

Ю. С. Бікс, асп.

РОЗПОДІЛ БОКОВОГО ТИСКУ В БЕТОННИХ СУМІШАХ РІЗНОГО СКЛАДУ, ЗПРЕСОВУВАНИХ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ДОРОЖНЬОГО КАМЕНЮ

Наведено аналітичні закономірності, отримані в результаті регресійного аналізу експериментальних даних, щодо впливу зусилля пресування на розподіл бокового тиску в процесі пресування бетонних сумішей різного складу та режиму ущільнення у прес-формі. Виконано порівняння отриманих результатів за методиками різних авторів. Показано, що В/Ц-фактор однозначно впливає на величину розподілу бокового тиску в сумішах різних складів та режимів ущільнення.

Вступ

Відсутність наукових праць з дослідження впливу пластифікуючих добавок, параметрів вібрування бетонних сумішей стосовно характеру розподілу бокового тиску в бетонній суміші по висоті виробу під час пресування для виготовлення дорожнього каменю спонукає до пошуку шляхів розв'язання цієї актуальної задачі. Одним із шляхів є експериментальне визначення закономірностей розподілу бокового тиску під час пресування бетонної суміші. В дослідженнях вітчизняних авторів [1–4] недостатньо враховано вплив технологічних параметрів та складу бетонних сумішей на характер розподілу бокового тиску по висоті виробу. Таким чином, аналітичне та експериментальне дослідження закономірностей розподілу бокового тиску по висоті бетонного виробу — дорожнього каменю — є актуальним та має практичну цінність.

Метою та задачею роботи є аналітичне обґрунтування та експериментальне уточнення виявлених закономірностей функції розподілу бокового тиску в масиві різного складу бетонних сумішей по висоті прес-форми із врахуванням технології ущільнення.

Результати досліджень

Для аналітичного узагальнення теоретичних [5] та дослідних даних [6], а також встановлення закономірностей розподілу бокового тиску в бетонних сумішах різного складу та при різних технологіях ущільнення [7] використано регресійний аналіз результатів [6, 7]. За результатами регресійного аналізу експериментальних даних дослідження для звичайних, пресованих з попереднім вібруванням бетонних сумішей, встановлено характер розподілу бокового тиску по висоті згідно з залежністю

$$P_h = (a + b \ln(P))c^h, \quad (1)$$

де P_h — величина бокового тиску на глибині бетонного виробу; P — тиск пресування, МПа; a, b, c — емпіричні коефіцієнти; h — відстань від площини штампа преса до площини, на рівні якої вимірюється боковий тиск, см.

Значення коефіцієнтів a, b, c рівняння (1) наведено у табл.

Значення коефіцієнтів регресії a, b, c для рівняння розподілу бокового тиску

Тип бетонної суміші	В/Ц	Час вібрування, с	a	b	c	Коефіцієнт кореляції, R
1. Звичайна + пласт. (склад Е)*	0,75	—	0,397	0,859	0,982	0,974
2. Звичайна (склад А)*	0,5	—	0,196	0,591	0,969	0,965
3. Пресована з попереднім вібруванням (склад К)*	0,50	120	0,123	0,247	0,978	0,961
4. Пресована з попереднім вібруванням (склад Л)*	0,30	80	0,109	0,697	0,987	0,974
5. Пресована з попереднім вібруванням (склад М)*	0,46	40	0,041	0,251	0,978	0,971

Примітка. * — склади сумішей наведено в [7].

Базуючись на узагальненій для експериментальних даних [6, 7] аналітичній формулі (1), побудовано графічні залежності (рис. 1), які відображають закономірності характеру розподілу бокового тиску для різних складів спресованих бетонних сумішей під час виготовлення дорожніх каменів.

На рис. 1 показано графіки закономірностей розподілу бокового тиску по висоті, згідно з формулою (1), для різних складів бетонної суміші та умов її пресування. При цьому враховано, що тиск пресування складає 5 МПа, а значення коефіцієнтів наведені в табл. 1.

Аналіз графічних залежностей (рис. 1) свідчить про різний характер впливу вібрування на зміну величини бокового тиску в бетонній суміші по висоті виробу. Явно прослідковується тенденція впливу В/Ц-фактора та використання суперпластифікаторів (Поліпласт СП-3, Релаксол СУПЕР ПК) на характер розподілу бокового тиску для невіброваних сумішей. Так, наприклад, для пластифікованої суміші з В/Ц = 0,75 початковий боковий тиск становить $P_{\text{поч}} \approx 1,8$ МПа, а для суміші з В/Ц = 0,5 $P_{\text{поч}} \approx 0,75$ МПа.

