

## References

1. Доценко І.К., Шагомяло М.І. Автомобіль. -К.: Радянська школа 1961, -329 с.
2. Белорусский автозавод «Карьерный самосвал БелАЗ-7512 и его модификации. Дополнения к руководству по ремонту и эксплуатации» Жодино. –1996, -313 с.
3. Карьерный самосвал БелАЗ-7512. На англ. яз.; Изд-во «Внешторг Белавто-МАЗ». -М.: 1999.
4. Caterpillar, KAT-785. Caterpillar, Inc., Printed in Switceland 1990
5. Komatsu Mining Systems, Inc., Komatsu-530M., Printed in USA 1997.
6. Komatsu Mining Systems. Каталог продукции, напечатано в США, 1998.
7. Кнороз В.И. и др. Работа автомобильной шины. -М.: Транспорт, 1976. –238 с.
8. Дж. Вонг. Теория наземных транспортных средств. Перевод с англ. –М.: «Машиностроение», 1982, -238 с.

УДК 624.046

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, доц., О.Ю. ЄРЬОМЕНКО, канд. техн. наук.  
Криворізький технічний університет

### **ЕФЕКТИВНІСТЬ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ПРИ ОЦІНЦІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ЗГІНАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА**

Наведено алгоритм та методика розрахунку міцності нормальних перерізів залізобетонних згинальних елементів за проектом нових національних норм. Виконано порівняння ступеню надійності розрахункових формул. Проведено обробку дослідних даних, зроблено висновки.

Приведён алгоритм и методика расчёта прочности нормальных сечений железобетонных изгибаемых элементов по проекту новых национальных норм. Выполнено сравнение степени надёжности расчётных формул. Проведена обработка экспериментальных данных, сделаны выводы.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Класична теорія розрахунку залізобетонних елементів багаторазово зазнавала критики, але, перші намагання побудувати розрахунок залізобетонних конструкцій, виходячи зі стадії руйнування, завдяки чисто емпіричному напрямку не були конкурентом теорії пружного бетону. Разом з цим, вчені відмічали, що майбутня теорія залізобетону буде побудована на базі пружнопластичних деформацій бетону та арматури.

Сучасний етап розвитку теорії залізобетону тісно пов'язаний з деформаційною моделлю перерізів Євростандартів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Останніми роками знаходить широке застосування метод перерізів з використанням деформаційної моделі, яка дозволяє з єдиних універсальних позицій розраховувати залізобетонні елементи будь-якої форми поперечного перерізу, з різноманітними арматурою та бетоном. Характерною особливістю моделі є застосування, крім рівнянь рів-

новаги зусиль, умов деформування перерізу і діаграм стану бетону та арматури [1].

До впровадження деформаційних методів розрахунку в теорії залізобетону традиційно розглядали переріз, який проходить по тріщині. Останнє положення має ряд недоліків. По перше, будь-які припущення про форму епюри напружень і її максимальну ординату в перерізі з тріщиною – дуже наближені, тому що над тріщиною виникає занадто складний напружений стан, помножений на неоднорідність бетону. По-друге, для перерізу з тріщиною практично неможливо скористатися законом розподілу деформацій за висотою, а саме поняття деформацій умовне.

В розрахунках міцності нормальних перерізів елементів що згинаються і позациентрово-стиснутих, згідно деформаційної методики, використовуються наступні гіпотези і допущення [2]:

- за розрахунковий приймають переріз, деформації якого дорівнюють середнім по довжині блоку між тріщинами, якщо вони утворюються;
- вважається справедливою гіпотеза про лінійний розподіл деформацій по висоті перерізу (гіпотеза плоских перерізів);
- зв'язок між напруженнями та деформаціями стиснутого бетону приймають у вигляді криволінійних діаграм з додатньою гілкою, при цьому допускається використання спрощеної – білінійної діаграми (рис. 1, а);
- зв'язок між напруженнями та деформаціями арматури приймають у вигляді діаграми, наведеної на рис. 1, б);
- опір розтягнутої зони бетону допускається не враховувати;
- опір розрахункового перерізу вважається вичерпаним, якщо деформації крайніх стиснутих волокон бетону та деформації розтягнутої арматури досягають граничних значень.

