

Рис. 4. Диаграмма изменения продолжительности работ на площади трехкомнатной квартиры

**Выводы.** Как видно из диаграмм, продолжительность работ, рассчитанная по данным нормативных документов, много больше, чем продолжительность, рассчитанная по полученным экспериментальным путем данным. Это свидетельствует о необходимости пересмотра данных нормативов для исключения противоречий между заказчиком и исполнителем в случае подписания юридически оформленных договоров, а в некоторых случаях разработки данных на отсутствующие в нормативных документах работы.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Багрова І. В. Нормування праці: Навчальний посібник / Інні Василівна Багрова. Дніпропетровськ.: Дніпропетровських університет економіки та права, 2003. – 212 с.
2. Внутренняя отделка. Материалы и технологии: [Рук. проекта Кочергин С. М.]. – М.: Стройинформ, 2006. – 842 с. – (Серия «Застройщик»).
3. Воропаева Л. Отделочные работы / Л. Воропаева, А. Теличко – М.: Махаон, 2004. – 384 с. – (Домашняя библиотечка).
4. ДБН Д.2.2-15-99. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 15. Отделочные работы. Введен от 1 января 2000 г. Госстрой Украины. – К., 2000. – С. 110.

УДК 624.072.3

#### ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ У ПЕРЕРІЗІ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО РИГЕЛЯ

д.т.н., проф. Семко О.В., асп. Бібік Д.В.

Полтавський національний технічний університет ім.Ю.Кондратюка,

**Постановка проблеми.** Сталезалізобетонні ригелі (СЗБР) мають ряд переваг в порівнянні з традиційними сталевими або залізобетонними конструкціями: більш раціональне використання властивостей матеріалів, що дозволяє збільшити робочу висоту перерізу і отримати зростання міцності та жорсткості конструкції; зовнішні сталеві елементи можна використовувати як незійомну опалубку при бетонуванні; як наслідок – економія матеріалів. Індустріальність виготовлення та монтажу СЗБК дозволяє скоротити терміни будівництва.

Розрахунок СЗБР виконується за діючими методами розрахунку [1], які приводять до зайвих витрат матеріалів, а в деяких випадках і до недостатньої надійності конструкцій. Розробка більш досконалих методів розрахунку СЗБК є актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень.** Актуальність використання сталезалізобетонних балок розглянута в багатьох дослідженнях [2-4], але дійсна робота і поведінка конструкції під навантаженням з урахуванням фізичної [5-7] та геометричної нелінійності залишається малодослідженою.

**Не розв'язаним є питання** визначення напружено-деформованого стану СЗБК на усіх стадіях виготовлення, монтажу та експлуатації конструкції.

**Виклад основного матеріалу.** Розглядається СЗБР з більш розвиненою залізобетонною верхньою полицею з зовнішнім армуванням. По довжині ригеля можна виділити три різних типи перерізів. При врахуванні зміни перерізів на етапах монтажу, кількість перерізів збільшується до дев'яти (рис.1). У процесі монтажу змінюється також розрахункова схема конструкції.

У загальному вигляді у перерізах жорстко обпертого ригелю виникають згинальні моменти та поздовжня сила. Визначення напружено-деформованого стану СЗБР вирішується методом кінцевих різниць. Деформація ригеля описується дискретною множиною точок, для кожної з котрих записуються рівняння рівноваги. Основні передумови розрахунку: плоский вигин, просте навантаження, не враховуються дотичні напруження (співвідношення  $L/h_0$  значно більше 10).

Кривизна ригеля визначається за точною формулою  $k_t = y'' / (1 + y'^2)^{3/2}$ .

Похідні описуються кінцево-різнцевими формулами при п'ятиточковій апроксимації лінії прогинів.

Система диференціальних рівнянь другого порядку вирішується відносно прогинів та розпору модифікованим методом Ньютона з періодичною апроксимацією матриці Якобі.

Умови закріплення ригеля реалізуються за рахунок введення законтурних фіктивних точок.

