

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 620.1.052.5

**ОЦІНЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ТА РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ
НЕРУЙНІВНИМ ТА РУЙНІВНИМ МЕТОДОМ ПРИ ПРЕСУВАННІ БЕТОННОЇ СУМІШІ**

Г. С. Ратушняк, Ю. С. Бікс

Стаття присвячена дослідженню розподілу міцності бетонного каменя по висоті експериментальної прес-форми. Аналіз результатів роботи показав, що величина бокового тиску та міцність зразків на стиск при її визначенні руйнівним методом має обернену залежність – із заглибленням по висоті прес-форми надлишкова частка бокового тиску носить затухаючий характер, проте міцність на стиск зростає. Показано, що неруйнівний метод визначення міцності має значне відхилення від руйнівного зусилля при стиску зразків, та варіюється в межах 5-50%, причому більше значення відхилення міцності на стиск притаманно зразкам в нижній частині форми, тому потребує подальшого уточнення для використання в інженерних розрахунках.

Ключові слова: бетонний камінь, розподіл бокового тиску, міцність, неруйнівний контроль, пресування бетону.

**ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА НЕРАЗРУШАЮЩИМ И РАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ
ПРИ ПРЕССОВАНИИ БЕТОННОЙ СМЕСИ**

Г. С. Ратушняк, Ю. С. Бикс

Статья посвящена исследованию распределения прочности бетонного камня по высоте экспериментальной пресс-формы. Анализ результатов работы показал, что величина бокового давления и прочность образцов на сжатие при её определении разрушающим методом носят обратную зависимость – с заглаблением по высоте пресс-формы избыточная часть бокового давления носит затухающий характер, а прочность на сжатие растет. Показано, что неразрушающий метод определения прочности имеет значительное отклонение от разрушающего усилия при сжатии образцов, и варьируется в пределах 5-50 %, причем большее значение отклонения прочности на сжатие присуще образцам в нижней части форм, поэтому требует дальнейшего уточнения для использования в инженерных расчетах.

Ключевые слова: бетонный камень, распределение бокового давления, прочность, неразрушающий контроль, прессование бетона.

**EVALUATION OF MECHANICAL AND RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF CONCRETE BY NON-DESTRUCTIVE AND DESTRUCTIVE METHODS DURING
CONCRETE MIX PRESSING**

G. Ratushnyak, Y. Biks

The article investigates the strength distribution of concrete stone by height of the experimental mold. It is find out that larger value of compressive strength deviation characterized in the bottom part of the mold. Investigation analysis has shown that the magnitude of the lateral pressure and samples's compressive strength which determined by destructive methods are the inverse relationship - with a deep adjustment of the mold, the excessive lateral pressure component damped, and the compressive strength increases .It is shown that non-destructive method of strength determination has a significant deviation from the destructive force when samples compressing, and ranges of 5-50 %, therefore needs further refinement for use in engineering calculations.

Keywords: concrete stone, lateral pressure distribution, strength, non-destructive testing, concrete presswork.

Вступ

Потреба у керованих та прогнозованих характеристиках бетонної суміші при проектуванні та виробництві нових складів бетону є надзвичайно актуальною задачею сьогодення. Розвиток сучасної тенденції до використання високоміцних та надміцних бетонів [1] диктує необхідність виготовлення високоякісного щільного бетону, який має однорідні фізико-механічні властивості по всьому об'єму, який він займає, а саме щільність, міцність а також якісний склад заповнювачів [2]. При цьому, однією з актуальних та найчастіше вирішуваних задач є визначення міцнісних та деформативних властивостей бетону.

Виділення невирішених частин загальної проблеми

Незважаючи на чисельні вітчизняні та закордонні дослідження в цьому напрямку, відкритим залишається питання оперативного контролю характеристик бетону під час бетонування в габаритних та видовжених конструкціях, де різниця між значеннями фізико-механічних параметрів верхніх та нижніх шарів в об'ємі вкладеного бетону може сягати 10-15 % [3].

