

Shobotenko N.M.

National Technical University «Kyiv Polytechnic Institute»

## TEST AUTOMATION METHOD RATIONALE

## Summary

Next test automation methods were investigated: static analysis, dynamic analysis, data mining approach, using UML. These comparative analysis were held. Test automation method rationale was proposed.

**Keywords:** quality management, quality assurance, quality control, test automation.

УДК 691.3

## ВПЛИВ МОДИФІКАТОРА АМКІРОЗ РМР-3(Р) НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВАЖКОГО БЕТОНУ

Яцинський А.Л., Ужегова О.А.

Луцький національний технічний університет

Проведено техніко-економічний вибір протиморозного модифікатора, яким за вимогами про доступність, якість та ціну придбання виявився Амкіроз РМР-3 (Р). Дослідження бетонів з добавкою даного модифікатора показали, що втрата міцності зразків після обробки заморожуванням/відтаванням значно знижується при збільшенні вмісту добавки до 2,28%. Подальше зростання відсоткового вмісту модифікатора у бетоні не приводить до відчутного покращення його якості.

**Ключові слова:** бетон, формування, модифікатор, границя міцності, руйнівне навантаження.

**Постановка проблеми.** Сучасне будівництво підкорює все більш, здавалось, непридатні території для використання. В таких умовах необхідно враховувати специфіку середовища, в якому проводиться будівництво. Промисловість надводного будівництва є новою, хоча різного роду гідромеліоративні споруди будуються давно. Отже, вимоги до якості бетону будуть схожі в обох випадках. В Україні переважна більшість гідромеліоративних споруд працюють вже декілька десятків років. Бетони цих споруд експлуатуються у важких умовах: піддаються зволоженню та висушуванню, зміні температур від  $-300$  до  $+500$  С, тиску води та льоду, і як наслідок, значна частина їх конструкцій потребує заміни, ремонту або відновлення. Через специфіку експлуатації серед найпоширеніших причин руйнування подібних конструкцій у вологому середовищі є дія морозу. Тому актуальною є задача створення бетонів з високими показниками водонепроникності, морозостійкості та, головне, міцності для будівництва гідротехнічних споруд та споруд громадського користування, які знаходяться на воді.

**Аналіз останніх досліджень.** Для цілеспрямованого підвищення морозостійкості бетонів у світовій та вітчизняній практиці в останні роки використовують спеціальні системи добавок, які, крім того, підвищують його міцність.

Морозостійкість будівельних матеріалів показує, наскільки той чи інший зразок здатний зберігати свої властивості після декількох послідовних циклів заморожування та відтавання. У випадку з бетоном основною причиною його руйнування під час цих процесів стає вода в твердому стані, яка чинить значний тиск на стінки мікротріщин і пор матеріалу [1].

У свою чергу, велика твердість бетону не дає воді вільно розширюватися при замерзанні, тому при тестуванні на морозостійкість у бетоні створюються високі напруги. Руйнування починається з виступаючих частин, а потім продовжується у верхніх шарах і, нарешті, проникає вглиб.

Фактором, який прискорює руйнування бетону, стає також різний коефіцієнт температурного розширення компонентів, з яких складається будівельний матеріал. Це створює додаткову напругу [2].

**До невирішеної частини загальної проблеми** слід віднести те, що умови виконання робіт та особливості застосування модифікуючих добавок в кожному випадку різні. У технічних описах виробник надає лише загальні вказівки щодо застосування [3]. Працівник, який використовує добавку, зобов'язаний перевірити придатність і можливість її застосування для передбачених цілей. Точну кількість протиморозної добавки та її вид, залежно від завдання, слід підбирати в лабораторії шляхом проведення пробних замісів і експериментів з готовими зразками.

**Метою роботи** є підвищення міцності і морозостійкості важкого бетону для будівництва гідротехнічних споруд та споруд громадського користування за рахунок оптимізації його складу.

**Задачі дослідження:**

- 1) провести техніко-економічний вибір протиморозного модифікатора;
- 2) експериментально дослідити вплив складу модифікованого важкого бетону на фізико-механічні властивості композиту.

**Об'єкт дослідження:** важкий бетон рівної високі рухливості, модифікований комплексною добавкою Амкіроз РМР-3 (Р), для зведення бетонних споруд на воді.

**Предмет дослідження:** закономірності впливу складу модифікованого важкого бетону на його фізико-механічні властивості та морозостійкість.

