

1. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. – Л.: Химия, 1987. – 203 с. 2. Запольский А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князьков Т.В. Фізико-хімічні основи очищення стічних вод: Підручник / Під ред. А.К. Запольского. – К.: Лібра, 2000. – 552 с. 3. Гончарук В.В., Маляренко В.В., Яременко В.А. О механизме воздействия ультразвука на водные системы // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26, №3. – С. 275–286. 4. Мушоров Н.З., Давыдова П.А., Багрова Н.И. Способ очистки воды от железа. – М.: Химия, 1999. – 159 с. 5. Унифицированные методы анализа воды / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – С.57–98. 6. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 273 с.

УДК 624.21.012.35

Л.В. Салійчук, В.Г. Кваша

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра мостів і будівельної механіки

ЗСУВОСТІЙКІ КЛЕЄСТРИЖНЕВІ АНКЕРИ В З’ЄДНАННЯХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Салійчук Л.В., Кваша В.Г., 2008

Наведено конструктивні рішення зсувостійких клеєстрижневих анкерів для з’єднань залізобетонних елементів як під час нового будівництва, так і під час реконструкції і підсилення існуючих споруд. Наведено методику розрахунку довжини анкерування та результати експериментальних досліджень трубчастого анкера під час зсуву.

The structural decisions of shear-resistance of glue-bar anchors are resulted for connections of reinforced-concrete elements both at new building and at a reconstruction and strengthening of existent buildings. The method of calculation of length of anchoring and results of experimental researches of tubular anchor is presented at a shear.

Постановка проблеми. Клеєстрижневі анкери, розроблення яких почалось ще у 60-х роках минулого сторіччя [1, 2, 3, 6, 8, 10, 11], доволі широко застосовуються у промисловому, цивільному та транспортному будівництві для влаштування з’єднань залізобетонних конструкцій, стикування складених по довжині і висоті елементів, у збірно-монолітних конструкціях, для об’єднання існуючих і нових елементів, зв’язку старого бетону з новим, анкерування в бетоні арматури підсилення, нарощування поперечних перерізів тощо. Вклеєний анкер може застосовуватись як самостійний несучий елемент або для закріплення до нього проміжних елементів стикового (анкеруючого) з’єднання. Завдяки розвитку будівельної хімії клейові суміші знаходять усе ширше застосування для з’єднань елементів будівельних конструкцій, зокрема під час ремонту і реконструкції, де часто цей тип з’єднань є єдино можливий [1, 6, 11]. Спеціалізовані європейські фірми виготовляють різні типи анкерних елементів як з арматурних стрижнів, так і спеціальних заводського виготовлення, які постачаються виробником в комплекті з дозованими балонами клеєвої маси і обладнанням для вклеювання [4, 12]. Найчастіше вклеєні анкери в з’єднаннях працюють на зсув, однак експериментальних досліджень їх роботи під час зсуву проведено недостатньо, а дослідження трубчастих анкерів відсутні.

Мета роботи – розробити клеєстрижневі анкери для застосування під час реконструкції та підсилення залізобетонних конструкцій та теоретичне і експериментальне дослідження роботи у бетонному масиві трубчастого анкера за дії зсувних сил.

Конструктивні рішення зсувостійких клеєстрижневих анкерів. Клеєстрижневі анкери – вклені в заздалегідь передбачені або висвердлені в бетоні канали арматурні коротуни гладкого чи періодичного профілю, трубчасті або спеціально виготовлені анкерні стрижневі елементи з привареними до них різного типу і призначення анкеруючими або об'єднувальними елементами. Клейове анкерування відзначається конструктивною і технологічною простотою, дає змогу значно скоротити трудозатрати, сприймати навантаження на ранній стадії влаштування з'єднань (після полімеризації клею), звести до мінімуму обсяг супутніх технологічних операцій і кількість допоміжних пристосувань.

