

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф.,
О.Ю. ЄРЬОМЕНКО, М.О. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДЕФОРМАТИВНОСТІ СКЛАДЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ПОХИЛИМИ ТРІЩИНАМИ

Бетон та залізобетон отримав широкого розповсюдження, як будівельний матеріал, на теренах України. Серед залізобетонних конструкцій найбільшого поширення отримали складені залізобетонні конструкції. До складених відносять більшість збірно-монолітних залізобетонних конструкцій, які поєднують в собі окремі позитивні якості як збірного, так і монолітного залізобетону, завдяки чому є дуже рентабельними і зручними для будівництва. Все більш широке застосування збірно-монолітних і складених конструкцій пов'язано з реконструкцією і відновленням будівель та споруд, в процесі яких часто виникає необхідність підсилення несучих залізобетонних елементів. Залізобетонні конструкції і конструкції, які підсилюються при реконструкції будівель і споруд характеризуються загальним опором комбінованого перерізу з різних бетонів, з інтегральними властивостями за міцністю і деформативністю. Аналіз конструктивних особливостей і структури перерізів багатошарових і складених залізобетонних елементів показує, що в місцях з'єднань двох матеріалів відбувається різка зміна характеристик і фізико-механічних властивостей матеріалів. Зважаючи на це методи розрахунку, які традиційно базуються на гіпотезі спільності деформацій старого і нового матеріалів, вимагають аналізу, уточнення і відповідного корегування. Було узагальнено частину існуючих, на теперішній час, результатів експериментальних досліджень та методик розрахунку прогинів складених залізобетонних конструкцій з похилими тріщинами. Наведено основні положення методики розрахунку деформативності залізобетонних складених конструкцій за умови наявності похилих тріщин з врахуванням умовних зосереджених зсувів в швах між бетонами та порушення суцільності бетону. Для визначення дійсного напружено-деформованого стану залізобетонних складених конструкцій, що працюють з тріщинами, виникає необхідність у розгляді та аналізі всієї картини тріщиноутворення в процесі навантаження. Виконано порівняння розглядуваної методики розрахунку з нормативною методикою на підставі їх співставлення з експериментальними даними. Результати порівняльного аналізу переміщень для дослідних конструкцій показують істотну відмінність теоретичних прогинів, розрахованих за нормативною методикою і експериментальних значень в зоні утворення й розвитку похилих тріщин.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Бетон та залізобетон отримав широкого розповсюдження, як будівельний матеріал, на теренах України. Серед залізобетонних конструкцій найбільшого поширення отримали складені залізобетонні конструкції. До складених відносять більшість збірно-монолітних залізобетонних конструкцій, які поєднують в собі окремі позитивні якості як збірного, так і монолітного залізобетону, завдяки чому є дуже рентабельними і зручними для будівництва. Елементи таких конструкцій попередньо виготовляються на заводі, а потім монтуються з окремих збірних елементів, утворюючи основу майбутньої споруди, після чого бетонуються, перетворюючись при цьому в єдину конструктивну систему. До складених залізобетонних конструкцій відносять конструкції плит перекриттів, конструкції стінових панелей, конструкції каркасів будівель, підсилені нарощуванням, багатошарові огорожуючі, конструкції покриттів виробничих будівель.

Все більш широке застосування збірно-монолітних і складених конструкцій пов'язано з реконструкцією і відновленням будівель та споруд, в процесі яких часто виникає необхідність підсилення несучих залізобетонних елементів. Розвитку методів розрахунку і проектування підсилення залізобетонних конструкцій присвячено значну кількість наукових праць [1-5].

Залізобетонні конструкції і конструкції, які підсилюються при реконструкції будівель і споруд характеризуються загальним опором комбінованого перерізу з різних бетонів, з інтегральними властивостями за міцністю і деформативністю. Це багато в чому визначає ключові параметри розрахунку і проектування конструкцій даного класу, оскільки призводить до перерозподілу внутрішніх зусиль в їх перерізах.

