

## Список літератури

1. Попруга Д. В. Використання склопластикової композитної арматури в згинальних елементах виготовлених з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / Д.В. Попруга, О.І. Валовой // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – Випуск 44. – С. 147-150.
2. Валовой О. І. Характеристики міцності та жорсткості балок армованих базальтовою арматурою / О.І. Валовой, О.Ю. Єрмоєнко, М.О. Валовой // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – Випуск 44. – С. 142-146.
3. Валовой О. І. Особливості використання композитної арматури в згинальних бетонних елементах / О.І. Валовой, Д.В. Попруга, К.В. Чорна // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. - Луцьк: ЛНТУ, 2017. - Випуск 8. - С. 58-64.
4. Клімов Ю. А. Експериментальні дослідження зчеплення композитної неметалевої арматури з бетоном / Ю. А. Клімов, О. С. Солдатченко, Д. О. Орішкін // Вісн. нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2010. - № 662. - С. 237-241.
5. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу : ДСТУ-Н В.2.6-185:2012. - [Чинний від 2013-04-01]. - Київ: Мінрегіон України, 2012. - 28 с. - (Нац. стандарт України).
6. Коваль П. М. Перспективи використання базальтобетонних конструкцій в будівництві / П. М. Коваль, О.Я. Гримак // Наукові нотатки. – 2014. – Випуск 46. – С. 262-269. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn\\_2014\\_46\\_44](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_46_44).
7. ТУ У В.2.7-25.2-34323267-001:2009 Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю. Технічні умови.
8. ТУ У В.2.7-25.2-21191464-024:2011 Арматура композитна «Екібар» для армування конструкцій з бетону. Технічні умови.
9. Хишмах М. Прочность и деформативность изгибаемых элементов из тяжелого бетона, армированных стеклопластиковой и стальной арматурой / М. Хишмах, Д.Р. Маилян, П.П. Польской, А.М. Блягоз // Новые технологии. – Майкоп: МГТУ, 2012. – Випуск 4. - С.147-152.
10. Садин Эбраим Ягуб. Совместная работа бетона и стеклопластиковой арматуры с различными видами периодического профиля: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 “Строительные конструкции, здания и сооружения” / Садин Эбраим Ягуб. – Минск, 2017. – 28 с.
11. Селяев В. П. Расчёт композиционных слоистых конструкций по предельным состояниям второй группы / В. П. Селяев, В. И. Солomatov // Изд. вузов строительство и архитектура. - Новосибирск, 1981. - № 2. - С. 88-91.
12. Антипов А. С. Влияние полимерных покрытий на свойства железобетонных конструкций / А. С. Антипов // Труды МИИТа. - 1996. - вып. 219. - С. 35-46.
13. Ильин Д.А. Композитная арматура на основе стеклянных и углеродных волокон для бетонных конструкций: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Ильин Дмитрий Анатольевич. – М., 2017. – 141 с.
14. RILEM/CEB/FIP Recommendations RC 5: Bond test for reinforcing steel, 1. Beam Test, 1978.
15. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures General rules and rules for building.

Рукопис подано до редакції 11.04.2018

УДК 624.137.5

О.Б. НАСТИЧ, канд. техн. наук, доц., І.В. ХОРУЖЕНКО, асистент  
Криворізький національний університет

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПІРНИХ СТІН З УРАХУВАННЯМ РОЗДІЛЕННЯ НА СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАПАСУ МІЦНОСТІ

**Мета.** Метою даної роботи є узагальнення та уточнення основних методів проектування та розрахунку підпірних стін. Важливим у розрахунках є врахування коефіцієнтів запасу. Існуючі методи недостатньо висвітлені в сучасній навчально-технічній літературі та, як правило, не знаходять належного відображення в курсах лекцій з опору матеріалів та будівельної механіки, що читаються в технічних вузах. Дана стаття має на меті заповнити цю прогалину, що, в свою чергу, послужить раціональному конструюванню підпірних стін, що застосовуються при виявленні дефектів і пошкодженні будівель і споруд, причиною яких є нестабільність основи.

