

1. Семёнов Н.И. Предварительно напряженный железобетон с витой проволочной арматурой / Н.И. Семёнов. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.
2. Волков И.В. Особенности расчета нормальных сечений изгибаемых элементов из шлако-пемзобетона с арматурой класса А-VI / И.В. Волков, Л.Ф. Селютин // Сб. науч. тр. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. – С.83-93.
3. Колосов Г.Е. Прочность шунгзитобетонных изгибаемых элементов по нормальному сечению / Г.Е. Колосов, С.Р. Адхамов // Исследование конструкций из бетонов на пористых заполнителях: Сб. науч. тр. НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1981. – С.22-35.
4. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992 – 1.1: General Rules and Rules for buildings. – Brussels: CEN, 2004. – 226 p.
5. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 72 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 168 с.
7. Шкурупій О.А. Міцність залізобетонних конструкцій та їх елементів на основі деформаційної моделі з екстремальним критерієм / О.А. Шкурупій // Будівельні конструкції: Міжвідомч. наук.-техн. зб. наук. пр. (будівництво). – Вип.74: В 2-х кн. – К.: ДП НДІБК, 2011. – Кн.1. – С.605-614.
8. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИПТ Госстроя СССР, 1989. – 88 с.

*Отримано 29.03.2012*

УДК 624.012.25

О.П.БОРИСЮК, канд. техн. наук, О.П.КОНОНЧУК

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*

## **ЖОРСТКІСТЬ ТА ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПІДСИЛЕНИХ ВУГЛЕПЛАСТИКАМИ В РОЗТЯГНУТІЙ ЗОНІ**

Наведено результати експериментальних досліджень жорсткості та тріщиностійкості згинальних залізобетонних балок, підсилені композитними матеріалами на основі вуглепластиків, за дії на них однократних та малоциклових навантажень.

Приведены результаты экспериментальных исследований жесткости и трещиностойкости изгибаемых железобетонных балок, усиленных композитными материалами на основе углепластиков, при действии на них однократных и малоцикловых нагрузок.

The article gives the results of experimental researches rigidity and crack resistance of bend reinforced concrete beams strengthened by composite materials on the basis of carbon plastics under the action of single and small cyclic loadings.

*Ключові слова:* залізобетон, підсилення, композити, жорсткість, тріщиностійкість.

Існує багато причин, при яких необхідно виконувати ремонт існуючих бетонних та залізобетонних елементів. Серед них можна виділити: помилки проектувальників; зміна функціонального призначення будівлі; зміна статичної схеми конструкцій; низька якість будівельних матеріа-

лів; процес старіння конструкцій; агресивне середовище; пожежі; осадка фундаментів та ін.

Найважливішим є вибір методу підсилення, з врахуванням наявного технічного стану конструкцій і умов експлуатації. Традиційні методи підсилення полягають у збільшенні розмірів поперечного перерізу, зміні статичної схеми, введенні додаткового зовнішнього армування або зовнішніх сталевих елементів. Часто трапляється так, що виконання традиційних підсилень є трудомістким, або взагалі неможливим.

Одним із нових методів підсилення конструктивних елементів є застосування зовнішнього армування у вигляді композитних стрічок та полотен, на основі вуглецевих волокон (Carbon Fiber Reinforced Polymers).

В лабораторії кафедри інженерних конструкцій НУВГП виконані дослідження підсилення стрічкою та полотном залізобетонних балок. Мета даних досліджень – вивчити роботу згинальних залізобетонних елементів, що підсилені композитними матеріалами; дослідити вплив малоциклових навантажень різних рівнів на підсилені балки, з врахуванням історії роботи до їх підсилення; розробити методику розрахунку підсилення конструкцій.

Експериментальні дослідження проводились на 12 дослідних зразках. Балки Б-1, Б-3 та Б-1(П1), Б-3(П2) випробувані однократним навантаженням до та після підсилення відповідно. Зразок Б-1(П1) підсилений стрічкою, а Б-3(П2) – полотном. Балки БЦ-1, БЦ-2, БЦ-3, БЦ-5, БЦ-6, БЦ-7 та БЦ-1(П1), БЦ-2(П1), БЦ-3(П1), БЦ-5(П2), БЦ-6(П2), БЦ-7(П2) випробувані малоцикловим навантаженням до та після підсилення відповідно. Зразки Б-2(П1), Б-4(П2), БЦ-4(П1) та БЦ-8(П2) підсилювались без попереднього випробування (таблиця) [3].