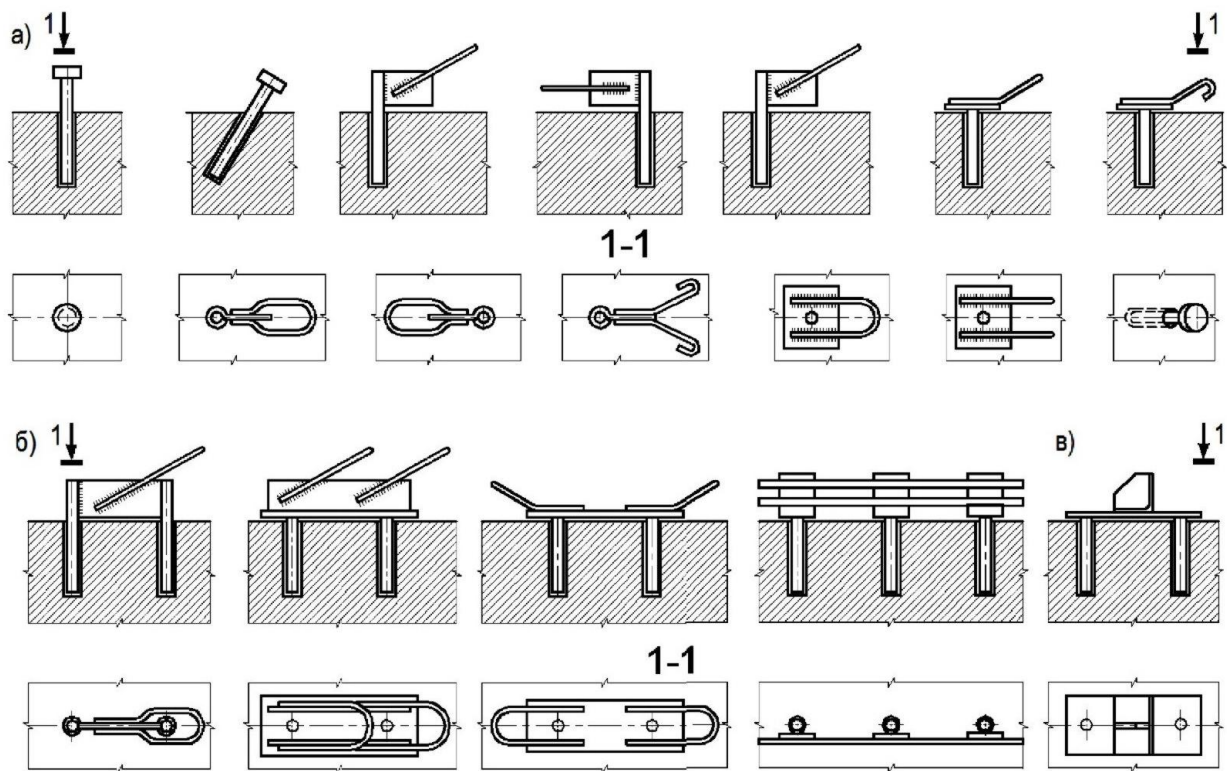


Рис. 1. Основні типи одиночних (а) і групових (б) клеєстрижневих анкерів з анкерувальними елементами

Як приклад, на рис. 1 показано декілька характерних типів вкленених стрижневих анкерів з привареними до них анкерувальними елементами у вигляді петель, гаків, арматурних стрижнів і жорстких упорів, призначених для сприйняття зсувних зусиль. Найпростішим серед них є одиночний анкер зі стрижневим або трубчастим несучим елементом (рис. 1, а). Складнішими є групові анкери з двома і більшою кількістю анкерних елементів, розташованих в один або декілька рядів з прикріпленими до них проміжними об'єднувальними елементами (рис. 1, б). Технологія влаштування анкерів зводиться до вклеювання анкерувального стрижня в заздалегідь утворені або висвердлені канали, діаметр яких залежно від типу і складу застосовуваної клеєвої композиції на 2–4 мм більший від діаметра анкера. Перед вклеюванням канали старанно очищають від сміття, пилу, бруду і залишків бетону промиванням і продуванням стисненим повітрям.

З'єднання на клеєстрижневих анкерах є доволі ефективні і під час підсилення та реконструкції споруд різного призначення, оскільки дають можливість без особливих труднощів розв'язати одне з основних завдань реконструкції – надійно об'єднати для сумісної роботи існуючі і добудовувані конструктивні елементи в реконструйованій споруді, а також спростити конструкцію вузлів об'єднання, технологію їх влаштування та значно скоротити терміни виконання робіт і їх трудомісткість.