Постановка завдання

Виявлення зв'язку між розподілом бокового тиску по висоті форми при пресуванні бетонної суміші та міцністю зразків-кубиків з бетону у віці 28 діб, випиляних з бетонного каменю по висоті.

Основний матеріал і результати

З метою дослідження фізико-механічних характеристик бетонної суміші, що ущільнюється пресуванням, запропоновано установку [4], загальний вид якої показано на рис. 1.

Після проведення серії експериментів з різними складами бетонних сумішей [5-7], було визначено похідну від реологічної характеристики в'язкості – величину бокового тиску, що передається на стінки прес-форми при пресуванні бетонних сумішей для звичайних та пресованих з попереднім вібруванням.

Для установаження характеру розподілу величини бокового тиску по висоті ущільнюваної бетонної суміші на установці встановлено чотири датчики тиску по висоті прес-форми.



Рисунок 1 – Загальний вид установки для вимірювання фізико-механічних характеристик бетонної суміші, що ущільнюється

За результатами статистичної обробки отриманих експериментальних даних, виявлено закономірність розподілу величини надлишкової компоненти бокового тиску в масиві ущільнюваної бетонної суміші, яка апроксимується математичною залежністю [7]

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

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

Графічну інтерпретацію залежності (1) для тиску пресування 26,75 МПа для звичайних, звичайних з пластифікатором та бетонних сумішей з попереднім вібруванням для різного водоцементного відношення наведено на рис. 2.

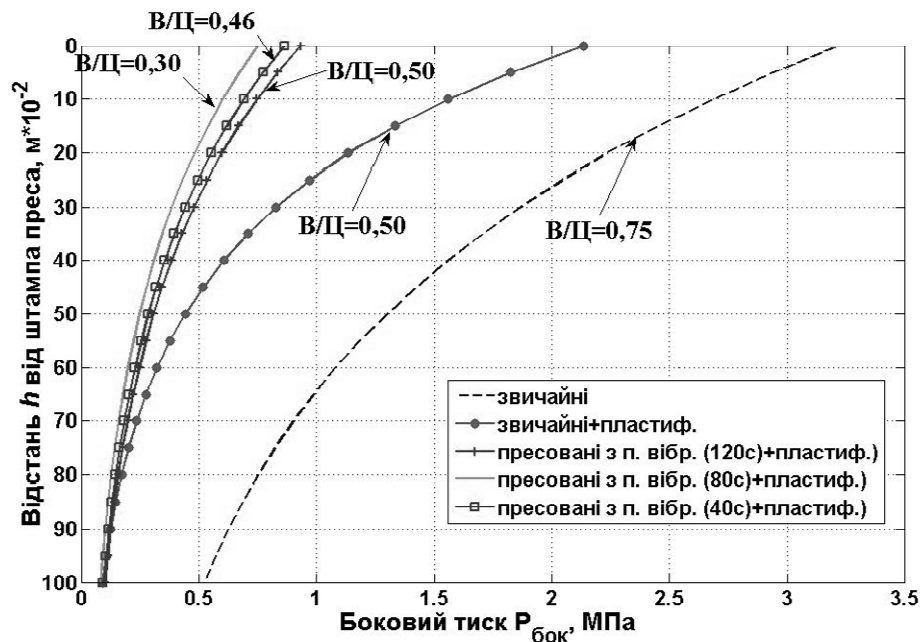


Рисунок 2 – Розподіл надлишкової компоненти бокового тиску по висоті виробу для різних складів бетонної суміші та умов ущільнення

