

каналах подвійного вентилязованого повітряного прошарку залежить від величини повітрообміну в будинку. З попередніх обчислень $\bar{\alpha}_{\text{ВИТ}} = 2,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\bar{\alpha}_3 = 1,163 \cdot (5 + 10\sqrt{w_3}) = 1,163 \cdot (5 + 10\sqrt{1}) = 17,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $k_{\text{ПОК}} = 1,02 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $k_{\text{ПР}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Після підстановки отримали $\Delta t_{\text{ВИТ}} = 3,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Після перевірки маємо такі значення: $\bar{q} = 6,535 \cdot \Delta t_{\text{ВИТ}} = 25,5 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $\bar{q} = 27,54 - 0,51 \cdot \Delta t_{\text{ВИТ}} = 25,6 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Висновки. У роботі наведено методику простого інженерного розрахунку теплового режиму подвійного щільного вентилязованого повітряного прошарку в покритті сільськогосподарського будинку в теплу пору року. За цією методикою з достатньою точністю визначаються перепади температур у каналах вентилязованого повітряного прошарку та теплові потоки в конструкції.

1. Прыгунов Ю.М., Новак В.А., Серый Г.П. Микроклимат животноводческих и птицеводческих зданий. – К., 1986. – 80 с. 2. Данилова А.К., Найденский М.С. и др. Гигиена промышленного производства яиц. – М., 1987. – 279 с. 3. А. с. 576798 СССР. Система вентиляции одноэтажной постройки / Ю.Я. Кувишинов, В.Ю. Ярослав // Открытия. Изобрет. – 1990. – № 25. 4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М., 1982. – 415 с. 5. Табуничиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. – М., 1986. – 380 с. 6. Могилат А.Н., Кривобок Э.Н. Проектирование теплозащиты покрытий гражданских зданий. – К., 1982. – 104 с. 7. Ярослав В.Ю. Про розрахунок повітряних прошарків у покритті // Вісн. Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. – 1997. – № 318. – С. 88–90. 8. СНиП II-3-79** Строительная теплотехника // Госстрой СССР. – М., 1986. – 32 с. 9. Лабай В.Й. Тепломасообмін. – Львів, 1998. – 260 с.

УДК 624.012

Р.Я. Лівша, С.І. Томецька*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів,
*кафедра вищої математики

ВПЛИВ ВИПАРОВУВАННЯ ВОДИ З ОКРЕМИХ ДІЛЯНОК ПОВЕРХНІ ПРИЗМАТИЧНИХ ЗРАЗКІВ ІЗ ЦПР НА ЇХ МІЦНІСТЬ ТА СХЕМУ РУЙНУВАННЯ

© Лівша Р.Я., Томецька С.І., 2004

Описані результати дослідження випаровування, усадки і міцнісних характеристик зразків з відкритими під час твердіння характерними ділянками на їх поверхні: біля ребер, біля кутів і посередині граней.

The results of samples evaporation, shrinkage and durabilities with open during time of hardened characteristic sites of their surface: near edges, in the middle of sides and in corners were described

На поверхні призматичних зразків є характерні ділянки з різною інтенсивністю випаровування: біля ребер, біля кутів і посередині граней. У кутах призматичних зразків сходяться три грані, біля ребер – дві, а посередині граней знаходиться рівна поверхня для випаровування. Відповідно відношення площ поверхні вказаних ділянок до частин об'ємів призми, які вони покривають і з яких випаровується вода, будуть різними.

Для таких висновків аналогом слугував “коефіцієнт масивності” – відношення поверхні конструкції, відкритої для випаровування, до її об'єму (СНиП II-B, 1-62).

Відповідно в кутах призми інтенсивність випаровування повинна бути найбільшою, біля ребер – меншою, а посередині граней – найменшою.

Мета досліджень

– перевірити гіпотезу про різну інтенсивність випаровування з характерних ділянок поверхні призматичних зразків;

– визначити вплив різної інтенсивності випаровування з характерних ділянок поверхні зразків на їх напружений стан характеристики міцності (R_{btb} і R_b) і деформативності $\Sigma \varepsilon_y$; ε_y^B і ε_y^K .