**Методика проведення експерименту.**

Ми вибрали протиморозну добавку, яка за своїм хімічним складом не допускає корозії арматури і відчутно не знижує рухливість бетону, а також має помірну роздрібну ціну. Такою модифікуючою добавкою є Амкіроз РМР-3(Р) українського виробництва.

Параметри якості та фізико-механічні характеристики модифікованого важкого бетону визначали

відповідно до нормативів на атестованому обладнанні. Дослідження проводилось згідно діючих нормативних документів: ДСТУ Б В.2.7-47-96, ДСТУ Б В.2.7-48-96, ДСТУ Б В.2.7-171: 2008 [4, 5, 6].

Дослідження проводились за другим, прискореним, методом визначення морозостійкості. Згідно цього методу середовищем насичення та відтавання для зразків був 5% розчин солі NaCl. Температура заморожування  $-18 \pm 20$  °C. Згідно вибраного методу дослідження зразки виготовлялись кубічної форми з розмірами 100x100x100мм в кількості 6 контрольних та 12 основних. Зразки випробовувались згідно показника F75. Згідно норм [4,5,6] проведено 13 циклів для встановлення відповідності бетону заданій марці. Після закінчення терміну 28 днів 18 кубиків кожної партії поміщали у ванну для насичення. Ванна заповнювалась на 1/3 висоти зразка 5% розчином хлористого натрію. В такому положенні кубики насичувались розчином 24 години. Після закінчення цього терміну у ванну доливали розчин хлористого натрію до рівня 2/3 висоти зразка. Після закінчення наступних 24 годин ванну заповнили хлористим натрієм на усю висоту зразка, плюс 30 міліметрів. В такому стані кубики витримувались ще 48 годин. По завершенні цього терміну кубики виймали і витримували на повітрі 2 години, після чого вони вважались попередньо насиченими. З 18 виготовлених зразків кожної партії 12 піддавались циклічному заморожуванню і відтаванню. 6 з них були контрольними, які відразу випробовувались на міцність у лабораторії на сертифікованому пресі ПСУ-125 (рис. 1).



**Рис. 1. Загальний вигляд лабораторного пресу ПСУ-125**

Цикли заморожування/відтавання дванадцяти інших зразків проходили в такій послідовності:

- зразки поміщали в морозильну камеру;
- коли у морозильній камері температура досягла  $-18 \pm 20$ °C, розпочинали відлік часу;
- заморожування у морозильній камері тривало 2,5 години. При цьому температуру підтримували у вказаному діапазоні з точністю  $\pm 20$  °C;
- кубики поміщали у ванну для відтавання (рис. 2) з температурою  $+18 \pm 20$  °C п'ятивідсоткового розчину хлористого натрію.

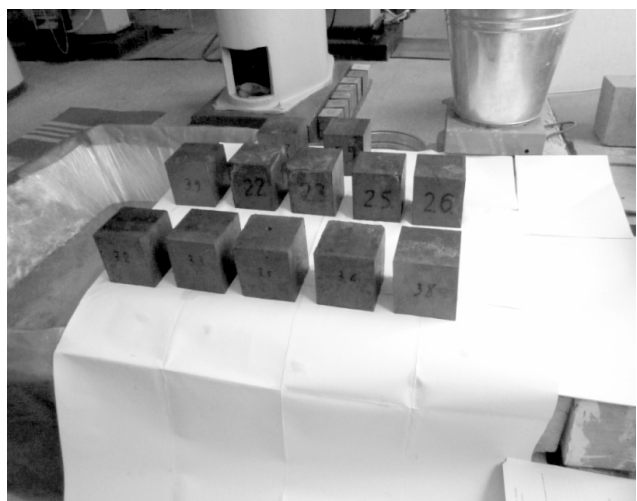
Там вони перебували 2 години для рівномірного прогрівання до заданої температури. Причому температуру розчину підтримували у заданому діапазоні з точністю  $\pm 20$  °C;

- зразки виймали з ванни і витримували на повітрі 2 години (рис. 3).

За таким алгоритмом цикл повторювали 13 ра-



**Рис. 2. Зразки бетону у ванні відтавання**



**Рис. 3. Зразки бетону під час витримування протягом 2 годин на повітрі**

зів. 12 зразків, які піддавались циклічному заморожуванню / відтаванню, випробовували на міцність на лабораторному пресі і порівнювали з результатами контрольних зразків.

Необхідно зауважити, що веретеноподібний характер руйнування зразків при визначенні межі міцності у лабораторії підтверджує однорідність бетону у виготовлених зразках (рис. 4).

