

Д. Гладішев, Г. Гладішев*, І. Бутринський**
 Національний університет "Львівська політехніка",
 кафедра архітектурних конструкцій,
 *кафедра будівельних конструкцій та мостів,
 **кафедра опору матеріалів та будівельної механіки

ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БЕТОНУ З ОЦІНЮВАННЯМ ЙОГО ФАКТИЧНОГО СТАНУ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРА ЧАСУ

О Гладішев Д., Гладішев Г., Бутринський І., 2017

Розглядається проблема оцінки фактичного стану бетону конструкцій локалізуючої системи безпеки геометричного обгородження зовнішньої захисної оболонки реактору енергоблоку №3 Рівненської АЕС. Проведено аналіз даних інструментальних обстежень бетону 2007р. на основі положень діючих сьогодні нормативних документів. Подано методику обробки і аналізу даних із урахуванням впливу часового фактору на міцнісні характеристики бетону. Побудовано градувальні залежності „міцність – час проходження ультразвуку”, „міцність – діаметр відбитку”, встановлено фактичні клас та міцнісні характеристики бетону на час обстеження у 2007р. та на момент будівництва конструкцій у 1970-х. На основі аналізу отриманих результатів виконано оцінку глибини проникнення поверхневих мікротріщин у бетоні, за результатами досліджень сформульовано висновки.

Ключові слова: міцність бетону, аналіз даних обстеження, глибина мікротріщин, АЕС

D. Hladyshev, H. Hladyshev*, I. Butrynskyi **

Lviv Polytechnic National University,

Department of Architectural Constructions,

*Department of Building Construction and Bridges,

**Department of Strength of Materials and Structural Mechanics

INSTRUMENTAL SURVEY DATA PROCESSING AND ACTUAL STATE ESTIMATION OF CONCRETE TAKING INTO ACCOUNT THE TIME FACTOR

© Hladyshev D., Hladyshev H., Butrynskyi I., 2017

The problem of the concrete actual state estimation for geometric outer fence structures of localizing security system of reactor containment of Rivne NPP unit №3 is considered.

The analysis of instrumental data of 2007 year is executed taking into account the provisions of the existing current standards. The technique of data processing and analysis taking into account the time factor influence on the strength characteristics of concrete is given. The „strength – ultrasound passing time” and „strength – diameter of impression” graduated dependencies are constructed, the class and strength characteristics of concrete for the time of instrumental examination in 2007 and for the time of structure building in 1970s are determined. On the basis of the analysis of the results, the depths of surface microcracks penetration in concrete are estimated, conclusions of research are formulated.

Key words: concrete strength, survey data analysis, microcracks penetration, NPP.

Вступ. При проектуванні та будівництві атомних електростанцій (АЕС), для обмеження безпечних границь викидів в навколишнє середовище радіоактивних речовин та іонізуючих

випромінювань, згідно з [1, 2] повинні бути передбачені різні локалізуючі системи безпеки (ЛСБ) або їх комбінації. Однією з ЛСБ є система геометричного огороження (СГО), що утримує розплавлене паливо, запобігає вибуху водню, обмежує викиди радіоактивних продуктів у навколишнє середовище в разі аварії. Конструкції СГО можуть виконуватись у вигляді одинарних або подвійних захисних оболонок, які повинні бути доступними для контролю та технічного обслуговування. Зовнішні захисні оболонки виконані у вигляді попередньо напружених залізобетонних огорожувальних конструкцій (ЗОК). Згідно з [2] повинен проводитись моніторинг технічного стану конструкцій СГО на наявність пошкоджень.

Об'єктом цієї статті є ЗОК СГО ЛСБ енергоблоку № 3 на Рівненській АЕС (рис. 1), інструментальне обстеження бетону якої виконувало ЗАТ “Техенерго”. Об'єкт введений в експлуатацію у 1986 р. Інструментальні обстеження проводились у 2007 році.



Рис. 1. Загальний вигляд енергоблоку №3 на Рівненській АЕС

Мета досліджень – опрацювати одержані дані інструментального обстеження з оцінюванням міцнісних характеристик бетону з урахуванням фактора часу та фактичного його поверхневого стану.

Завданнями досліджень є:

- визначення фактичного класу та марки бетону на час інструментального обстеження;
- визначення класу та марки бетону в 28-добовому віці для порівняння з проектними даними;
- аналіз результатів ультразвукового контролю поверхневого стану бетону;
- висновки з оцінювання стану бетону ЗОК СГО ЛСБ енергоблоку № 3.

