

Таблица 1

Гидроабразивный износ полимерных покрытий

№№ п/п	Тип полимера	Наполнитель	Угол направл. струи, град	Объемный износ, см ³
1	Спрут-А1	-	90	0,0406
2	Спрут-А1	-	45	0,0273
3	Спрут-А1	-	10	0,0084
4	Спрут-А1	песок	90	0,0238
5	Спрут-А1	песок	45	0,0143
6	Спрут-А2	-	90	0,0795
7	Спрут-А3	-	90	0,0658
8	Спрут-А3	-	45	0,0475
9	Спрут-А3	-	10	0,0131
10	Спрут-А3	базальт. чешуя	90	0,0240
11	Спрут-А3	асбест	90	0,0908
12	Спрут-А3	слюда	90	0,0571
13	Спрут-А3	тальк	90	0,1450
14	Спрут-А3	корунд зелен.	90	0,0133
15	Спрут-А3	песок	90	0,0209
16	Спрут-А3	древ.опилки	90	0,0532
17	Спрут-А3	базальт.чешуя	45	0,0177
18	Спрут-А3	корунд зелен.	45	0,0036
19	Спрут-А3	Тальк	45	0,0874
20	Спрут-А3	Корунд зелен.	10	0,0018
21	ЭД-20	-	90	0,0809
22	ЭД-20	-	45	0,0474
23	ЭД-20	-	10	0,0209
24	ЭД-20	Песок	90	0,0636
25	ЭД-20	Песок	45	0,0432
26	ЭД-20	Песок	10	0,0308
27	ПН-1	-	90	0,0864
28	ПН-1	-	10	0,0257
29	ПН-1	Песок	90	0,0747
30	ПН-1	Песок	10	0,0390
31	ПУ	-	90	0,0035
32	ПУ	-	10	0,0007
33	ПУ	Песок	90	0,0053
34	ПУ	Песок	10	0,0024
35	ПН-1 + ПУ	-	90	0,0046

Действительно, адгезионная прочность композиции СПРУТ-А3 к кварцу составляет 26,9 МПа, ЭД-20 – 17,5 МПа, а ПН-1 – 13,8 МПа. Особенно низкие значения адгезионной прочности наблюдаются у полиуретана, порядка 7 – 11 МПа, поэтому попытка увеличить износостойкость полиуретановых покрытий

путем введения в полимер высокотвердых наполнителей приводит к противоположному эффекту.

Полученные данные позволяют рекомендовать полиуретановые покрытия для защиты от гидроабразивного износа внутренних поверхностей пульпопроводов, новых насосов, винтов судов и т.д. Недостатком полиуретановых покрытий является их сравнительно низкая адгезионная прочность и водостойкость, а также невозможность их нанесения толстым слоем и под водой. Для ремонтно-восстановительных работ объектов, подвергающихся интенсивному гидроабразивному воздействию следует рекомендовать использование высоконаполненных композиций типа СПРУТ.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. К.А.Забела, Р.А.Веселовский, Ю.К.Значков. Ремонт подводных трубопроводов с помощью клеев, М. «Недра», 1978г, 176с
2. И.Г.Манец, Р.А.Веселовский. Полимерные композиционные материалы в горном деле. М., «Недра». 1988, 375с.
3. Веселовский Р.А., Регулирование адгезионной прочности полимеров (Киев, Наукова Думка, 1988) сс.176
4. Патент США №4142344 кл.Е04В 1/35,1979;
5. Патент Франции №2689921, кл. Е04В 1/64, 1993
6. В.В.Фомин. Гидроэрозия металлов, М., Машиностроение, 1977, 287с.
7. Д.Р.Веселовский, Н.В.Савицкий, Б.А.Ляшенко, Р.А.Веселовский, О.С.Коротков. Исследование прочности системы «металлическая подложка-армированное полимерное покрытие» при изгибе и растяжении. Сб.научных трудов ПГАСА, г.Днепропетровск, 2006, с. 78-88.

УДК 624.072.2; 624.012.45; 624.046

**ЩОДО ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ
ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ**

*О.В. Войцехівський к.т.н, доцент, О.Р. Шайнога м.н.с
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*

Сучасні методи оцінки технічного стану залізобетонних конструкцій будівельних споруд, що знаходяться в експлуатації, базуються в основному на детермінованому підході [1, 2]. Це шлях визначення резервів міцності конструкцій у процесі співставлення нормативних та розрахункових даних, отриманих у процесі обстеження фактичного стану конструкцій.

