

ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ, БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 624:01

ОБСТЕЖЕННЯ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ З ТРІЩИНАМИ

INSPECTION OF A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLAB WITH CRACKS

Дробишинець С.Я., к.т.н, доцент, Кислюк Д.Я., к.т.н, доцент, Талах Л.О. , к.т.н, доцент, Ужегов С.О., к.т.н, Ужегова О.А., к.т.н, доцент. (Луцький національний технічний університет)

Drobyshynets S.Y., candidate of technical sciences, associate professor, Kysliuk D.Y., candidate of technical sciences, associate professor, Talakh L.O., candidate of technical sciences, associate professor, Uzhehov S.O., candidate of technical sciences, Uzhehova O.A., candidate of technical sciences, associate professor. (Lutsk National Technical University)

Проаналізовано причини виникнення тріщин у залізобетонних монолітних конструкціях. Наведені результати натурного обстеження монолітної плити перекриття з тріщинами, результати лабораторного дослідження бетону плити, надані рекомендації щодо подальших дій.

Regulatory documents state that the formation of cracks is normal for reinforced concrete structures and should be limited to the level at which the cracks do not affect the proper functioning of the structure or they are acceptable. Cracks is reduced the quality of concrete, its strength and durability, so it is needed to minimize their formation and opening. The occurrence of cracks in reinforced concrete monolithic structures is analyzed in the work. Field inspections of the monolithic slab of the new construction's third floor of a multi-storey residential building were performed. Visual inspection revealed a number of through cracks in the monolithic floor, which appeared after the rainstorm. During the inspection, a characteristic cracks propagation of force origin on the lower surface of the slabs was noticed, while the crushing of the concrete of the compressed zone was not recorded. The reasons for the occurrence of through cracks could be: a violation of the technology of monolithic reinforced concrete structures; too early loading of a slab by concreting of the next floor is possible; the external temperature is not taken into account when hardening the concrete of the floor slab. In addition

to the visual inspection of the structure, the compressive strength of the slab was determined by the non-destructive method with a Schmidt sclerometer (hammer). In the laboratory, concrete samples were tested according to standard methods, the compressive strength of concrete for 6 days was set, which corresponds to class C20/25. It was recommended: 1) to perform point loading with a payload at the characteristic points of the specified floor slab of the 3rd floor with the installation of crack meters and check the deflections of the floor slab in accordance with the requirements of DBN V.2.6.-98:2009 (2.2.2.3) to identify the possibility of its further operation; 2) perform reinforcement of the floor slab of the 3rd floor, the proposed options should be agreed with the design organization.

Ключові слова: залізобетон, конструкції, моноліт, плита, перекриття, міцність, руйнування, тріщини, обстеження
reinforced concrete, construction, monolithic construction, slab, floor structure, strength, breaking, crack, inspection.

Згідно ДСТУ Б В.2.6.-156: 2010. «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування» «Утворення тріщин є нормальним для залізобетонних конструкцій, на які діє згин, зріз, кручення або розтяг, викликані безпосереднім навантаженням або обмеженням прикладених деформацій. Утворення тріщин повинно обмежуватись до рівня, при якому вони не впливають на належне функціонування конструкції або вони є прийнятними» [1, п. 5.3.1.1], але тріщини знижують якість бетону, його міцність і довговічність. Тріщини можуть бути природними і силовими. Силкові тріщини виникають, коли напруження від дії зовнішніх впливів перевищують міцність бетону при розтягу. Природні тріщини найчастіше можуть виникати внаслідок усадки бетону через недостатність вологи на його поверхні на ранніх етапах твердіння (так звані, усадкові тріщини) і залежать від догляду за раннім бетоном. Якщо недостатньо провібрувати бетонну суміш при укладанні, може спостерігатися пластичне просідання верхніх шарів з утворенням тріщин над арматурними стержнями. Щоб цьому запобігти, слід якісно ущільнювати суміш, при цьому максимально витіснити повітря, залучене при замішуванні. Водночас потрібно захистити поверхню свіжоукладеного бетону від активного випаровування вологи, зберегти стабільне водоцементне співвідношення в процесі тужавлення, твердіння і набору міцності бетону по всій товщі монолітної конструкції. Поверхня свіжоукладеного бетону постійно повинна бути вологою. Дотримання температурного режиму суттєво впливає на недопущення термічних тріщин: щоб стабілізувати зміну температури тверднучого бетону (виділення теплоти внаслідок гідратації цементу) в межах до 5 градусів за добу, застосовують

теплоізоляційні матеріали. Використання теплоізоляції також дозволить зменшити вплив різниці денних та нічних температур.