Методика досліджень. Після проведення ЗАТ “Техенерго” інструментальних досліджень бетону (поверхневим ультразвуковим зондуванням та неруйнівним методом пластичних деформацій), авторам статті були передані ці дані для опрацювання. Для виконання поставлених задач були використані взірці-куби (21 шт.) розміром 150×150×150 мм, які вісім років зберігались в умовах лабораторії кафедри будівельних конструкцій та мостів інституту ІБД Національного університету “Львівська політехніка”. Всі взірці-куби спочатку були досліджені приладами, які використовувались при дослідженні бетону ЗОК СГО ЛСБ енергоблоку № 3 співробітниками ЗАТ “Техенерго”, а саме:

А). Випробування взірців-кубів методом поверхневого ультразвукового прозвучування приладом УК-14ПМ (власність ЗАТ “Техенерго”, завод. № 443) за [3].

Непрямі характеристики бетону (час проходження ультразвуку) визначали ультразвуковим приладом УК-14ПМ з пристроєм для поверхневого прозвучування УППР-2М (база прозвучування 120 мм). Зовнішню поверхню взірців-кубів очищали шпателем та наждачним бруском від наростів цементного пилу, як це було виконано в натурних умовах. На підготовлену поверхню прикладали пристрій для поверхневого прозвучування УППР-2М, перпендикулярно до поверхні взірця, та виконували 4–5 замірювань часу проходження ультразвуку через бетон взірця-кубика (рис. 2).

Згідно з “Паспортом на ультразвуковий прилад УК-14ПМ” від значень часу проходження ультразвуку віднімали значення затримки у перетворювачі – 28 мкс. Для кожного взірця-кубика знаходили середнє значення часу проходження ультразвуку.

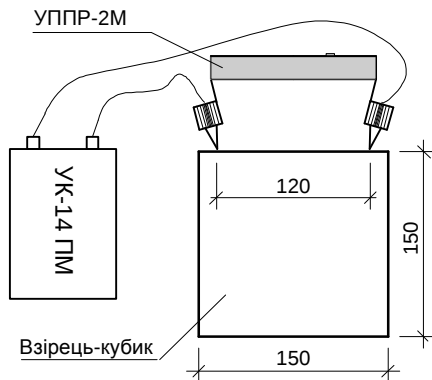


Рис. 2. Схема та загальний вигляд поверхневого прозвучування взірця-куба

Б) Випробування взірців-кубів неруйнівним методом пластичних деформацій за допомогою склерометра Ц-22 (власність ЗАТ “Техенерго”, завод. № 56) за [4].

На підготовані ділянки поверхні взірців-кубів, які були затиснуті між плитами пресу, за допомогою приладу наносили 8–13 відбитків на відстані 2–3 см один від одного (рис. 3), діаметри яких вимірювали за допомогою мікроскопа МПБ-2. Відбитки, діаметри яких відрізнялися від середнього на конкретній ділянці більше ніж на 10 %, не враховували.



Рис. 3. Процес випробування взірця-куба методом пластичних деформацій

Після виконання усіх необхідних замірів, взірці-куби випробовували на стиск (на пресі П-125) згідно з [5].

Під час випробування взірці-куби ставили на нижню опорну плиту преса, центруючи їх щодо осей, використовуючи риски, що нанесені на плиту преса. Між взірцем-кубом та верхньою і нижньою плитами преса встановлювали пружні прокладки, завтовшки до 3 мм. Навантажували взірці за методикою [5] до повного руйнування (рис. 4). Всі дослідження виконувались за температури повітря $t=21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносної вологості повітря $W=54,5\%$, які визначали термогігрометром ТГЦ-МГ4.01.

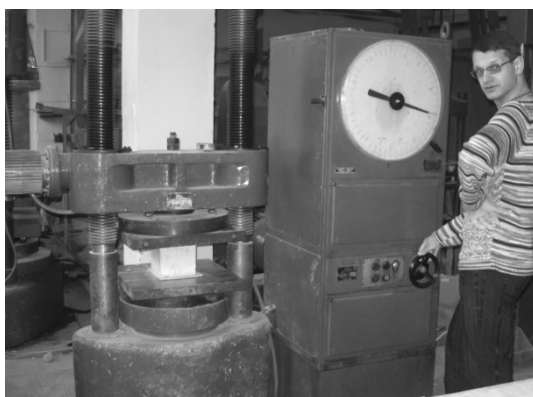


Рис. 4. Процес випробування еталонних взірців-кубів на стиск та загальний вигляд випробуваного взірця

Актуалізація. Для актуалізації цікавих дослідних даних, отриманих у 2007 році, автори вирішили їх обробити за чинними на час написання цієї статті нормативними документами (ДСТУ, ДБН тощо).

