

конструкция гражданских зданий: учебник // Савиловский В. В., Болотских О. Н.: — Х.: ВАТЕРПАС, 1999. — 287с.

4. Черненко В. К., Ярмоленко М. Г. та ін. Технологія будівельного виробництв: Підручник // Черненко В. К., Ярмоленко М. Г. та ін.: — К.: Вища шк., 2002. — 430с.

5. Ушацький С. А., Шейко Ю. П. Організація будівництва: Підручник // Ушацький С. А., Шейко Ю. П.: — К.: Кондор, 2007. — 521 с.

6. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва: ДБН // Науково-дослідний інститут будівельного виробництва.: — К.: Державне підприємство "Укрархбудінформ".

7. Ревіталізація [Електронний ресурс]. — Режим доступу : URL : <http://uk.wikipedia.org> — Назва з екрана.

#### АННОТАЦІЯ

Определено особенности организации производства подготовительных и основных строительных работ во время ревитализации объектов промышленности. Проанализировано основные отличия между организацией строительного производства во время ревитализации и реконструкции промышленных зданий и сооружений. Особенности организации строительного производства структурированы в соответствии с основными стадиями. Проанализировано главные факторы, которые усложняют ревитализацию. Приведены практические примеры организации строительного производства во время ревитализации промышленных зданий и сооружений.

Ключевые слова: ревитализация, реконструкция, организация строительства, промышленные здания, технология.

#### ANNOTATION

Article determines specifics of preparatory and basic construction works organization during revitalization of industrial facilities. Main differences between organization of construction work during revitalization and during custom reconstruction of industrial buildings and structures has been analyzed. Specifics of building construction have been structured due to main stages. Main factors that complicate revitalization have been analyzed. Practical examples of building construction organization due to revitalization have been described.

Keywords: revitalization, reconstruction, organization of building construction, industrial buildings, technology.

УДК 624.012.25: 539.319.00.24

Клюка О. М., к. т. н., доц., КНУ, м. Кременчук

### СКОРЕГОВАНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ПРОСТОРОВИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗВИЧАЙНО АРМОВАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРЯМОКУТНОГО ПРОФІЛЮ З ОДИНОЧНИМ АРМУВАННЯМ ПРИ ЗГІНІ З КРУЧЕННЯМ НА ОСНОВІ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

#### АНОТАЦІЯ

Запропоновано скорегований метод розрахунку міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним армуванням при сумісній дії крутного та згинаючого моментів на основі нелінійної деформаційної моделі розрахунку. Враховуючи наявність крутного моменту аргументована необхідність влаштування закритих хомутів поперечної арматури.

Ключові слова: згин з крученням, прямокутний профіль, одиночне армування, деформаційна модель.

**Аналіз останніх досліджень.** У відповідності з діючими до недавнього часу в Україні нормами [1], розрахунок залізобетонних конструкцій, незалежно, від умов силового впливу, форми поперечного перерізу та способу армування, виконувався за методикою, при якій напруження в стиснутій зоні бетону, при наявності останньої, розподілялись за її висотою за прямокутним законом, що явно не відповідало фактичному напруженому стану поперечного перерізу. Міжнародні [2], білоруські [3], російські [4] та введені в дію з 1 липня 2011 року українські норми [5] рекомендують виконувати розрахунок міцності поперечних перерізів залізобетонних елементів під дією зовнішнього навантаження на основі деформаційної моделі, згідно з якою напруження за висотою стиснутої зони бетону розподіляються за криволінійним законом. З урахуванням зазначених вище нормативних документів, на протязі останніх років українськими вченими виконані серйозні чисельні дослідження, за результатами яких на основі деформаційної моделі запропоновані методи розрахунку елементів залізобетонних конструкцій, що

працюють в умовах згину [6], косоного згину [7], центрального та позацентрового стиску [8]. Ці вагомо аргументовані наукові методи базуються на універсальних фізичних та теоретичних розрахункових моделях, що враховують реальний напружений стан поперечного перерізу залізобетонних елементів залежно від характеру впливу зовнішнього навантаження і створені на основі детального аналізу та вибору розрахункових моделей, запропонованих нормативними документами [2-5].