**Методи дослідження.** Існують основні принципи розрахунку підпірних стін. Виходячи з граничних станів повинні бути зроблені наступні розрахунки: на стійкість до перекидання; на стійкість до зсуву-ковзання; на міцність самої конструкції підпірної стіни; на міцність ґрунту основи; на деформацію ґрунту основи; на тріщиностійкість елементів конструкції.

**Наукова новизна.** Актуальність даної роботи пов'язана із розв'язанням поставленої задачі. В статті проаналізовано та досліджено публікації, де було застосовано нову методику перевірок стійкості підпірної стіни, яка враховує міцність і деформацію її основи і яка відповідає новому трактуванню коефіцієнта запасу.

**Практична значимість.** Найбільшу величину активного тиску ґрунту при наявності на горизонтальній поверхні засипки рівномірно розподіленого навантаження необхідно визначати при розташуванні цього навантаження в

межах всієї призми обрушення, якщо навантаження не має фіксованого положення. Перевірочний розрахунок підпірної стіни на стійкість за методикою єдиного коефіцієнту запасу зводиться до обчислення коефіцієнту запасу як відношення утримуючої сили  $T_y$  до зсувної  $T_c$ . Коефіцієнт запасу стійкості показує, у скільки разів має зрости тиск землі разом з тимчасовим навантаженням на ній, щоб стався зсув підпірної стіни.

**Результати.** Запропонована методика перевірок стійкості підпірної стіни враховує міцність і деформацію основи і відповідає новому трактуванню коефіцієнту запасу.

**Ключові слова:** підпірна стінка, коефіцієнт запасу міцності, граничний стан, стійкість

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-103-12-17

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Під час будівництва різного роду будівель на місцевості зі складним рельєфом (балки, яри тощо) часто виникає необхідність в підпірній споруді. Така укріплювальна конструкція несе в собі одну основну задачу - запобігання обвалу ґрунтових мас. В останні роки теорія тиску ґрунтів і теорія розрахунку підпірних стін отримали в Україні значного розвитку і уточнення в декількох напрямках. На зміну старій теорії тиску ґрунтів, що заснована на грубих допущеннях Кулона, з'явилася більш точна теорія В.В. Соколовського [1], яка в даний час вже досить розроблена і використовується в багатьох випадках практики. Встановлено межі практичної можливості застосування теорії Кулона; в тих же випадках, коли вона дає неприпустимі похибки (пологі стіни і нижні межі ламаних стін), внесені необхідні уточнення, які зближують результати цієї теорії з тими, які дає теорія В.В. Соколовського. Замість старої методики розрахунку підпірних стін за руйнівними навантаженнями по загальному коефіцієнту запасу вже не тільки застосовується, а й отримала офіційне затвердження в будівельних нормах проектування мостів, методика розрахункових граничних станів з розчленованими на складові частини коефіцієнтами запасу. Розроблено нову методику перевірок стійкості підпірної стіни, яка враховує міцність і деформацію її основи і яка відповідає новому трактуванню коефіцієнту запасу [2].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Питаннями взаємодії підпірної стіни з ґрунтом засипки і основи з урахуванням коефіцієнтів запасу міцності присвячені роботи таких вчених як: М.І. Горбунов-Посадов, О.Я. Шехтер, Г.К. Клейн, Н.К. Снітко та ін. Дані автори займалися вирішенням завдань визначення значення бічного тиску ґрунту на стіни, розрахунком стійкості конструкцій, переміщення підпірних стін, а так само аналізом причин, що впливають на роботу підпірних стін. В цих та інших роботах, визначено особливості роботи і розрахунку стін на перекидання і зсув.