Результати досліджень. Після проведення досліджень вірців-кубів для досягнення поставленої мети була виконана побудова градувальної залежності “міцність бетону – час проходження ультразвуку” за методикою [3].

За одиничне значення міцності бетону прийняли значення міцності бетону вірця-куба f_j , визначеного за [5].

За одиничне значення непрямого показника міцності прийняли середнє арифметичне значення часу проходження ультразвуку t_i .

Градувальну залежність згідно з [3] прийняли експоненціальною (рис. 5) при:

$$f_{\max} - f_{\min} > 2 \bar{f}_m (60 - \bar{f}_m) / 100 = 51,6 - 21,4 > 2 \times 38,09 (60 - 38,09) / 100 = 30,2 > 16,7;$$

$$f_x = 116,07 \times e^{-0,0371 \times x}; \quad (1)$$

де f_x – міцність бетону за градувальною залежністю, МПа; x – час проходження ультразвуку, мкс; $e=2,718282$ – експонента.

Після побудови градувальної залежності виконали її корегування, відбраковуючи одиничні результати випробування, що не задовольняють умову:

$$\frac{|f_{j,x} - f_j|}{S} \leq 2, \quad (2)$$

де $f_{j,x}$ – міцність бетону j -го вірця за градувальною залежністю, МПа; f_j – одиничне значення міцності бетону j -го вірця, визначена за [5], МПа; S – залишкове середньоквадратичне відхилення, що визначається за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (f_{j,x} - f_j)^2}{n - 2}} \quad (3)$$

де n – кількість вірців, що випробувані для перевірки градувальної залежності.

Після перевірки умови $\frac{|f_{j,x} - f_j|}{S} \leq 2$ бачимо, що відбракування одиничних результатів не потрібно.

Градувальна залежність допускається до подальшого використання за одночасного виконання таких вимог:

а) градувальна залежність повинна мати похибку, що не перевищує 12 %:

$$\frac{S}{f_m} \times 100\% \geq 12\%. \quad (4)$$

б) середньоквадратичне відхилення S_n міцності бетону у випробуваних вірцях не повинно перевищувати більше, ніж у півтора разу залишкове середньоквадратичне відхилення:

$$S_n < 1,5S, \quad (5)$$

$$\text{де } S_n = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (f_j - f_{j,v})^2}{n - 1}} - \text{середньоквадратичне відхилення.}$$

Градувальну залежність міцності бетону від часу проходження ультразвуку подано на графіку (рис. 5).

Одержана градувальна залежність “міцність бетону – час проходження ультразвуку” (рис. 5) допускається до подальшого використання згідно з [3].

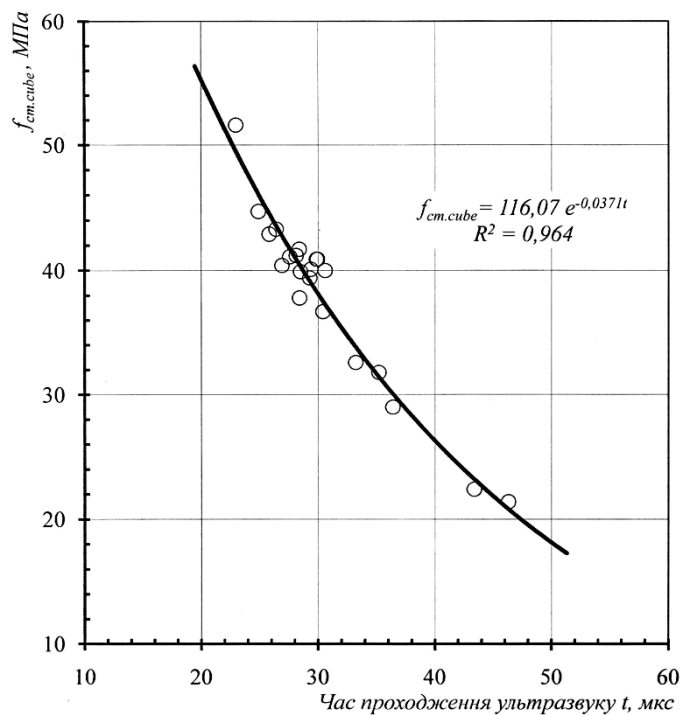


Рис. 5. Градувальна залежність для визначення міцності бетону за часом проходження ультразвуку

Наступним кроком досліджень була побудова градувальної залежності „міцність бетону – діаметр відбитку”. Принцип її побудови подібний до наведеного вище. Для побудови цієї градувальної залежності, окрім (21 шт) взірців-кубів розміром 150×150×150 мм, були використані взірці-куби розміром 100×100×100 мм (32 шт), які так само вісім років зберігались в умовах лабораторії кафедри будівельних конструкцій та мостів, як залишковий матеріал після проведення значної кількості експериментальних робіт авторами статті (рис. 6).