Розрахунок довжини анкерування вклененого анкера в бетонному масиві за дії зсувної сили. В основу розрахунку на зсув покладено диференціальне рівняння зігнутої осі анкера як балки на пружній основі, яке за відсутності погонного навантаження має вигляд [5, 7]:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + 4y = 0, \quad (1)$$

де $x = \frac{x}{L}$ – безрозмірна координата; $L = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K}}$ – приведена довжина; E, I – модуль пружності і момент інерції анкера; K – коефіцієнт постелі основи за гіпотезою Вінклера.

Коефіцієнт постелі бетонної основи K визначають, використовуючи розв’язок плоскої контактної задачі Бусінеска про тиск круглого штамп, що моделює переріз анкера на півплощину, яка моделює бетонну основу (рис. 2) [5]:

$$K = \frac{g}{D}, \quad (2)$$

де g – інтенсивність прикладеного до штамп рівномірно розподіленого навантаження; D – вертикальне переміщення (осідання) бетону під штампом.

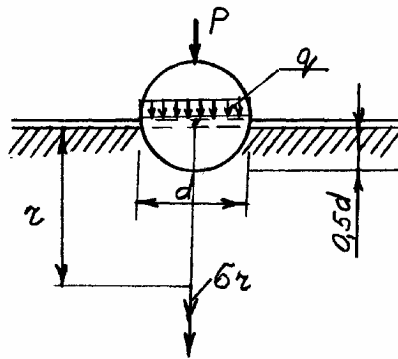


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення коефіцієнта постелі бетонної основи

Осідання бетонної основи можна подати як функцію її деформацій [5]:

$$D = \int_{0,5d}^r e_b dr = \int_{0,5d}^r \frac{s_r}{E_b} dr, \quad (3)$$

де s_r – радіальні стискувальні напруження в бетонній основі по вертикальній осі анкера; E_b – початковий модуль пружності бетону основи (під час її роботи в пружній стадії).

Згідно з відомим розв’язком Бусінеска зміна радіальних напружень s_r по глибині основи виражається формулою

$$s_r = \frac{2gd}{pr}. \quad (4)$$

Враховуючи те, що згідно з тим самим рішенням, напруження s_r наближаються до нуля і на відстані $r=6d$ маємо границі інтегрування у формулі (3) $0,5d-6d$ (рис. 2). Тоді з (3) одержимо

$$D = \int_{0,5d}^{6d} \frac{2gd}{prE_b} dr = \frac{2gd}{pE_b} \int_{0,5d}^{6d} \frac{dr}{r} = \frac{2gd}{pE_b} \ln r \Big|_{0,5d}^{6d} = \frac{2gd}{pE_b} \ln 12 = \frac{2gd}{3,14E_b} \cdot 2,4849 = \frac{1,583gd}{E_b}. \quad (5)$$

Після підстановки (5) в (2) одержимо вираз для розрахунку коефіцієнта постелі бетонної основи:

$$K = \frac{gE_b}{1,583gd} = 0,63 \frac{E_b}{d}. \quad (6)$$

Роботу бетонної основи у пружно-пластичній стадії можна врахувати введенням у формулу (6) січного модуля пружно-пластичних деформацій $E'_b = uE_b$ [6], де u – коефіцієнт пружності бетону, який залежить від рівня напружень у бетоні і визначається характером діаграми деформування $s_b - e_b$.

Загальний розв'язок однорідного диференційного рівняння (1) у випадку балки кінцевої довжини, навантаженої на кінці зосередженою силою P і згинальним моментом $M = P \cdot e$, представлений у [7]. В результаті цього одержано вирази для визначення переміщень та розподілу згинальних моментів і поперечних сил по довжині анкера.

З одержаних виразів визначено робочу довжину анкера з умови, що границею ділянки системи анкер-бетонна основа, на якій сприймається діюча зсувна сила P , є переріз анкера, в якому вертикальні переміщення і поперечна сила зменшуються до нуля, а згинальний момент має максимальне значення. З розв'язку рівняння (1) цій умові відповідає відносна довжина анкера в бетоні:

$$x_k = \frac{l_k}{L} = p, \quad (7)$$

звідки

$$l_k = pL. \quad (8)$$

Формула (8) являє собою ефективну довжину анкера, на якій відбуваються його деформації і сприйняття поперечного навантаження. Її можна вважати мінімальною довжиною вклеювання анкера у бетонний масив. Тобто з умов забезпечення міцності і обмеження деформацій фактична довжина анкерування $l_a \geq l_k$.