Об'єктом дослідження були зразки із цементно-піщаного розчину складу 1:1:0,4 розмірами 0,04x0,04x0,16 м з відкритою поверхнею випаровування біля ребер, посередині граней і в кутах.

Предметом дослідження були випаровування, вологісна і контракційна складові загальної усадки, міцнісні характеристики R_{btb} і R_b .

Наукова новизна проведених досліджень полягає в тому, що вперше в такому аспекті на основі теорії композиційно-будівельних матеріалів (КБМ) розглядається напружений стан зразків залежно від різної інтенсивності випаровування з характерних ділянок їх поверхні і вплив такого стану на тріщиноутворення, міцнісні і деформативні властивості бетону чи розчину відповідно на їх довговічність.

Для підтвердження гіпотези нами була виготовлена серія зразків розмірами, складом з різною відкритістю поверхні для випаровування, вказаними вище. Паралельно виготовили зразки, які тверділи в умовах всебічного висихання.

Спочатку необхідно обґрунтувати розміри характерних ділянок. За логікою розміри характерних ділянок на поверхні зразків повинні бути рівними. Як показав аналіз для зразків, кубів можна підібрати рівними ці площі, а для призматичних зразків, один розмір яких значно більший від інших – неможливо.

Тому для зразків розмірами 0,04x0,04x0,16 м прийняли рівними площі біля ребер і посередині граней (по 138 см²), а біля восьми кутів по 1,5 см² (рис. 1).

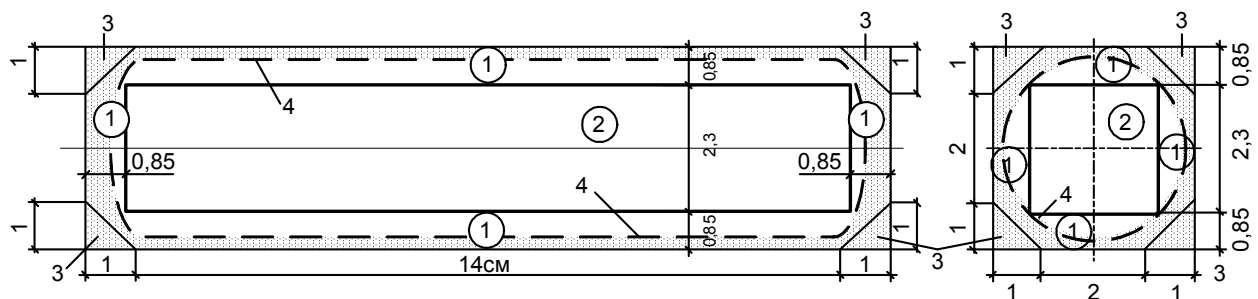


Рис. 1. Поділ поверхні призматичних зразків розмірами 0.04*0.04*0.16 м на характерні ділянки:
1 – біля ребер; 2 – посередині граней; 3 – в кутах; 4 – контури кулециліндролоїда

Для приготування цементно-піщаного розчину (ЦПР) використали портландцемент марки 400 підприємства ВАТ “Миколаїв-цемент” (м. Миколаїв, Львівська обл.), виготовлений за ДСТУ Б.В. 2.7-46-98. кварцовий пісок Давидівського кар’єру Львівської області з такими показниками: насипна щільність (в сухому стані) – 1,355 т/м³, істинна щільність – 2,60 т/м³, пористість – 47,9 %, модуль крупності M_k – 1,23, вміст пилюватих і глинистих фракцій – 5,7 %.