Рис. 6. Взірці-куби: розміром 150×150×150 мм (21шт.) та розміром 100×100×100 мм (32 шт.), які були використані для побудови градувальних залежностей

Градувальна залежність міцності бетону від діаметру відбитка подано на графіку (рис. 7) і допускається до подальшого використання згідно з [4]. Градувальна залежність приведена до міцності бетону еталонних кубів 150×150×150 мм.

Після отримання градувальних залежностей було виконане опрацювання інструментальних даних (по 36-ти контрольованих ділянках), наданих ТзОВ „Техенерго”, а саме: визначення фактичного класу бетону ЗОК СГО ЛСБ енергоблоку № 3.

Робочий проект розроблений у 70-х роках ХХ століття, коли діяв СНиП II-21-75 [7], за яким у проектній документації (СГО) прийнята “проектна марка” бетону *M400*. За проектну марку бетону у [7] прийняте середнє значення міцності кубів R_m (кг/см²) з розмірами 15×15×15 см, яке наближене до параметричного ряду “проектна марка” у табл. 11, чинного на той час СНиП [7].

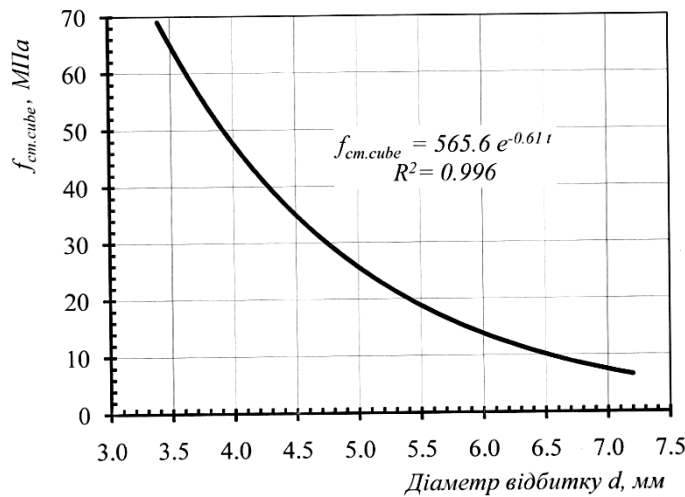


Рис. 7. Градувальна залежність для визначення міцності бетону за часом проходження ультразвуку

Інструментальні обстеження були проведені у період з 3 по 7 листопада 2007 році, під час дії СНиП [8]. Відповідно до [8], визначили умовний клас бетону B_{y30} при стандартному коефіцієнті варіації $V_c=0,135$, який відповідає $R_m \approx M400$, за формулою:

$$B_y \leq R_{b.ser} = R_m(1 - 1,64 \times V) \quad (6)$$

Згідно з поставленою задачею досліджень необхідно: визначити фактичний клас B_t та марку бетону M_t на час інструментального обстеження, та за цими показниками визначити клас B_o [8] і “проектну марку” бетону M_o у 28-добовому віці для порівняння з проектними даними $M400$ та B_{y30} .

Далі, для визначення характеристик міцності бетону, за чинними ДБН [6], переходили на умовні позначення, використані в цих нормах.

Тоді, відповідно з табл. 3.1 [6], умовний клас бетону $C_{y25/30}$ при стандартному коефіцієнті варіації $V_c=0,135$, відповідатиме $f_{cm.cube} \approx 400/9,8 \text{ МПа}$ для $M400$, за формулою:

$$C_y \leq f_{ck.cube} = f_{cm.cube}(1 - 1,64 \times V_r) \quad (7)$$

У межах кожної з $r=36$ ділянок контролю, на які при обстеженні була поділена оболонка (СГО), визначали $f_{c,i}$ міцність бетону у $s=9 \div 11$ точках зондування. Середню міцність бетону $f_{cm,r}$ в кожній ділянці обчислювали як середнє арифметичне значення міцності бетону за сукупністю значень $f_{c,i}$ на кожній ділянці:

$$f_{cm,r} = \frac{\sum_{i=1}^s f_{c,i}}{s} \quad (8)$$

Статистичний контроль мінливості фактичної міцності бетону на кожній ділянці контролю оцінювали коефіцієнтом варіації V_r :

$$V_r = \frac{s_r}{f_{cm,r}}; \quad (9)$$

де s_r – середньоквадратичне відхилення:

$$s_r = \sqrt{\frac{(f_{c,i} - f_{cm,r})^2}{r - 1}}; \quad (10)$$

де r – кількість відбитків на ділянці.