В таблиці 5.1 ДСТУ Б В.2.6.-156: 2010. «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування» [1] наведено рекомендовані значення ширини розкриття тріщин, w_{max} , для певних класів впливу. Рекомендована ширина розкриття тріщин для основних сполучень навантажень і впливах класів ХО, ХС1 [2, табл. 4.1], для конструкцій всередині приміщень із нормальним режимом становить 0,4 мм (це обмеження може послаблюватися за умови відсутності зовнішнього впливу [1, табл. 5.1, прим.1]); для впливів класів ХС2, ХС3, ХС4, ХД1, ХД2, ХС1, ХС2, ХС3 w_{max} становить 0,3 мм, а при повторюваних сполученнях навантажень $w_{max} = 0,2$ мм. Такі ж вимоги встановлені і європейськими нормами [3, Table 7.1N, p. 119].

Разом з тим, в ДБН В.2.6-98:2009. «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» вказано, що залізобетонні елементи можуть працювати з тріщинами, якщо ширина їх не перевищує гранично допустиму: 0,5 мм – для конструкцій, що експлуатуються в умовах, захищених від кліматичних впливів; 0,4 мм – для конструкцій, які зазнають кліматичних впливів; 0,3 мм – для конструкцій, які експлуатуються в агресивних середовищах; 0,2 мм – для конструкцій з арматурою з підвищеною чутливістю до корозії [2, п. 2.2.2.3].

В нормативному документі ДСТУ Б В.2.6.-2: 2009. «Вироби бетонні та залізобетонні. Загальні технічні умови» вказано, що допускаються поперечні тріщини від обтиснення бетону в попередньо напружених виробах, а також усадкові та інші поверхневі технологічні тріщини завширшки не більше, ніж 0,1 мм – у попередньо напружених виробах, в елементах колон і стояків, а також у виробах із важкого бетону, до якого встановлено вимоги морозостійкості; 0,2 мм – в інших випадках [4, п. 4.3.3.4].

Якщо в конструкціях виявлено тріщини, які перевищують гранично допустимі значення, проводять повторні розрахунки згідно ДБН В.2.6-98:2009. «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» [2, п. 7.3], за отриманими результатами вживають конструктивних заходів.

Розрахунок залізобетонних елементів за розкриттям тріщин від певного сполучення навантажень виконують за [2, п. 7.3.4.3] або [5, (18)]:

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{ctm}),$$

де $s_{r,max}$ – максимальний крок між тріщинами; ε_{sm} – середні деформації в арматурі при відповідному сполученні навантажень. Враховують тільки додаткові деформації розтягу, що мають місце при деформації бетону на тому ж рівні вище нуля; ε_{ctm} – середні деформації розтягу бетону між тріщинами. Величину $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{ctm})$ визначають за [1, п. 5.3.4.2].

Догляд за раннім бетоном полягає в дотриманні цілого комплексу заходів, необхідних для забезпечення оптимальних умов для фізико-хімічних

перетворень під час твердіння бетону і набирання проектної міцності. Дотримання технології догляду дозволить звести до мінімуму усадку бетону, забезпечити тимчасову міцність, уникнути температурних перепадів, попередити нерівномірне твердіння укладеної бетонної суміші, унеможливити споруду від небажаних впливів механічної або хімічної природи.

Твердіння бетону до моменту набрання проектної міцності триває близько 28 діб (табл. 1), проте точно визначити, скільки часу твердне матеріал і за яких умов, можна тільки на будівельному майданчику.

Таблиця 1

Орієнтовні значення відносної міцності бетону на стиск залежно від терміну твердіння (з відкритих джерел)

Час твердіння, діб	Середньодобова температура бетону, °C				
	0	+5	+10	+20	+30
	міцність бетону на стиск, % від проектного значення на 28 добу				
1	5	9	12	23	35
2	12	19	25	40	55
3	18	27	37	50	65
5	28	28	50	65	80
7	35	48	58	75	90
14	50	62	72	90	100
28	65	77	85	100	-

	- нормативно-безпечний термін для початку робіт;
	- безпечний термін початку робіт.