Автором роботи [9] запропонована методика визначення несучої здатності звичайно армованих елементів прямокутного профілю з одиночним та подвійним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі. В основу розрахунку покладена власна методика визначення критичної деформації бетону  $\varepsilon_{bR}$  в граничній стадії, розроблена на основі виконаних експериментально-теоретичних досліджень.

В роботі [10] запропонована методика визначення міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним армуванням з урахуванням трьох гілок поперечної арматури, пересічених похилою тріщиною руйнування, при згині з крученням на основі деформаційної моделі за умови визначення величини напружень за висотою стиснутої зони бетону поліном п'ятого ступеня у вигляді

$$\sigma_c = f_{cd} \sum_{i=1}^5 \alpha_k \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}} \right)^k, \quad (1)$$

а в роботі [11] запропоновано уточнений метод розрахунку міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним армуванням з урахуванням трьох гілок поперечної арматури, пересічених похилою тріщиною руйнування, а також верхньої гілки поперечної арматури, розташованої в стиснутій від згину зоні бетону, напруження в якій були розтягуючі, викликані крутним моментом, при згині з крученням на основі деформаційної моделі.

**Постановка завдання.** Скорегувати методику розрахунку міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі з урахуванням всіх чотирьох гілок поперечної арматури та визначенням величини напружень за

висотою стиснутої зони бетону поліномом п'ятого ступеню у вигляді (1).

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Слід зазначити, що в згинальних елементах, при наявності крутних моментів, обов'язково необхідно влаштовувати закриті хомути для створення внутрішнього крутного моменту для сприйняття розтягуючих напружень від крутного моменту, викликаного зовнішнім навантаженням. Внутрішній крутний момент повинен складатися із двох пар зусиль в стрижнях як вертикальних, так і горизонтальних гілок поперечної арматури, симетрично розташованих відносно центру кручення, який у прямокутному перерізі співпадає з його геометричним центром.

Виходячи з цих міркувань, метою даної роботи є корекція розрахункових формул, запропонованих в роботі [11] для визначення несучої здатності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним армуванням, що зазнають згину з крученням, на основі деформаційної моделі. Ця методика розрахунку базується на розрахунковій схемі (рис. 1, 2), в якій криволінійна епюра напружень в стиснутому бетоні висотою  $z_f$  замінюється прямокутною епюрою з умовною висотою  $z \leq z_f \leq z_{fR}$ , де  $z_{fR}$  — гранична висота стиснутої частини перерізу, і рівномірно розподіленим напруженням в бетоні  $f_{cd}$ .

Для звичайно армованого прямокутного перерізу з поздовжньою робочою арматурою, розташованою тільки в розтягнутій зоні (рис. 1), умови рівноваги зусиль в просторовому, нормальному до площини стиснутої зони бетону перерізі, запишуться у вигляді:

$$\Sigma M_{O-O} = 0; \quad (2)$$

$$\Sigma X = 0, \quad (3)$$

де  $\Sigma M_{O-O}$  — сума моментів всіх внутрішніх і зовнішніх зусиль відносно нейтральної лінії O-O, що проходить через нижню межу стиснутої зони бетону і лежить в її площині:

$$\begin{aligned} M_d \sin \alpha + T \cos \alpha = N_s \sin \alpha (d - z_z) + \\ + N_{swb} \cos \alpha (h - a_z - a'_z) + \\ + N_{swb} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha + N_c 0,5z_z. \end{aligned} \quad (4)$$

В цій формулі:

$$N_{swb} = \bar{q}_{y\omega d} b \operatorname{ctg}\varphi; \quad (5)$$

$$N_{swh} = \bar{q}_{y\omega d} h \operatorname{ctg}\varphi; \quad (6)$$

де  $\bar{q}_{y\omega d} = f_{y\omega d} A_{sw} / s$  – погонне зусилля в поперечних стрижнях (рис. 2), віднесене до одиниці довжини елемента; на початковому етапі розрахунку приймається конструктивно залежно від розмірів поперечного перерізу згинального елемента при поки що невідомому діаметрі поздовжньої робочої арматури, яке потім уточнюється при перевірці несучої здатності елемента на дію крутного моменту;