Характеристичне значення міцності бетону на стиск $f_{ck,r}$ на кожній ділянці контролю визначали за формулою, наведеною в табл. 3.1 [6]:

$$f_{ck,r} = f_{cm,r}(1 - 1,64 \times V_r). \quad (11)$$

Фактичний клас бетону C_r , по кожній з 36-ти ділянок контролю, приймаємо за параметричним рядом класів у табл. 3.1 [6], але не вище ніж $f_{ck,r}$:

$$C_r \leq f_{ck,r}. \quad (12)$$

У межах всіх $r=36$ ділянок контролю середню міцність бетону $f_{cm,n}$ обчислювали, як середнє арифметичне суми міцностей бетону по всіх прозондованих точках $n=i \times r$ на r контрольних ділянках. Отримані дані $f_{cm,n}$, з врахуванням загального коефіцієнта варіації V_n , використали для визначення $f_{ck,n}$ за формулою, наведеною в [6].

Фактичний клас бетону C_n по всіх $r=36$ ділянках контролю приймаємо за параметричним рядом класів, наведених у [6], але не вище ніж $f_{ck,n}$:

$$C_n \leq f_{ck,n}. \quad (13)$$

Фактичну умовну марку бетону M_e , на час обстеження, прийняли рівною:

$$M_e = f_{cm,cube} \times 9,8 (\text{кг} / \text{см}^2); \quad (14)$$

де $f_{cm,cube}$ приймали за фактичним класом бетону C_n за табл. 3.1 [6].

Усі отримані характеристики міцності бетону по 36-ти ділянках контролю нанесені на графік (рис. 8). Аналіз графіка показує, що клас (марка) бетону по всіх ділянках контролю коливається від C_{45} (M_{475}) до C_{50} (M_{525}). Коефіцієнти варіації по всіх ділянках контролю коливаються від 3,204 % до 5,807 %, що значно нижче за коефіцієнт варіації $V_c=0,135$ за [6].

Виконана загальна статистична обробка міцності бетону по всіх 36-ти ділянках контролю ЗОК СГО ЛСБ енергоблоку № 3 показала, що на час обстеження об'єкта фактичний клас (марка) бетону C_{45} (M_{500}). За статистичним опрацюванням усієї сукупності $n=354$ показників міцності бетону отримали коефіцієнт варіації $V_n=0,0679$.

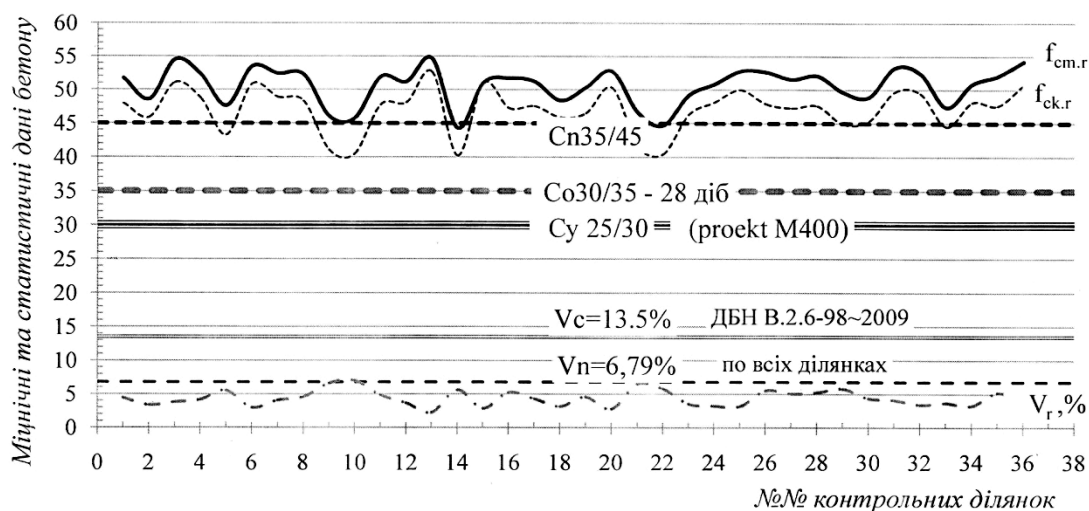


Рис. 8. Міцнісні та статистичні характеристики бетону по 36-ти ділянках

Визначення фактичного класу та марки бетону ЗОК СГО ЛСБ енергоблоку № 3 у 28-добовому віці.

За одержаними на час обстеження значеннями $C_{n35/45}$ (M_{500}) визначимо клас C_o та марку M_o бетону у 28-добовому віці за методикою [9]. Від часу прийняття об'єкта в експлуатацію до часу обстеження минуло $t \approx 22$ роки.