В залежності від встановленої фактичної працездатності конструкцій і ступеня втрати ними експлуатаційних якостей їх технічний стан можна віднести до однієї з категорій. Ту чи іншу категорію стану конструкції можуть визначати згідно наявності детальних ознак пошкоджень (табл. 3.10 [1]).

При розрахунках несучої здатності будь-якої залізобетонної конструкції будівельної споруди визначають внутрішні зусилля, що виникають в перерізах.

Несуча здатність перерізів перевіряється за формулою

$$F \leq F_u (S, R_{bn}, \gamma_b^{-1}, \gamma_{bi}, R_{sn}, \gamma_s^{-1}, \gamma_{si}), \quad (1)$$

де F – зовнішнє зусилля (повздовжня сила N , згинаючий момент M та поперечна сила Q) визначається згідно до фактичних навантажень та впливів і порівнюється з теоретичною несучою здатністю F_u ; S – геометричні характеристики перерізів бетону та арматури з врахуванням рівня їх корозійного зношення; γ_b та γ_s – коефіцієнти надійності для бетону та арматури; γ_{bi} та γ_{si} коефіцієнти умов роботи бетону та арматури відповідно до [6].

Теоретична несуча здатність F_u визначається відповідно до вимог [6] з врахуванням зміни нормативних опорів бетону R_{bn} та арматури R_{sn} і врахуванням коефіцієнтів зміни властивостей бетону $k_{из}$, арматури $k_{из}^I$ та зчеплення арматури з бетоном $k_{из}^{II}$. При чому, в залежності від категорії стану ці коефіцієнти змінюються: 1,0 - при справному стані; 0,8 - при стані з обмеженою працездатністю. Якщо конструкція знаходиться у стані непрацездатному або аварійному коефіцієнти $k_{из}$, $k_{из}^I$ та $k_{из}^{II}$ дорівнюють нулю, тобто несуча здатність конструкцій також дорівнює нулю.

Крім несучої здатності перевіряють також і умови експлуатаційної придатності

$$a_{crc} \leq [a_{crc}]; \quad (2)$$

$$f \leq [f]. \quad (3)$$

Якщо умови (1) – (3) виконуються, то залізобетонні конструкції можуть експлуатуватися без підсилення чи відновлення.

У випадку, коли хоча б одна з умов не виконується і різниця між нормативним значенням та розрахунковим перевищує 25% – залізобетонна конструкція підлягає підсиленню. Причому, якщо конструкція знаходиться у непрацездатному або аварійному стані, вона підлягає повному заміщенню - її залишкова несуча здатність вважається такою що дорівнює нулю.

Незважаючи на зрозумілість, комплексність та інженерну простоту, викладену у [1], даний підхід має недоліки. По-перше, визначення категорії стану конструкції робиться на підставі хоча й інструментальних, але, як сукупності розрізних даних, що не гарантує суб'єктивності оцінки. Розрахункову перевірку несучої здатності та умов придатності до нормальної експлуатації конструкції роблять після попереднього визначення категорії стану конструкції. Тобто, відсутній цілісний розрахунковий підхід до оцінки запасів працездатності конструкцій на підставі вивчення її напружено-деформованого стану [4, 5]. По-друге, відсутнє обґрунтування до визначення коефіцієнтів, що враховують зміну властивостей бетону та арматури. Це зменшує економічну ефективність рішень з підсилення конструкцій, а також унеможливає врахування залишкової несучої здатності конструкції, що знаходиться у непрацездатному або аварійному стані. По-третє, відсутня чітка розрахунково визначена межа між категоріями стану – непрацездатним та аварійним. Враховуючи те, що знаходження конструкцій в таких станах супроводжується безпосередньою небезпекою життєдіяльності людей, таке становище потребує додаткового вивчення та конструктивного вирішення.

На нашу думку, рішення може бути знайдено, якщо побудувати модель оцінювання ресурсів роботи залізобетонних конструкцій, що експлуатуються.