Зразки одну добу зберігали в камері з водяним замком. Після розпалублювання, зважування, вимірювання компаратором початкової віддалі між анкерами, які виступали з торців, для дослідження деформацій усадки, зразки помістили в камеру з водяним замком на 28 діб. Після досягнення 28-ми денного віку з ними здійснили аналогічні операції і на поверхні заклеїли певні місця, щоб випаровування відбувалося біля ребер, посередині граней і в кутах, тоді помістили їх на стелажі в умови всебічного висихання. Зміна температури і вологості повітря в лабораторії

фіксувались термографом і гігрографом. Деформації усадки і зважування для контролю за вологістю проводили спочатку щоденно (15 діб), а пізніше до 150 діб через 3–5, а ближче до кінця досліджень – через 5–10 діб.

Як видно з графіків (рис. 2) на початку досліджень до 150 діб вологість повітря коливалась, але в загальному зменшувалась, у цей час деформації усадки різко зростали.

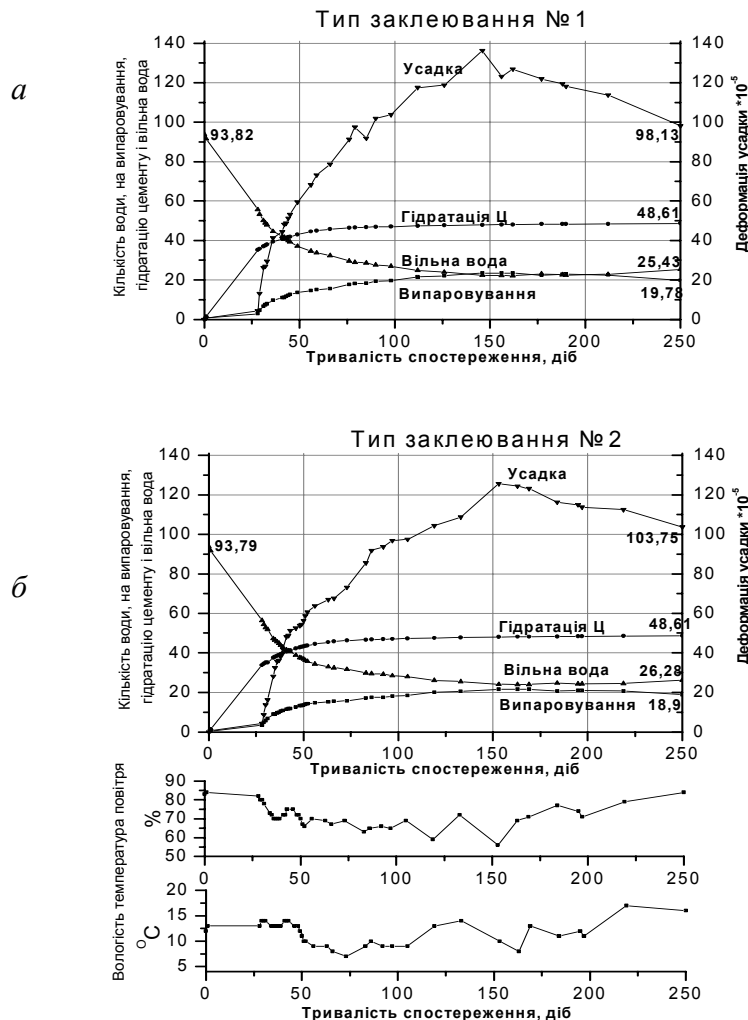


Рис. 2. Суміщені графіки зразків з відкритою поверхнею випаровування біля ребер (а), та посередині грані (б)

Однак на залежності ϵ_y від t є спади і майже горизонтальні ділянки (рис. 2, а) в той час, коли вологість повітря зростала. Ці ділянки можна пояснювати як короткочасне знаходження зразків в стані гігromетричної рівноваги за наявності вільної води. Як видно із суміщеного графіка, вільна вода в зразку присутня.

Для отримання додаткової інформації, крім визначення кількості води в грамах, яка випаровувалась із характерних ділянок на поверхні зразків, ми визначили також значення інтенсивності випаровування води в $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ з цих ділянок (рис. 3).