Коли влаштовують монолітне перекриття багатоповерхової будівлі, встановлення опалубки для наступного перекриття можливе тільки після досягнення бетоном міцності не менше 2,5 МПа без демонтажу опалубки забетонованих конструкцій. Знімати опалубку з забетонованих конструкцій дозволяється при досягненні міцності бетону 70% від проектної міцності.

Опорні стійки, які підтримують опалубку міжповерхових перекриттів, що знаходяться безпосередньо під тими, які бетонуються, видалити не можна. Стояки опалубки нижче розташованого перекриття дозволяється видалити лише частково. Під опалубкою перекриття прольотом 4 м і більше рекомендується залишати так звані стояки безпеки на відстані один від одного не більше 3м. Опорні стояки інших, нижче розташованих перекриттів, дозволяється видалити повністю лише тоді, коли міцність бетону в них досягла проектної. Несучу опалубку видаляють у два, три прийоми і більше, залежно від прольоту і маси конструкції. При цьому візуально та за допомогою геодезичних приладів спостерігають за станом конструкції, яку розпалублюють.

Всі дані про бетонування монолітної конструкції заносять в «Журнал виконання бетонних робіт». Міцність укладеного бетону оцінюють за

результатами випробувань контрольних зразків на стиск. Контрольні зразки у вигляді кубів розміром 20×20×20 см виготовляють у місці бетонування конструкцій і зберігають в умовах, аналогічних до умов витримування конструкцій.

Для оцінки міцності бетону застосовують два способи: руйнівний (дослідження бетонних зразків у лабораторному пресі), неруйнівний (за допомогою спеціальних приладів неруйнівного контролю).

Відсутність належного догляду за раннім бетоном може стати причиною його низької якості, появи дефектів, непридатності до подальшої нормальної експлуатації, а часом і до руйнування конструкцій.

У серпні – вересні 2021 року працівники науково-дослідної лабораторії і викладачі кафедри будівництва та цивільної інженерії Луцького національного технічного університету виконували натурні обстеження монолітної плити перекриття третього поверху нового будівництва багатоповерхового житлового будинку з вбудовано-прибудованими торгово-офісними приміщеннями по вул. Рівненській, 4 в м. Луцьку (підрядник ТзОВ «БУДТЕХ-ПРОМ»). Візуальним обстеження було виявлено цілий ряд наскрізних тріщин у монолітному перекритті (рис. 1), які проявились після зливи. При обстеженні було помічено характерний розвиток тріщин силового походження на нижній поверхні плит, при цьому зминання бетону стиснутої зони не зафіксовано.