Аналіз графічних залежностей (рис. 2) свідчить про різний характер впливу вібрування на зміну величини бокового тиску в бетонній суміші по висоті виробу. Явно прослідковується тенденція впливу В/Ц фактору та використання суперпластифікаторів (Поліпласт СП-3, Релаксол СУПЕР ПК) на характер розподілу надлишкової компоненти бокового тиску для невіброваних сумішей. Так, наприклад, для пластифікованої суміші з В/Ц=0,75 початковий боковий тиск становить $P_{поч} \approx 3,2$ МПа, а для суміші з В/Ц=0,5 $P_{поч} \approx 2,2$ МПа. Тобто, чим більше В/Ц фактор та більш пластичніша суміш, тим більший надлишковий боковий тиск. При цьому він зменшується по висоті пресованої бетонної суміші зі збільшенням відстані від площини прикладання пресуючого навантаження. Звідси можна припустити й зворотне, що із зменшенням В/Ц фактору зменшується питомий боковий тиск на стінку прес-форми. Вібрування тривалістю до 120 с для суміші з В/Ц=0,5 забезпечує меншу величину надлишкової компоненти бокового тиску, ніж для невіброваної суміші з тим же значенням В/Ц. Це можна пояснити більш щільною консолідацією частинок цементного тіста у формі, внаслідок видалення затиснутого повітря, яке спричиняє додатковий розпір частинок при пресуванні. В результаті впливу наведених факторів відбуваються значні втрати пресуючого тиску на подолання сил внутрішнього тертя та тертя по боковій стінці прес-форми [7].

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

Для визначення кореляційного зв'язку між величиною надлишкового бокового тиску по висоті прес-форми та міцністю, виготовлено бетонну суміш, зі складу адекватного вищенаведеним (рис. 2), з вібруванням на вібростолі протягом 60 с та подальшим пресуванням в установці до тиску 26,75 МПа та витримкою зразка у формі до 28 діб (рис. 3).

Після розпалублення та розпилування (рис. 4) в пронумерованих по висоті прес-форми зразках-кубиках з ребром 100 мм визначено величину міцності на стиск руйнівним та неруйнівним методом контролю, а саме приладом ИПС МГ 04.3 (рис. 5).



Рисунок 3 – Розпалублення форми після витримки зразка у віці 28 діб

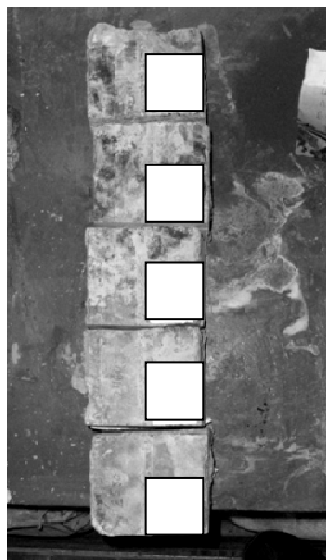


Рисунок 4 – Розпилені та пронумеровані зразки по висоті форми після витримки у віці 28 діб

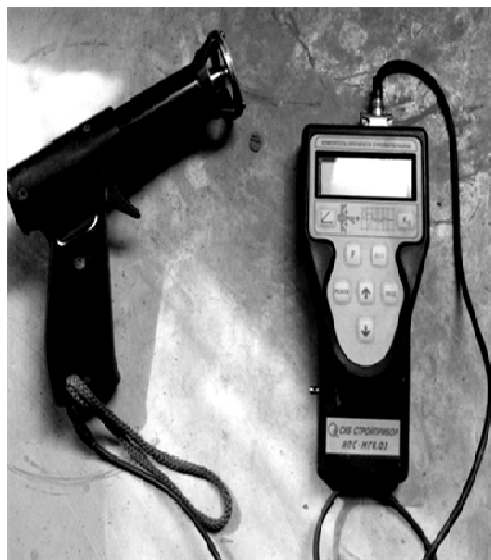


Рисунок 5 – Вимірювач міцності будматеріалів ИПС МГ4.03 (СКБ Стройприбор, м. Челябинськ)

Додатково виготовлено контрольний зразок з того ж складу бетонної суміші, що використовувався для пресування з подальшим розпилуванням, з вібруванням на вібростолі тривалістю 60 с без подальшого пресування у формі. Дані випробувань на міцність по кожному зі зразків наведено у табл. 1 та на рис. 6.

Аналіз отриманих результатів випробувань свідчить про суттєве відхилення величин міцності на стиск визначених методом неруйнівного контролю від фактичних даних при руйнуванні зразків.