*Характер руйнування дослідних зразків.* Всі непідсилені дослідні зразки були запроектовані таким чином, щоб їх руйнування відбувалося по нормальним перерізам від дії згинального моменту. Підсилення проектувалося з умови рівномірності стиснутої та розтягнутої зони поперечного перерізу.

Зразки, що були підсилені стрічкою, руйнувались наступним чином: при досягненні граничного навантаження, відбувався відрив стрічки на ділянці між силою та опорою. В результаті чого стрімко ріс прогин та розвивались тріщини, що супроводжувалось виколуванням стиснутої зони бетону. При подальшому навантаженні, відбувався розрив волокон анкерівки по грані стрічки. Такий процес руйнування підсилення композитними матеріалами в розтягнутій зоні згинальних залізобетонних елементів, описаний польськими науковцями М.Е. Kaminska та R. Kotunia в своїх роботах [4, 5].

## Ефект підсилення експериментальних балок

№ п/п	Назва балки	Вид навантаження	Граничний експлуатаційний момент $M_{SLS}^{exp}$ , кН×м	Ефект підсилення $\delta_{SLS}^{exp}$ , %	
1	Б-1	Однократне	10,24	-	
	Б-1(П1)		12,09	18,07	
	Б-2(П1)		16,12	57,42	
2	Б-3		10,24	-	
	Б-3(П2)		14,07	37,4	
	Б-4(П2)		13,78	34,57	
3	БЦ-1		Малоциклове	9,82	-
	БЦ-1(П1)			16,93	72,4
4	БЦ-2			9,07	-
	БЦ-2(П1)	16,12		77,73	
5	БЦ-3	9,32		-	
	БЦ-3(П1)	15,31		64,27	
	БЦ-4(П1)	16,12		72,96	
6	БЦ-5	9,57		-	
	БЦ-5(П2)	14,35		49,95	
7	БЦ-6	9,57		-	
	БЦ-6(П2)	14,42		50,68	
8	БЦ-7	9,07		-	
	БЦ-7(П2)	15,13		66,81	
	БЦ-8(П2)	13,72		51,27	

Балки, що були підсилені полотном, руйнувались дещо по іншому: при граничному завантаженні почали рватись найбільш розтягнуті волокна підсилення, що знаходились на нижній грані балки. Це супроводжувалось виколуванням стиснутої зони бетону. При подальшому завантаженні почали розриватись волокна, що знаходились на бічній поверхні. При цьому з'являлись горизонтальні тріщини на рівні розтягнутої арматури, що в кінцевому випадку приводило до відшарування бетону (рис.1).

В таблиці наведено ефект підсилення експериментальних балок відносно непідсилених зразків, визначений за граничним експлуатаційним навантаженням. Для балок підсилених композитною стрічкою, він становить: при однократному навантаженні 18,07-74,2%; при малоцикловому навантаженні 64,27-77,73%. Для зразків підсилених полотном ця величина змінюється в межах: при однократному навантаженні 34,57-37,4%; при малоцикловому навантаженні 49,95-66,81%. Тобто, підси-

лення конструкцій, що зазнають впливу малоциклових навантажень дає більший ефект, ніж тих що піддаються впливу однократного завантаження. Це відбувається тому, що несуча здатність непідсилених експериментальних балок в результаті дії повторних навантажень високих рівнів зменшується, а підсилених або залишаються на тому ж рівні, або дещо зростає.

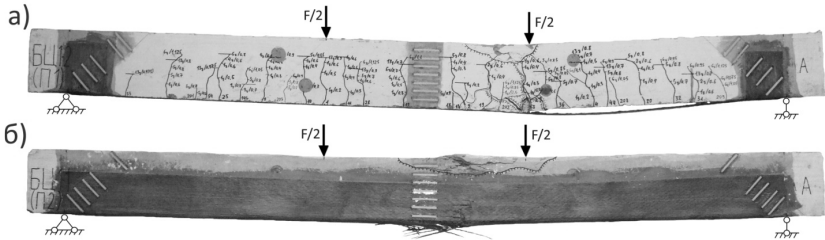


Рис.1 – Загальний вигляд підсилених балок після випробування малоцикловим навантаженням:  
а – балка БЦ-1(П1) підсилена стрічкою SikaCarbodur S512; б – балка БЦ-5(П2) підсилена полотном Sika Wrap.