Було виготовлено 6 партій по 18 зразків з різною концентрацією добавки Амкіроз РМР-3(Р). Оскільки кожна партія формувалась з одного замісу бетону, а добавка додається у відношенні до маси цементу, то кількість добавки у мілілітрах та у відсотках до маси цементу вказана на одну партію:

партія №1 – важкий бетон без добавок;

партія №2 – важкий бетон з модифікуючою добавкою Амкіроз РМР-3(Р) – 50 мл (0,76% від маси цементу);

партія №3 – важкий бетон з модифікуючою добавкою Амкіроз РМР-3(Р) – 100 мл (1,52% від маси цементу);

партія №4 – важкий бетон з модифікуючою добавкою Амкіроз РМР-3(Р) – 150 мл (2,28% від маси цементу);

партія №5 – важкий бетон з модифікуючою добавкою Амкіроз РМР-3(Р) – 200 мл (3,04% від маси цементу);

партія №6 – важкий бетон з модифікуючою добавкою Амкіроз РМР-3(Р) – 250 мл (3,80% від маси цементу).

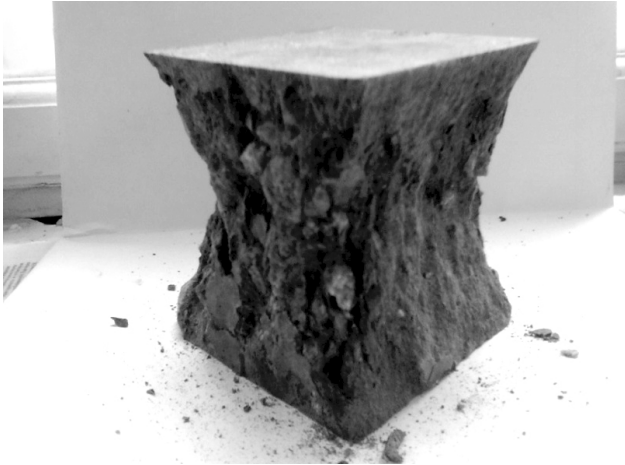


Рис. 4. Веретеноподібний характер руйнування зразка при дослідженні міцності на стиск

#### Результати експерименту.

Згідно нормативних документів ДСТУ Б В.2.7-47-96, ДСТУ Б В.2.7-48-96 та ДСТУ Б В.2.7-171: 2008 [4, 5, 6] у таблицях експериментальних досліджень представлені дані про кількість однотипних зразків, їх розміри, час витримки після формування, масу і, відповідно, їх густину, руйнівне навантаження на стиск в одиницях кгс, а також розраховані значення границі міцності на стиск у кгс/см<sup>2</sup> і границя міцності на стиск у МПа.

За таблицями експериментальних даних сформовані зведені таблиці та побудовані графічні залежності, які представлені нижче

Таблиця 1

Залежність міцності зразків без заморожування/відтавання від вмісту добавки

Вміст добавки у % до маси цементу	0	0,76	1,52	2,28	3,04	3,80
Міцність зразків у МПа	39,25	39,31	39,48	40,07	40,11	40,12

За даними таблиці 1 побудована графічна залежність границі міцності зразків, які не піддавались обробці заморожуванням/відтаванням, від вмісту добавки Амкіроз РМР-3(Р) (рис. 5).

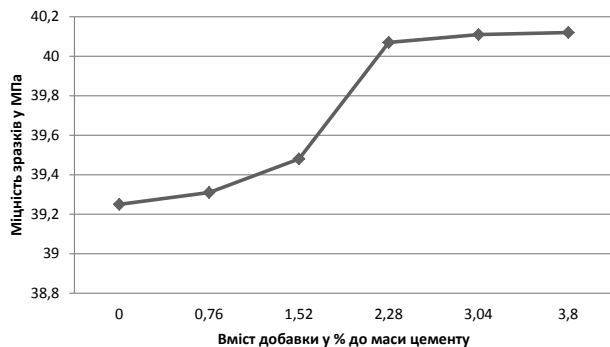


Рис. 5. Залежність границі міцності зразків без обробки заморожуванням/відтаванням від величини добавки Амкіроз РМР-3(Р) у % до маси цементу

Характерною особливістю даної залежності є різке зростання границі міцності зразків, які не під-

давались заморожуванню/відтаванню, при збільшенні відсоткового вмісту модифікуючої добавки від нуля до 2,28%, з подальшим відчутним зменшенням росту границі міцності у інтервалі вмісту добавки 2,28-3,8(%).