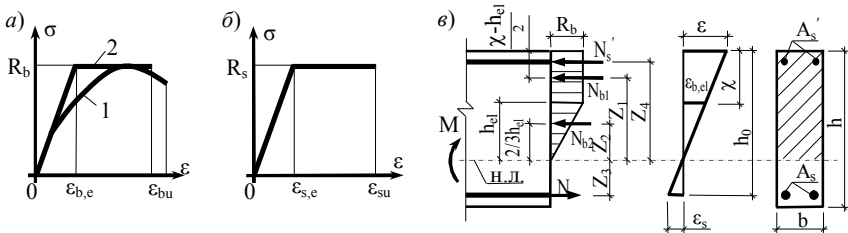


Рис. 1. До розрахунку міцності нормальних перерізів залізобетонних невідсилених елементів: а – дійсна (1) та спрощена (2) діаграма “напруження-деформації” важкого бетону; б – діаграма “напруження-деформації” м’якої арматурної сталі; в – схема зусиль, напружень і деформацій у розрахунковому перерізі.

В багатьох випадках простота конструктивних рішень (наприклад, поперечний переріз прямокутної форми) дає підстави для спрощення розрахунків до прийнятної точності [1]. У зв’язку з цим допускається використання спрощеного методу розрахунку, який базується на спрощених діаграмах де-

формування бетону, арматури та деформаційному способі розрахунку (рис. 1, а, б).

**Постановка завдання.** Метою проведених досліджень була перевірка ступеню надійності розрахункових формул наближеної (згідно з діючими нормами) і більш точної (деформаційний метод) методик розрахунку залізобетонних елементів за першою групою граничних станів, шляхом розрахунку міцності нормальних перерізів експериментальних зразків балок.

**Викладення матеріалу та результати.** У відповідності до програми випробувань були виготовлені балки прямокутного поперечного перерізу розміром 100×200 мм і довжиною 2000 мм. При цьому армування балок приймали з такого розрахунку, щоб у нормальному перерізі виконувалась нерівність  $\xi > \xi_R$ .

Короткочасні випробування балок проводили за схемою однопрольотної вільно лежачої балки, навантаженої двома зосередженими силами в третинах прольоту.

Визначення міцності нормального перерізу балок у відповідності до проекту норм було здійснено як для прямокутного залізобетонного елементу з подвійним армуванням (рис. 1, в).

Основною дією в процесі визначення міцності перерізу залізобетонного елемента є перевірка рівняння рівноваги суми проєкцій внутрішніх сил, що діють у перерізі, на повздовжню вісь елемента [1]

$$N_{b1} + N_{b2} + N'_s - N_s = 0 \quad (1)$$

або в розгорнутому вигляді

$$\frac{R_b \cdot b}{2 \cdot \chi} [2 \cdot (\varepsilon_{b1} - \varepsilon_{b,ei}) + \varepsilon_{b,ei}] + \sigma'_s \cdot A'_s - \sigma_s \cdot A_s = 0 \quad (2)$$

за умови  $\varepsilon_{b1} = \varepsilon_{bu}$  та  $\varepsilon_s = R_s / E_s$ ;  $\varepsilon_{su} = 1 \cdot 10^{-5}$ ;  $\sigma'_s = R_{sc}$ ;  $\sigma_s = \varepsilon_s \cdot E_s$ .

$$\text{У формулі (2) } \chi = \frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_{b1} + \varepsilon_{sl}}{h_0};$$

$$\varepsilon_{b,ei} = \frac{R_b}{E_b} \quad (3)$$

Значення величин  $\varepsilon_{bu}$ ,  $R_b$ ,  $E_b$ ,  $R_s$ ,  $E_s$  - фактичні значення дослідних міцнісних та деформативних характеристик матеріалів.

За результатами обчислення рівняння (2) можуть бути реалізовані два випадки: 1) ліва частина – більша за нуль, що свідчить про недостатність армування перерізу; 2) ліва частина – менша за нуль, що означає переармування перерізу.

Перевірку рівняння рівноваги (2) виконують методом послідовних наближень [1]. Коли переріз переармовано, послідовно зменшують величину відносних деформацій арматури  $\varepsilon_{sl}$  на величину  $\Delta \varepsilon'_{sl} = 0.1 \cdot \varepsilon_{su}$ . Послідовне зменшення відносної деформації виконують, доки ліва частина рівняння (2) не змінить знак.

Граничний згинальний момент  $M_{uit}$ , що сприймає переріз, визначається відносно нейтральної вісі перерізу балки за формулою

$$M_{uit} = \frac{R_b \cdot b}{6 \cdot \chi^2} \left( 3 \cdot \varepsilon_{b1}^2 - \varepsilon_{b,ei}^2 \right) + \sigma_s \cdot A_s \left( h_0 - \frac{\varepsilon_{b1}}{\chi} \right) + \sigma'_s \cdot A'_s \left( \frac{\varepsilon_{b1}}{\chi} - a'_1 \right) \quad (4)$$

При обчисленні згинального моменту  $M_{uit}$  використовують величини  $\varepsilon_{b1}$ ,  $\varepsilon_s$ ,  $\chi$ ,  $\sigma_s$  отримані на останніх циклах ітерацій при рішенні рівняння (2).