Аналіз конструктивних особливостей і структури перерізів багатошарових і складених залізобетонних елементів показує, що в місцях з'єднань двох матеріалів відбувається різка зміна характеристик і фізико-механічних властивостей матеріалів. Зважаючи на це методи розрахунку, які традиційно базуються на гіпотезі спільності деформацій старого і нового матеріалів [5-7], вимагають аналізу, уточнення і відповідного коригування.

Теоретичні та експериментальні дослідження, присвячені вирішенню такого завдання, на сьогоднішній день проведені в незначній кількості, що ж стосується питань вивчення жорсткості складених залізобетонних конструкцій в зоні похилих тріщин, то вони є, практично, не вивченими.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження напружено-деформованого стану велося, умовно, за двома напрямками.

До першого напрямку належать роботи [2,7], в яких об'єктом дослідів були балки і плити складеного перерізу з монолітним абсолютно жорстким швом контакту між елементами. Ці експериментальні дослідження дали змогу встановити стійкі залежності для деформацій волокон на різних рівнях за висотою стиснутої зони і показали, що ці волокна деформуються практично за лінійним законом.

Експериментальні дослідження другого напрямку [3,8-10] стали виконуватися в останні два десятиліття. Вони присвячені виявленню різних особливостей напруженого й деформованого стану складених залізобетонних конструкцій з податливими швами контакту між елементами.

Спільною роботою двох або декількох бетонів з різними характеристиками міцності і деформативними властивостями визначається ряд досить специфічних завдань проектування конструкцій такого класу. До таких завдань відносяться: забезпечення міцності контакту двох бетонів; врахування відмінностей в деформаціях від повзучості й усадки збірної й монолітної бетону, а також їх фізико-механічних характеристик; врахування впливу попереднього навантаження і режимів навантаження збірної елемента на тріщиностійкість і деформативність всієї конструкції; врахування перерозподілу зусиль між збірною і монолітною частинами перерізу конструкції, між бетонами і арматурою.

Вирішенню цих завдань присвячено досить значну кількість досліджень. Так в роботах [7,11] розглянуто питання міцності контакту між збірним і монолітним бетонами. У роботі [7] розглянуті питання міцності за нормальними і похилими перерізами збірно-монолітних конструкцій, а також питання їх тріщиностійкості. Вивченню впливу тривалих процесів на напружено-деформований стан збірно-монолітних конструкцій присвячені роботи [7,12].

На новій теоретико-методологічній основі в останні роки [1,13,14] проведені дослідження з розробки та вдосконалення деформаційних розрахункових моделей залізобетонних конструкцій, головним інструментом яких стали діаграми станів бетону й арматури на всіх стадіях деформування, включаючи руйнування.

Відомо, що в теорії залізобетону досить широке коло завдань вирішується використанням лінійного закону розподілу деформацій за висотою розрахункового перерізу. У той же час, як помічено в роботах [15 та ін.], такий підхід не охоплює розрахунків, пов'язаних з похилими тріщинами, зчепленням бетону з арматурою, де можна не розглядати елемент в цілому.

Проведений аналіз методів оцінки силового опору залізобетонних елементів по похилих перерізах показує, що ці методи побудовані на емпіричній або напівемпіричній основі і не повністю враховують багато важливих чинників, які визначають характер деформування і руйнування таких конструкцій.

Постановка завдання. Подальше вдосконалення методів розрахунку жорсткості складених залізобетонних конструкцій з тріщинами на основі розвитку фізичних моделей їх опору з урахуванням умовних зосереджених зсувів в шві між бетонами, несумісності деформацій бетону і арматури та ефекту порушення суцільності бетону є актуальним і має важливе теоретичне і практичне значення. З огляду на останнє, було узагальнено частину існуючих [16-21], на теперішній час, результатів експериментальних досліджень та методик розрахунку прогинів складених залізобетонних конструкцій з похилими тріщинами.