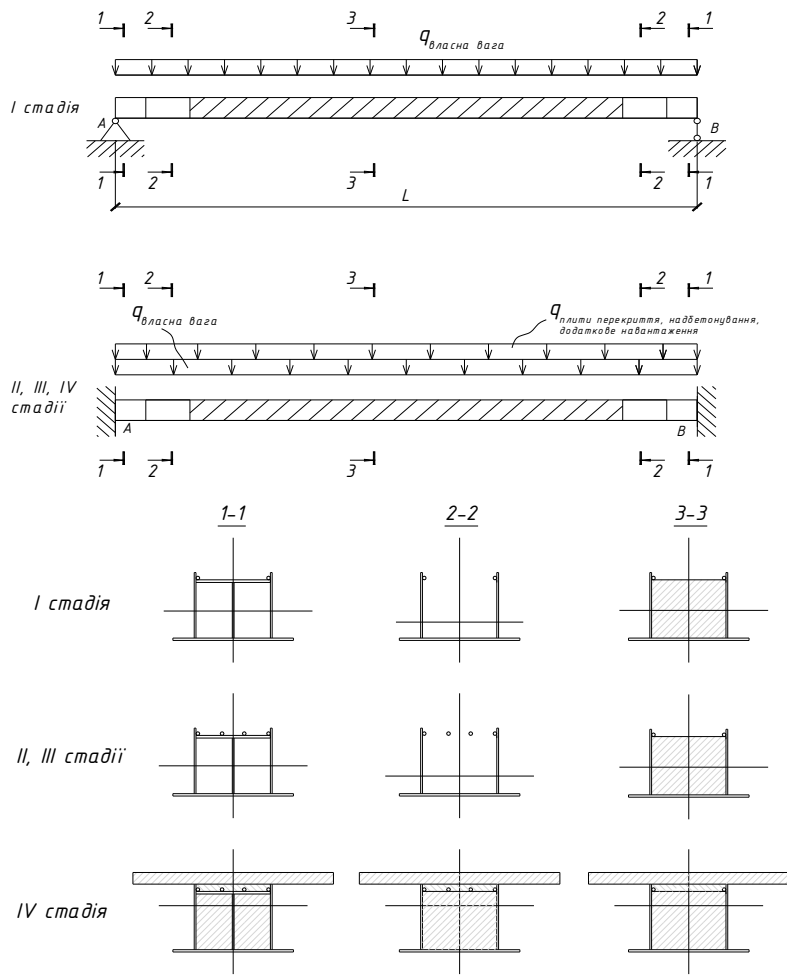


Рис. 1. Схеми завантаження та типи перерізів СЗБ ригеля.

Для врахування фізичної та геометричної нелінійності використовується загальновідомі рівняння  $N_{ext} = N_{int}$  та  $M_{ext} = M_{int}$ .

Кожний переріз розбиваємо на окремі елементи, в залежності від виду матеріалу - сталі, бетону, арматури, та розташування елемента. Влаштуємо ітерації за відносною деформації центрального волокна  $\epsilon_N$ , за заданими кривини  $K$  та зовнішній поздовжній силі  $N_{ext}$ , визначаємо внутрішні  $N_{int}$  та  $M_{int}$

$$N_{int} = \sum_{z=1}^c N_{int,z} \quad M_{int} = \sum_{z=1}^c M_{int,z} \quad (1)$$

де  $N_{int,z} = \int_A \sigma dA$  та  $M_{int,z} = \int_A \sigma h dA$  - відповідно поздовжня сила та

згинальний момент у окремому матеріалі перерізу СЗБР (листова сталь, арматура, бетон);

$c$  - кількість матеріалів з різними діаграмами  $\sigma(\epsilon)$  у перерізі ригеля (звичайно 2-4 шт).

Визначити аналітично наведені інтеграли не представляється можливим, тому використовуються чисельні методи.

Звичайно, для обчислення інтегралів при рішенні подібних задач, переріз розбивається на кінцеве число однакових по висоті ділянок [8], а інтеграли замінюються кінцевими сумами. Для досягнення достатньої точності такий підхід потребує значної кількості ділянок.

У даній роботі пропонується для опису діаграм  $\sigma(\epsilon)$  використання сплайнів ступеня  $n$ . Розбиття перерізу СЗБР на окремі ділянки відбувається в залежності від форми перерізу (розміщення матеріалу). Межа ділянок обираються крайні фібри, границя «робочого» бетону, місця різкої зміни ширини перерізу, ординати визначені за формулою  $a_i = (\epsilon_i - \epsilon_N)/k$ .