Експериментальні дослідження одиночного трубчастого клеєстрижневого анкера під час зсуву. Експериментальні зразки натурних розмірів являли собою бетонні блоки (склад бетону 1:1,32:3,65 за В/Ц=0,42, проектний клас В25) з утвореними в них під час виготовлення каналами діаметром 50 мм різної довжини: 250 мм (зразки А-1); 350 мм (А-2) і 450 мм (А-3), в які вклеювали відрізки труби діаметром 38 мм, товщиною стінки 3,8 мм і довжиною відповідно 200, 300 і 400 мм (рис. 3). Для вклеювання застосовували цементно-епоксидну композицію Sikagroud 311 з піщаним наповнювачем, якою заповнювали як канал, так і середину труби.

Зразки А-1, А-2, А-3 (по два кожного типу) з трубчастими анкерами різної довжини випробовували зсувною силою Q_{sh} , прикладеною по боковому зрізу бетонного блока (рис. 3).

Новою методичною особливістю випробувань була спроба експериментального визначення зігнутої осі анкера в бетоні за дії на нього зсувної сили. Для цього в бетонних блоках під час виготовлення через 50 мм утворювали вертикальні канали, в які встановлювали мікроіндикатори з ціною поділки 0,001 мм з видовжувачами до контакту з поверхнею вкесених анкерів (рис. 3). В такий спосіб вимірювали вертикальні переміщення анкера і одержували його зігнуту вісь, а за нею і робочу (деформовану) довжину анкерування за зрізу.

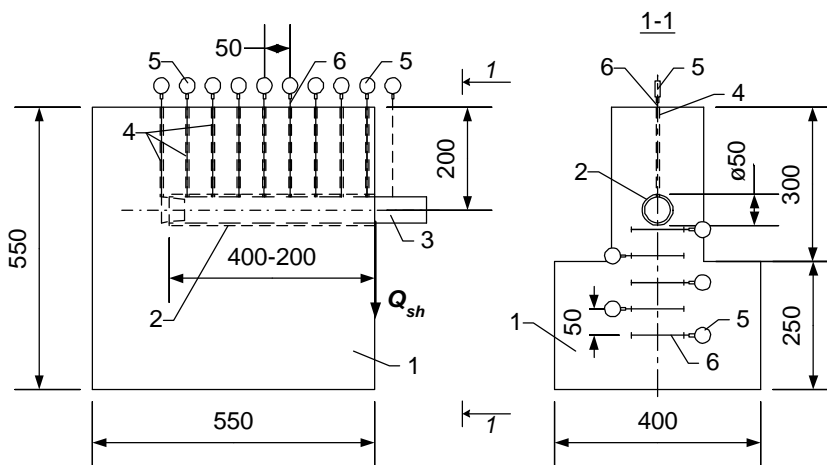


Рис. 3. Конструкція експериментальних зразків з вкесеними анкерами та схема розміщення приладів: 1 – бетонний масив; 2 – канал для вклеювання анкера; 3 – анкер; 4 – канали для розташування штоків мікроіндикаторів; 5 – мікроіндикатор; 6 – видовжувач

За основну кількісну величину міцності одиночного трубчастого анкера за зсуву приймали критичну силу Q_{cr} , яка відповідає точці перелому та початку значного викривлення графіків «зсувна

сила–вертикальне переміщення» (рис. 4, а) [9]. Експериментальне середнє значення критичної сили, визначене за узагальненим графіком деформацій найбільш навантаженого перерізу 1 під силою з шести випробуваних зразків, становило $Q_{sh}^{cr}=100,2$ кН, а повне руйнівне навантаження $Q_{sh}^u=145,4$ кН – за співвідношення між ними 1,37, що становить резерв несучої здатності за межею критичної сили. Максимальне переміщення анкера на кромці каналу за критичної сили становило $D_{cr}=0,24$ мм.