В Україні накопичено багатий досвід теоретичних досліджень в області зведення підпірних стін, розроблено безліч затверджених посібників і рекомендацій, що дозволяють швидко і грамотно вести їх проектування. Існує безліч питань, відповіді на які дозволять проектувати більш економічні, ефективні, естетично привабливіші стінки, однак, незадовільний стан вже зведених підпірних стін, як правило, не вина проектувальників. Дослідження показують, що, змінивши обрис задньої грані фундаментної плити, забезпечивши плиту вирізами або отворами, можна домогтися більшої її ефективності з точки зору залучення в роботу стінки навколишнього ґрунту. Розвиток досліджень в цій області дозволить реконструювати стінки з мінімальними витратами, а також скоротити витрати по реорганізації існуючої виробничої бази в зв'язку зі зростанням вимог (наприклад, вимогами до сейсмостійкості) [3]. Останнім часом ведуться дослідження в області конструювання тонких підпірних стін з використанням буро-ін'єкційних паль. Палі в конструкції стіни сприймають тільки поздовжні осьові сили і тому повинні бути розташовані з умови забезпечення їх центрального навантаження. Тонка підпірна стінка, розроблена кафедрою Теорії споруд Далекозахідного Державного технічного університету, складається зі збірної залізобетонної захисної частини і влаштованих в основі стінки буро - ін'єкційних паль. Міцність і стійкість стінки забезпечена за рахунок передачі зусиль на міцний ґрунт основи. Тонка підпірна стінка укiсного типу складається з монолітної плити огороження і похилій буро-ін'єкційної анкерної палі. Стійкість стану забезпечена защемленням опорної частини стінки і анкерної палі в міцні ґрунти.

**Постановка завдання.** Методи розрахунку та проектування підпірних стін з урахуванням розділення на складові частини коефіцієнтів запасу міцності недостатньо висвітлені в сучасній навчально-технічній літературі та, як правило, не знаходять належного відображення в курсах лекцій з опору матеріалів та будівельної механіки, що читаються в технічних вузах. Дана стаття

має на меті заповнити цю прогалину, що, в свою чергу, послужить раціональному конструюванню підпірних стін, що застосовуються при виявленні дефектів і пошкоджень будівель і споруд, причиною яких є нестабільність основи.

**Викладення матеріалу та результати.** Підпірні стіни зазвичай використовуються у складних інженерно-геологічних умовах, їх робота залежить від багатьох факторів. Особливо важливо є вивчення всіх факторів в їх взаємодії.

Для створення функціонуючої конструкції підпірної стіни необхідно виконати наступні розрахунки:

- розрахунок несучої здатності стіни на дію тиску ґрунту в горизонтальному напрямку;
- розрахунок згинального моменту стіни і міцність в місці з'єднання стіни з фундаментом на дію згинального моменту;
- розрахунок стіни на дію поперечної сили і міцність в місці з'єднання стіни з фундаментом на дію поперечної сили;
- розрахунок стіни на падіння і зсув від сили тиску ґрунту, що діє в горизонтальному напрямку;
- розрахунок перекидаючого моменту і підтримуючого в вертикальному положенні моменту на рівні підшви фундаменту;
- розрахунок горизонтальної сили і сили тертя викликаних тиском ґрунту на рівні підшви фундаменту;
- розрахунок міцності підшви фундаменту на згин від дії тиску ґрунту.

Підпірні стіни слід розраховувати за двома групами граничних станів [2]. Перша група (за несучою здатністю) передбачає виконання розрахунків:

- за стійкістю і положення стіни проти зсуву і міцності ґрунтової основи;
- за міцністю елементів конструкцій і вузлів з'єднань.

Друга група (за придатністю до експлуатації) передбачає перевірку:

- підстав, при яких допускаються деформації;
- елементів конструкцій, при яких допускаються величини розкриття тріщин.

Тиск ґрунту для кутових підпірних стін слід визначати, виходячи з умови утворення застінної клиноподібної симетричної (а для короткої задньої консолі - несиметричної) призми обрушення. Тиск ґрунту приймається діючим на похилу (розрахункову) площину, проведену під кутом  $E$  при  $\delta = \varphi$ .

