно збільшуються з ростом нормальних напружень  $\sigma_x$ .

3. Показано, що порошок в дослідженому інтервалі  $\sigma_x$  є нелінійно пружним матеріалом і для опису процесу стиснення треба використовувати методи нелінійної теорії пружності.

4. Результати роботи використані при розрахунку змішувачів при введенні в суміш порошку бури.

#### **Література:**

1. Редди, КР; Saxena, SK; Будиман, Дж.С. Разработка настоящего трехосного испытательного прибора. Журнал геотехнических испытаний. ASTM. 15 (2): 89-105.

2. ASTM D7181 (2011). Стандартный метод испытаний консолидированного дренированного трехосного сжатия грунтов). ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.

3. Барде, Ж.-П. (1997). Экспериментальная механика грунтов. Прентис Холл. ISBN 978-0-13-374935-9.

4. Лихачёв В. А., Малинин В. Г. Структурно-аналитическая теория прочности. СПб.: Наука, 1993. 471 с.

5. Korn, G. A. and Korn, T. M., Mathematical Handbook for Scientists and Engineers, 2nd Edition, Dover Publications, New York, 2000. 11-52 p.

6. Haynes, William M., ed. (2011). CRC Handbook of Chemistry and Physics (92nd ed.). CRC Press. ISBN 978-1439855119.