**Жорсткість експериментальних зразків.** На рис.2 наведено графіки зміни прогину експериментальних зразків залежно від величини моменту зовнішнього навантаження. З даних графіків видно, що на перших ступенях завантаження прогин непідсилених та підсилених зразків близький між собою. Після того, як навантаження перевищило момент тріщиноутворення, крива прогину непідсиленої балки Б-1 починає відхилятися від кривих, що відповідають підсиленим зразкам. Балки підсилені стрічкою є менш деформативними ніж ті, що підсилені полотном, і відповідно мають більшу жорсткість. Для прикладу, при моменті 14,11 кН×м прогин балки Б-2(П1) становить 1,029 см, а балки Б-4(П2) – 1,478 см, що є на 43,6% більшим.

Випробовування підсилених дослідних зразків малоцикловими навантаженнями відбувалося в два етапи. Спочатку до них прикладались ті ж величини навантажень, що і до підсилення (рис.3). Потім за одиницю бралось граничне експлуатаційне навантаження визначене за результатами випробовування підсилених балок однократним завантаженням (рис.4).

З рис.3 видно, що підсилені конструкції є значно жорсткішими, а тому можуть сприймати більші навантаження. Проведені дослідження показали, що підсилені балки, при дії малоциклових навантажень, працюють аналогічно тим, що випробовувались без підсилення. Підтверджено висновок запропонований авторами Є.М. Бабичем та Н.І. Ільчу-

ком [1, 2], що при п'ятому повторенні одного і того ж циклу, відбувається повна стабілізація деформацій, прогину та ширини розкриття тріщин.

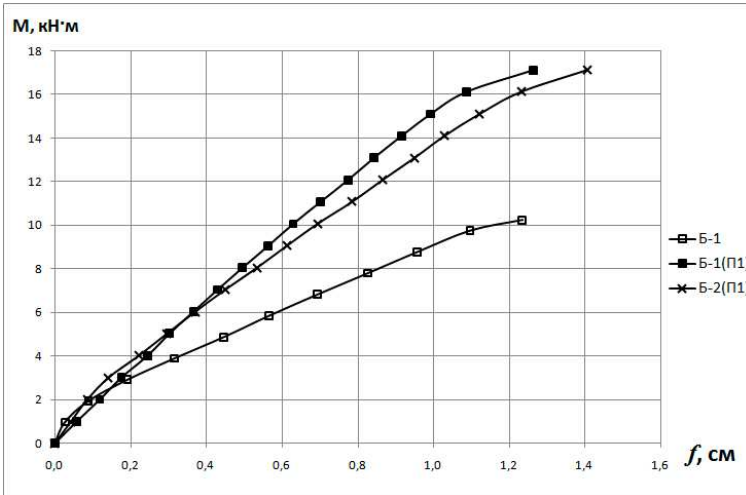


Рис.2 –Зміна величини прогину дослідних балок, підсилених стрічкою при випробуванні їх однократним навантаженням

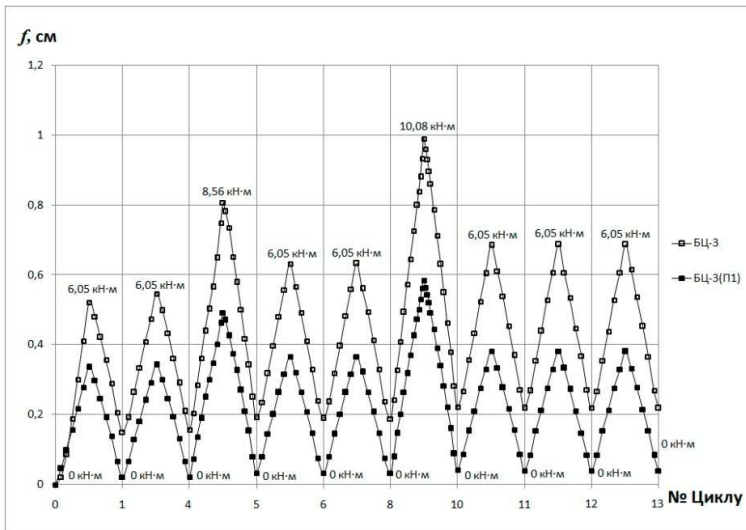


Рис.3 – Зміна величини прогину дослідних балок, випробуваних малоцикловим навантаженням при однакових величинах навантаження