Таблиця 2

Залежність міцності зразків після заморожування/відтавання від величини добавки Амкіроз РМР-3(Р) у % до маси цементу

Вміст добавки у % до маси цементу	0	0,76	1,52	2,28	3,04	3,80
Міцність зразків у МПа	37,37	37,69	38,41	39,10	39,18	39,19

За даними таблиці 2 побудована графічна залежність границі міцності зразків, які піддавались обробці заморожуванням/відтаванням, від відсоткового вмісту добавки Амкіроз РМР-3(Р) (рис. 6).

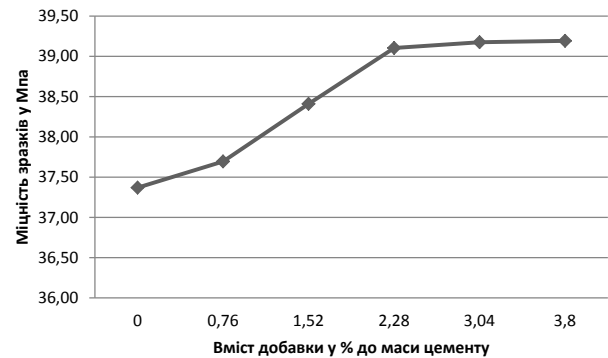


Рис. 6. Залежність границі міцності зразків після заморожування/відтавання від величини добавки Амкіроз РМР-3(Р) у % до маси цементу

Таблиця 3

Залежність втрати міцності зразків після наперемінного заморожування/відтавання від величини модифікуючої добавки у % до маси цементу

Вміст добавки у % до маси цементу	0	0,76	1,52	2,28	3,04	3,80
% втрати міцності зразків	4,79	4,11	2,71	2,41	2,33	2,31

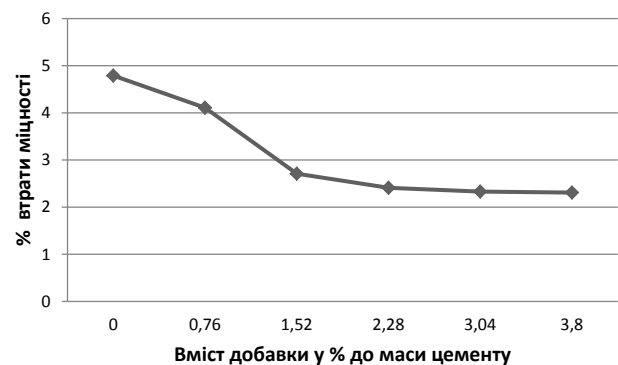


Рис. 7. Залежність втрати міцності зразків бетону після обробки заморожуванням/відтаванням від величини добавки Амкіроз РМР-3(Р) у % до маси цементу

Одержана графічна залежність демонструє відчутне зростання границі міцності зразків, після навперемінного заморожування/відтавання, в інтервалі вмісту добавки 0 – 2,28 (%) і різке зменшення росту границі міцності зразків у інтервалі вмісту добавки 2,28 – 3,80 (%).

Важливою характеристикою морозостійкості зразків бетону є втрата міцності після обробки "заморожуванням/відтаванням" [9]. Значення цієї характеристики для різних значень вмісту модифікуючої добавки Амкіроз РМР-3(Р) розраховується за формулою:

$$BM = GM_{п} * 100 / GM_{д}$$

де  $BM$  – втрата міцності у %,  $GM_{п}$  – границя міцності після обробки "заморожуванням/відтаванням",  $GM_{д}$  – границя міцності до обробки "заморожуванням/відтаванням". Результати таких розрахунків приведено в таблиці 3.

Графічна залежність втрати міцності бетону після обробки "заморожуванням/відтаванням" від відсоткового вмісту модифікуючої добавки Амкіроз РМР-3(Р) у бетоні представлена на рисунку 7.

Одержана графічна залежність показує різке зниження втрати міцності зразків бетону після обробки "заморожуванням/відтаванням" в інтервалі вмісту модифікуючої добавки Амкіроз РМР-3(Р) 0 – 2,28(%), та практично незмінне значення відсоткової втрати міцності при подальшому збільшенні вмісту модифікуючої добавки.

#### Висновки:

1. Залежність границі міцності зразків без обробки заморожуванням/відтаванням від величини

добавки дає відчутне збільшення границі міцності (від 39,25 до 40,1 МПа) при збільшенні відсоткового вмісту добавки Амкіроз РМР-3(Р) від нуля до 2,28%, що відбувається за рахунок ущільнення структури бетону [9], проте подальше збільшення вмісту добавки практично не змінює границю міцності.