Викладення матеріалу та результати. Для визначення дійсного напружено-деформованого стану залізобетонних складених конструкцій, що працюють з тріщинами, виникає необхідність у розгляді та аналізі всієї картини тріщиноутворення в процесі навантаження.

При цьому важливо отримати не тільки різні рівні тріщиноутворення нормальних тріщин, а й мати повну картину розвитку похилих тріщин.

Дослідні дані свідчать про те, що при наявності одночасно нормальних і похилих тріщин зростання кутових деформацій в результаті їх розвитку пропорційне зростанню кривизни [21].

Успішне дослідження напружено-деформованого стану в зонах з тріщинами і аналіз їх впливу на жорсткість залізобетонних конструкцій потребує чіткої класифікації та детального аналізу схем утворення і розвитку тріщин.

Ряд дослідників, в роботах [18, 22], розрізняють наступні три види похилих тріщин при побудові розрахункової моделі деформування залізобетонних складених конструкцій:

похилі до поздовжньої осі елемента тріщини, що перетинають поздовжню і поперечну арматуру, прилеглі своєю вершиною до зосередженої сили та, які утворюються на ділянках, де $Q \geq Q_{\text{крс}}$ і $M > M_{\text{крс}}$;

похилі до поздовжньої осі елемента тріщини, що перетинають тільки поперечну арматуру та, які утворюються на ділянках, де $Q > Q_{\text{крс}}$ і $M < M_{\text{крс}}$;

похилі до поздовжньої осі елемента тріщини, що перетинають тільки поперечну арматуру, не прилягають своєю вершиною до зосередженої сили (можуть виходити в будь-яку точку верхньої межі залізобетонної стержневої конструкції), та утворюються на ділянках, де $Q > Q_{\text{крс}}$ і $M < M_{\text{крс}}$.

Аналіз наявних дослідних даних [18] для приопорних тріщин і тріщин, прилеглих до зосередженого навантаження, дозволяє виділити два віяла тріщин: віяло похилих тріщин, прилеглих до зосередженого навантаження і віяло можливих похилих тріщин, прилеглих до опори.

Завдяки такому розподілу тріщин, заснованому на оцінці дійсного напруженого стану бетону та арматури на ділянках спільної дії згинального моменту і поперечної сили, став можливим подальший розвиток розрахункової моделі деформування складених залізобетонних конструкцій, при наявності в них похилих тріщин [21,23,24].

Побудова загальної розрахункової схеми і методики розрахунку прогинів залізобетонних складених конструкцій, при наявності в них похилих тріщин, базується на таких основних передумовах [18, 21, 24]:

для розрахунку використовується п'ятиблокова розрахункова схема, що включає два віяла можливих похилих тріщин трьох типів;

для середніх деформацій бетону і арматури в межах кожного зі складених стержнів вважається справедливою гіпотеза плоских перерізів;

напруження в бетоні і арматурі визначаються з використанням білінійних діаграм σ - ϵ ;

параметр жорсткості контакту шва ξ_m визначається з експерименту на зсув призм з різних бетонів, в тому числі, призм з арматурними стержнями;

в якості критерію утворення тріщин прийнята умова досягнення розтягнутими волокнами бетону, вздовж осі поперечної або поздовжньої арматури, граничних деформацій;

рівнів тріщиноутворення може бути декілька;

ширина розкриття тріщин визначається як накопичення зосереджених відносних взаємних зміщень бетону та арматури на ділянках, прилеглих з обох сторін до тріщини;

зв'язок між напруженнями зчеплення τ і відносними умовними зосередженими взаємними зміщеннями бетону і поперечної (поздовжньої) арматури $\epsilon_b(x)$ приймається лінійним;

при оцінці деформацій розтягнутого бетону враховується додатковий деформаційний вплив в тріщині, пов'язаний з порушенням суцільності бетону;

для оцінки жорсткості залізобетонного складеного стержня використовуються поодинокі смужки, вирізані в околиці чотирьох-п'яти довільних поперечних перерізів в прольоті «зрізу».