Кут нахилу розрахункової площини до вертикалі  $E$  визначається з умови (1), але приймається не більше  $45^\circ$ .

$$\tan \varepsilon = (b-t) / h . \quad (1)$$

Найбільшу величину активного тиску ґрунту при наявності на горизонтальній поверхні засипки рівномірно розподіленого навантаження необхідно визначати при розташуванні цього навантаження в межах всієї призми обрушення, якщо навантаження не має фіксованого положення.

Розрахунок стійкості положення стіни проти зсуву необхідно проводити з умови

$$F_{sa} \leq \gamma_c \cdot F_{sr} / \gamma,$$

де  $F_{sa}$  - зсувна сила, вона дорівнює сумі проєкцій всіх зсувних сил на горизонтальну площину;  $F_{sz}$  - утримуюча сила, вона дорівнює сумі проєкцій всіх утримуючих сил на горизонтальну площину;  $\gamma_c$  - коефіцієнт умов роботи ґрунту основи: для пісків, крім пилюватих - 1; для пилюватих пісків, а також пилювато-глинистих ґрунтів в стабілізованому стані - 0,9; для пилювато-глинистих ґрунтів в нестабілізованому стані - 0,85; для скельних, неветрених - 1;  $\gamma_n$  - коефіцієнт надійності за призначенням споруди - 1,2; 1,15 і 1,1.

Зсувну силу  $F_{sa}$  будемо визначати за формулою

$$F_{sa} = F_{sa,f} + F_{sa,q},$$

де  $F_{sa,f}$  - зсувна сила від власної ваги ґрунту,  $F_{sa,q}$  - зсувна сила від навантаження, розташованого на поверхні

$$F_{sa,f} = P_f h / 2; F_{sa,q} = P_q \cdot y_b.$$

Утримуюча сила  $F_{sr}$  для неслизької основи визначається за формулою

$$F_{sr} \leq F_v \cdot \tan(\varphi_1 - \beta) + b c_1 + E_2,$$

де  $F_v$  - сума проєкцій всіх сил на вертикальну площину:

для масивних підпірних стін

$$F_v = F_{sa} \cdot \tan(\varepsilon + \delta) + \sigma_{ct} + \gamma_1 \cdot \tan \beta \cdot b^2 / 2;$$

для кутових підпірних стін (при  $E \leq \theta$ )

$$F_v = F_{sa} \cdot \tan(\varepsilon + \varphi_1) + \gamma' \cdot \gamma_s \left[ h \cdot \frac{(b-t)}{2} + t \cdot d \right] + \gamma_1 \cdot \tan \beta \cdot b^2 / 2,$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт надійності за навантаженням, який дорівнює 1,2;  $E_2$  - пасивний опір ґрунту.

Розрахунок стійкості підпірних стін проти зсуву повинен здійснюватися за формулою (1) для трьох значень кута  $\beta$  ( $\beta = 0, \beta = \varphi_1 / 2, \beta = \varphi_1$ ). При похилій підшві стіни крім вказаних значень кута, слід проводити розрахунок проти зсуву також для від'ємних значень кута  $\beta$ .

При зсуві по підшві ( $\beta = 0$ ) слід враховувати такі обмеження

$$C_1 \leq 5 \text{ МПа}, \varphi_1 \leq 30^\circ, \gamma_r = 1.$$

Для скельної основи утримуюча сила визначається за формулою

$$F_{sr} = F_v \cdot f + E_2,$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя підшви по скельному ґрунту, він приймається за результатами безпосередніх випробувань, але не більше 0,65.