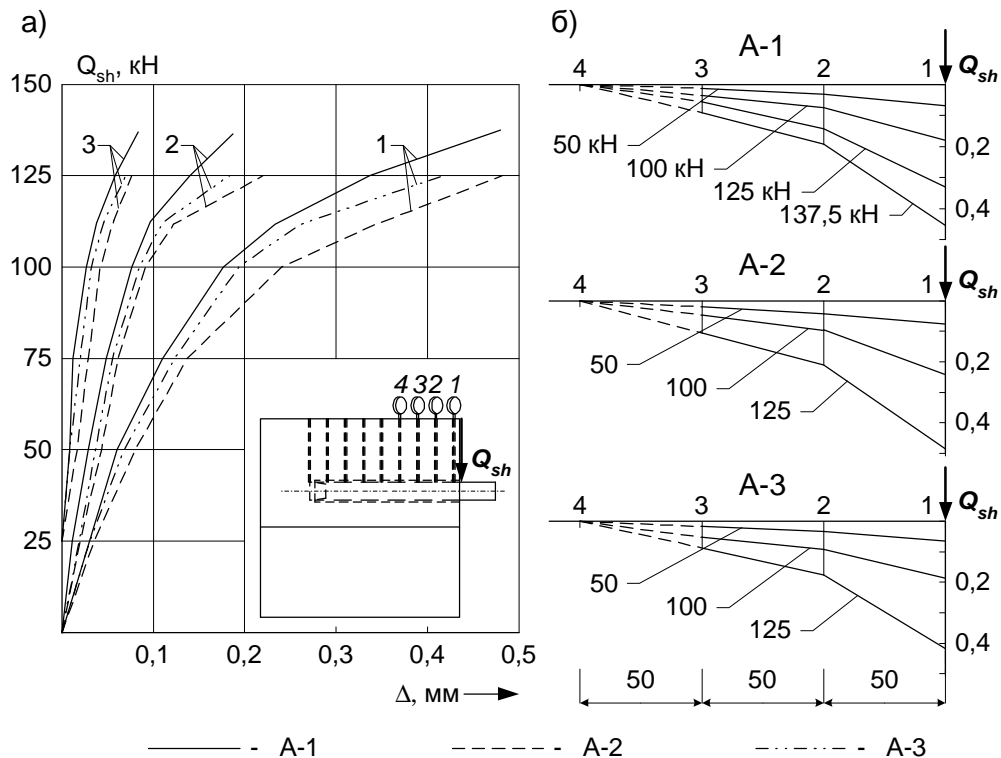


Рис. 4. Експериментальні графіки (а) і епюри (б) вертикальних переміщень стрижня анкерів в перерізах 1, 2, 3 бетонного масиву залежно від величини зсувної сили для випробуваних зразків

Експериментально робочу (деформовану) довжину анкера визначали за побудованими епюрами розподілу виміряних під час випробувань переміщень вздовж анкера (рис. 4, б). Для усіх зразків (А-1, А-2, А-3) вона виявилась однаковою і дорівнювала 150 мм, що становить приблизно $4d$ ($d=38$ мм). Тобто для надійного закріплення анкера в бетоні достатньо його довжини (5–6) d .

Аналіз графіків і епюр вертикальних переміщень підтвердив можливість прийняття розрахункової моделі системи анкер-бетонний масив у вигляді консольної балки на пружній або пружно-пластичній основі, розрахунок якої можна виконати за методами розрахунку балок на пружній основі.

Висновки: 1. Клеєстрижневі анкери є ефективним засобом об'єднання елементів залізобетонних конструкцій як під час нового будівництва, так і в умовах реконструкції.

2. За поперечного навантаження трубчастий анкер працює на згин як балка на бетонній пружній або пружно-пластичній основі залежно від величини радіальних стискаючих напружень σ_r . Тому під час розрахунку на зсув системи анкер-бетон розрахункову модель можна прийняти у вигляді балки кінцевої довжини на бетонній основі, яка у загальному випадку вздовж анкера може мати пружну і пружно-пластичну ділянки. Коефіцієнт постелі основи визначають з розв'язку плоскої задачі дії жорсткого кругового штампа на бетонну основу.

3. Робоча довжина досліджених вклеєних трубчастих анкерів натурних розмірів становить $4d$. З умови надійності анкерування в бетоні їх повну довжину необхідно приймати $l_a = (5 - 6)d$.