З урахуванням наведеного формули (1) можливо записати

$$N_{int,z} = \sum_{j=1}^m \left\{ F_{i+2-j}(\epsilon) \int_{b_j}^{a_j} p dh + \sum_{l=1}^n k^l \frac{F_{i+2-j}^{(l)}(\epsilon)}{l!} \cdot \int_{b_j}^{a_j} p h^e dh \right\} \quad (2)$$

$$M_{int,z} = \sum_{j=1}^m \left\{ F_{i+2-j}(\epsilon) \int_{b_j}^{a_j} p h dh + \sum_{l=1}^n k^l \frac{F_{i+2-j}^{(l)}(\epsilon)}{l!} \cdot \int_{b_j}^{a_j} p h^{e+1} dh \right\} \quad (3)$$

де  $m$  - кількість ділянок розбиття перерізу по висоті;

$p, h$  - відповідно ширина та висота перерізу;

$$F_{i+2-j}(\epsilon) = B_{1,i+2-j} + \epsilon_N B_{2,i+2-j} + \dots + \epsilon_N^n B_{n+1,i+2-j},$$

$$F'_{i+2-j}(\epsilon) = B_{2,i+2-j} + 2\epsilon_N B_{3,i+2-j} + \dots + n \cdot \epsilon_N^{n-1} B_{n+1,i+2-j},$$

$$F_{i+2-j}^{(n)}(\epsilon) = n! \cdot B_{n+1,i+2-j},$$

$B_1, B_2, \dots, B_{n+1}$  - коефіцієнти сплайну ступеня  $n$ , описуючого діаграму роботи матеріалу;

$i$  - номер точки на діаграмі  $\sigma = f(\epsilon)$ , для якої  $\epsilon_i \leq \epsilon_H \leq \epsilon_{i+1}$ ;

$\epsilon_H = \epsilon_N + k \cdot h/2$  - максимальна деформація крайнього волокна перерізу;

$a_j, b_j$  - границі ділянок перерізу, зв'язані з вузловими точками опису

діаграми. Визначаються наступним чином:

при  $j=1, a_1 = h/2; b_1 = (\varepsilon_i - \varepsilon_N)/k_i;$   
 при  $2 \leq j \leq m-1, a_j = (\varepsilon_{i-j+2} - \varepsilon_N)/k_i; b_j = (\varepsilon_{i-j+1} - \varepsilon_N)/k_i;$   
 при  $j=m, a_m = (\varepsilon_{i-m+2} - \varepsilon_N)/k_i; b_m = -h/2.$

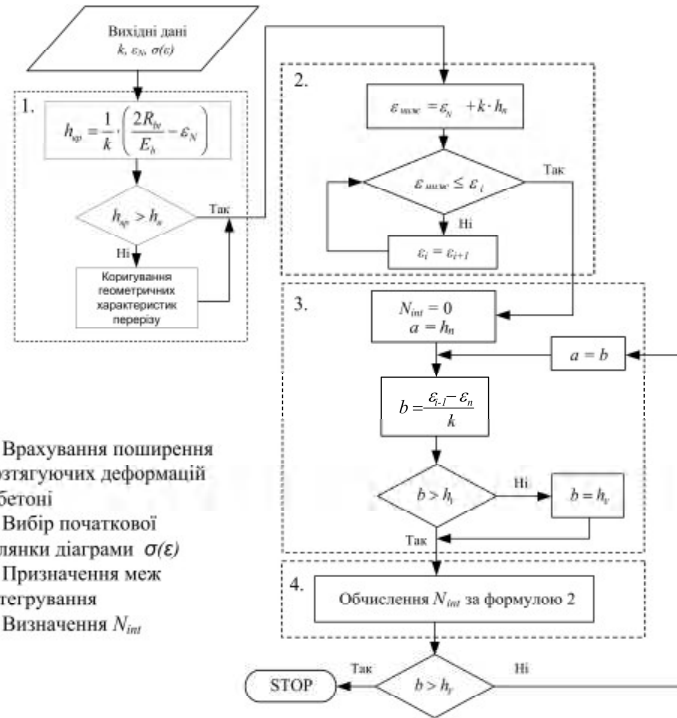


Рис. 2. Визначення  $N_{int}$  в елементі перерізу по заданим відносному видовженню центрального волокна  $\varepsilon_N$ , кривині  $k$  і діаграмі  $\sigma(\varepsilon)$

На кожній з ітерацій визначення внутрішніх зусиль у елементарному елементі довільного перерізу СЗБ ригеля уточнювались розміри розтягнутої зони бетону. Так, відповідно до використовуваної діаграми бетону  $\sigma = f(\varepsilon)$ , при  $\varepsilon_{bt,u} = 2R_{bt, ser} / E_b$  у бетоні виникають тріщини і зона з тріщинами виключається з роботи перерізу. Як відмічено у [2,3], значення  $\varepsilon_{bt,u}$  може бути збільшене до  $80 \cdot 10^{-5}$  за умов роботи розтягнутого бетону в сприятливих умовах (в об'ємі). Враховуючи зміну перерізу конструкції, у подальшому розрахунку, на кожній ітерації визначались нові геометричні характеристики перерізу. Ці характеристики на наступному етапі використовувались для визначення внутрішніх зусиль. Розрахунок виконувався у такій послідовності:

Використовуючи гіпотезу плоских перерізів визначається розташування у бетонній частині перерізу фібри з граничним розтягуючим значенням

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_{bt, u} = 2R_{bt, ser} / E_b,$$

$$2R_{bt, ser} / E_b = \varepsilon_N + k h_i,$$

$$h_i = (2R_{bt, ser} / E_b - \varepsilon_N) / k.$$

Уточнюється зона «робочого» бетону (граничі ділянок  $a_j, b_j$ ) та корегуються геометричні характеристики перерізу ригеля у цілому.