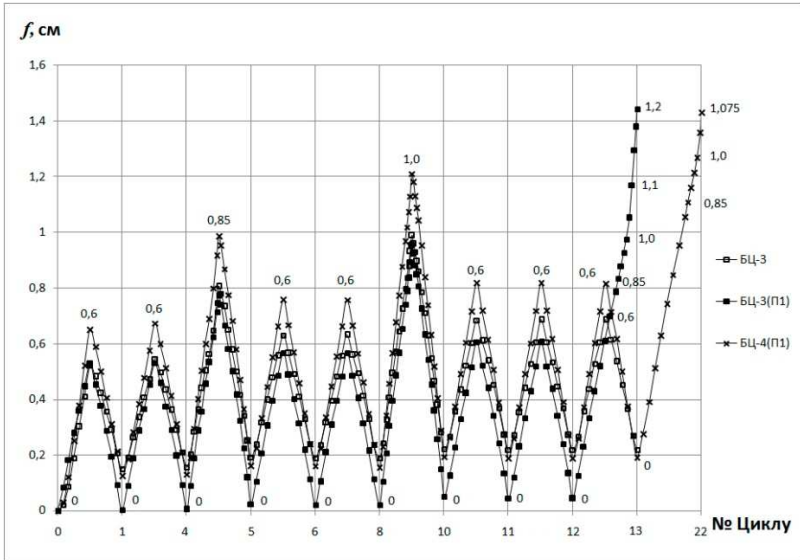


Рис.4 – Зміна величини прогину дослідних балок, випробуваних малоцикловим навантаженням при однакових рівнях навантаження

*Трициклостійкість експериментальних зразків.* В невідсиленіх дослідних зразках поява тріщин (0,02 мм) була зафіксована при моменті 2 кН×м. Після того, як відбулось розвантаження експериментальних балок, залишкова ширина розкриття тріщин складала в балці Б-1 0,2 мм. Тому очевидним є той факт, що підсилення дослідних зразків відбувалось із вже існуючими тріщинами, які мали певну початкову ширину розкриття (рис.5).

Поява тріщин в балці Б-2(П1) зафіксована при моменті 4 кН×м. Тобто, момент тріщиноутворення в балках, підсиленіх стрічкою, приблизно в два рази збільшився. Підсилення згинальних залізобетонних конструкцій композитним полотном можна вважати альтернативою композитній стрічці, коли необхідно попри підвищення несучої здатності, унеможливити розкриття тріщин. Дослідження показали, що при навантаженні балок аж до руйнування, візуально тріщин на підсиленій поверхні дослідного зразка не було виявлено (рис.1).

Характер утворення та розвитку тріщин в балках випробуваних малоцикловим навантаженням подібний до тих, що випробовувались однократним. Ширину розкриття тріщин балок до та після підсилення при однакових величинах навантаження показана на рис.6, а при однакових рівнях навантаження – на рис.7.