Перевірочний розрахунок підпірної стіни на стійкість за методикою єдиного коефіцієнту запасу зводиться до обчислення коефіцієнта запасу як відношення утримуючої сили  $T_y$  до зсувної  $T_c$ .

$$k_c = T_y / T_c.$$

До утримуючих сил відносяться сила тертя, викликана дією власної ваги підпірної стіни, а до зсувних - сила тиску ґрунту, зменшена силою тертя, пов'язаної з цим тиском. Це призводить до такої формули

$$k_c = \frac{f \cdot G}{Q_x - f \cdot Q_z},$$

де  $G$  - рівнодіюча сил відповідної ваги стіни;  $Q_x, Q_z$  - горизонтальна і вертикальна складова повного тиску ґрунту на підпірну стіну;  $f$  - коефіцієнт тертя матеріалу підпірної стіни на ґрунт основи.

Якщо для кожної ділянки по висоті стіни сили  $G, Q_x, Q_z$  визначені окремо, то потрібно підсумувати ці сили і тоді отримаємо

$$k_c = \frac{f \cdot \sum G_i}{\sum Q_{xi} - f \cdot \sum Q_{zi}}.$$

Отже, коефіцієнт запасу стійкості за цією методикою показує, у скільки разів має зрости тиск землі разом з тимчасовим навантаженням на ній, щоб стався зсув підпірної стіни. При цьому сила тертя, викликана вертикальною складовою тиску ґрунту, відноситься до зсувних сил, але береться зі знаком мінус. До зсувних сил відноситься також тиск води на задню і на передню грані стіни, причому тиск на передню грань береться зі знаком мінус.

Протитиск води, тобто тиск води, «підвішує» підпірну стіну і як би зменшує її власну вагу, відноситься до утримуючих сил, але береться зі знаком мінус. До позитивних утримуючих сил відноситься реакція ґрунту, діюча на передню грань фундаменту, а також сила зчеплення по підшві фундаменту підпірної стіни. Власна вага підпірної стіни на одиниці її довжини може бути виражена через безрозмірний параметр, що залежить від форми профілю підпірної стіни, тобто

$$G = \gamma_c \cdot \omega \cdot h^2.$$

При трикутній опорі тиску ґрунту

$$Q_x = 0,5 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot \lambda \cdot \varphi; \quad Q_z = 0,5 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot \lambda_z.$$

Застосування коефіцієнтів дозволяє замінити обернений (перевірочний) метод розрахунку прямим, тобто безпосереднім знаходженням необхідної ширини підшви фундаменту по заданих навантаженнях.

За методикою граничних станів умова стійкості підпірної стіни підшвов зсуву по основі виражається наступною нерівністю

$$T \leq m_c \cdot T_{np} \text{ або } T / T_{np} \leq m_c,$$

де  $T$  - розрахункова зсувна сила, рівна алгебраїчній сумі проєкцій всіх розрахункових сил на площину ковзання;  $T_{np}$  - гранична зсувна сила;  $m_c$  - коефіцієнт умовної роботи.

Першу нерівність можна представити в розгорнутому вигляді

$$\frac{n \cdot Q \cdot Q_x^n}{f \cdot (n_G \cdot G_n + n \cdot Q \cdot Q_z^n)} \leq m_c \cdot \quad (2)$$

При розрахунку за методом граничних станів замість нерівності (2) слід користуватися нерівністю

$$\frac{n \cdot Q \cdot Q_x^n \cdot (\cos \delta - f \cdot \sin \delta)}{(n_G \cdot G_n + n \cdot Q \cdot Q_z^n) \cdot (f \cdot \cos \delta + \sin \delta)} \leq m_c \cdot$$

Якщо основу підпірної стіни вважати абсолютно жорсткою, то поворот профілю стіни при її перекиданні повинен відбутися навколо нижнього переднього ребра фундаменту. Розрахунок за методикою «коефіцієнтів стійкості» зводиться до обчислення коефіцієнта запасу стійкості проти перекидання як відношення моменту затримуючих сил ( $M_{стр}$ ) до моменту перекидаючих сил ( $M_{пер}$ )

$$k_o = \frac{M_{cmp}}{M_{пер}} \cdot \quad (3)$$

До утримуючих сил належить власна вага стіни, а до перекидаючих - тиск ґрунту з урахуванням ґрунтової води та навантаження, що знаходиться на поверхні засипки. Коефіцієнт запасу стійкості показує, у скільки разів має зрости тиск землі разом з тимчасовим навантаженням на ній для того, щоб сталося перекидання підпірної стіни.