$N_c$  – нормальне до площини стиснутої зони бетону зусилля, що сприймається бетоном стиснутої зони просторового перерізу. Величина цього зусилля (рис.2) визначається за формулою:

$$N_c = \int_0^{z_z} \sigma_c dA = b \int_0^{z_z} \sigma_c dz = b \int_0^{\varepsilon_c} \sigma_c d\varepsilon, \quad (7)$$

де  $\varepsilon_c$  – відносна деформація крайнього верхнього стиснутого волокна бетону;

$\Sigma X$  – сума проекцій всіх внутрішніх зусиль на вісь, що проходить через точку перетину вертикальної осевої лінії Z із нейтральною лінією O-O перпендикулярно площині стиснутої зони бетону:

$$\Sigma X = N_s \sin\alpha + N_{swb} \cos\alpha - N_c = 0, \quad (8)$$

де

$$N_s = \sigma_s A_s = E \varepsilon_s A_s; \quad (9)$$

$\varepsilon_c$  – відносна деформація крайнього волокна розтягнутої арматури.

З використанням залежності " $\sigma_c - \varepsilon_c$ " у вигляді (1) формула (7) набуває вигляду:

$$N_c = f_{cd} b z_z \times \left( \alpha_1 \frac{\varepsilon_c}{2\varepsilon_{cl}} + \alpha_2 \frac{\varepsilon_c^2}{3\varepsilon_{cl}^2} + \alpha_3 \frac{\varepsilon_c^3}{4\varepsilon_{cl}^3} + \alpha_4 \frac{\varepsilon_c^4}{5\varepsilon_{cl}^4} + \alpha_5 \frac{\varepsilon_c^5}{6\varepsilon_{cl}^5} \right), \quad (10)$$