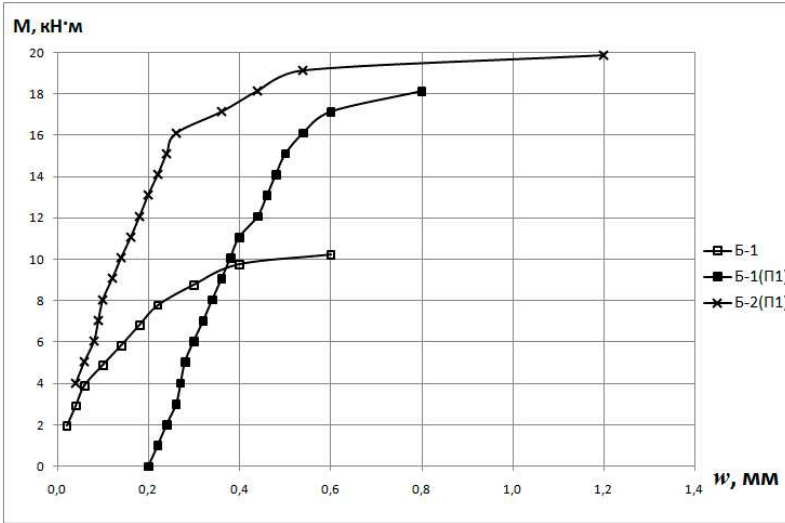


Рис.5 – Зміна ширини розкриття тріщин дослідних балок до та після їх підсилення стрічкою при дії однократного навантаження

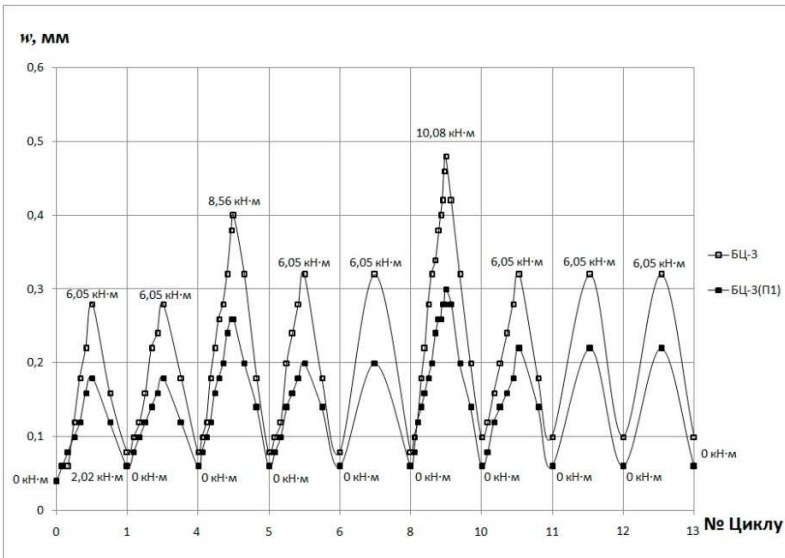


Рис.6 – Зміна ширини розкриття тріщин дослідних балок, випробуваних малоцикловим навантаженням при однакових величинах навантаження

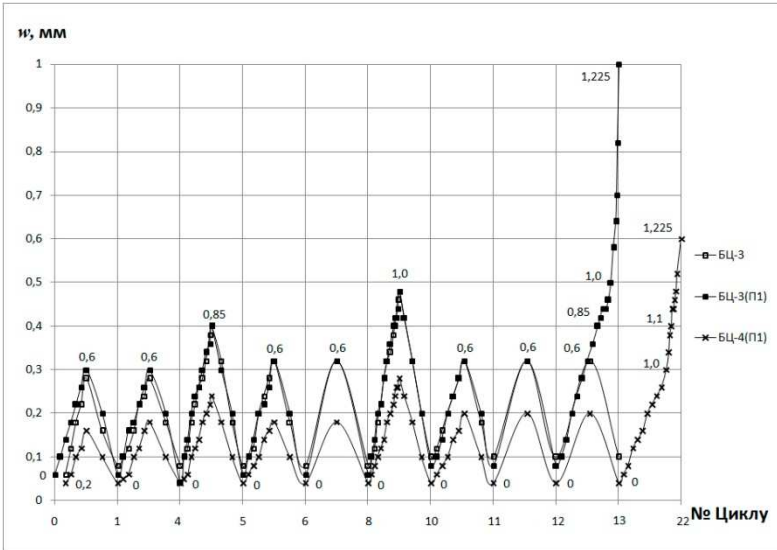


Рис.7 – Зміна ширини розкриття тріщин дослідних балок, випробуваних малоцикловим навантаженням при однакових рівнях навантаження

При однакових рівнях навантаження, ширина розкриття тріщин в балці до підсилення БЦ-3 та після підсилення БЦ-3(П1) практично однакова. Якщо порівняти зразки БЦ-3(П1) та БЦ-4(П1), то чітко видно, що ширина розкриття тріщин балки, що до підсилення не випробовувалась, є меншою майже у два рази. Це свідчить про те, що підсилення композитною стрічкою збільшує тріщиностійкість конструкції.

