



УДК 621.14.16

*В.І. Ярас, к.т.н., доцент КНУБА,  
С.О. Ловейкін, асистент КНУБА.*

## МЕТОД ВІДРИВУ ЗІ СКОЛЮВАННЯМ, ПРАВО НА ДОСТОВІРНІСТЬ

*АННОТАЦІЯ. Доводиться правомірність застосування сучасної реалізації методу відриву зі сколюванням у якості базового для побудови кореляційних залежностей для всіх неруйнівних методів визначення міцності бетону. Наводиться методика побудови кореляційних залежностей.*

*Ключові слова: міність бетону на стиск; неруйнівні методи контролю; непрямий показник; градууювальна залежність.*

*АННОТАЦИЯ. Доказывается правомерность применения современной реализации метода отрыва со скалыванием в качестве базового для построения корреляционных зависимостей для всех неразрушающих методов определения прочности бетона. Приводится методика построения корреляционных зависимостей.*

*Ключевые слова: прочность бетона на сжатие; неразрушающие методы контроля; косвенный показатель; градуировочная зависимость.*

*ANNOTATION. We prove the legality of the use of modern methods of separation with shearing as a base for constructing correlation dependences for all non-destructive methods for the determination of concrete strength. Methodology is given by constructing correlation dependences.*

*Keywords: concrete compressive strength; non-destructive methods of control; indirect indicator; calibration dependence.*

**Постановка проблеми.** Основний показник, за яким характеризується бетон – це міцність на стиск. Саме його враховує проектувальник під час розробки робочих креслень будівлі. І саме його має на увазі постачальник бетонної суміші у графі паспорту «Клас бетону». Діючі нормативні документи визначають необхідність, правила та методики контролю міцності від моменту виготовлення бетонної суміші і до інструментального обстеження конструкцій у проектному віці бетону [2]. Проте, нормативна база залишає декілька білих плям у великому розмаїтті задач неруйнівного контролю. Основна із них - випадок, коли є необхідність визначення міцності бетону конструкцій, але при цьому не існує кореляційних залежностей для неруйнівних методів контролю, зокрема для ультразвукових методів [5]. В такому випадку, за стандартами, залишається суцільний контроль методом відриву зі сколюванням, причому – по чотири відриви на конструкцію, що займає досить багато часу і коштує немало. Виходить, методи неруйнівного контролю досить обмежені у використанні. І це на фоні того, що зараз спеціалісти озброєні апаратурою і методиками обробки даних на основі надсучасних технологій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показує, що дані питання не підіймалися.

**Мета статті.** На основі великого досвіду обстежень монолітних залізобетонних конструкцій довести необхідність та можливість застосовувати метод відриву зі сколюванням для побудови кореляційних кривих «Непрямий параметр – міцність бетону на стиск».

**Викладення матеріалу.** Під час зведення монолітних споруд обов'язковою є операція відбору зразків кожної партії бетонної суміші з подальшим їх випробуванням. У більшості випадків справа закінчується накопичуванням папок з протоколами випробувань і паспортами на бетонну суміш. Проте зустрічаються випадки, коли одержані результати міцності бетону зразків значно нижче за необхідну проектну. Як наслідок, перевірити одну конструкцію методом відриву зі сколюванням проблем небагато. Але бажання Замовника з'ясувати міцність великої кількості конструкцій ставить спеціалістів з неруйнівного контролю у глухий кут, який створено діючою нормативною базою [1, 2]. Всі методи неруйнівного контролю є непрямими і працюють тільки за допомогою кореляційних кривих [2, 3]. Заздалегідь заготовлена у виробника бетонної суміші кореляційна крива більш

підходить виготовленим на місці збірним конструкціям, а не монолітним [5]. Будувати нову криву по зразкам, відібраним на майданчику – частіше за все неможливо через їх малу кількість. Вибурювати з конструкцій і випробувати велику кількість нових зразків дуже коштовно і можливо тільки теоретично.

Таких випадків досить багато. Особливо на тих об'єктах, де не виконується систематичний науковий супровід згідно з [1] і необхідність контролю міцності виникає як пожежа. У даній ситуації для визначення міцності бетону у конструкціях нормативна база залишає майже тільки методи місцевого руйнування.

Інший випадок. Вже з іншої категорії. Будівля, що обстежується з метою реконструкції. Для розрахунку несучої здатності конструкцій необхідно визначити міцність бетону кожної. Тут якщо навіть теоретично і збереглися протоколи обстежень неруйнівними методами, то кореляції через багато років вже будуть не дійсні. Бетон повільно міцнішає. Знову залишаються тільки по чотири випробування на конструкцію методами місцевого руйнування, що є практично прямими методами визначення міцності.

Розглянемо далі більш детально особливості методу відриву зі сколюванням.