Як видно з рис. 3, найбільша інтенсивність випаровування із кутів, в яких сходяться три грані, що на порядок більша від інших ділянок, менша – біля ребер, де сходяться дві грані і ще менша – посередині граней на відкритій рівній поверхні, а найменша в зразках, які знаходились в умовах всебічного висихання. Характерно, що при випаровуванні води із кутів – інтенсивність почала зразу зменшуватись, а в інших випадках – спочатку зростає до максимального значення, а потім – почала спадати до мінімальних значень.

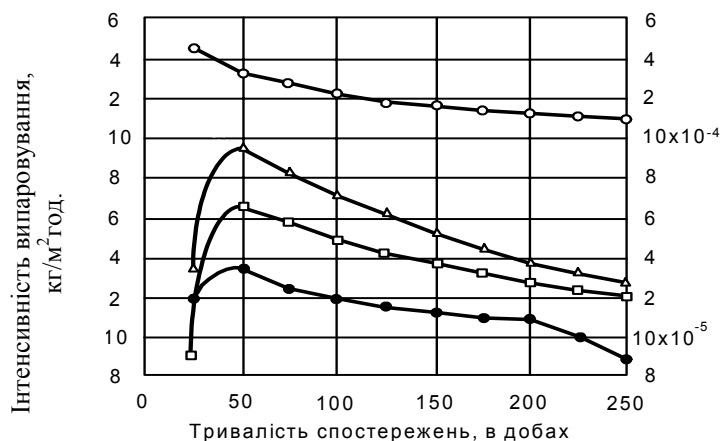


Рис. 3. Інтенсивність випаровування води із характерних місць призматичних зразків розміром 0,04×0,04×0,16 м:

1 – O – в кутах, 2 – Δ – біля ребер, 3 – □ – посередині граней, ● – всестороннього висихання

Слід відмітити, що отримані результати інтенсивності випаровування з характерних ділянок поверхні призматичних зразків також підтверджують можливість утворення в середині зразків ядра (рис. 4). Якщо розглядати поперечний перетин зразків, то можна, використовуючи удосконалену методику дослідження деформацій усадки*, встановити, з яких об'ємів випаровувалась вода і товщини їх шарів.

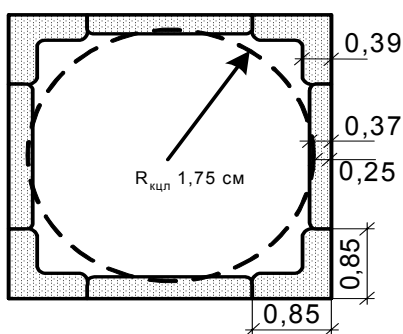


Рис. 4. Поперечний перетин зразка, ділянки випаровування затемнені

Для проведення загального аналізу випаровування, гідратації цементу, усадки і впливу відкритості поверхні зразків на ці процеси і характеристики міцності (R_{btb} і R_b), зведемо отримані результати в таблицю.

Вперше запропонована методика дослідження деформацій усадки і випаровування води і призматичних зразків дозволяє отримати додаткову інформацію про вказані процеси, які відбуваються при твердінні бетону або ЦПР.

Поділ усадки на дві складові при дослідженнях впливу відкритості характерних ділянок на поверхні призматичних зразків на випаровування, деформацій усадки і характеристики міцності R_{btb} і R_b відкрили нову сторінку в аналізі напруженого стану зразків з врахуванням міцності масивів, в яких відбуваються різні усадки. До таких висновків спонукали дослідження характеристик міцності зразків-близнят з різними типами відкритості їх поверхні для випаровування. У таблиці наведені результати.

* Лівша Р.Я., Орловський Ю.І. Фізико-математична модель деформацій усадки і випаровування води із призматичних зразків // Структура, свойства и состав бетона, вопросы теории бетоноведения и технологической практики: Материалы III научн.-практ. семинара. – Ровно, 11–12 ноября 2003.