Для визначення класу та марки бетону у 28-добовому віці за одержаними даними обстеження згідно з методикою [9] будували графік зростання міцності і класу бетону з часом (рис. 9).

У робочому проекті за проектну марку бетону приймали середнє значення міцності кубів з розмірами $15 \times 15 \times 15$ см, наближене до параметричного ряду за міцністю згідно з табл. 11 чинного на той час СНиП [8]. Проектна марка бетону $M400$ при стандартному коефіцієнті варіації $V_c=0,135$ відповідає умовному класу бетону $C_{25/30}$ за [6].

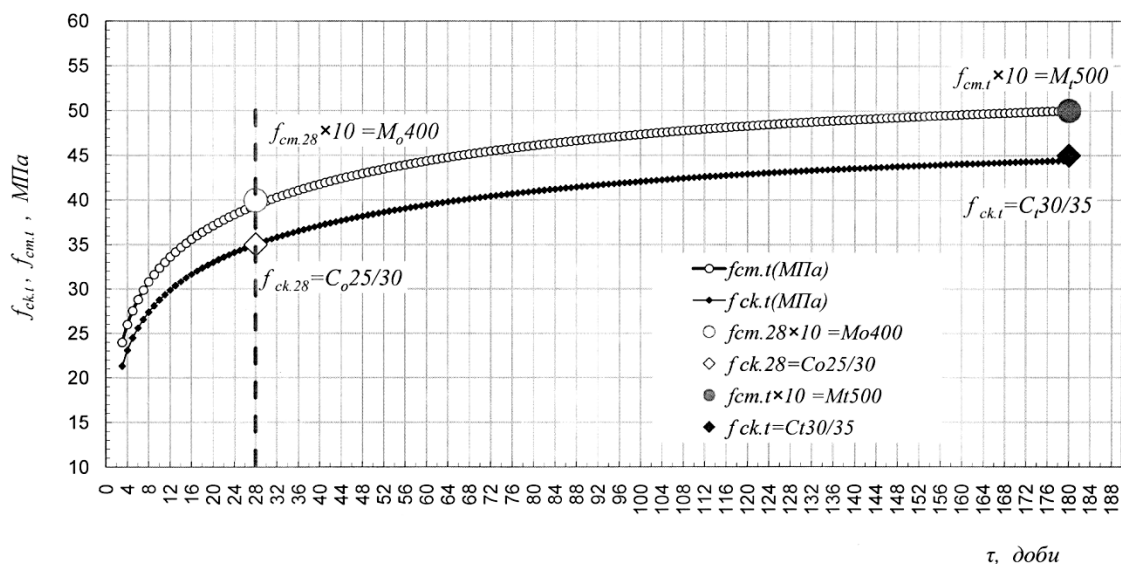


Рис. 9. Залежності зростання в часі (t) середньої міцності бетону $f_{cm,t}$ та характеристичної міцності бетону на стиск $f_{ck,t}$. Залежності відповідають класу $C_{o30/35}$ та марці $f_{cm,28}=39,7$ МПа (M_o400) бетону у 28-добовому віці при коефіцієнті варіації $V_n=0,0679$

За аналізом залежності зростання в часі міцності бетону (рис. 9) отримали значення класу та марки бетону у 28-добовому віці: M_o400 та $C_o30/35$. Розрахована за методикою [9] марка бетону у 28-добовому віці M_o400 відповідає проектній марці бетону $M400$.

Розрахований за методикою [9] клас бетону у 28-добовому віці $C_o30/35$ перевищує умовний клас бетону $C_o25/30$. Різниця у класах бетону пов'язана з тим, що клас бетону $C_o30/35$ визначений за фактичним коефіцієнтом варіацій $V_n=0,0679$, який одержаний з опрацювання усієї сукупності показників міцності бетону по 36-ти контрольних ділянках, а клас бетону $C_o25/30$ одержаний за значення стандартного коефіцієнта варіації $V_c=0,135$ [6].

Виконана загальна статистична обробка міцності бетону об'єкта показала, що коефіцієнт варіації $V_n=6,79\%$ вказує на незначне коливання в ньому міцності бетону і не перевищує нормативне значення $V_c=13,5\%$ за [6], це вказує на достатній контроль якості бетону під час улаштування ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3.

Аналіз результатів ультразвукового контролю поверхневого стану бетону ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3.

Було зауважено, що для практично однакових міцностей бетону час проходження ультразвуку різний. Це вказує на наявність у бетоні ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3 поверхневих мікротріщин.