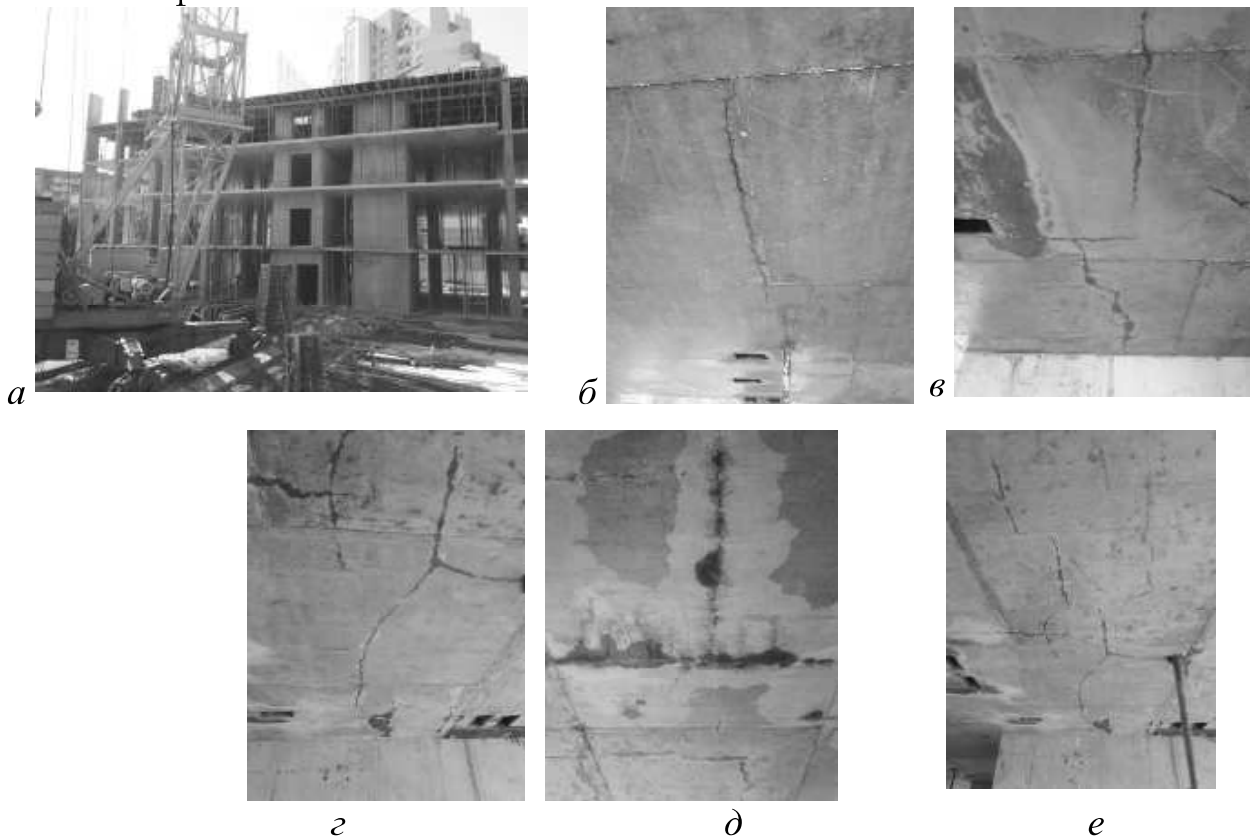


Рис. 1. Результати візуального обстеження об'єкту нового будівництва: *а* – загальний вигляд нового будівництва; *б, в, з, д, е* – наскрізні тріщини на нижній поверхні плити

Крім візуального обстеження конструкції працівниками кафедри виконано визначення міцності бетону на стиск плити перекриття ПМ-4 на 17 добу неруйнівним методом склерометром (молотком) Шмідта АТ241/Е клас N (виробництва «Tecnatest» S.a.s, Італія). Склерометр повірений 16.02.21р. Точки визначення міцності бетону позначені на рис. 2.