Вплив відкритості характерних ділянок поверхні призматичних зразків на випаровування, гідратацію цементу, усадку і показники міцності

№ з/п	Характерні ділянки на поверхні зразків	Початкова об'ємна маса, $W_{\text{п}}^{\text{п}}, \text{г/см}^3$	$\sum \varepsilon_{\text{у}} \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_{\text{у}}^{\text{в}} \cdot 10^{-5}$ $K_{\text{в}}$	$\varepsilon_{\text{у}}^{\text{к}} \cdot 10^{-5}$ $K_{\text{к}}$	Кількість води в г, яка витратилась на:		
						гідратацію "Ц"	випарувалась	вільна вода
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	біля ребер	0.366	98.13	28.38 0.29	69.75 0.71	48.61	19.78	25.43
2	посередині граней	0.370	103.75	29.01 0.28	74.74 0.72	48.61	18.90	26.28
3	в кутах	0.375	85.63	12.34 0.14	73.29 0.86	49.84	8.39	37.81
4	всестороннє висихання	0.374	95.63	22.76 0.24	72.87 0.76	49.47	15.45	30.80

Показники міцності, МПа		Площа випаровування, см^2	Товщина шару, з якого випарувалась вода, см	Об'єми масивів, см^3		Коефіцієнт масивності (СНиП II В. 1.62)
R_{btb}	$R_{\text{б}}$			з яких випарувалась вода	в яких відбувається контракція	
10	11	12	13	14	15	16
6.28	43.2	138	0.39	54.04	201.96	2.55
6.89	44.8	138	0.37	51.08	204.92	2.70
8.28	68.9	12	1.41	22.37	233.63	0.54
7.40	50.0	288	0.14	41.31	214.69	1.125

Як бачимо найміцнішими виявились зразки з відкритою поверхнею випаровування біля кутів, на другому місці – зразки, які тверділи в умовах всебічного висихання, на третьому – з відкритою поверхнею посередині граней і з найменшою міцністю – зразки з відкритою поверхнею біля ребер. Характерно, що в такому порядку розмістилися два показники міцності R_{btb} і $R_{\text{б}}$, і це не випадково. Аналіз результатів характеристик міцності дослідних зразків-близнят з різними типами відкритості їх поверхні для випаровування показав, що вони апроксимуються рівняннями (1) і (2):

$$R_{\text{btb}} = \frac{K^k - 0.12}{0.077}, \quad (1)$$

$$R_{\text{б}} = \frac{K^k - 0.44}{0.0061} \quad (2)$$

в яких K^k – частка контракційної усадки ($\varepsilon_{\text{у}}^{\text{к}}$) в загальній ($\sum \varepsilon_{\text{у}} \cdot 10^{-5}$).

Примітка: межу міцності на згин обчислювали як середнє арифметичне двох найбільших результатів випробовування трьох зразків, а на стиск – чотирьох найбільших результатів випробовування шести зразків.

На міцнісні характеристики зразків з різною відкритою поверхнею для випаровування вплинули співвідношення об'ємів з вологісною і контракційною усадкою і їх взаємне розміщення.

Встановлено, що загальна і вологісна складова усадки пропорційні коефіцієнту масивності, а міцнісні характеристики – об'ємам масивів, в яких відбувається контракційна усадка ($V^{\text{к}}$), вільній воді і кількості води, яка витрачається на гідратацію цементу (таблиця).

На рис. 5, а показані три характерні ділянки на поверхні призматичних зразків з випаровуванням води біля ребер (1), посередині граней (2) і в кутах (3). На рис. 5, б, в, г поперечні перетини зразків з відкритими поверхнями випаровування посередині граней, біля ребер і в кутах відповідно, на яких показані ослаблені масиви, з яких випарувалась вода, затемнені крапками. За

гіпотезою 3 “фізико-математичної моделі деформацій усадки і випаровування води із призматичних зразків” слідує, що в поверхневому шарі, з якого випаровується вода, відбувається загальна усадка і утворюються пори і капіляри радіусами більше 10000 \AA , а у внутрішньому масиві – в ядрі, з якого вода не випаровується – пори і капіляри з радіусами менше 1000 \AA і контракційна складова загальної усадки, і відповідно постулат 2 стверджує, що міцнісні характеристики (R_{btb} і R_b) в пористому поверхневому шарі набагато менші, ніж в ядрі [1].