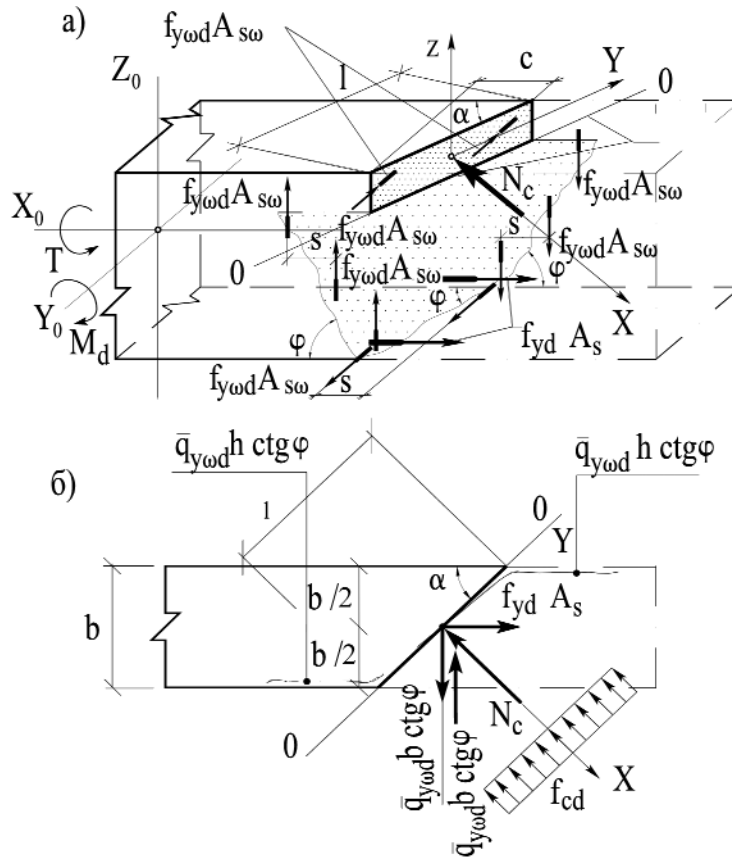
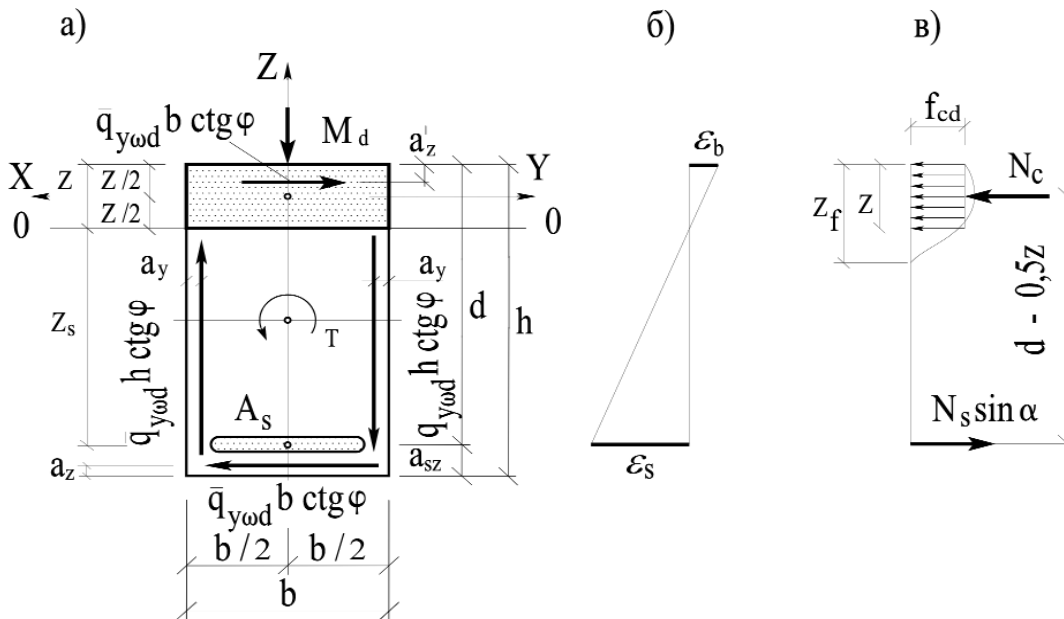


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення несучої здатності залізобетонного елемента прямокутного профілю з одиночною арматурою при згині з крученням на основі деформаційної моделі з урахуванням всіх чотирьох гілок поперечної арматури: а – аксонометричний вигляд розрахункової схеми; б – горизонтальна проекція залізобетонного елемента



**Рис. 2.** До розрахункової схеми для визначення несучої здатності залізобетонного елемента прямокутного профілю з одиночною арматурою при згині з крученням на основі деформаційної моделі з урахуванням всіх чотирьох гілок поперечної арматури: а – поперечний переріз залізобетонного елемента; б – еюра деформацій; в – еюра внутрішніх зусиль в поперечному перерізі

де  $\alpha_k$  – коефіцієнти, що визначаються згідно з [12].

З урахуванням (9) і (10) складові рівняння (8) набувають вигляду:

$$N_s = E A_s \times \frac{\epsilon_c}{z_z} (d - z_z); \quad (11)$$

$$N_c = f_{cd} b z_z \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+1} \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cl}} \right)^k. \quad (12)$$

Моменти, які сприймаються поздовжньою ( $M_s$ ) і поперечною ( $M_{swb}$  і  $M_{swh}$ ) арматурою та стиснутою зоною бетону  $M_c$  відносно нейтральної осі просторового перерізу О–О, визначаються за формулами:

$$M_s = \sigma_s A_s z_s = E \epsilon_s A_s z_s = E A_s \frac{\epsilon_c}{z_z} (d - z) \quad (13)$$

$$M_{swb} = N_{swb} \cos \alpha (h - a_{sz} - z); \quad (14)$$

$$M_{swh} = N_{swh} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha; \quad (15)$$

$$M_c = \int_0^{z_z} \sigma_c z_z dA_c = b \int_0^{z_z} \sigma_c dz_z = b \int_0^{\epsilon_c} \sigma_c d\epsilon. \quad (16)$$