Загальні рівняння визначення переміщень можна отримати розглянувши довільно навантажений залізобетонний стержень, розбивши його на n ділянок (рис. 1). Для i -ої ділянки з абсцисами граничних точок b_i та b_{i+1} рівняння кривизни можна записати у вигляді [18]

$$\chi(z) = \chi_i + \frac{\chi_{i+1} - \chi_i}{l_i} (z - b_i). \quad (1)$$

Наведене рівняння кривизни дозволяє отримати рівняння кутів повороту перерізів та зігнутої вісі балки в такому вигляді

$$\varphi_i = \varphi_i + \frac{l}{n} \left[\frac{M_1}{2B_1} + \frac{M_i}{2B_i} + \sum_{j=2}^{i-1} \frac{M_j}{2B_j} \right] + \Theta_i, \quad (2)$$

$$y_i = y_1 + \varphi_1 l \frac{i-1}{n} + \frac{l^2}{n^2} \left[\frac{(3i-4) \frac{M_1}{B_1} + \frac{M_1}{B_1}}{6} + \sum_{j=2}^{i-1} \frac{M_j}{B_j} (i-j) \right] + \delta_i \quad (3)$$

Параметри δ_i та Θ_i враховують зосереджені деформації зсуву і зосереджені кутові деформації в i -му перерізі $\delta_i = \sum_{i=1}^{n-m} a_{crc,i} \sin \alpha_i$; $\Theta_i = \sum_{i=1}^{n-m} \frac{a_{crc,i} \sin \alpha_i \cos \alpha_i}{C_i}$. (4)

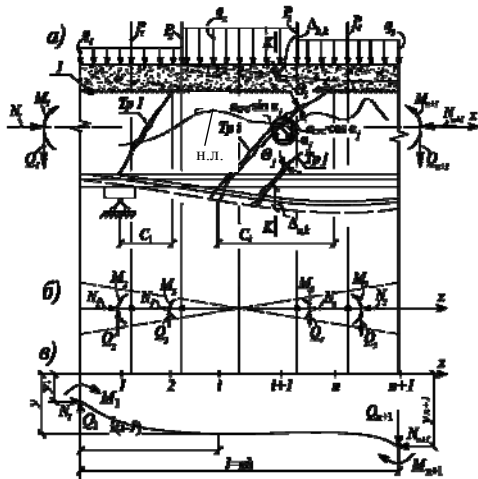


Рис. 1. Розрахункова схема залізобетонної складеної конструкції з похилими тріщинами: *a* - схема навантаження, утворення тріщин і прогинів; *b* - приведені внутрішні зусилля M, Q, N ; *в* - зігнута вісь стержня; l - контактний шов між бетоном конструкції та бетоном нарощування (монолітним бетоном)

Наведені рівняння (1-4) дозволяють, в загальному випадку, проводити оцінку жорсткості залізобетонних складених конструкцій як з похилими, так і з нормальними тріщинами. Повністю розрахунковий апарат представлено в роботах [18,21,23] і унаслідок його значного обсягу в даній статті не наводиться.

У розглянутій методиці запропоновано новий варіант теорії формування похилих тріщин і розрахункова схема арочних блоків для визначення жорсткості залізобетонних складених конструкцій при наявності в них

похилих тріщин. Схема дозволяє на єдиній методологічній основі об'єднати розрахункові схеми для похилих тріщин, які починаються з розтягнутої зони залізобетонного елемента і розвиваються до джерела навантаження і для похилих тріщин, які утворюються в околиці нейтральної осі залізобетонного елемента і розвиваються як в бік стиснутої, так і розтягнутої його зон.

Для співставлення відповідності розглядуваної методики розрахунку дійсній роботі і напружено-деформованому стану складених (підсилених) залізобетонних елементів була зібрана представницька статистична вибірка з 148 дослідів [16-24 та ін.]. Співставлення виконувалося відповідно до наведеної методики і за нормативною методикою. Результати розрахунків за означеними методиками наведено на рис. 2 і в табл. 1. Проведений аналіз показує гарне узгодження між теоретичними і експериментальними значеннями прогинів при використанні розглядуваної методики розрахунку.