Для прямокутного та круглого перерізу інтеграли в формулах (2, 3) табличні. Кількість ділянок розбиття перерізу по висоті зменшується зі зменшенням кривини і скороченням числа точок, що описують діаграму  $\sigma(\varepsilon)$ .

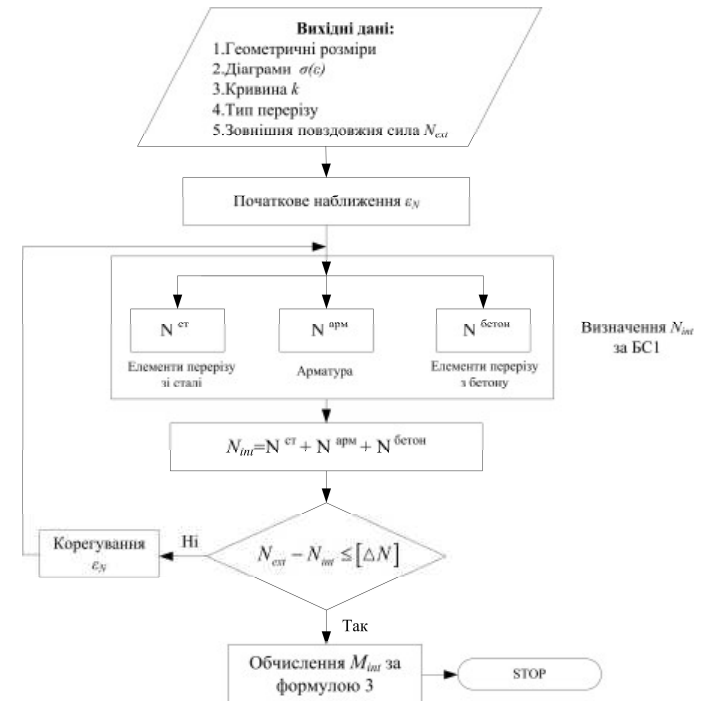


Рис. 3. Визначення внутрішніх зусиль у і-му перерізі СЗБ ригеля.

Блок-схема визначення  $N_{int}$  в елементі перерізу за формулою (2) наведена на рис 2, а блок-схема визначення  $M_{int}$  – (формула 3) на рис 3.

При численній реалізації представлений підхід дозволяє достатньо точно визначити внутрішні зусилля у довільному перерізі СЗБР при довільній діаграмі  $\sigma(\varepsilon)$ .

**ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой // НИИЖБ, ЦНИИПромзданий. – М.: Стройиздат, 1978. – 54 с.
2. Семко О.В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій: Монографія.-Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2004.-320с.
3. Стороженко Л.І., Лепенко О.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: Монографія. – Полтава: АСМІ, 2008.-312с.
4. Клименко Ф.С., Фабрика Ю.М., Шпиг Р.А. Характер розвитку деформацій в сталезалізобетонних балках, що працюють на згин/Зб. «Дороги і мости», вип.7, в 2-х т., т.1 –К.:ДерждорНДІ, 2007. – с.230-237.
5. Бабич Є.М., Філіпчук С.В. Б12 Розрахунок замкнених залізобетонних рам при малоциклових навантаженнях за наявності тріщин в розтягнутій зоні бетону. Рекомендації. –Рівне: НУВГП, 2009. - 22с.
6. Семко О.В. Про особливості розрахунку статично невизначених сталезалізобетонних рамних конструкцій/ "Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій" вип.6, Львів. Каменярь, 2005. – стр. 267-273
7. Сколибог О.В. Розрахунок міцності і жорсткості нормальних перерізів згинальних елементів із листовим армуванням // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць.. – К.: НДІБК, 2005. Вип. 62 – с.304-307.
8. Шимановский В. Н., Соколов А. А. Расчет вязких конструкций за пределом упругости – К.: Будівельник, 1975. –104 с.