Глибину проникнення поверхневих мікротріщин у бетоні можна контролювати ультразвуковим приладом УК-14ПМ.

Під час розташування генератора ультразвукових коливань та їх приймача на поверхні конструкції можна розв'язати задачу і про глибину проникнення мікротріщин h_{crs} (рис. 10).

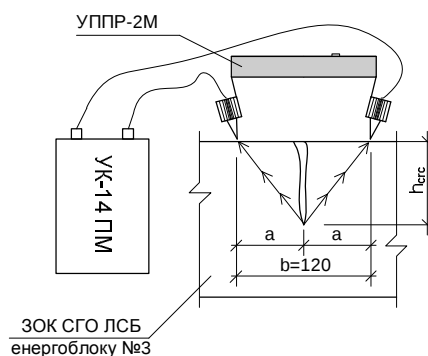


Рис. 10. Схема поверхневого прозвучування ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3 для визначення глибини проникнення поверхневих мікротріщин

Для розрахунку h_{crc} використали формулу для фіксованої бази 120 мм пристрою УППР-2М:

$$h_{crc} = \sqrt{\frac{0,25 \times b^2 \times t_1^2}{t_2^2} - a^2} = \sqrt{\frac{0,25 \times 120^2 \times t_1^2}{t_2^2} - 60^2} = 60 \times \sqrt{\frac{t_1^2}{t_2^2} - 1}, \quad (15)$$

де $t_1 = t_i$ – час проходження ультразвуку, якщо в бетоні є перешкода у вигляді тріщини; $t_2 = t_{i \min}$ – час, за який ультразвук проходить у бетоні без перешкоди в межах бази $b=120$ мм; $b=2 \times a=120$ мм – фіксована база вимірювання.

За мінімальний час $t_{i \min}$ проходження ультразвуку прийняли середнє мінімальне його значення із всіх заміряних (36 шт.) по всіх зонах контролю.

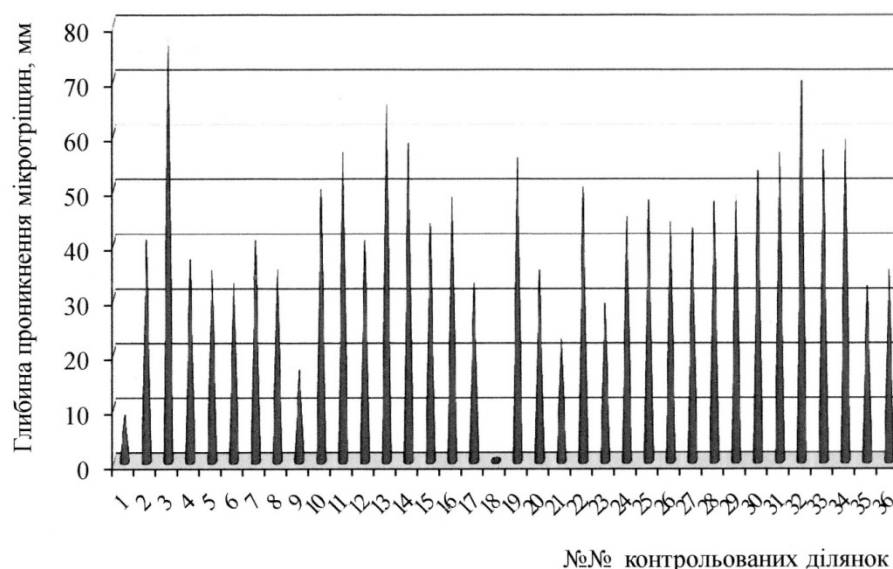


Рис. 11. Глибини проникнення тріщин в тіло бетону по 36-ти контрольованих ділянках

Значення глибин проникнення мікротріщин h_{crc} у тіло бетону ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3 по всіх зонах контролю подано на рис. 11.

Висновки. Одержані градувальні залежності “міцність бетону – діаметр відбитку” та “міцність бетону – час проходження ультразвуку” допускаються до подальшого використання згідно з вимогами [3, 4].

Від часу прийняття об’єкта в експлуатацію до часу обстеження минуло $t \approx 22$ роки.

Фактичний клас (марка) бетону, на час обстеження об’єкта $C_n 35/45$ ($M_n 500$).

Виконана загальна статистична обробка міцності бетону по 36-ти контрольованих ділянках об’єкта показала, що отриманий коефіцієнт варіації $V_n = 6,79$ % не перевищує значення $V_c = 13,5$ % за [6]. Отримане значення коефіцієнта варіації вказує на достатній контроль якості бетону під час улаштування ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3.

Розрахункові значення класу (марки) бетону у 28-добовому віці $C_o 30/35$ ($M_o 400$).