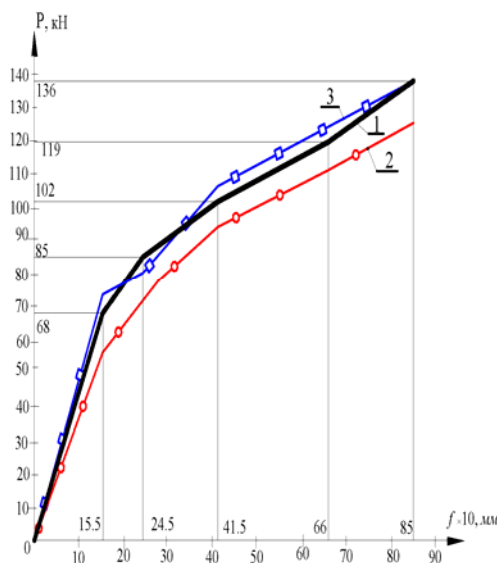


Рис. 2. Усереднені графіки прогинів зразків: 1- усереднені за експериментальними даними [16-21]; 2 – теоретичні за нормативною методикою; 3- теоретичні за методикою, що розглядається

З аналізу статистичних даних (табл. 1) можна зробити висновок, що запропонована розрахункова методика дає більш наближені до дослідних результати в оцінці переміщень залізобетонних конструкцій, про що свідчить коефіцієнт варіації $C_V=8,45\%$ і значення середнього \bar{X} , близького до одиниці [18].

Аналіз отриманих графіків (рис. 2) показує істотну відмінність теоретичних прогинів, розрахованих за нормативною методикою і дослідних прогинів в зоні утворення похилих тріщин [18,21].

Співставлення даних розрахункових методик

Методика чинних норм	Кількість дослідів	Результати статистичної обробки даних		
		\bar{X}	σ	C_V
Розрахункова методика	148	0,881	0,2594	29,44%
Експериментальна методика	148	1,0536	0,089	8,45%

Висновки та напрямок подальших досліджень. Результати порівняльного аналізу переміщень для дослідних конструкцій показують істотну відмінність теоретичних прогинів, розрахованих за нормативною методикою і експериментальних значень в зоні утворення і розвитку похилих тріщин. Так, якщо в середині дослідної конструкції вони розрізняються лише в межах 10 %, то в зоні розвитку похилих тріщин така різниця може досягати 35 % і більше. Розглядувана методика розрахунку деформативності залізобетонних складених конструкцій дозволяє істотно наблизити теоретичні значення до експериментальних, - в зоні утворення похилих тріщин відмінність складає лише 6-8% [18].

Отриманий результат підтверджує припущення про необхідність розраховувати конструкцію як по перерізу найбільш невідгданому з точки зору згинального моменту, так і по перерізу найбільш невідгданому з точки зору спільної дії згинального моменту і поперечної сили.