2. Для зразків після обробки заморожуванням/відтаванням збільшення відсоткового вмісту Амкіроз РМР-3(Р) дає подібну картину зростання межі міцності (від 37,37МПа до 39,10 МПа) у тому ж інтервалі вмісту модифікуючої добавки. Необхідно відмітити більший вплив модифікуючої добавки на зразки, що пройшли обробку заморожуванням/відтаванням у порівнянні із впливом на зразки без обробки.

3. Розрахункові значення втрати міцності зразків після обробки заморожуванням/відтаванням від величини добавки Амкіроз РМР-3(Р) у % до маси цементу показують незначну (від 4,79 до 2,33 %) втрату міцності бетону при збільшенні вмісту добавки до 2,28%, проте подальше зростання відсоткового вмісту Амкіроз РМР-3(Р) у бетоні не приводить до відчутного покращення його якості.

4. Добавка Амкіроз РМР-3(Р) достатньо ефективно впливає на якість бетону як до обробки заморожуванням/відтаванням, так і після обробки. Проте, збільшення її відсоткового вмісту у бетоні має межу ефективності [10], яка за нашими дослідженнями складає приблизно 2,28%. Подальше збільшення вмісту модифікуючої добавки Амкіроз РМР-3(Р) у бетоні не приводить до відчутного покращення його якості, а тому веде лише до неоправданих витрат на її додаткове придбання.

#### Список літератури:

1. Баженов Ю. М. Модифицированные высокопрочные бетоны / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 368 с.
2. Классификация бетона и применение в строительстве [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://betonstroy31.ru/beton...>
3. Електронний ресурс – <http://ukrarticles.pp.ua/stroitelstvo.html>.
4. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ).
5. ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95) Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги (електронний ресурс) – <http://info-build.com.ua/normativ/detail.php?ID=46224>.
6. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 (електронний ресурс) – <http://document.ua/dobavki-dlja-betoniv-i-budivelnih-rozchiniv-zagalni-tehnich-nor17007.html>.
7. ДСТУ Б В.2.7-69-98 (ГОСТ 30459-96) Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності (електронний ресурс) – <http://www.stroynote.com.ua/construction-regulations/document-848.html>.
8. ДСТУ Б В.2.7-65-97 Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Класифікація (електронний ресурс) – <http://proxima.com.ua/dbn/articles.php>.
9. Комплексные задачи и решения по диагностике бетонных и железобетонных конструкций объектов гидромелиоративного назначения / А.А. Романов, А.В. Мишутин, Б.М. Усаченко, В.Н. Сергиенко // Геотехнічна механіка: Міжвідомча збірка наукових праць. Вип. 51. – Дніпропетровськ, 2004 – С. 127-134.
10. Моделирование и оптимизация в материаловедении: Мат-лы 45-го междуна. сем. МОК45. – Одесса: Астропринт, 2006. – С. 76-78.

Ящинский А.Л., Ужегова О.А.

Луцкий национальный технический университет

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА АМКИРОЗ РМР-3 (Р) НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

#### Аннотация

Проведено техніко-економічний вибір противоморозного модифікатора, котрим по вимогам о доступності, якості та ціні придбання виявився Амкіроз РМР-3 (Р). Дослідження бетонів з додаванням даного модифікатора показали, що втрата міцності зразків після обробки заморожуванням/відтаванням значно зменшується при збільшенні вмісту добавки до 2,28%. Подальший ріст відсоткового вмісту модифікатора в бетоні не приводить до суттєвого покращення його якості.

**Ключевые слова:** бетон, формироваия, модификатор, предел прочности, разрушающая нагрузка.

**Yaschynskyy A.L., Uzhehova O.A.**  
Lutsk National Technical University

## **EFFECT MODIFIER AMKIROZ RMR-3 (R) ON PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF HEAVY CONCRETE**

### **Summary**

Technical-economical choice antifreezing modifier, which according to the requirements of availability, quality and price of the acquisition was Amkiroz RMR -3 (R). Investigation of concrete with the addition of the modifier shown that the loss of strength of samples after treatment by freezing/thawing significantly reduced with increasing additive content to 2.28 %. Further increase in the percentage of modifier in concrete does not lead to a noticeable improvement of its quality.

**Keywords:** concrete, forming, modifier, boundary strength, breaking load.