Розрахункове значення марки бетону у 28-добовому віці $M_o 400$ відповідає проектній марці бетону $M 400$.

Різниця у класах бетону пов’язана з тим, що клас бетону $C_o 30/35$ визначений за фактичним коефіцієнтом варіації $V_n = 0,0679$, який одержаний з опрацювання усієї сукупності показників міцності бетону по 36-ти контрольних ділянках, а клас бетону $C_o 25/30$ одержаний за значення стандартного коефіцієнту варіації $V_c = 0,135$ [6].

Виконана загальна статистична обробка міцності бетону об’єкта показала, що коефіцієнт варіації $V_n = 6,79$ % вказує на незначне коливання в ньому міцності бетону і не перевищує нормативного значення $V_c = 13,5$ % за [6], це вказує на достатньо високий контроль якості бетону під час улаштування ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3.

Аналіз значень глибини проникнення мікротріщин $h_{\text{срс}}$ у тіло бетону ЗОК СГО ЛСБ енергоблока № 3 показав, що максимальна глибина проникнення мікротріщин дорівнює 77,5 мм, що практично не перевищує відстані від центру ваги перерізу робочої арматури. Середнє значення глибин проникнення мікротріщин у тіло бетону – 42,87 мм.

1. Загальні положення безпеки атомних станцій: НП 306.2.141-2008. – [Чинний від 2008-04-01]. – К.: Державний комітет ядерного регулювання України, 2008. – 58 с. – (Норми та правила по ядерній та радіаційній безпеці). 2. Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций: НП-010-98. – [Действующий от 1999-07-01]. – М.: Госатомнадзор России, 1998. – 40 с. (Нормы и правила в области использования атомной энергии). 3. Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності: ДСТУ Б В.2.7-226:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 27 с. – (Національний стандарт України). 4. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю: ДСТУ Б В.2.7-220:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 20 с. – (Національний стандарт України). 5. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с. – (Національний стандарт України). 6. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 84 с. – (Національний стандарт України). 7. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП II-21-75. – [Втратив чинність від 1986-01-01] – М.: Стройиздат, 1976. – 15 с. 8. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01-84*. – [Втратив чинність від 2011-06-01]. – М.: Стройиздат, 1986. – 94 с. 9. Берг О. Я. Высокопрочный бетон / О. Я. Берг, Е. Н. Щербаков, Г. Н. Писанко. – М.: Стройиздат, 1971. – 207 с.

References

1. Zahalni polozhennia bezpeky atomnykh stantsii [General provisions of safety of nuclear stations]. (2008). NP 306.2.141-2008 from 1st April 2008. Kiev: The state nuclear regulatory Committee of Ukraine [in Ukraine]. 2. Pravila ustroystva i ekspluatatsii lokalizuyushchikh sistem bezopasnosti atomnykh stantsiy [Rules for design and operation of localizing safety systems of nuclear power plants]. (1998). NP-010-98 from 1st July 1999. Moscow: Standards and rules in the field of ispolzovaniya atomnoy energy [in Russian]. 3. Budivelni materialy. Betony. Ultrazvukovyi metod vyznachennia mitsnosti [Building materials. The concretes. Ultrasonic method of strength determination]. (2009). DSTU B V.2.7-226:2009 from 1st October 2010. Kiev: National standard of Ukraine [in Ukraine]. 4. Budivelni materialy. Betony. Vyznachennia mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruinivnoho kontroliu [Building materials. The concretes. Determination of strength by mechanical methods of nondestructive testing]. (2009). DSTU B V.2.7-220:2009 from 1st October 2010. Kiev: National standard of Ukraine [in Ukraine]. 5. Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia mitsnosti za kontrolnymi zrazkami [Building materials. The concretes. Methods for determining the strength of control samples]. (2009). DSTU B V.2.7-214:2009 from 1st October 2010. Kiev: National standard of Ukraine [in Ukraine]. 6. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia [Construction of houses and buildings. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions of the]. (2011). DBN V.2.6-98:2009 from 1st July 2011. Kiev: Building norms of Ukraine [in Ukraine]. 7. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruktsii [Concrete and reinforced concrete structures]. (1975). SNiP II-21-75 Repealed from 1st January 1986. Moscow: state standard [in Russian]. 8. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruktsii [Concrete and reinforced concrete structures]. (1986). SNiP 2.03.01-84* Repealed from 1st June 2011. Moscow: state standard [in Russian]. 9. Berh, O. Ya., Shcherbakov, E. N., Pysanko, H. N. (1971). Vyisokoprochnyy beton [High-strength concrete]. Moscow: Stroyizdat [in Russian].