Список літератури

1. **Аванесов М. П.** Теория силового сопротивления железобетона / М. П. Аванесов, В. М. Бондаренко, В. И. Римшин. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1997. – 170 с.
2. **Мальганов А. И.** Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, В. С. Полищук. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1992. – 456 с.
3. **Санжаровский Р. С.** Усиления при реконструкции зданий и сооружений. Устройство и расчеты усиленный зданий при реконструкции / Р. С. Санжаровский, Д. О. Астафьев, В. М. Улицкий, Ф. Зибер. – СПб гос. архит. –строит. ун-т. – СПб., 1998. – 637 с.
4. **Tichy M.** A new method of calculation of deflection of reinforced concrete beams. Stavebnicky Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, V. 18, 1/1970. – P. 39–43.
5. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Наземные конструкции и сооружения / Харьковский Промстройиниипроект, НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1992. – 191 с.
6. **Бондаренко С. В.** Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий / С. В. Бондаренко, Р. С. Санжаровский. – М. : Стройиздат, 1990. – 352 с.
7. **Гольшев А. Б.** Проектирование и изготовление сборно–монолитных конструкций / [А. Б. Гольшев, В. П. Полищук, Я. В. Сунгатулин и др.] ; под. ред. А. Б. Гольшева. – К.: Будівельник, 1982. – 152 с.
8. **Ritchie Philip A., Thomas David A., Lu Le-Wu, Connelly Guy M.** External reinforcement of concrete beams using fiber reinforced plastics // ACI Struct. J.- 1991. – V.88, N.4. – P. 490–500.
9. **Горностаев И. С.** Анализ и результаты экспериментальных и численных исследований деформативности железобетонных составных балок / И. С. Горностаев // Строительство и реконструкция. – Орел : ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014. – № 4(54). – С. 3–10.
10. **Yehia N.A.B.** Fracture mechanics approach for flexural strengthening of reinforced concrete beams / N.A.B. Yehia // Engineering Structures. – Volume 31. – Issue 2. – February 2009. – Pp. 404–416.
11. **Gluszynski E., Golczak R.** Wspolpraca dwoch betonow w Berkach zecpolonych.– Inzynieria i Budiwnnictwo, 1974. – N. 9. – P.409–414.
12. **Frey J.** Zur Berechnung von vorgespanten Beton–Verbundtragwerken im Gebrauchszustand. Beton–und Stahlbetonbau, 1980. – N.11. – P. 257–262.
13. **Залесов А. С.** Новые методы расчета железобетонных элементов по нормальным сечениям на основе деформационной расчетной модели / А. С. Залесов, Е. А. Чистяков, И. Ю. Ларичева // Бетон и железобетон. – 1997. – № 5. – С. 31–34.
14. **Узун И. А.** Применение деформационной модели в расчетах ширины раскрытия трещин в обычных железобетонных элементах / И. А. Узун // Бетон и железобетон в Украине. – 2003. – №2(16). – С. 34–37.
15. **Карпенко Н. И.** Общие модели механики железобетона / Н. И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
16. **Залесов А. С.** Новые методы расчета железобетонных элементов по нормальным сечениям на основе деформационной расчетной модели / А. С. Залесов, Е. А. Чистяков, И. Ю. Ларичева // Бетон и железобетон. – 1997. – № 5. – С. 31–34.
17. **Залесов А. С.** Расчет трещиностойкости железобетонных конструкций по новым нормативным документам / А. С. Залесов, Т. А. Мухамедиев, Е. А. Чистяков // Бетон и железобетон. – 2002. – №5. – С. 15–18.
18. **Горностаев И. С.** Расчетная модель деформирования железобетонных составных конструкций при наличии наклонных трещин: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.23.01/Горностаев Иван Сергеевич.– Курск: ЮЗГУ, 2015. – 23 с.

19. Колчунов В. И. Разработка двухконсольного элемента механики разрушения для расчета ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций / В.И. Колчунов, И. А. Яковенко // Вестник гражданских инженеров. – Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2009. – №4(21). – С. 160–163.
20. Boni L. Post-buckling behaviour of flat stiffened composite panels: Experiments vs. analysis / L. Boni, D. Fanteria, A. Lanciotti // Composite Structures. – Vol. 94. – Issue 12. – December 2012. – P. 3421 – 3433.
21. Горностаев И. С. Анализ и результаты экспериментальных и численных исследований деформативности железобетонных составных балок / И. С. Горностаев // Строительство и реконструкция. – 2014. - №4. – С. 3-10.
22. Голышев А. Б. Соппротивление железобетона / А. Б. Голышев, В. И. Колчунов. – К.: Основа, 2009. – 432 с.
23. Баширов Х. З. Напряженно-деформированное состояние железобетонных составных конструкций в зоне нормальных трещин / Х.З. Баширов, И.С. Горностаев, В.И. Колчунов, И.А. Яковенко // Строительство и реконструкция. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2013. – № 2(46). – С. 11–19.
24. Баширов Х. З. К расчету прогибов обычных и составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций / Х.З. Баширов, И.А. Яковенко, И.С. Горностаев [и др.] // Железобетонные конструкции: исследования, проектирование, методика преподавания: межд. науч.-метод. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В. Н. Байкова, 4–5 апреля 2012г. – М.: МГСУ, 2012. – С. 46–55.
- Рукопис подано до редакції 04.04.16