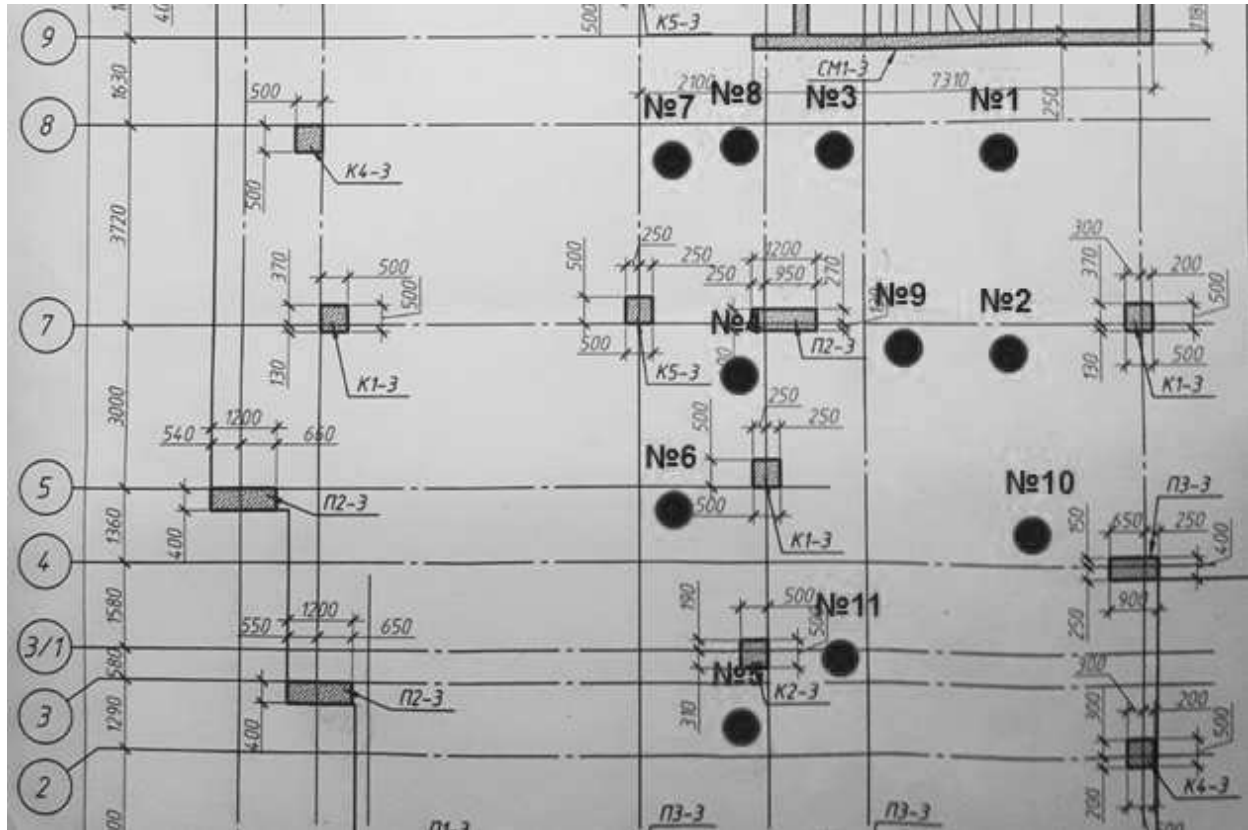


Рис. 2. Точки визначення міцності бетону

Результати інструментального визначення міцності бетону плити неруйнівним методом за допомогою склерометра Шмідта зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати інструментального визначення міцності бетону плити

№ з/п	Марка, номер по специфікації на об'єкті	Склерометр Шмідта			
		Покази по шкалі приладу од.	Середні показники по конструкції, од.	Показники міцності по номограмі, МПа (кгс/см ²)	Клас бетону, (марка)
1	2	3	4	5	6
1	№1	30			
	↓	31			
		30	30,4	31	B22,5
		31		(310)	(M300)
		30			

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6
2	№2	29			
	↓	31			
		29	29,4	29	B22,5
		29		(290)	(M300)
		29			
3	№3	30			
	↓	28			
		30	29,0	28,5	B22,5
		29		(285)	(M300)
		28			
4	№4	30			
	↓	28			
		27	28,8	28	B22,5
		29		(280)	(M300)
		30			
5	№5	33			
	↓	30			
		25	27,8	27	B20
		24		(270)	(M250)
		27			
6	№6	24			
	↓	29			
		28	27,0	25,5	B20
		25		(255)	(M250)
		29			
7	№7	27			
	↓	24			
		30	28,0	27	B22,5
		30		(270)	(M300)
		29			
8	№8	37			
	↑	37			
		37	38,0	29	B22,5
		38		(290)	(M300)
		41			
9	№9	48			
	↑	38			
		41	41,0	32	B25
		40		(320)	(M350)
		38			
10	№10	38			
	↑	40			
		38	37,6	28	B22,5

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6
		35		(280)	(М300)
		37			
11	№11	42			
	↑	40			
		40	40,6	33	B25
		44		(330)	(М350)
		37			
		30			

Середній показник міцності по номограмі становить 289,09 кгс/см², що відповідає класу бетону за міцністю на осьовий стиск С18/22,5 (В22,5), марці М300. Випробування виконано: 07.09.2021 року.

У науково-дослідній будівельній лабораторії випробували зразки бетону проведено відповідно до вимог: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016; ДСТУ Б В.2.7-220:2009; ДСТУ Б В.2.7-221:2009; ДСТУ Б В.2.7-224:2009; ДСТУ Б В.2.7-43-96; ДСТУ Б В.2.7-176:2008.

Висновки: 1. Бетон у монолітній плиті перекриття 3-го поверху в осях 22-29, рядах АА-ЖЖ при випробуванні неруйнівним методом склерометром Шмідта АТ241/Е клас N на 17 добу відповідає класу бетону за міцністю на осьовий стиск С18/22,5 (В22,5), марці М300. Визначення проводилось за діаграмою для склерометра Шмідта, при цьому можлива похибка $\pm 18\%$.