Аналіз експериментальних даних (рис. 2, рис. 6) свідчить про загальну обернену залежність – збільшення величини міцності у випиляних зразків по глибині форми при руйнівному методі та затухання величини надлишкової компоненти бокового тиску при пресуванні бетонної суміші по висоті прес-форми. Це можна пояснити більш міцною структурою бетонної суміші на дні прес-форми (щільніша консолідація частинок бетонної суміші при їх впакуванні пресуванням). Отримані результати експериментального дослідження по визначенню величини міцності руйнуванням бетонного зразка добре корелюють з результатами робіт інших авторів [8-10].

Таблиця 1 – Результати випробувань на міцність

	Міцність у віці 28 діб (неруйнівний контроль), МПа	Міцність у віці 28 діб (руйнівне зусилля) МПа	Витрата складових на 1м ³ , кг
Зразок №1	63,0	28,5	Ц=600 П=500 Щ=1178 В=258
Зразок №2	57,5	31,4	
Зразок №3	56,0	37,4	
Зразок №4	53,0	38,5	
Зразок №5	51,5	46,0	
Контрольний зразок	36,4	43,4	

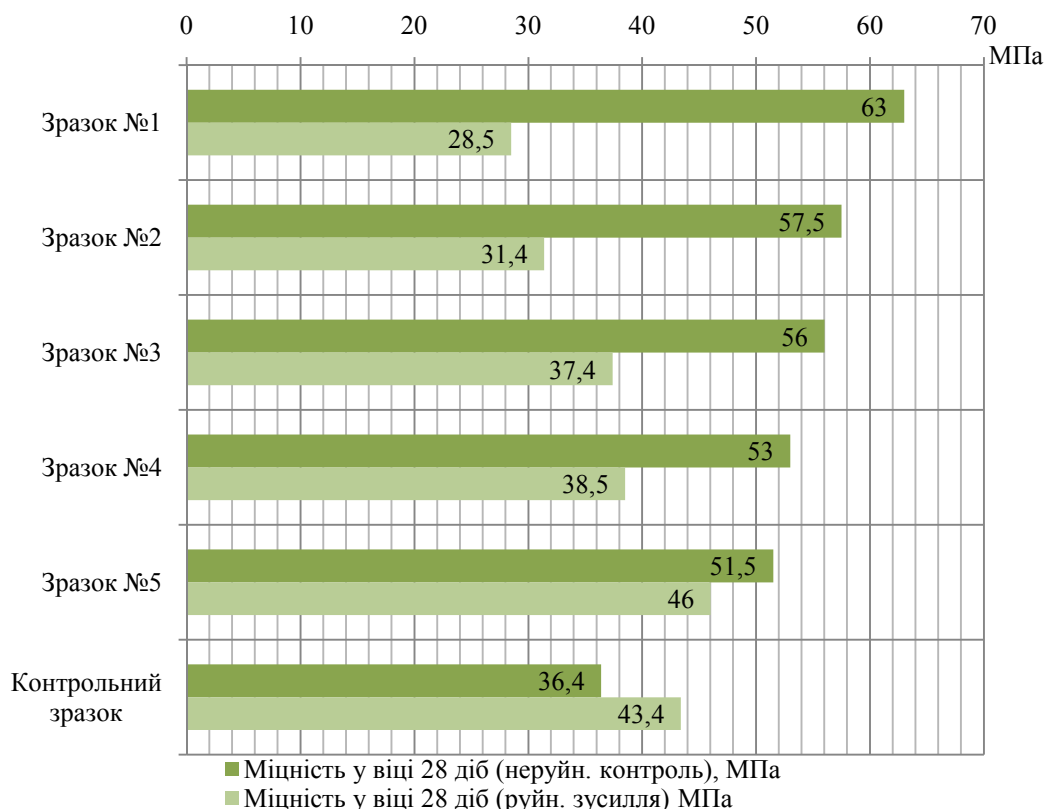


Рисунок 6 – Порівняння величин міцності зразків бетону неруйнівним та руйнівним методом

Запропонована установка [4] може бути використана для визначення міцнісних характеристик для різних типів бетону. Це дозволить отримати більш повну уяву про перерозподіл крупного та мілкого заповнювача при формоутворенні вертикального елемента, що ущільнюється та оцінити щільність, а отже й міцність отриманого бетону.