УДК 622.7.341.1

О.В. БУЛАХ, канд. техн. наук, доц., О.О. БУЛАХ, ст. викладач
Криворізький національний університет

ПОШУК РІШЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБАГАЧЕННЯ ОКИСЛЕНИХ РУД КРИВБАСУ

Розглядається необхідність залучення у переробку окислених руд у зв'язку з їх великою розповсюдженістю. Це пов'язано з достатньо великим попитом на продукцію металургійних підприємств у всьому світі та зберігається тенденція збільшення виробництва залізородних концентратів. Розглянуті існуючі методи збагачення окислених залістистих кварцитів, що використовуються на підприємствах України, США та Бразилії, а саме випалмагнітний, флотаційний та магнітний метод з високою інтенсивністю магнітного поля. В теперішній час випалмагнітний метод збагачення окислених залістистих кварцитів не знайшов широкого розповсюдження через високу вартість енергоресурсів. Тому основними методами збагачення залишаються флотація та високоградієнтна магнітна сепарація. При збагаченні окислених залістистих кварцитів в процесі рудопідготовки утворюється велика кількість шламів, які в свою чергу негативно впливають на наступні процеси магнітного збагачення та супроводжується частковою втратою рудних мінералів у відходах виробництва. Показано один з напрямків підвищення ефективності збагачення окислених руд який базується на виділенні шламової частини подрібненої руди у відвалі і дозбагаченні знешламленого продукту за рахунок застосування магнітних сепараторів з сильним магнітним полем. Наведено дослідження з магнітного збагачення окислених залістистих кварцитів Кривбасу із попереднім знешламленням подрібненого матеріалу у гідроциклонах із кутом конусності 5 градусів, що дасть змогу отримувати конкурентоспроможний концентрат. Знешламлення подрібненої руди перед збагаченням значно підвищує якість магнітного продукту, та дозволяє зменшити втрати заліза загального в немагнітному продукті. Дана технологія дозволить отримати залізородний концентрат з масовою часткою заліза 65,1%.

Ключові слова: окислені залістисті кварцити, технологія збагачення, шламоутворення, процес знешламлення, гідроциклон, концентрат.

Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням. У зв'язку достатньо великим попитом на продукцію металургійних підприємств у всьому світі зберігається тенденція збільшення виробництва залізородних концентратів. Але наряду зі зростанням виробництва концентрату зростають вимоги до його якості. Тому на більшості гірничо-збагачувальних підприємств саме підвищення якості концентрату є першочерговим завданням для укріплення своїх позицій на ринку залізородної сировини. Для досягнення цього розробляються нові технології, вдосконалюються схеми збагачення, використовується нове сучасне обладнання. В більшості випадків на всі ці заходи належать до переробки магнетитових руд як основної сировини для виробництва концентрату на більшості гірничо-збагачувальних комбінатів країн СНД.

Але необхідно пам'ятати про величезні запаси окислених залістистих кварцитів, які видобувались та видобуваються одночасно з магнетитовими кварцитами та складаються у відвали в зв'язку з необхідністю розробки особливої технології їх збагачення. Це пояснюється, передусім, значним шламоутворенням при їх рудопідготовці.

У наш час саме збагаченню окислених руд приділяється значна увага для підтримання, а в деяких випадках і збільшення потужностей гірничо-збагачувальних комбінатів. Існуючі техно-