Таким чином, ефект підсилення згинальних залізобетонних елементів в розтягнутій зоні композитними матеріалами залежить від виду навантаження та типу матеріалу, і складає 34,57-77,73%. Разом із несучою здатністю підсиленних конструкцій, зростає їх жорсткість та тріщиностійкість. Конструкції підсилені вуглецевим полотном є більш деформативними і відповідно мають меншу жорсткість. Підсилені балки, при дії малоциклових навантажень, працюють аналогічно тим, що випробовувались без підсилення.

1.Бабич Є.М. Міцність і деформативність важкого бетону при малоцикловому стисненні / Є.М. Бабич, Н.І. Ільчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: УДУВГП, 2003. – Вип.9. – С.116-123.

2.Бабич Є.М. Прочність бетону после действия малоциклового сжимающей нагрузки / Є.М. Бабич, А.П. Погореляк // Известия вузов. Серия: Строительство и архитектура. – 1976. – № 4. – С.33-36.



3.Борисюк О.П. Методика випробовування підсилених згинальних залізобетонних елементів при малоциклових навантаженнях / О.П. Борисюк, О.П. Конончук // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. наук. пр. (будівництво). Вип.74: В 2-х кн. – К.: ДП НДІБК, 2011. – Кн.2. – С.709-718.

4.Kaminska M.E. Badania zelbetowych belek z tasmami CFRP przyklejnymi na ich powierzchniach / M.E. Kaminska, R. Kotynia // XVI konferencja naukowo-techniczna "Beton i prefabrykacja". – Tom 2. – Jadwisin, 1998. – S.479-484.

5.Kotynia R. Graniczne odkształcenia materiałów kompozytowych przy odspojeniu w ujemnym dla zginania / R. Kotynia // conf. nauk. KILiW PAN i KN PZITB Problemy naukowo-badawcze budownictwa. – Tom III, Konstrukcje betonowe. – Krynica, 2005. – S.105-112.

*Отримано 27.04.2012*

УДК 624.01.004

Д.О.ХОХЛІН, канд. техн. наук

*Науково-дослідний інститут будівельного виробництва, м. Київ*

### **ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД ЗГІДНО З ПРОЕКТОМ ДСТУ Б В.1.2-№:201X «ОБСТЕЖЕННЯ І ПАСПОРТИЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД»**

Розглянуто окремі положення та особливості оцінки технічного стану будівельних конструкцій і споруд відповідно до проекту (на етапі 2-ї редакції) ДСТУ Б В.1.2-№:201X «Обстеження і паспортизація технічного стану будівель та інженерних споруд».

Рассмотрены отдельные положения и особенности оценки технического состояния строительных конструкций и сооружений в соответствии с проектом (на этапе 2-й редакции) ДСТУ Б В.1.2-№:201X «Обследование и паспортизация технического состояния зданий и инженерных сооружений».

The article deals with certain provisions and the features of technical evaluation of building structures and buildings in accordance with the project (during the 2nd edition) ДСТУ Б В.1.2-№:201X «Inspection and passport system of the technical state of buildings».

*Ключові слова:* оцінка, технічний стан, будівельна конструкція, споруда, стандарт.

В НДІБВ за завданням Мінрегіонбуду України завершується розробка другої редакції проекту ДБН В.1.2-№:201X «Загальні принципи збереження надійності, безпеки та експлуатаційної придатності існуючих будівель та інженерних споруд» (далі прДБН). В розвиток даного прДБН інститутом паралельно розроблюється на етапі другої редакції ДСТУ Б В.1.2-№:201X «Обстеження і паспортизація технічного стану будівель та інженерних споруд» (далі прДСТУ), присвячених проведенню обстежень та моніторингу технічного стану конструктивної системи існуючих споруд, а також паспортизації їх технічного стану. Розробка даних нормативних документів пов'язана в тому числі з відсутністю на даний момент загальних норм, які б детально регламентували питання обстеження та паспортизації споруд в цілому.