1. Барч З.И., Рунцо Н.П., Фишерова М.Ф. Некоторые решения реконструкции промзданий с железобетонным каркасом // Бетон и железобетон. – 1987. – №4. – С.9–10. 2. Белов Б.П. Расчет

глубины заделки штырей в стыках сборных конструкций // Бетон и железобетон. – №6. – 1984. – С.18–19. 3. Белов Б.П. Трещиностойкость клеештыревых стыков железобетонных элементов сборных мостов // Труды СоюздорНИИ “Новые направления в исследованиях конструкций и технологии строительства мостов”. – М.: СоюздорНИИ, 1988. – С. 56–64. 4. Губий М.М., Коваленко О.С., Герасенко О.А. Розрахунок несучої здатності розпірних анкерів для кріплення елементів підсилення до кам'яної кладки і бетону // Зб. “Будівельні конструкції”. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 148–153. 5. Климов Ю. Предельное состояние арматурного стержня в бетонном массиве при продольно-поперечном изгибе // XL Konf. Nauk. KILiW PAN i KN PZITB Problemy naukowo-badawcze budownictwa. – Т. 3: Konstrukcje betonowe. – Rzeszów–Krynica–Warszawa: Zakład małej Poligrafii Politechn. Rzeszowskiej, 1994. – С. 85–92. 6. Саканский Ю.Н., Белов Б.П. Ремонт и усиление железобетонных мостов // Автомобильные дороги. – М., 1986. – №2. – С. 17–18. 7. Салійчук Л.В. Ольховий І.М. Розрахункове дослідження роботи в бетоні трубчастого вмонтованого анкера при поперечному навантаженні // Зб. “Автомобільні дороги і дорожнє будівництво”. – К.: НТУ, 2004. – Вип. 69. – С. 219–225. 8. Серегин И.Н., Саканский Ю.Н., Белов Б.П. Клеештыревые стыки железобетонных элементов сборных мостов // Труды СоюздорНИИ “Совершенствование конструкций железобетонных пролетных строений автодорожных мостов и технологии их строительства”. – М.: СоюздорНИИ, 1982. – С. 47–57. 9. Шитиков Б.А. Экспериментальные исследования анкерных стержней в бетоне при действии поперечной нагрузки // Сб. “Совершенствование железобетонных конструкций”. – М.: Стройиздат, 1978. – Вип. 27. – С. 165–177. 10. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Гарбуз А.О. Кратковременная прочность анкерования арматурных стержней модифицированными акриловыми клеями // Зб. “Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівлі та споруди”. – Рівне: РДТУ, 2001. – Вип. 7. – С. 238–243. 11. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Гарбуз А.О. Золотов С.М. Использование акриловых клеев для реконструкции и ремонта зданий и сооружений // Зб. “Будівельні конструкції”. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 54. – С. 810–814. 12. Podręcznik techniki mocowań. Hilti. Wyd. III. – 2006. – 302 s.

УДК 666.942

М.А. Саницький, О.Р. Позняк, І.І. Кіракевич, Б.Г. Русин
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів

ВИСОКОФУНКЦІОНАЛЬНІ БЕТОНИ НА ОСНОВІ МОДИФІКАТОРІВ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

© Саницький М.А., Позняк О.Р., Кіракевич І.І., Русин Б.Г., 2008

Показано можливість отримання високофункціональних бетонів на основі бетонних сумішей з комплексними модифікаторами нової генерації, що в кінцевому підсумку забезпечить отримання високоміцних композитів з підвищеною довговічністю. Проаналізовано хімізм досліджуваних добавок нового покоління та їх вплив на властивості бетону.

Possibility of getting of high performance concretes on the basis of concrete mixes with complex modifiers of new generation, which in final result provides to obtain high strength composites with higher durability was shown. Chemism of investigated admixtures of new generation and their influence on properties of concrete have been analyzed.

Вступ. У сучасних умовах виникає гостра необхідність отримання високофункціональних бетонів нової генерації (High Performance Concrete, HPC), до яких належать високоміцні бетони (High-Strength Concrete, HSC), фібробетони, бетони з реактивних порошків, самоущільнювальні бетони (Self-Compacting Concrete, SCC). Підставою для таких сучасних рішень є отримання