Тобто, чим більше В/Ц-фактор та пластичніша суміш, тим більший коефіцієнт бокового тиску. При цьому, він зменшується по висоті пресованої бетонної суміші зі збільшенням відстані від площини прикладання пресування навантаження. Звідси можна припустити й зворотне, що зі зменшенням В/Ц-фактора зменшується питомий боковий тиск на стінку прес-форми. Вібрування тривалістю до 120 с в для суміші з В/Ц = 0,5 забезпечує меншу величину бокового тиску, ніж для невіброваної суміші з тим же значенням В/Ц. Це можна пояснити щільнішим упаковуванням частинок цементного тіста у формі, внаслідок чого видаляється затиснуте повітря, яке спричиняє додаткове розпирання частинок під час пресування, а також міцнішу консолідацію частинок бетонної суміші, внаслідок чого відбуваються значні втрати тиску пресування на подолання сил внутрішнього тертя та тертя по боковій стінці прес-форми.

З урахуванням отриманих результатів можна зробити висновок про те, що вплив пластифікуючих добавок (Поліпласт СП-3, Релаксол СУПЕР ПК) на збільшення або зменшення величини бокового тиску по висоті бетонного виробу, що виготовляється, є неоднозначним.

Для порівняння встановлених аналітичних залежностей розподілу бокового тиску (див. рис. 1), що базуються на експериментальних даних, з теоретичними залежностями [1, 4] побудовано порівняльні графіки (рис. 2) для таких вихідних параметрів: тиск пресування – 3 МПа, консистенція цементного тіста $X = 1,69$; форма – квадратна (коефіцієнт форми перерізу $a_x = 1,7$); переріз форми 100×100 мм, периметр $L = 0,4$ м, площа поперечного перерізу $S = 0,001$ м², висота форми – 600 мм; коефіцієнт бокового тиску $\xi = 0,27$ [1, с. 150]; кут тертя цементного тіста по боковій поверхні – 30° [4, с. 44]; коефіцієнт внутрішнього тертя $f_r = 0,1$ [1], коефіцієнт зчеплення бетонної суміші

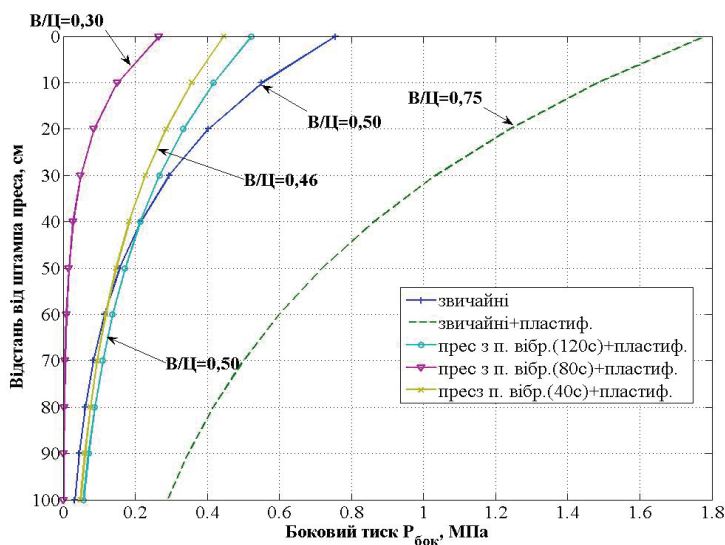


Рис. 1. Розподіл бокового тиску по висоті бетонної суміші для різних складів та умов пресування

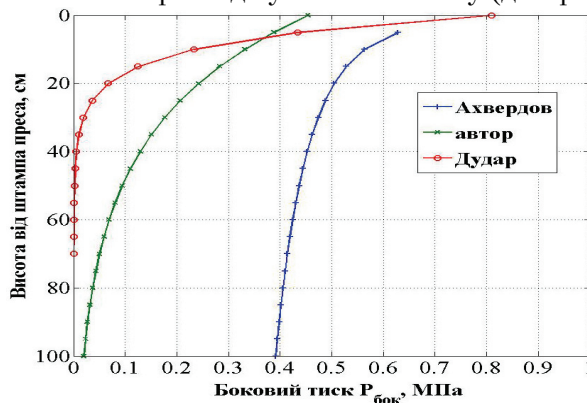


Рис. 2. Порівняння теоретичних залежностей розподілу бокового тиску по висоті бетонної суміші з експериментально-аналітичними даними

із стінками прес-форми $C = 21,5$ (Па) [1, с. 92].