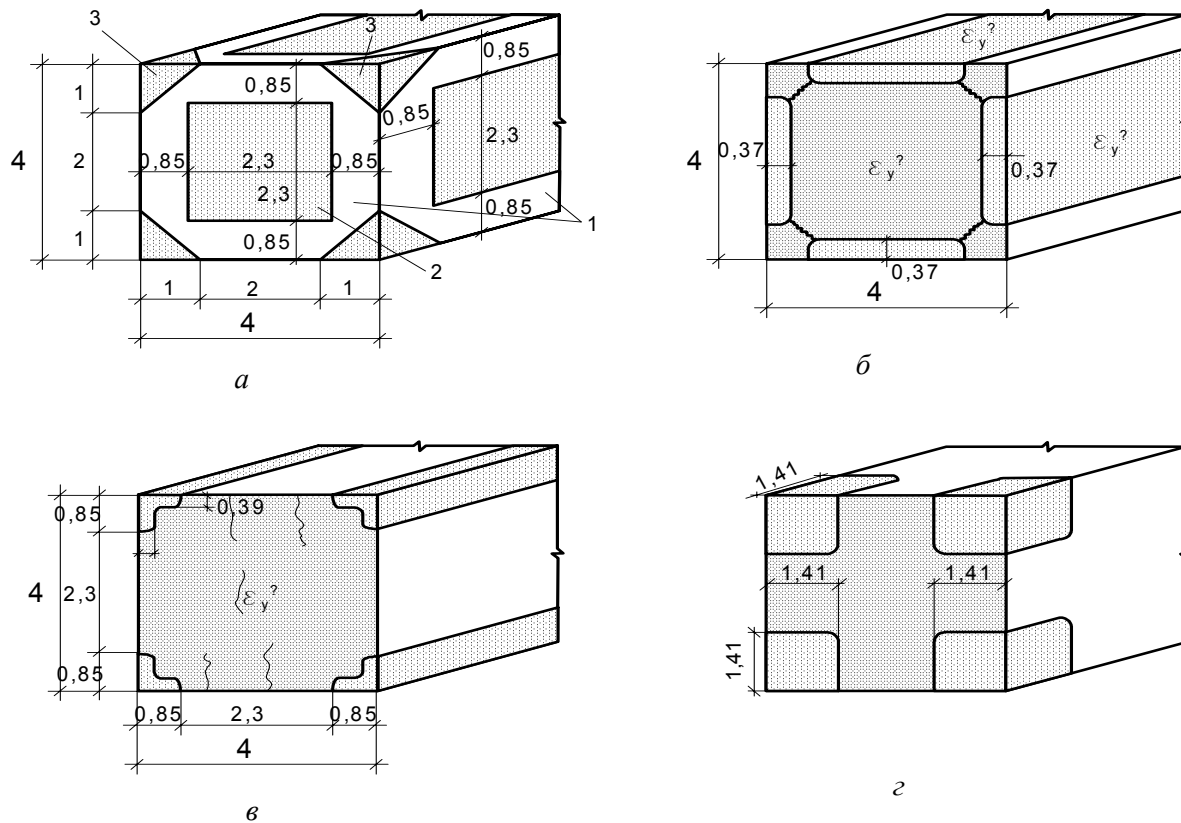


Рис. 5. Характерні ділянки на поверхні призматичних зразків (а): 1 – біля ребер; 2 – посередині граней; 3 – в кутах 5 (б), (в) і (z) – поперечні перетини зразків з ослабленими масивами, з яких випарувалась вода (затемнені крапками) і міцні масиви (заштриховані). Розміри подані в см

Розрахунки показують, що в поперечному перетині зразків з випаровуванням води посередині граней, біля ребер і в кутах ослаблення відповідно дорівнюють 21,3; 27 і 50 %, яке визначалось щодо площ – ослабленої до загальної.