Моменти вертикальних складових тиску ґрунту на задню грань стіни відносяться до перекидаючих моментів, але беруться зі знаком мінус. Тоді формула (3) приймає розгорнутий вигляд

$$k_o = \frac{G \cdot a}{Q_x \cdot z - Q_z \cdot x},$$

де  $G$  - рівнодіюча сил власної ваги підпірної стіни;  $Q_x$ ,  $Q_z$  - горизонтальна і вертикальна складова повного тиску ґрунту на підпірну стіну;  $a$ ,  $z$ ,  $x$  - плечі цих сил щодо точки  $O$ .

При розрахунку підпірної стіни на перекидання слід також враховувати коефіцієнт запасу стійкості на перекидання. Перекидаючий момент на рівні підшви фундаменту, викликаний силою горизонтального тиску ґрунту  $M_{над}$ , прагне перекинути конструкцію стіни щодо точки впливу результуючої тиску ґрунту  $A$ . Момент  $M_{верт}$  від дії власної ваги стіни, фундаменту і тиску ґрунту на підшви фундаменту чинить опір моменту  $M_{над}$ .

Загальний запас стійкості проти падіння повинен бути  $\gamma_{пад} \geq 1,5$  тобто

$$M_{верт} \geq 1,5 M_{над}.$$

Перекидаючий момент щодо точки  $A$  визначається так

$$M_{над} = p_{1k} \cdot \frac{(H_{нас} + H_{фунд})^2}{2} + p_{2k} \cdot \frac{(H_{нас} + H_{фунд})^2}{6}.$$

Момент відносно точки  $A$ , завдяки якому конструкція знаходиться у вертикальному положенні, визначається

$$M_{верт} = G_s \cdot e_s + G_{фунд} \cdot e_{фунд} + G_{гр} \cdot e_{гр},$$

де  $G_s$  - власна вага стіни,  $kH / m^2$

$$G_s = h_s \cdot H_{ст} \cdot 25,$$

де  $H_{ст}$  - висота стіни;  $G_{фунд}$  - власна вага ґрунту;  $G_{гр}$  - вага ґрунту на підшві фундаменту;  $e_s$  - відстань від точки  $A$  до лінії дії навантаження від власної ваги стіни;  $e_{фунд}$  - відстань від точки  $A$  до лінії дії навантаження від власної ваги фундаменту;  $e_{гр}$  - відстань від точки  $A$  до лінії дії навантаження від власної ваги ґрунту.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Запропонована методика перевірок стійкості підпірної стіни враховує міцність і деформацію основи і відповідає новому трактуванню коефіцієнта запасу. Натомість застосовуваних в даний час теорій пружних тіл для визначення напружень в матеріалі підпірної стіни набули широкого поширення і офіційно затверджені формули, що враховують пластичність таких матеріалів, як бетон, залізобетон і цегляна кладка. Розроблено техніку підбору ширини профілю підпірної стіни, виходячи з існуючих вимог, і виявлений математичний зв'язок між результатами, що впливають з різних вимог. Масивні підпірні стіни, розрахунок яких до сих пір тільки і розглядався в курсі будівельної механіки, при застосуванні нових підходів до розрахунку пропонованих в цій роботі, можуть бути замінені економічними тонко елементними збірними конструкціями.