УДК 624.078.7

**ВИЗНАЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ НЕРОЗРІЗНИХ БАЛОК З ГНУЧКИМИ АНКЕРАМИ**

д.т.н., проф. Семко О.В., ст. викл. Гасенко А.В., асп. Дарієнко В.В.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Розвиток будівництва в Україні в умовах фінансової кризи особливо гостро стикається із загальною проблемою зменшення витрат на будівельні конструкції, що використовуються під час зведення будівель та споруд. Зменшити витрати можна шляхом врахування повної діаграми роботи бетону й сталі та перерозподілу зусиль між матеріалами комбінованих елементів (між сталлю та бетоном у сталезалізобетонних згинальних елементах), таким чином зменшуючи поперечні перерізи елементів. Важливим питанням залишається питання вибору оптимальних розмірів та конструкції елементів поєднання цих двох матеріалів для сумісної роботи.

Аналізуючи останні дослідження і публікації у даному напрямку, можна сказати слідує: на даний час напружено-деформований стан згинальних сталезалізобетонних конструкцій вивчено досить глибоко, розроблені методи їх розрахунку і конструювання [4, 5, 6]. Аналіз існуючих методів розрахунку згинальних сталезалізобетонних конструкцій, з'єднувальних засобів (анкерів) в них та методи врахування перерозподілу зусиль у нерозрізних сталезалізобетонних балках викладено в [1]. Діючі нормативні документи щодо проектування статично невизначених згинальних сталезалізобетонних конструкцій [3] рекомендують визначати їх несучу спроможність за допомогою метода граничної рівноваги.

Невирішеною частиною залишилось питання визначення оптимального кроку встановлення та конструкції анкерів для забезпечення сумісної роботи бетону та сталі, особливо у місцях дії позитивного згинального моменту у бетоні – розтягнутого бетону. Також діючі нормативні документи не враховують реальні діаграми деформацій вихідних матеріалів, процеси тріщиноутворення в бетоні.

Метою роботи є теоретичне визначення несучої здатності нерозрізних сталезалізобетонних балок із різними розмірами металевої розтягнутої частини, бетонної стиснутої частини та класу самого бетону, гнучких анкерів різних розмірів та із різним кроком встановлення.

Як відомо [3], розрахунок міцності нормальних перерізів комбінованих сталезалізобетонних згинальних елементів проводиться в залежності від трьох випадків положення нейтральної вісі по відношенню до сталевго профілю (див. рис. 1):

- випадок 1 – нейтральна вісь не перетинає ні профіль двотаврової сталевго балки, ні верхню залізобетонну полицку, а проходить саме між ними. Тобто бетон у верхній полицці працює повністю на стиск (рис. 1, а);
- випадок 2 – нейтральна вісь перетинає стінку профілю жорсткої арматури (двотавру) (рис. 1, б). Тобто крім бетонної полицки стиснута ще й частина сталевго профілю – двотавру;
- випадок 3 – нейтральна вісь перетинає верхню бетонну полицку (рис. 1, в). Тобто бетонна полицка тільки частково стиснута.

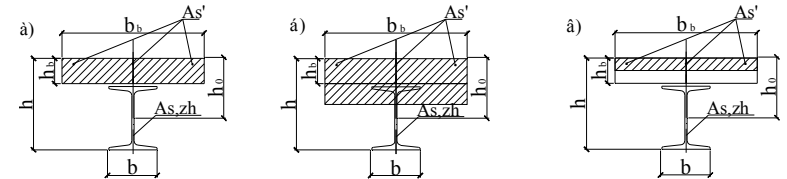


Рис. 1. Випадки розміщення нейтральної вісі для таврового сталезалізобетонного перерізу

Найефективніше комбінована сталезалізобетонна балка буде працювати у тому випадку, коли у перерізі із максимальним значенням згинального моменту верхня залізобетонна полицка буде повністю стиснута, а нижня стала – повністю розтягнута. Це є перший випадок положення нейтральної вісі. Тому далі у формулах (1)-(5) [3] під значеннями товщини залізобетонної полицки  $h_b$  та висоти стиснутої зони бетону  $x$  прийматиметься одна й та ж величина.

Для першого випадку висота стиснутої зони визначатиметься за формулою:

$$x = \frac{R_{s,zh} \cdot A_{s,zh} - R_s' \cdot A_s'}{2 \cdot R_b \cdot b_b} \quad (1)$$

Тоді максимально допустимий згинальний момент буде обчислюватися за формулою:

$$M = R_b \cdot b_b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + R_b \cdot b_b \cdot h_b \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h_b) + R_s' \cdot A_s' \cdot (h_0 - a') \quad (2)$$