При проектуванні або реконструкції одним з основних питань є оцінка працездатності і прогнозування ресурсу роботи конструкцій. Згадаємо, що головним призначенням будь-якої конструкції є сприйняття зовнішніх навантажень. В залежності від того, як вона запроєктована і які режими навантаження будуть до неї прикладені, можна розрахувати наперед визначену величину енергії, що буде потрібна для її повного руйнування - U_{max} . З іншого боку, в процесі своєї роботи конструкція сприймає експлуатаційні навантаження, а на її деформування витрачається якась величина енергії U_i . З урахуванням зазначеного вище, ресурс залізобетонного елемента може визначатись у вигляді співвідношення витраченої енергії деформування до енергії її повного руйнування

$$\psi_i = U_i / U_{max}, \quad (4)$$

Випадок $\psi_i = 0$ відповідає ненавантаженому стану, $\psi_i = 1$ – руйнуванню.

Для елементів, що працюють на згин або сприймають позacentрове навантаження з великим ексцентриситетом, найбільш характерною залежністю є зв'язок між величиною зовнішнього навантаження (моменту M або величини $N \cdot e$) та прогином (f) в найбільш завантаженому перерізі. Для практичного використання здається найбільш зручним запропонувати цю залежність у вигляді діаграми в координатах з безрозмірними залежностями, а саме “ $A_{0i} - \chi_i$ ” (рис.1),

$$A_{0i} = M_i / R_b b h_0^2, \quad (5)$$

де A_{0i} - відносний момент від зовнішніх сил M ; R_b , b , h_0 – призмova міцність бетону та геометричні характеристики перерізу відповідно;

$$\chi_i = (\varepsilon_{1i} + \varepsilon_{2i}), \quad (6)$$

де χ_i - відносна кривизна елемента; ε_1 та ε_2 – відносні деформації на стиснутій та розтягнутій грані елемента відповідно.

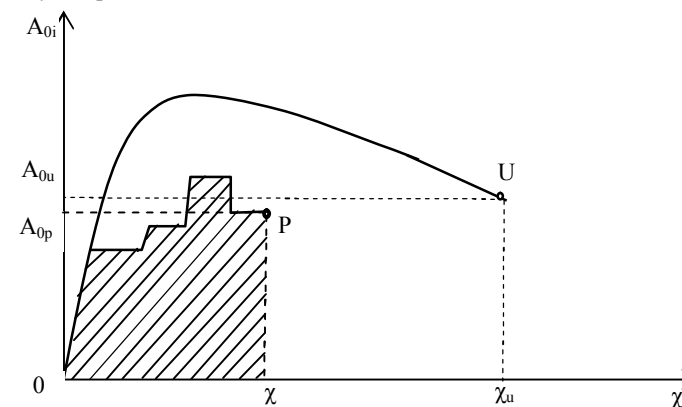


Рис. 1. Графік залежності $A_{0i} - \chi_i$

В такому разі, міра енергії її повного руйнування найбільш завантаженого перерізу конструкції U_{\max} буде чисельно дорівнювати площі епюри в координатах $0-U-\chi_u$, тобто

$$U_{\max} = \int_0^{\chi_u} A_{0i} d\chi_i \quad (7)$$

Якщо відома історія експлуатації конструкції (ломана крива на рис. 1) та напружено-деформований стан перерізу в момент часу, що передував проведенню обстеження (т. Р на рис. 1), то міра енергії деформування U_i в формулі (4) буде чисельно дорівнювати площі заштрихованої фігури на рис. 1, тобто

$$U_i = \int_0^{\chi_p} A_{0i} d\chi_i \quad (8)$$

Припустимо, що існують якісь характерні точки, що відповідають різним категоріям технічного стану, а саме справному, працездатному, з обмеженою працездатністю, непрацездатному та аварійному – точки 1, 2, 3 та 4 на рис. 2.

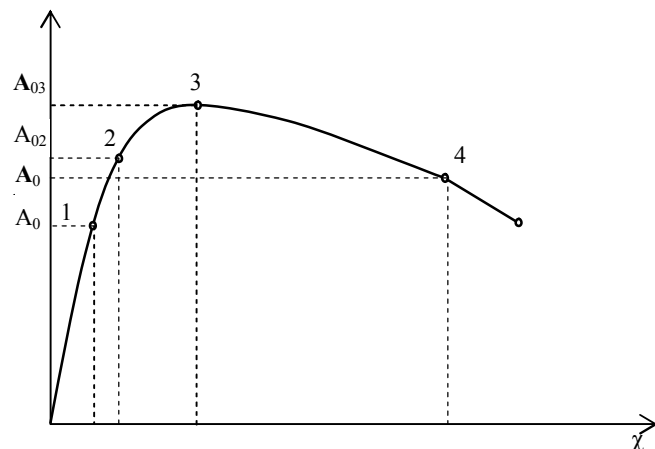


Рис. 2. Крива деформування залізобетонного перерізу в координатах "відносний момент – відносна кривизна" з характерними точками