1. Метод відриву зі сколюванням максимально наближений до прямих методів, оскільки ґрунтується на процесах руйнування, що наближенні до тих, які відбуваються під час стиснення зразка на пресі. Вихідний параметр приладу – міцнісна характеристика бетону: залежність «Зусилля руйнування ділянки бетону – міцність на стиск» є простим перерахунком:

$$R = m_1 m_2 P, \quad (1)$$

де  $R$  – міцність бетону на стиск, МПа;  $m_1$  – коефіцієнт, що враховує максимальний розмір крупного заповнювача в зоні вириву;  $m_2$  – коефіцієнт пропорційності для переходу від зусилля вириву до міцності бетону;  $P$  – зусилля вириву анкерного пристрою, кН. Коефіцієнт  $m_2$  залежить тільки від геометрії обраного анкеру і довжини його можливого проковзування під час вимірювання і не залежить від інших факторів, таких як заміна технологічного регламенту виготовлення бетонної суміші або взагалі постачальника останньої. Достовірність даної залежності перевірялась нами шляхом паралельного випробування даним методом і циліндричних зразків бетону із вибурених кернів [5].

2. Визначається міцність бетону безпосередньо в конструкції. Останнє дуже важливо, оскільки міцність виготовлених зразків може як у більшу, так і в меншу сторону відрізнятися від міцності бетону в конструкціях, виготовлених з тої ж бетонної суміші. Все через відмінні режими ущільнення і тепло-вологісні умови твердіння.

3. Діючий ДСТУ Б В.2.7-220:2009 [3] повністю повторює радянський ГОСТ 22690-88 з рекомендаціями до використання приладів ГПНВ та ГПНС із стрілочним манометром. Але сучасна реалізація методів місцевого руйнування – мікропроцесорні прилади у якості силівимірювачів. Останні на порядок підіймають точність технології Похибка електронних вузлів вимірювання тиску робочої рідини значно менше похибки манометрів. Крім того, мікропроцесорні прилади здатні зафіксувати максимальне значення зусилля без суб'єктивних похибок. Похибка за рахунок візуального відслідковування максимального положення стрілки є досить суттєвою при неухважному виконанні обстеження.

4. Вимірювання методом відриву зі сколюванням є складною процедурою, яка містить в собі певні обмеження – ознаки, що свідчать про велику імовірність недостовірності результату вимірювання.

За ДСТУ Б В.2.7-220:2009 [3], «якщо найбільший і найменший розміри вирваної частини бетону від анкерного пристрою до меж руйнування по поверхні конструкції відрізняються більш ніж у два рази, а також якщо глибина вириву відрізняється від глибини закладення анкерних пристроїв більш ніж на 5%, то результати випробувань допускається враховувати тільки для орієнтовної оцінки міцності бетону». Також, не допускається проводити вимірювання ближче, ніж 15см до краю конструкції, і в безпосередній близькості до арматури.

На рис. 1 і 2 наведено вигляд оптимальних «кратерів» після вириву анкерів.



Рисунок 1.



Рисунок 2.

Неякісно перемішана або укладена суміш, усадочні мікротріщини є причиною великої «несиметрії» вирваної частини бетону, рис. 3 і 4. Останнє як результат випробувань за ДСТУ [3] допускається враховувати тільки для орієнтовної оцінки міцності бетону. Неякісне зачеплення анкерного пристрою, особливо під час використання нарізних анкерів, дає велике проковзування. Приклад результату – рис. 5 і 6. Результати таких випробувань взагалі бракуються.



Рисунок 3.



Рисунок 4.



Рисунок 5.



Рисунок 6.

З описаної в п.1 особливості методу відриву зі сколюванн стає зрозуміло, що це практично прямий метод визначення міцності бетону, що відзначається досить високою точністю. Особливість, наведена в п. 2, переконує нас в тому, що кореляції з показниками неруйнівних методів, побудовані на основі методу відриву зі сколюванням, будуть значно



точнішими, ніж кореляції, побудовані на основі випробування зразків у постачальника суміші.

Чому ж тоді в стандартах на неруйнівні методи [3, 4] не передбачається процедура побудови градувальних кривих на основі відривів? Відповідь на це питання, на думку авторів, криється в особливостях методу відриву зі сколюванням, що описані в п.3 і п.4. Саме наявність суб'єктивних оцінок в процесі вимірювання, а отже, і велика імовірність хибних вимірювань даним методом, не дозволила укладачам стандартів включити даний метод за основу для побудови кореляції.

Отже, вважаючи, що сучасні технології дозволили повністю вирішити проблему, зазначену в п.3, а також приймаючи, що вимоги, описані в п.4, будуть суворо виконуватись, метод відриву зі сколюванням можливо застосовувати для побудови кореляції для різних неруйнівних методів. При виконанні даних умов результат побудови градувальної залежності буде навіть більш точним, ніж у випадку її побудови на основі заводських зразків.

Розглянемо далі послідовно окремі етапи запропонованої методики побудови кореляційних залежностей.