2. Можливі причини виникнення наскрізних тріщин з шириною розкриття до 0,5мм у межах вищевказаної плити:

а) порушення технології виконання монолітних залізобетонних конструкцій: встановлення та демонтаж опалубки; монтаж арматурних сіток; укладання бетонної суміші;

б) можливе раннє навантаження плити 3-го поверху в осях 22-29, рядах АА-ЖЖ конструкціями для бетонування плити наступного поверху, при тому, що плита 3-го поверху могла не набрати допустимої міцності на час її навантаження;

в) природний температурний режим навколишнього середовища міг не сприяти набору міцності бетону конструкції плити перекриття 3-го поверху.

3. Привезені зразки бетону на випробування для визначення границі міцності на стиск на 6 добу відповідали класу бетону за міцністю на осьовий стиск С20/25 (В25), (марки М350), відповідно до протоколу науково-дослідної лабораторії №194 від 27 серпня 2021 р. Виявлене протиріччя можна пояснити тим, що режим та місце зберігання привезених бетонних зразків невідомі та могли не відповідати нормативним вимогам.

4. Для підтвердження реальної міцності бетону плити перекриття 3-го поверху необхідно вирізати керни згідно з ДСТУ Б В.2.7.-214:2009.

У ході виявленої ситуації рекомендовано наступне:

1. Виконати точкове завантаження корисним навантаженням у певних місцях вказаної плити перекриття 3-го поверху із встановленням маяків та перевіркою прогинів плити перекриття відповідно до вимог ДБН В 2.6. – 98:2009 (п. 2.2.2.3) для виявлення можливості її подальшої експлуатації.

2. Виконати підсилення плити перекриття 3-го поверху.

Запропоновані варіанти необхідно обов'язково узгодити з проектною організацією – авторами проекту та розробити проектні рішення.

1. ДСТУ Б В.2.6.-156: 2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування / К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.

DSTU B V.2.6.-156: 2010. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii z vazhkooho betonu. Pravyla proektuvannia / K.: Minrehionbud Ukrainy, 2011. – 123 s.

2. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення / К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

DBN V.2.6-98:2009. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia / K.: Minrehionbud Ukrainy, 2011. – 71 s.

3. Eurocode-2: Design of concrete structures. – Part 1-1: General rules and rules for building: EN 1992-1-1. – [Final draft, december, 2004]. – Brussels: CEN, – 2004. – 225 p. – Європейський стандарт.

4. ДСТУ Б В.2.6.-2: 2009. Вироби бетонні та залізобетонні. Загальні технічні умови / К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 123 с.

DSTU B V.2.6.-2: 2009. Vyroby betonni ta zalizobetonni. Zahalni tekhnichni umovy / K.: Minrehionbud Ukrainy, 2010. – 123 s.

5. В.М.Ромашко. Основи теорії тріщиностійкості залізобетонних елементів та конструкцій. Lviv Polytechnic National University Institutional Repository, с. 357 – 363.

V.M.Romashko. Osnovy teorii trishchynostiikosti zalizobetonnykh elementiv ta konstruktsii. Lviv Polytechnic National University Institutional Repository <http://ena.lp.edu.ua> с. 357 – 363.

6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Національний стандарт України / К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 47 с.

DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. Natsionalnyi standart Ukrainy / K.: DP «UkrNDNTs», 2017. – 47 s.

7. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. Національний стандарт України / К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 27 с.

DSTU B V.2.7-220:2009. Budivelni materialy. Betony. Pravyla kontroliu mitsnosti. Natsionalnyi standart Ukrainy / K.: Minrehionbud Ukrainy, 2010. – 27 s.

8. ДСТУ Б В.2.7-221:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги / К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 14 с.

DSTU B V.2.7-221:2009. Budivelni materialy. Betony. Klasyfikatsiia i zahalni tekhnichni vymohy / K.: Minrehionbud Ukrainy, 2010. – 14 s.

9. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності / К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 27 с.

DSTU B V.2.7-224:2009. Budivelni materialy. Betony. Pravyla kontroliu mitsnosti / K.: Minrehionbud Ukrainy, 2010. – 27 s.

10. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови / К.: Держкоммістобудування України, 1997. – 67 с.

DSTU B V.2.7-43-96. Budivelni materialy. Betony vazhki. Tekhnichni umovy / K.: Derzhkommistobuduvannia Ukrainy, 1997. – 67 s.