З урахуванням виразу (1) формула (16), за якою визначається згинаючий момент, що сприй-

має стиснута зона бетону, набуває вигляду:

$$M_c = f_{cd} b z_z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cl}} \right)^k. \quad (17)$$

Сумарний згинаючий момент, що сприймається поздовжньою та всією поперечною арматурою, визначається за формулою:

$$M_s + M_{swb} + M_{swh} = E A_s \frac{\epsilon_c}{z_z} (d - z)^2 + N_{swb} \cos \alpha (h - a_z - z) + N_{swh} h \sin \varphi. \quad (18)$$

Підставляючи вирази (17) і (18) у (4), отримуємо

$$M_d \sin \alpha + T \cos \alpha = E A_s \frac{\epsilon_c}{z_z} (d - z)^2 + N_{swb} \cos \alpha (h - a_z - z) + N_{swh} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha + R_b b z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\epsilon_b}{\epsilon_{bR}} \right)^k. \quad (19)$$

Розв'язуючи це рівняння відносно  $M_d$  з урахуванням того, що  $\psi = T : M_d$ , отримуємо розрахункову формулу для визначення міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночною арматурою з урахуванням всіх гілок поперечної арматури та визначенням величини напружень за висотою стиснутої зони бетону поліномом п'ятого ступеня при згині з крученням у вигляді

$$M_d = \frac{1}{\sin \alpha + \psi \cos \alpha} \times \left\{ E A_s \frac{\varepsilon_c}{z_z} (d - z)^2 + N_{swb} \cos \alpha (h - a_z - z) + N_{swh} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha + f_{cd} b z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k + 2} \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}} \right)^k \right\}, (20)$$

в якій критична деформація бетону  $\varepsilon_c$  визначається за запропонованою автором роботи [9] формулою

$$\varepsilon_c = 0,00074 f_{cd}^{0,31}, (21)$$

отриманою на підставі виконаних власних експериментально-теоретичних досліджень.

В формулі (20) параметр  $z$  визначається методом поступового наближення до досягнення необхідної точності не нижче 5 %.

Після цього за формулою

$$T = \psi M_d (22)$$

визначають величину крутного моменту  $T$ , що сприймається просторовим перерізом елементу прямокутного перерізу з одиночною арматурою при згині з крученням.

**Висновок.** У зв'язку з наявністю крутного моменту, викликаного зовнішнім навантаженням, в роботі аргументована необхідність влаштування закритих хомутів в поперечному перерізі звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного поперечного перерізу з одиночним армуванням. Отримані рівняння дозволяють виконувати розрахунок міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного перерізу з одиночним армуванням при сумісній дії згинаючого та крутного моментів на основі деформаційної моделі з урахуванням всіх чотирьох гілок поперечної арматури та визначенням величини напружень за висотою стиснутої зони бетону поліномом п'ятого ступеня у вигляді (1).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР, — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. — 77 с.
2. Кодекс — образец ЕКБ-ФИП для норм по железобетонным конструкциям (русский перевод). - М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. -284с.
3. СНБ 5.03.01-02. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования. — Мн., 2002. — 217с.
4. СП 52-101-03. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М., 2003. Госстрой России, 125 стр.
5. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. — К.: Мінрегіонбуд України, 2009. — 98 с.
6. Роговий С.І. Посібник із розрахунку міцності нормальних перерізів елементів залізобетонних конструкцій на основі деформаційної розрахункової моделі./ С.І. Роговий // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). — Полтава: ПолтНТУ, 2004. — Вип. 11. — 42 с.
7. Павліков А.М. Напружено-деформований стан навскісно завантажених залізобетонних елементів у за критичній стадії: : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. докт. техн. наук за спец. 05.23.01- будівельні конструкції, будівлі та споруди. / А.М. Павліков — Полтава, 2008.- 40с.
8. Бамбура А.Н. Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона. / А.Н. Бамбура, В.Я. Бачинский, Н.В. Журавлева, И.Н. Пешкова — К.: 1987. — 24 с.
9. Клюка О.М. Розрахунок міцності нормальних перерізів залізобетонних елементів при згині з крученням на основі нелінійної деформаційної моделі. Дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук за спец. 05.23.01- будівельні конструкції, будівлі та споруди. / — Полтава: Полтавський НТУ ім. Ю. Кондратюка, 2010. — 163 с.
10. Клюка О. М., Жорняк М. С. До визначення міцності просторових перерізів звичайно армованих елементів прямокутного профілю з одиночною арматурою при згині з крученням на основі деформаційної моделі. — Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, випуск № 47. — Одеса — 2012. — 6 с.
11. Клюка О. М., Жорняк М. С. Уточнений метод розрахунку міцності просторових перерізів звичай-

но армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі. Міжвідомчий науково-технічний збірник "Будівельні конструкції", випуск 78, книга 1. — К.: ДП НДІБК — 2013. — 7 с.

12. Бамбура А.Н., Гурковский А.Б. К построению деформационной теории железобетона стержневых систем на экспериментальной основе / Збірник наукових праць. — К.: НДІБК, 2003. — Випуск 59. — Книга 1. — С. 121-130.

#### АННОТАЦИЯ

Предложен скорректированный метод расчета прочности пространственных сечений обычно армированных железобетонных элементов прямоугольного профиля с одиночным армированием при совместном действии крутящего и изгибающего моментов на основе нелинейной деформационной модели расчета. Учитывая присутствие крутящего момента обоснована необходимость устройства закрытых хомутов поперечной арматуры.

Ключевые слова: изгиб с кручением, прямоугольное сечение, одиночное армирование, деформационная модель.

#### ANNOTATION

The adjusted method of calculation of durability of spatial cuts of the usually reinforced concrete elements of rectangular profile is offered with single re-enforcement at the difficult types of deformation on the basis of nonlinear deformation model of calculation. Given the presence of torque argued the need for placement closed clamps transverse reinforcement.

Keywords: bend with twisting, rectangular profile, single re-enforcement, deformation model

УДК 666.972+544.77

Беліченко О.А., к.т.н., с.н.с., ХНА-ДУ, м Харків

#### ВЛИВ АКТИВАЦІЇ НА ПРОЦЕСИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ

##### АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто активаційні способи впливу на рівні структури цементних бетонів. Виділено і згруповано різні види впливу. Встановлено об'єкти активації і показано, що всі активаційні дії впливають на процеси структуроутворення бетонів. Встановлено, що застосування мінеральних добавок сприяє ущільненню мікро- і мезо- рівнів структури за рахунок зниження пористості. Наводяться дослідження по визначенню впливу хімічних і мінеральних добавок різної природи і дисперсності на процеси структуроутворення цементного тіста.

Ключові слова: активація, структура, мікронаповнювач, дисперсність, структуроутворення, міцність, цементне тісто, цементний камінь.

**Актуальність.** Все більшого значення в технології сучасних високофункціональних бетонів набуває вдосконалення властивостей бетонних сумішей і бетонів шляхом застосування хімічних і мінеральних добавок. Грамотне застосування комплексних добавок дозволяє вирішити будь-які проблеми, пов'язані з отриманням бетонів із заданими властивостями. Застосування високодисперсних мінеральних наповнювачів в технології цементних бетонів обумовлює підвищення їх фізико-механічних показників, а також забезпечує зменшення витрат дорогого в'язучого. Для забезпечення високої ефективності дії мікронаповнювачів важливі не тільки їх властивості, а і їх кількість, що вводиться та дисперсність. Кількість мінеральних добавок, що вводяться, становить від частки відсотка до декількох десятків відсотків від маси в'язучої речовини [1]. Отримати на практиці високоякісний багатокомпонентний цементний камінь, на основі якого створюються спеціальні високофункціональні бетони, можна шляхом спрямованого структуроутворення. Для спрямованого структуроутворення застосовують різні види активаційних впливів, наприклад, хімічні, фізичні, фізико-хімічні та механічні. Об'єктами