1-й Етап. Виконання масового обстеження. Одним з неруйнівних методів – ультразвуковим поверхневого прозвучування або ударного імпульсу, з певним кроком обстежується доступна поверхня всіх контрольованих конструкцій. Це є так звана «масовка», за якою потім обчислюватиметься міцність бетону в усіх конструкціях. Фахівець на місці вибирає метод обстеження, в залежності від стану поверхні бетону, проте бажано виконувати «масовку» одразу двома методами, що підвищить надійність результатів контролю. Використання методу наскрізного прозвучування є бажаним, оскільки ним вимірюються властивості бетону в усій товщі конструкції, і тому він є більш інформативним та точним. Але реалізувати «масовку» останнім набагато складніше, ніж одним з поверхневих методів, тому автори у своїй практиці зупиняються на них.

Окреме значення непрямого показника визначається як середнє арифметичне за результатом серії вимірювання на одній невеликій ділянці бетону, причому серія повинна бути не менш як з 10-ти точок для методу ударного імпульсу і не менш 5-ти для поверхневого прозвучування. При визначенні середнього арифметичного важливим є застосування відбраковування «викидів» із серії вимірювань – нетипово низьких або високих значень. Зазвичай в сучасних приладах процедура відбраковування «викидів» та визначення середнього значення в серії вимірювань здійснюється в автоматичному режимі. Оператору не потрібно записувати кожне виміряне значення та проводити відповідні розрахунки.

Крок «масовки» обирається оператором виходячи з розмірів конструкцій і вимог надійності контролю, поставлених в задачі на обстеження. Мінімально допустима кількість ділянок вимірювання на одиницю площі поверхні окремих типів конструкцій приведена у стандартах на неруйнівні методи [2, 3].

У вертикальних монолітних конструкціях спостерігається ефект різного ступеня ущільнення бетонної суміші верхньої та нижньої частини конструкції. Середні значення як непрямого показника, так і міцності бетону в цих частинах будуть відмінними – верхня частина майже завжди буде слабшою, причому відмінність по міцності може бути до 15%. Тому в вертикальних конструкціях слід обов'язково робити масовку на різних рівнях по висоті.

2-й етап. Визначення градувальної залежності. Для побудови кривої відбираються не менше шести конструкцій (в залежності від об'єму контрольованих конструкцій) таким чином, щоб серед них була приблизно однакова їх кількість з високим, середнім і низьким значенням параметру неруйнівного методу. Даний направлений відбір потрібен для забезпечення рівномірності розподілу точок по всій протяжності градувальної кривої.

Обрані конструкції обстежуються методом відриву зі сколюванням.



В місцях відривів попередньо визначається середнє значення непрямого показника. За результатом обстеження будується градувальна залежність між непрямим показником і міцністю аналогічно до залежності “по кубикам” – за тою відмінністю, що кількість точок може бути меншою.

Зупинимося окремо на питанні необхідної кількості прямих випробувань. Для забезпечення надійного контролю не варто виходити за їх мінімальну допустиму кількість, яка регламентована методикою уточнення існуючої градувальної залежності. Рішення завжди залишається за спеціалістом, і під час його прийняття він повинен враховувати в першу чергу тісноту отриманої кореляції або величину уточнюючого впливу. У випадку, якщо за запропонованою методикою отримуються не дуже тісні кореляції, слід збільшити кількість конструкцій з прямими випробуваннями. Та навіть під час прямих випробувань всіх контрольованих конструкцій застосування неруйнівного методу за даною методикою є виправданим, оскільки дозволяє зменшити кількість відривів на окремих конструкціях (з 4-х до 1-2-х).

3-й Етап. Обчислення міцності бетону в конструкціях. Визначати міцність бетону в кожній вимірюваній точці конструкції не має сенсу. Спочатку обчислюється середнє значення непрямого показника в окремих конструкціях або їх частинах (для вертикальних або крупногабаритних конструкцій), а потім за градувальною залежністю визначається міцність даних конструктивних елементів, що і являється результатом обстеження.

#### **Висновки.**

1. Основа визначення міцності бетону в конструкціях за допомогою методів неруйнівного контролю – наявність надійної кореляційної характеристики, що відображає зв'язок непрямого показника з міцністю бетону саме для обстежуваної сукупності конструкцій.

2. За діючими стандартами побудова кореляційної характеристики для неруйнівних методів має бути тільки на основі випробувань зразків бетону з досить великою їх кількістю. Для багатьох конкретних випадків це унеможлиблює застосування методів неруйнівного контролю визначення міцності бетону.

3. Автори підтверджують можливість застосування методу відриву зі сколюванням для побудови кореляційних характеристик і пропонують власну, перевірену досвідом методику.

#### *Література*

1. ДБН В.1.2-5:2007. СНББ. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів
2. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності
3. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю (ГОСТ 22690-88).
4. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності (ГОСТ 17624-87).
5. Ярас В.І., Ловейкін С.О. З досвіду визначення міцності бетону в конструкціях. Питання і помилки. – «Строительные материалы и изделия» №4 (69), стор. 23...25, Київ, 2011.