Тоді, міри енергії деформування для кожного конкретного технічного стану будуть визначатись за формулою аналогічною (8) з різницею у величині верхньої границі інтегрування – $\chi_1; \chi_2; \chi_3; \chi_4$. За формулою (4) будуть визначені значення ресурсу, для кожного характерного технічного стану - $\psi_1; \psi_2; \psi_3; \psi_4$.

Зв'язок між ресурсом та категоріями граничного стану може бути запропонований у вигляді системи нерівностей:

$0 < \psi_i \leq \psi_1$ – стан конструкції справний;

$\psi_1 < \psi_i \leq \psi_2$ – стан конструкції працездатний;

$\psi_2 < \psi_i \leq \psi_3$ – з обмеженою працездатністю;

$\psi_3 < \psi_i \leq \psi_4$ – стан конструкції непрацездатний (або частково зруйнований);

$\psi_4 < \psi_i \leq 1$ – стан конструкції аварійний.

Для реалізації викладених передумов необхідно визначитись із шляхами знаходження характерних точок 1, 2, 3 та 4 на діаграмі " $A_{0i} - \chi_i$ " (рис. 2).

При цьому будемо виходити із сучасних уявлень з фізики деформування стиснутого бетону.

Ще раз пригадаємо, що за своїм технічним станом залізобетонні конструкції, що експлуатуються, поділяються на наступні категорії: справна, працездатна, з обмеженою працездатністю, непрацездатна та аварійна.

При справній та працездатній категорії технічного стану дослідники повинні бути впевнені в тому, що робота робочої розтягнутої арматури ще далека до початку умовної або фізичної текучості, а тривалі процеси у стиснутій зоні бетону залізобетонної конструкції не призведуть до появи пошкоджень, що суттєво погіршують експлуатаційну привабливість як окремої конструкції, так і споруди в цілому.

Тоді точки 2 на діаграмі деформування залізобетонного перерізу " $A_{0i} - \chi_i$ " (рис. 2) відповідає напружено-деформований стан, при якому напруження на крайній стиснутій грані бетону σ_{bi} будуть дорівнювати тривалій міцності бетону R_{bb} , тобто

$$\begin{cases} \varepsilon_{bi} = \varepsilon_{bi} \\ \sigma_{bi} = R_{bi} \end{cases} \quad (9)$$

Точки 1 на рис. 2 буде відповідати моменту навантаження, при якому деформації на стиснутій грані бетону $\varepsilon_{b,i}$ відповідають рівню напружень

$$\sigma_{bi} = k \cdot R_{bi}, \quad (10)$$

де k – коефіцієнт переходу від нормативних до розрахункових характеристик для даного класу бетону.

Якщо конструкція знаходиться в стані з обмеженою працездатністю, то це означає, що потрібно провести відновлювальні роботи з покращення експлуатаційних властивостей – збільшення несучої спроможності на величину, при якій ширина розкриття тріщин та прогин елемента буде меншим за максимально допустиме значення.

Тоді точки 3 на рис. 2 буде відповідати напружено-деформований стан, при якому на крайній грані стиснутого бетону виникають

$$\begin{cases} \varepsilon_{bi} = \varepsilon_{br} \\ \sigma_{bi} = R_b \end{cases} \quad (11)$$

При непрацездатному стані виникає загроза руйнування конструкції, тобто необхідно провести відновлювальні роботи із збільшенням загальної несучої спроможності перерізу.

Тоді точки 4 на рис. 2 буде відповідати напружено-деформований стан, при якому на крайній грані стиснутого бетону виникають

$$\begin{cases} \varepsilon_{bi} = \varepsilon_{bu} \\ \sigma_{bi} = \sigma_{bu} \end{cases} \quad (12)$$

У разі, коли напружено-деформованому стану перерізу відповідає випадок, при якому на крайній грані стиснутого бетону виникають деформації

$$\varepsilon_{bi} \geq \varepsilon_{bu}, \quad (13)$$

то стан конструкції є аварійним. Цей стан потребує негайного проведення робіт з тимчасового підкріплення та розвантаження конструкції.