При випробовуваннях половинок балочок на стиск з різними типами відкритості їх поверхні для випаровування схеми руйнування відрізнялись від загальноприйнятої, тому що на поверхні появилися ослаблені зони і навантаження під пресом через пластинки площею 25 см^2 передавалось спочатку на жорсткіші ділянки, бо більш пористі і слабкі ділянки деформуються більше. Так для зразків з випаровуванням посередині граней в початковій стадії прикладання навантаження відпадали масиви біля кутів (на рис. 5, б показано руйнування хвилястими лініями). Для зразків з випаровуванням біля ребер (рис. 5, в) зразу ж при прикладенні навантаження зменшилась площа зразка за рахунок зменшення жорсткості масивів біля ребер і схема руйнування також змінилась, спочатку почали виникати вертикальні тріщини і відвалюватись ділянки біля ребер.

Висновки. На міцнісні характеристики призматичних зразків і кубів значно впливають умови зберігання після виготовлення. Поміляються ті дослідники, які при дослідженнях залежностей R_{btb} і R_b , а також модуля пружності (E) від часу спостережень складають виготовлені зразки, з метою

економії площі в лабораторії, у вигляді великих кубів або призм одні на одних в трьох напрямках на підлозі. У цьому випадку зразки з поверхневого ряду будуть мати одну ослаблену поверхню, біля кутів – три, у верхньому шарі – дві, а в середині – повністю будуть ізольовані від випаровування. У результаті розкидання дослідних даних буде значно великим. Для отримання достовірних результатів необхідно зразки зберігати в однакових умовах. Це саме розповсюджується і на виготовлені конструкції. Ослаблені зони, з яких випаровується вода, мають меншу морозостійкість і довговічність.

Звичайно нормальними умовами є зберігання зразків і конструкцій у камері з водяним замком, а найкращими – після зберігання 1–2 доби в камері з водяним замком помістити зразки у воду на 14–28 діб. Характеристики міцності в таких зразках на 50–60 % більші, ніж у зразках, які зберігаються в нормальних умовах.

Для збільшення морозостійкості і довговічності бетонних виробів і конструкцій, що є сьогодні значною проблемою, необхідно будь-якими засобами не допустити випаровування з них води. Це можна зробити, наприклад, обклеюванням поліетиленовими плівками, покриттям емульсіями тощо.

УДК. 691.32.539.217.2:661.2

Й.Й. Лучко*, Б.З.Парнета

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельного виробництва

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОСОЧУВАННЯ БРУСА КРУГЛОГО ПЕРЕРІЗУ АНТИКОРОЗІЙНОЮ РІДИНОЮ

© Лучко Й.Й., Парнета Б.З., 2004

Досліджуємо загальний випадок двовимірної нестационарної задачі просочування залізобетонного суцільного циліндричного бруса антикорозійною рідиною з метою підвищення міцності та корозійної стійкості бетону. У результаті розв’язання задачі запропоновано режим просочування суцільного циліндричного бруса антикорозійною рідиною залежно від глибини просочення виробу в часі, а також визначено час закінчення просочування.

As a result of problem solution, the regime of saturation is proposed for even cylinder bar by anticorrosion liquid depending on saturation depth. Necessary time of saturation is determined. Application of the investigation results allows to increase duration, strength and corrosion duration of concrete and reinforced concrete cylinder bars. Dependence between time and saturation level is comfortable for practical use and discloses over consumption of saturation liquid.

Проблема та її актуальність. На більшості підприємств хімічної промисловості та індустрії, будівельні конструкції переважно працюють в умовах агресивного середовища і корозія відбувається досить інтенсивно. Для забезпечення надійної роботи залізобетонних конструкцій необхідно застосувати антикорозійний захист, використовуючи той спосіб, який є найефективнішим. Техніко-економічні розрахунки показують, що найбільшої ефективності можна досягти підвищенням власної корозійної стійкості матеріалів до агресивного середовища, тобто використовуючи первинний захист.

Режим просочування бетонних виробів, під яким прийнято розуміти графік зміни концентрації (насиченості) просочувальної рідини по товщині виробу, залежить від часу просочення, виду