Висновки

- Експериментальні дослідження підтверджують неоднорідність фізико-механічних властивостей, а саме величини міцності бетону по висоті пресс-форми, яка коливається для зразків в межах від 5 % до 50 %.
- Величина надлишкової компоненти бокового тиску та величина міцності зразків при її визначенні руйнівним методом має обернену залежність – із заглибленням по висоті пресс-форми боковий тиск носить затухаючий характер, проте міцність на стиск зростає.
- Порівняння результатів визначення міцності неруйнівним та руйнівним способом для випиляних бетонних зразків свідчить про значну розбіжність теоретичних та фактичних значень, а саме коливання від 10 до 55%, тому потребує подальшого уточнення для використання в інженерних розрахунках.

Використана література

1. Тенденции и направления внедрения бетонов нового поколения в Украине / Ю. И. Немчинов, П. В. Попруга П.В., Л. А. Шейнич Л.А. [и др.] // Міжвідомчий наук.-техн. збірник наук. праць (буд-во). – 2009. – Вип. Т. 72. – С. 3–7.
2. Высокопрочные бетоны для высотного строительства: особенности рецептурных решений / Р. Ф. Рунова, И. И. Руденко, В. В. Троян [и др.] // Міжвідомчий наук.-техн. збірник наук. праць (буд-во). – 2008. Вип. – Т. 67. – С. 478-491.
3. Павлов И. В. Анализ возможностей современных отечественных приборов для контроля физико-механических свойств бетона / И. В. Павлов // Современное машиностроение. – 2012. – №. 2. – С. 572-578.
4. Пат. 64440 України, G01N 3/10. Установка для вимірювання тиску в масиві бетонної суміші. / Дудар І. Н., Бікс Ю. С.; Заявл. 04.04.2011; Опубл. 10.11.2011, № 21.
5. Бікс Ю. С. Дослідження характеру розподілу бокового тиску по висоті прес-форми при пресуванні бетонних сумішей / Ю. С. Бікс // Сучасні технології, матеріали та конструкції у буд-ві. – 2012. – № 1. – С. 23–28 – ISBN 5-256-00380-1.
6. Бікс Ю. С. Експериментальне визначення бокового тиску в процесі пресування бетонних сумішей / Ю. С. Бікс // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. – 2012. – № 2. – С. 20-24. – ISSN 1997-9266.
7. Бікс Ю. С. Розподіл бокового тиску в бетонних сумішах різного складу, зпресовуваних під час виготовлення дорожнього каменю / Ю. С. Бікс // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. – 2012. – №5. – С. 15–18. – ISSN 1997-9266.
8. Корсун В. І. Неоднорідність міцнісних та деформативних властивостей бетону по об'єму масивних елементів конструкцій / В. І. Корсун, Ю. Ю. Калмиков // Сучасні проблеми будівництва. – Донецьк : ДП «Донецький ПромбудНДІпроект». – 2002. – № 6. – С. 95–102.
9. Булавицкий М. С. Получение уравнений распределения прочности бетона по объему вертикального монолитного элемента с использованием математического аппарата точеного исчисления / М. С. Булавицкий // Науковий вісник буд-ва. – 2009. №52. – С.272–278.
10. Веретенников В. І. До врахування неоднорідності властивостей бетону в об'ємі великорозмірних вертикальних стрижневих елементів / В. І. Веретенников // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2011. – №1 – С. 19-29.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., проф., завідувач кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

Бікс Юрій Семенович – к.т.н., ст. викл. кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

Ратушняк Георгій Сергеевич – к.т.н., проф., заведуючий кафедрою теплогазоснабження Вінницького національного технічного університету.

Бікс Юрій Семенович – к.т.н., ст. препод. кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

Ratushnaik George S. – Ph.D., Associate Professor, Head of Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University.

Biks Yuri S. – Ph.D., Senior Lecturer of Industrial and Civil Engineering Department, Vinnytsia National Technical University.