Відповідно, значення коефіцієнтів залишкової несучої здатності будуть рівними:

- граничне значення коефіцієнта залишкової несучої спроможності, що відповідає справному технічному стану залізобетонного елемента:

$$\Psi_1 = \Psi_{br} = \frac{U_{br}}{U_{max}} \quad (14)$$

- граничне значення коефіцієнта залишкової несучої спроможності, що відповідає працездатному технічному стану залізобетонного елемента:

$$\Psi_2 = \Psi_{R1} = \frac{U_{R1}}{U_{max}} \quad (15)$$

- граничне значення коефіцієнта залишкової несучої спроможності, що відповідає обмеженій працездатності залізобетонного елемента:

$$\Psi_3 = \Psi_{Rb} = \frac{U_{Rb}}{U_{max}} \quad (16)$$

- граничне значення коефіцієнта залишкової несучої спроможності, що відповідає непрацездатному технічному стану залізобетонного елемента:

$$\Psi_4 = \Psi_{bu} = \frac{U_{bu}}{U_{max}} \quad (17)$$

Аналіз отриманих результатів дозволяє говорити про те, що:

1. Одним із шляхів вдосконалення існуючих методів оцінки технічного стану ЗБК, що експлуатуються є більш обґрунтоване визначення коефіцієнтів зміни властивостей бетону $k_{из}$, арматури $k_{из}^1$ та зчеплення арматури з бетоном $k_{из}^{11}$.
2. Дані коефіцієнти зміни властивостей ($k_{из}$, $k_{из}^1$, $k_{из}^{11}$) можуть бути замінені одним коефіцієнтом, який би визначався через врахування енергії руйнування залізобетонних конструкцій.
3. Визначення коефіцієнту, що враховував би всі зміни матеріалів ЗБК можливо на основі діаграми “момент-кривизна”.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Барашиков А.Я., Малышев А.Н. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений. – К.: НМЦ Держнаглядохоронпраці України, 1998. –232с.

2. Диагностика и оценка технического состояния строительных конструкций и оснований зданий и сооружений.: Метод. Рекомендации / А. М. Березюк, Н. В. Савицкий и др. — М.: Стройиздат, 1989. — 246 с.
3. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций / Под ред. А. Б. Голышева. – К.: Будівельник, 1982. – 152 с.
4. Зак М. Л., Гуца Ю. П. Аналитические представления диаграммы сжатия бетона / Сб. трудов: Совершенствование методов расчета статически неопределимых железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1987. – с.103 – 107.
5. Залесов А. С. Деформационная расчетная модель железобетонных элементов при действии поперечных сил // Сб. Инженерные проблемы современного железобетона. – Иваново: ИИСИ, 1995. – С. 113-120.
6. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции.–М., 1989. – 77 с.
7. Швець О. Р. Залишковий ресурс залізобетонних балочних елементів: Дис. магістра будівництва – В., 2006. – 102 с.

УДК 533.6.013.42; 696.2

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГИБКОГО СТРЕЖНЯ

В. Е. Волкова, к.т.н., доц.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, г. Днепропетровск

1. Введение. Последние два десятилетия проблемы построения математических моделей и прогнозирования динамического поведения элементов конструкций по данным экспериментальных записей приобрели повышенный интерес.

Несмотря на интенсивную разработку данной проблемы в научных центрах разных стран (об этом свидетельствует большое количество публикаций теоретических и экспериментальных исследований, проведения специализированных конференций [7,8,10]) и полученные важные результаты, единственный эффективный подход, который бы позволял корректно определять, прогнозировать и анализировать динамические свойства элементов конструкций, отсутствует. Большинство методов качественной идентификации основано на использовании особых типов внешнего возмущения для широкого диапазона частот, таких, как симметричное моногармоническое возмущение и прямоугольный импульс. Данные возмущения не всегда могут быть реализованы в механических системах. Методы, базирующиеся на преобразовании Фурье, не позволяют классифицировать и локализовать нелинейность [5,6], неприменимы к исследованию стохастических процессов [2,5,7,8]. Отметим также, что применение рядов Винера и Гильберта для идентификации разрывных нелинейных динамических характеристик некорректно [8,10].