Тоді, за встановленою залежністю (1) та формулами:

– формулою І. Н. Дударя [4, с. 46]

$$P_z = \left(P \exp(-zK_{C.Ф.}) - \frac{C}{\text{tg}\varphi} \right) \xi, \tag{2}$$

де $K_{C.Ф.} = 2\xi \tan \varphi \frac{L}{S}$;

– формулою Й. М. Ахвердова [1]

$$P_z = P \exp\left(-\frac{\xi f_{\Gamma}}{a_x} \ln h\right) \xi, \tag{3}$$

отримано графічну ілюстрацію закономірностей розподілу бокового тиску по висоті бетонної суміші під час її ущільнення пресуванням (рис. 2).

З аналізу формули (2) випливає, що суттєвий внесок в характер затухання бокового тиску по висоті вносить коефіцієнт структури цементного тіста та впливу форми $K_{C.Ф.}$ [4].

На рис. 3 показано порівняння отриманої автором залежності розподілу бокового тиску по висоті бетонного виробу та залежності, отриманої та згідно з формулою (2) для кутів внутрішнього тертя $\varphi = 20^\circ$ та $\varphi = 30^\circ$ (для перерізу прес-форми 100×100 мм).

На рис. 4 показано порівняння отриманої автором залежності розподілу бокового тиску по висоті бетонного виробу та залежності, отриманої та згідно з формулою (2) для кутів внутрішнього тертя $\varphi = 20^\circ$ та $\varphi = 30^\circ$, причому $K_{C.Ф.}$ у формулі (2), розраховано для поперечного перерізу прес-форми 200×200 мм.

Аналізуючи графічну залежність (див. рис. 2) можна помітити, що запропонована автором крива інтенсивності затухання бокового тиску в бетонній суміші носить більш плавний характер, на відміну від залежності І. Н. Дударя [4], яка відображає майже нульові значення бокового тиску на висоті більше 30 см від поверхні прикладання. Проте, порівнюючи подібність кривих автора та Й. М. Ахвердова [1], можна звернути увагу на приблизно рівну різницю в показаннях, що зміщені на величину $\Delta P \approx 0,38 P_0$.

З аналізу рис. 3, 4 випливає, що криві падіння бокового тиску, показані на рис. 4, більше наближені до експериментальних даних, хоча й тут помітно суттєву різ-

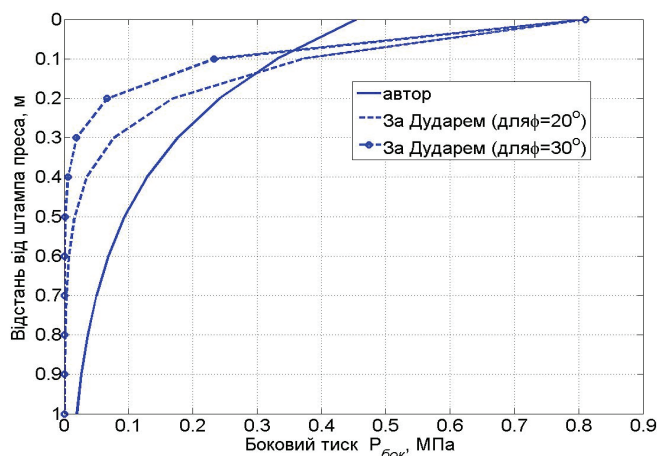


Рис. 3. Порівняння теоретичних (для $\varphi = 20^\circ$ і $\varphi = 30^\circ$, переріз прес-форми 100×100 мм) та експериментально-аналітичних даних розподілу бокового тиску по висоті бетонної суміші

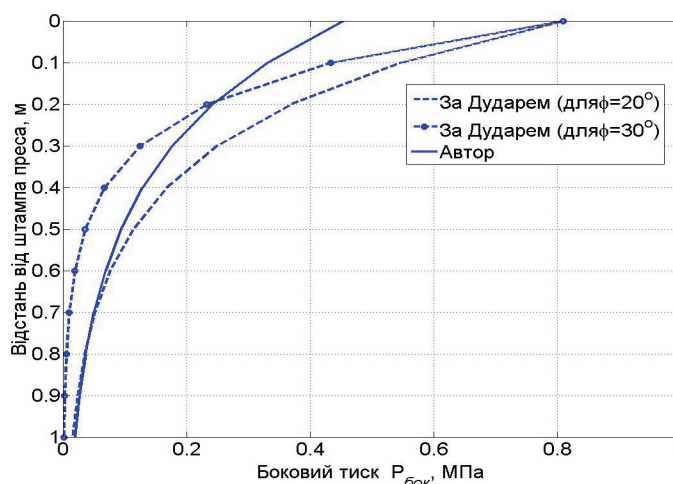


Рис. 4. Порівняння теоретичних (для $\varphi = 20^\circ$ і $\varphi = 30^\circ$, переріз прес-форми 200×200 мм) та експериментально-аналітичних даних розподілу бокового тиску по висоті бетонної суміші