## Список літератури

1. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. - Москва, 3 изд., 1960.
2. Клейн Г.К. Расчет подпорных стен / Г.К. Клейн. - Москва: Высшая школа, 1964. - 196 с.
3. [http://www.zimbelmann.ru/lectures/lecture\\_38.html](http://www.zimbelmann.ru/lectures/lecture_38.html)
4. Тімченко Р.О. Напружено-деформований стан підірних стінок спеціального типу при складних деформаціях / Р. О. Тімченко, О. Б. Настич, Д. А. Крішко, В. О. Савенко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер. : Галузеве машинобудування, будівництво. - 2014. - Вип. 3(2). - С. 150-156.
5. Тімченко Р.О. Проектування і розрахунок підірних стін: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. - Кривий Ріг: Мінерал, 2005. - 136 с.
6. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б.И. Далматов. - Л.: Стройиздат, 1988.
7. Механика грунтов, основания и фундаменты. Под ред. академика РИА, д.т.н. профессора С.Б.Ухова, - Москва: Высшая школа, 2004.
8. Цимбельман Н.Я. Разрушения подпорных стен. // Труды ДВГТУ; вып.130. - Владивосток: ДВГТУ, 2001.
9. Тетигор А.Н. Облегченные подпорные стены в транспортном строительстве / А.Н. Тетигор. - Москва: Транспорт, 1987.
10. Емельянов Л.М. Расчет подпорных сооружений. Справочное пособие / Л.М. Емельянов. - Москва: Стройиздат, 1987.

Рукопис подано до редакції 16.04.2018

УДК 004.925:622.27

М. В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., М. П. СЕРГЕСВА, ст. викладач,  
Криворізький національний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄМНО-ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОТОКІВ ЗАЛІЗОРУДНОЇ МАСИ КАР'ЄРІВ І ШАХТ

**Мета.** Метою даної роботи є розробка методу моделювання відосблених і взаємозалежних динамічних рядів об'ємно-якісних характеристик корисних копалин для прогнозування вмісту якісних показників залізистих кварцитів на дільницях родовища. Побудову моделей прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак динамічних рядів і використання базуємо на методах аналізу тимчасових рядів.

**Методи дослідження.** Моделювання взаємозалежних динамічних рядів вмісту якісних показників корисних копалин пов'язане з узагальненням методу для ізольованих рядів вмісту якісних показників корисних копалин. Один з них пов'язаний з побудовою адаптивних моделей прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак динамічного ряду вмісту якісних показників корисних копалин множинної регресії, інший – з побудовою дискретних лінійних моделей прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак передаточних функцій та критерію стійкості, які основані на використанні ідеї методу Бокса-Дженкінса. Для моделей прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак динамічних рядів вмісту якісних показників корисних копалин третього і більш високого порядку, використано алгоритм Марквардта, а для нелінійного методу – метод найменших квадратів.

**Наукова новизна.** Розглянуто приклади, для ілюстрації методики послідовних операцій ідентифікації моделей прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак відосблених рядів вмісту якісних показників залізорудної маси для дільниць родовищ Кривбасу, визначення центрованої постійної моделі прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак і розрахунку прогнозних оцінок вмісту якісних показників корисних копалин. Запроєктовано рекомендації стосовно технології прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак окремих рівнів залізорудних потоків з невеликими інтервалами дискретності.

**Практична значимість.** Рекомендовано методику моделювання взаємозалежних динамічних рядів вмісту якісних показників корисних копалин та методику побудови моделей прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак динамічних рядів вмісту якісних показників корисних копалин, обмежуючись двома взаємозалежними рядами вмісту якісних показників корисних копалин.

**Результати.** Розглянуті моделі прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак мають високі адаптивні властивості, високу точність прогнозування і можливість моделювання нестационарних динамічних рядів вмісту якісних показників корисних копалин, що досягнуто за рахунок ефективного статистичного аналізу інформації прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак окремих рівнів потоків залізорудної маси, які пов'язанні технологічними процесами з узагальненням методів прогнозування ізольованих рядів на взаємозалежні.

**Ключові слова:** родовище, залізисті кварцити, об'ємно-якісні показники, прогнозування, моделювання.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-103-17-22

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Побудова моделей прогнозування характеристик об'ємно-якісних ознак динамічних рядів вмісту якісних показни-