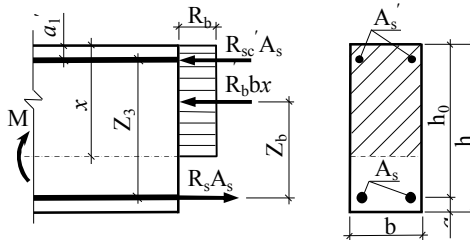


Рис. 2. Схема зусиль та еюра напружень у розрахунковому перерізі

Згідно з вимогами норм [3], визначення міцності нормальних перерізів залізобетонних балок, зважаючи на те, що вони проектувалися з підвищеним відсотком армування розтягнутої зони, тобто  $\xi > \xi_R$  (рис. 2) зводилося до обчислення співвідношення

$$M_u = a_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2 + R'_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a'_1) \quad (5)$$

де  $R_b$ ,  $R'_{sc}$ ,  $b$ ,  $h_0$ ,  $a'_1$  - фактичні значення дослідних міцнісних та геометричних величин балок;  $a_R$  - коефіцієнт, який приймають в залежності від величин граничної відносної висоти стиснутої зони  $\xi_R$  [4].

Результати обчислень міцності балок наведеними методами, а також середні експериментальні значення міцності дослідних балок наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння дослідних і розрахункових результатів міцності балок

Назва величин	Величини міцності балок
Середній експериментальний згинальний момент при руйнуванні, $M_u^{експ}$ , кН·м	13.2
Теоретична міцність нормальних перерізів балок за згинальним моментом (згідно СНиП), $M_u^{теор}$ , кН·м	12.9
Теоретична міцність нормальних перерізів балок за згинальним моментом розрахованих за проектом ДБН, $M_u^{теор}$ , кН·м	13.5

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Порівняння розрахунків за обома формулами (4) і (5) (табл. 1) показують цілком прийнятну точність отриманих результатів у порівнянні з експериментальними даними.

Зважаючи на те, що деформаційна методика більш повно враховує фактичні фізико-механічні характеристики матеріалів і те як вони впливають на

напружено-деформований стан елемента, можна зробити наступні припущення про доцільність її використання в тому або іншому випадку. Так при розрахунку статично невизначуваних конструкцій, коли йдеться про перерозподіл зусиль, чи коли повністю використовується опір бетону стисненої зони, розрахунок міцності бажано вести за більш точною деформаційною методикою. Зрозуміло, що останнє припущення може носити лише рекомендаційний характер, оскільки твердження про неприйнятність або доцільність тієї чи іншої методики розрахунку, повинно бути обґрунтовано додатковими експериментальними перевірками.

#### *Список літератури*

1. **Барашиков А.Я., Бамбура А.М., Гурьківський О.Б.** Основні положення розрахунку бетонних та залізобетонних конструкцій по національному нормативному документу (ДБН), що розробляється //Будівельні конструкції. Вип. №62. –К.: НДІБК, 2005. –с. 36-43.
2. **Голишев О.Б., Бамбура А.М.** Курс лекцій з основ розрахунку будівельних конструкцій і з опору залізобетону. –К.: Логос, 2004. –340 с.
3. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции /Госстрой СССР. –М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. –79 с.
4. **Байков В.Н., Сигалов Э.С.** Железобетонные конструкции. –М.: Стройиздат, 1984. –728 с.

УДК 622.274.3

С.С. БАШТАНЕНКО, В.М. ТАРАСЮТИН, канд. техн. наук,  
Криворожский технический университет

### **РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭТАЖНО-КАМЕРНОЙ ВЫЕМКИ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКОЙ**

Приведены результаты обоснования конструктивных и технологических параметров этажно-камерной системы разработки железистых кварцитов с последующей твердеющей закладкой очистного пространства, обеспечивающие максимальное качество рудной массы.

Приведені результати обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів поверхово-камерної системи розробки залізистих кварцитів з наступним твердінням закладанням очистного простору, що забезпечують максимальну якість рудної маси.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Обеспечение максимального качества рудной массы за счет обоснования конструктивных и технологических параметров этажно-камерной технологии очистной выемки магнетитовых кварцитов в условиях сохранения дневной поверхности на базе применения самоходного оборудования является актуальной научно-технической задачей [1].