ницю в початковому значенні величини бокового тиску (0,45 МПа для запропонованої автором формули та 0,8 МПа — для формули І. Н. Дударя). Також тут, (див. рис. 4) при явному наближенні теоретичних і експериментальних даних втрачається фізичний зміст складових коефіцієнта $K_{с.ф.}$.

Звідси можна зробити висновок, що необхідно вносити поправковий коефіцієнт у формулу (2) для адекватнішої інтенсивності реального падіння бокового тиску по висоті пресованої бетонної суміші.

Дослідження різних режимів пресування в запропонованій установці надає можливість отримання кількісних та якісних реологічних та фізико-механічних характеристик бетонних сумішей різного складу за різних режимів ущільнення. Це дозволяє створити аналітичний апарат для врахування під час виведення залежностей розподілу тиску у бетонній суміші по висоті пресованого виробу таких параметрів, як кількість та тип пластифікуючої добавки, тривалість вібрування на вібростолі, врахування вібрування з привантаженням тощо.

Висновки

Регресійний аналіз експериментальних даних, отриманих в результаті дослідів з ущільнення бетонних сумішей різного складу та режиму вібрування, показав, що:

1. В/Ц-фактор однозначно впливає на характер розподілу бокового тиску по висоті. Так, зі збільшенням В/Ц-фактора початковий боковий тиск збільшується.

2. За малих значень В/Ц-фактора падіння бокового тиску по висоті відбувається інтенсивніше. Так, наприклад, для суміші з В/Ц = 0,3 співвідношення початкового тиску $P_{поч.}$ до тиску на відстані від штампа пресу 60 см P_{60} складає $\Delta = P_{поч.} / P_{60} = 0,25 / 0,008 = 32,5$; для суміші з В/Ц = 0,5 — $\Delta = P_{поч.} / P_{60} = 0,52 / 0,14 = 3,8$. Причому тривалість вібрування останньої бетонної суміші складає 120 с, а попередньої — 80 с.

3. Порівняння отриманих експериментально-аналітичних залежностей з теоретичними залежностями, виконаними І. Н. Дударем та Й. М. Ахвердовим, дозволяє зробити висновок про те, що фактичний розподіл бокового тиску займає проміжне положення між теоретичними закономірностями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона / И. Н. Ахвердов. — М. : Стойиздат, 1981. — 464 с.
2. Блещик Н. П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и прессвакуумбетона / Н. П. Блещик. — Минск : Наука и техника, 1977. — 232 с.
3. Баженов Ю. М. Технология бетона : уч. пос. для технол. спец. строит. вузов / Ю. М. Баженов. — М. : Высшая школа, 1987. — 415 с.
4. Дудар І. Н. Теоретичні основи технології виробів із пресованих бетонів : моногр. / І. Н. Дудар. — Вінниця : УНІ-ВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — 89 с. — ISBN 966-641-163-6.
5. Ратушняк Г. С. Моделювання взаємодії бетонної суміші, що ущільнюється, з прес-формою / Г. С. Ратушняк, І. В. Коц, Ю. С. Бікс // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві. — 2011. — № 2. — С. 92—95. — ISBN 5-256-00380-1.
6. Бікс Ю. Дослідження характеру розподілу бокового тиску по висоті прес-форми при пресуванні бетонних сумішей / Ю. С. Бікс // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. — 2012. — № 1. — С. 23—28. — ISBN 5-256-00380-1.
7. Бікс Ю. Експериментальне визначення бокового тиску в процесі пресування бетонних сумішей / Ю. С. Бікс // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 2. — С. 20—24. — ISSN: 1997-9274.

Рекомендована кафедрою містобудування та архітектури

Стаття надійшла до редакції 5.10.12
Рекомендована до друку 15.10.12

Бікс Юрій Семенович — аспірант кафедри містобудування та архітектури.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця