

мирование поверхностей скольжения зоны расслоения крутоспадающей толщи от сдвижения горных пород;

с углубкой карьера усиливается влияние областей расслоения, опорного давления и беспорядочного обрушения;

надежность обоснования устойчивости борта зависит от достоверности исходных данных о тектонической трещиноватости разных порядков, нарушенности массива горных пород.

#### *Список литературы*

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском бассейне.-Л.-:ВАИМИ, 1975. - 57 с.

2. **Николашин Ю.М., Потапов И.В.** Инструментальные наблюдения за состоянием борта глубокого карьера и выбор его предельных параметров / Сб.науч.тр ИГТМ НАН Украины «Геотехническая геомеханика», 2000. - Вып. 21. - С.131-135.

3. **Николашин Ю.М., Потапов И.В.** Результаты исследования допредельного состояния бортов глубоких карьеров с целью прогноза их устойчивости / Сб.науч.тр ИГТМ НАН Украины «Геотехническая механика», 2000.-Вып. 2.-С.144-148.

4. **Акимов А.Г., Громов В.В., Бошняков Е.В.** и др. Геомеханические аспекты сдвижения горных пород при подземной разработке угольных и рудных месторождений / СПб.:ВНИМИ, 2003. - 166 с.

5. Методичні вказівки з визначення оптимальних кутів нахилу бортів укосів уступів і відвалів залізрудних та флюсових кар'єрів/Мінпрополітики та ШПЕ НАН України (рукопис переклад з російського).-Дніпропетровськ, 2009. - 201 с.

6. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах.-СПб.,1998. - 208 с. (Минтопэнерго РФ.РАН ГосНИИ горн.геомех. и маркшейд. дело) - Межотраслевой научн. центр ВНИМИ).

Рукопись поступила в редакцию 06.03.12

УДК 622.062:622.281

**В. Є. ВОЛКОВА**, д-р техн. наук, доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

**Д.В. БРОВКО**, канд. техн. наук, доц., **В.В. ХВОРОСТ**, асистент

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОГОНОВИХ БУДОВ НА ПОВЕРХНІ ШАХТ З УРАХУВАННЯМ ПЕРЕХОДУ НА ПОЛЕГШЕНІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ**

Виконано аналіз напружено-деформованого стану прогонових будов за умови переходу їх на полегшені огорожувальні конструкції.

**Проблема та її зв'язок з практичними завданнями.** У практиці вітчизняного шахтного будівництва значний внесок у розвиток проектування прогонових будов зроблений науково-дослідними, проектно-конструкторськими і навчальними організаціями: ДП «ДП «Кривбаспроект», інститут «Механобрчормет», ДП «Ленінградський Промбудпроект», Ленінградським відділенням ЦНІПСК, ДП «Уральський ПромбудНДІпроект», ДП «Харківський ПромбуднДІпроект та ін. Ними створено перші методики розрахунку прогонових будов.

У джерел сучасної школи проектування прогонових будов лежать роботи таких відомих вітчизняних інженерів і вчених, як: М. Є. Ліницький, Б. В. Горенштейн, А. Г. Марголін, Л. М. Ізюмська, М. Б. Солодар, Ю. С. Плішкін, С. М. Кузьменко, Ю. М. Симонов, А. П. Берик, Е.Я. Ромм, О.С. Петров, М.С. Бревде, О.В. Зеленський, М.В. Ушаков, Н.А. Чекмарьов, Г.А. Васильєв, В.Г. Свірін.

Питаннями будівельного проектування конвеєрних галерей зі сталевими конструкціями прогонових споруд і опор на колишньому пострадянському просторі займалися дослідні інститути та їх провідні співробітники: ДП «Ленпроектстальконструкція» (Е.С. Олександрівська, Ю.С. Плішкін, А.С. Файнштейн, Ю.С. Зорін, В.А. Крупський, Ю.Н. Мірвіс, М.Б. Солодар), «Ленпромбудпроект» (В.Ф. Хрущов, А.Ф. Відяєво), ДП «Дніпропроектстальконструкція» (А.Є. Любін, А.Г. Роздольський, А.Ф. Сафронков, В.А. Шевченко), ЦНІПромзданій (Н.А. Ушаков), Донецький ПромбудНДІпроект (В.Д. Вейсбейн).

Значний внесок у питання динамічних розрахунків будівель та споруд зробили видаті вчені сучасності, такі як Г.М. Улітін, В.Є. Волкова, Ф.Л. Шевченко, С.М. Царенко та ін.

Завдяки проведеним дослідженням і накопиченому практичному досвіду будівництво та реконструкція прогонових будов широко та з високою ефективністю впроваджувалися в гірні-

чодобувну промисловість. Незважаючи на це, простежується тривалий застій у динаміці розвитку техніко-економічних показників будівництва прогонних будов, не спостерігається розвиток і вдосконалення технологічних схем ведення робіт і реконструкції, не відбувається модернізація обладнання, що суперечить тенденції розвитку шахтного будівництва у світових гірничодобувних країнах. При цьому визначається перспективний напрямок розвитку технології реконструкції галерей, який полягає у заміні старих залізобетонних огорожувальних конструкцій на сучасні полегшені матеріали.

**Постановка завдання.** Найважливішою динамічною характеристикою прогону будови галереї є частота власних поперечних коливань. При динамічних розрахунках галерей можна враховувати тільки першу частоту власних коливань, середнє ймовірне значення якої може бути визначене за формулою

$$\theta = \alpha \frac{\beta}{l} \sqrt{\frac{Ehq_1}{R_o q_2}}, \quad (1)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, який дорівнює для галерей з розташуванням транспортера по низу ферм 9, а по верху - 10,5;  $\beta$  - коефіцієнт, який дорівнює одиниці при розрахунку середньої прогону будови і за монограмою - крайньої прогону будови з консоллю;  $q_2$  - розрахункова вага прогону будови з усіма навантаженнями, які мають масу, за винятком навантажень від натовпу, просипу і деталей;  $q_1$  - розрахункова вага прогону будови з усіма тимчасовими навантаженнями, які мають масу;  $R_o, E$  - розрахунковий опір і модуль пружності матеріалу поясів головних ферм;  $h, l$  - розрахункова висота і довжина прогону головних ферм.

При розрахунку несучих конструкцій на дію періодичних навантажень точність розрахунку суттєво залежить від точності вихідних даних. Оскільки вихідні дані (конструктивні схеми, навантаження, жорсткості елементів і стиків, маси) для будівельних конструкцій задаються з порівняно невеликою точністю, похибка розрахунку поблизу резонансу може в багато разів перевищити звичайні для інженерних розрахунків межі, особливо при малих значеннях коефіцієнта непружного опору. Тому при розрахунку на гармонійні й періодичні навантаження обов'язково повинна враховуватися можлива похибка у визначенні власних частот, а також можливість зміни власних частот конструкцій у процесі експлуатації будівлі або споруди. Ця похибка враховується введенням частотних зон, усередині яких перебуває розрахункове значення власної частоти.

Ширина резонансної зони (область  $\theta_1' \div \theta_1''$  значень нижчої частоти власних вертикальних коливань прогону будови) становить

$$\theta_1' = 0,9 \theta_{1\min} \div \theta_1'' = 1,1 \theta_{1\max}; \quad (2)$$

де  $\theta_{1\min}$  та  $\theta_{1\max}$  - відповідно, мінімальне і максимальне значення нижчої власної частоти вертикальних коливань прогону будови.

Значення  $\theta_{1\min}$  та  $\theta_{1\max}$  відповідають найменшій і найбільшій масі прогону будови.

**Викладення матеріалу і результатів.** Заміна огорожувальних конструкцій спричиняє зниження постійних навантажень на відповідні елементи галереї, такі як: перекриття, покриття та стіни. Для того щоб простежити, як зміни навантажень будуть впливати на міцнісні й динамічні характеристики галереї теоретичні дослідження проводилися в декілька етапів.

У результаті заміни залізобетонних конструкцій на полегшені постійне навантаження на стіни зменшилося на 33,7 %, що, в свою чергу, привело до зниження маси прогону галереї на 8 %. Решта навантажень залишилися без зміни. При заміні перекриття постійне навантаження зменшилося на 53,3 %, а маса прогону - на 16 %. Коли замінили покриття галереї, тоді знизилася постійне навантаження на 14,93 %, а маса на 16,5 %. На останньому етапі проводилася заміна всіх огорожувальних конструкцій, що в кінцевому результаті знизило масу прогону на 40,5 %.

Отже, полегшені огорожувальні конструкції залежно від їх жорсткості й маси збільшують величину власних вертикальних коливань на 5...36 %.

На рис. 1 наведено графіки зміни робочих частот при різних компонуваннях зовнішніх навантажень для прогону завдовжки 18 м.

На підставі проведених досліджень випливає, що в галереях з довжиною прогону 24 і 30 м систематичні резонансні коливання виключено навіть при повній заміні огорожувальних конструкцій. Небезпечним є прогін завдовжки 18 м, в якому може реалізуватися резонансний режим. Виходячи з цього, розрахунки на міцність, стійкість і витривалість необхідно виконувати

тільки для цього прогону.

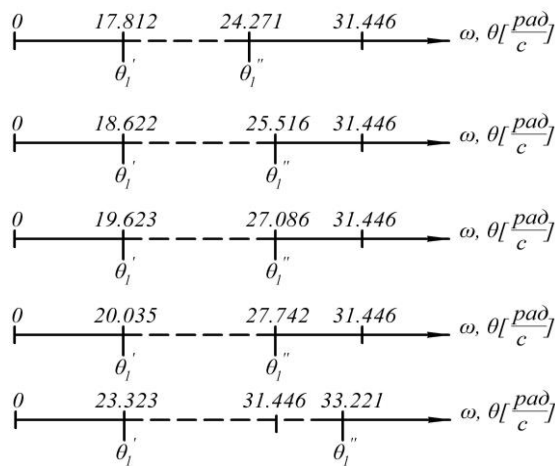


Рис. 1. Графіки робочих частот для прогону довжиною 18 м залежно від маси прогону

Подальші дослідження проведені за допомогою комп'ютерного моделювання міцнісних і динамічних характеристик прогонових будов.

Розрахунок виконано за допомогою проектно-обчислювального комплексу SCAD. Комплекс реалізує скінчено-елементне моделювання статичних і динамічних розрахункових схем, перевірку стійкості, вибір невідгнаних поєднань зусиль, підбір арматури залізобетонних конструкцій, перевірку несучої здатності сталевих конструкцій.

Метод скінченних елементів передбачає використання в якості основних невідомих перемі-

щень і поворотів вузлів розрахункової схеми. У розрахунку прийняті три плоскі розрахункові схеми наведено на рис. 2.

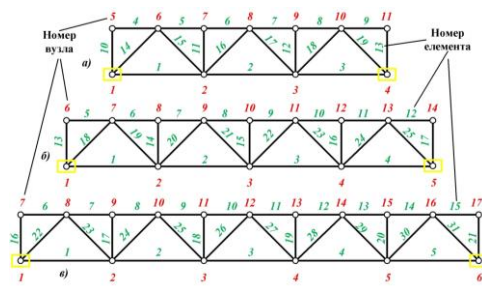


Рис. 2. Розрахункові моделі ферм галереї: а - прогін завдовжки 18 м; б - прогін завдовжки 24 м; в - прогін завдовжки 30 м

За результатами проведених досліджень було побудовано графік залежності частоти вільних коливань прогонової будови галереї від маси огорожувальних конструкцій Як видно з графіка (рис. 3), власна частота коливань прогонової будови перебуває в обернено пропорційній залежності від маси його елементів і довжини прогону. Подібна залежність спостерігається для

прогонів завдовжки 24 і 30 м.

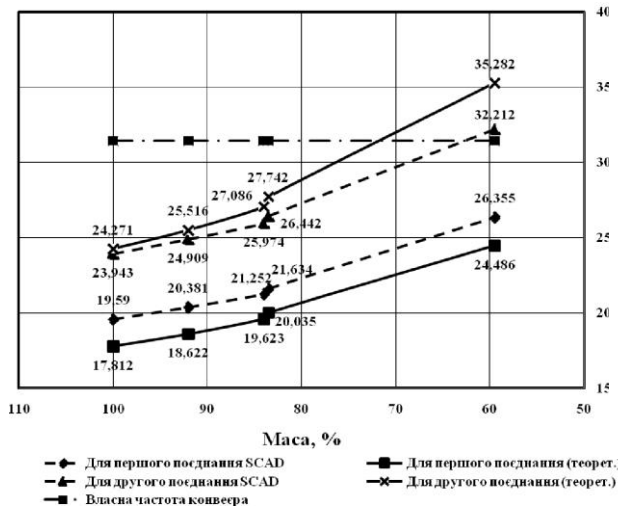


Рис. 3. Границі резонансних зон прогону завдовжки 18 м

Отримана непогана збіжність з результатами теоретичних розрахунків за існуючою методикою з розбіжністю параметрів до 10 %.

Отже, зіставивши значення частоти вимушених коливань з резонансним діапазоном, можна зробити висновок про те, що потрапляння в резонанс для прогонів 24 і 30 м не відбувається. У той же час резонанс реалізовується в прогоні галереї завдовжки 18 м при зменшенні маси прогону на 40,5 %.

Установлено залежність внутрішніх зусиль в елементах ферми від маси прогону

ну (рис. 4.)

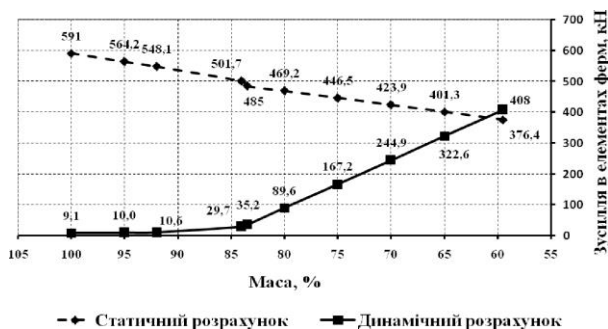


Рис. 4. Зусилля в елементах ферми прогонової будови завдовжки 18 м від статичного та динамічного навантаження у верхньому поясі

При розрахунку від статичної складової навантаження простежується пряма залежність внутрішніх зусиль від маси прогону. Як видно з графіка (див. рис. 4), зі зменшенням маси зусилля від статичного навантаження зменшуються. Що стосується динамічної складової навантаження, то тут простежується-

ся зворотна залежність.

Величина динамічних зусиль в елементах ферми зростає при зменшенні маси прогону, а при близькості частоти вимушених коливань - до першої частоти вільних коливань, тобто при режимах, близьких до резонансу, навіть перевищує величину статичних зусиль.

Аналіз динамічного розрахунку показав, що в умовах резонансу зусилля в елементах зростають на 30 %. Це може привести до аварійної ситуації, тому необхідно виконати перевірні розрахунки на міцність, стійкість і витривалість.

Експериментальні дослідження динаміки прогонової будови виконані на діючій транспортерній галереї.

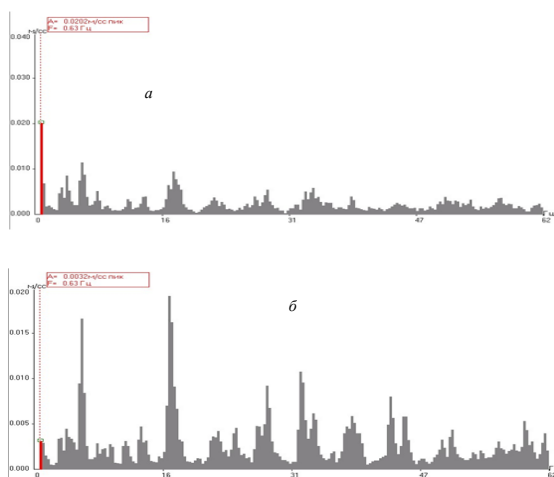
Метою обстеження та випробування натурної споруди (галереї) динамічним експлуатаційним навантаженням є: реєстрація параметрів, що характеризують роботу конструкцій під навантаженням і порівняння їх з допустимими, що дає можливість перевірити умови експлуатації; на відміну від вимог, що висуваються до конструкцій, які сприймають лише статичне навантаження, при дослідженні динаміки споруд необхідно не тільки оцінити роботу за граничними станами, а й перевірити дотримання умов, специфічних для експлуатації конструкцій, схильних до коливань.

Основним джерелом вібрацій галереї є приводи конвеєрів. При роботі перерахованих джерел вібраційних навантажень в елементах конструкцій будівель виникають вібраційні процеси, які складно моделювати, використовуючи сучасні моделі одночасного моделювання систем.

Для реєстрації кінематичних характеристик системи (прискорення, швидкість, переміщення) використовувалися акселерометр АП-100 і п'єзоакселерометр ШСЗ у комплексі з цифровим аналізатором спектра АС-6400, що працює в режимах «СПЕКТР», «ВІБРОМЕТР», «СИГНАЛ».

Застосування описаної вище апаратури, за допомогою якої отримують вже оцифровані результати реєстрації вібросигналу, дозволяє суттєво підвищити число вимірювань, а отже, і точність отриманих результатів досліджень.

У приладі АС-6400 передбачено можливість передачі записів результатів вимірювань з пам'яті приладу в персональний комп'ютер (рис. 5).



**Рис. 5.** Спектр віброприскорення в області низьких частот вузла №9 ферми Ф1 по осі  $B_2$ : *a* - при незавантаженому конвеєрі; *б* - при завантаженому конвеєрі

При розрахунку елементів конструкції на динамічний вплив необхідно визначити спектри їх власних частот. У приладі, що використовувався, передбачено цю процедуру. Однак реєстрацію вільних коливань конструкції можна отримати тільки від великих зовнішніх впливів (наприклад від сейсмічних коливань).

Можливість проведення порівняльних експериментів була надана ТОВ «Криворіжшахтобуд» на транспортерній галереї до реконструкції. Огороджувальні конструкції, плити підлоги та покриття галереї до заміни являли собою збірні залізобетонні плити, стіни, виконані з залізобетонних тришарових панелей. Галерею обладнано стрічковим конвеєром.

При експериментальних дослідженнях динамічних процесів, що відбуваються в конструкції галереї в робочому режимі конвеєра за відсутності кускової руди на стрічці та за її наявності, реєструвалися коливання прогонових будов.

Для ферм марки Ф1, Ф2, Ф3 і Ф4 було проведено вимірювання віброприскорень, вібропереміщень і спектр віброприскорень у вузлах. Вимірювання проводилося при холостому і робочому ході конвеєра.

Для ферм марки Ф1, Ф2, Ф3 і Ф4 було проведено вимірювання віброприскорень, вібропереміщень і спектр віброприскорень у вузлах. Вимірювання проводилося при холостому і робочому ході конвеєра.

На рис. 5 наведено спектрограми віброприскорень в області низьких частот вузла № 9 ферми Ф1 по осі  $B_2$ .

При аналізі наведених спектрограм встановлено, що коливання формуються на тих смугах частот, що й коливання конвеєра з частотою 5,63 Гц та амплітудою прискорень 0,0019 м/с<sup>2</sup> при незавантаженому конвеєрі (рис. 5а). У проміжки часу від 0 до 1248,0 мс вібропереміщення вузла № 9 досягло максимального значення 34,36 мкм. Наявність вантажу на конвеєрі не змінило основну час-

тоту коливань, але вплинуло на величину амплітуди прискорень, значення якої зросло до  $A = 0,0167$  м/с<sup>2</sup> (рис. 5а). У проміжки часу від 0 до 1635,2 мс вібропереміщення вузла № 9 досягало максимального значення 8,41 мкм. Теж саме відбувається й у фермах Ф2, Ф3 і Ф4.

Аналіз амплітудних спектрів і графіків віброприскорень показує, що коливання у фермах формуються на низьких частотах (3-60 Гц).

Частоти коливань, отримані в результаті проведених експериментальних досліджень на діючій галереї вписуються в діапазон частот, отриманих розрахунковим шляхом.

Порівняльний аналіз результатів теоретичних розрахунків з визначення динамічних характеристик прогонової будови галереї з результатами експериментальних досліджень вихідної будови вказує на те, що: експериментальне значення частоти динамічного обурення від конвеєра трохи вище за розрахункове  $35,4 > 31,4$  с<sup>-1</sup>; середня розрахункова частота динамічного збурення від конвеєра для ферм Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 і балок покриття та перекриття не потрапляє в першу резонансну зону, що виключає реалізацію резонансного режиму.

Подальші експериментальні дослідження вібрації ферм проводилися на прогонових будовах транспортерної галереї з полегшеними огорожувальними конструкціями.

Аналіз амплітудних спектрів і графіків віброприскорень показує, що коливання у фермах формуються на низьких частотах (3-100 Гц).

Згідно з отриманими результатами замірів ферм марки Ф1, Ф3 і Ф4 з полегшеними огорожувальними конструкціями, значення віброприскорення, віброшвидкості і переміщень не перевищують допустимих, що свідчить про надійну роботу конструкцій після полегшення.

Аналіз результатів замірів віброприскорень для прогону завдовжки 18 м (ферма Ф2) показав, що при роботі конвеєра істотно збільшується максимальне значення віброприскорення, віброшвидкості і переміщень як у вертикальному, так і поздовжньому напрямках. Збільшення віброприскорень у вертикальному напрямку становить 30-35 разів, а в поздовжньому напрямку - 6-9 разів, що свідчить про потрапляння частоти динамічного збурення від конвеєра в першу резонансну зону, що призводить до реалізації резонансного режиму.

З отриманих результатів досліджень випливає, що значення амплітуди прискорення для ферми Ф2 перевищує допустимі значення.

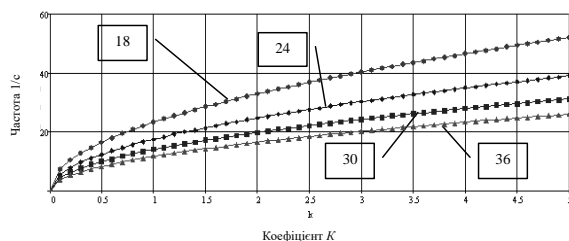
Аналіз результатів замірів показав, що максимальне значення віброприскорень перевищує на 10-15 % допустимі значення.

Закономірності, отримані в результаті теоретичних, експериментальних досліджень і в комп'ютерному моделюванні, використано для розробки рекомендацій з визначення раціональних конструктивних параметрів прогонових будов при переході на полегшені огорожувальні конструкції.

За результатами комп'ютерного моделювання була виведена залежність верхньої та нижньої границь резонансної зони від поєднання статичних навантажень. Так, чим меншим є статичне навантаження, тим вищим є значення резонансних зон.

З метою спрощення перевірки потрапляння частоти обурення в першу резонансну зону ми ввели коефіцієнт  $K$ , який враховує вплив відношення мінімального до максимального поєднання навантажень  $q_1/q_2$  на частоту власних коливань.

Графік залежності власної частоти коливань прогонової будови галерей від коефіцієнта  $K$  при різній довжині прогону подано на рис. 6.



**Рис. 6.** Залежність частоти власних поперечних коливань від коефіцієнта  $K$  при різній довжині  $l$  прогонової будови

За результатами проведених досліджень був побудовано графік залежності границь резонансних зон від коефіцієнта  $K$  (рис. 7).

З графіка (рис. 7) видно, що при коефіцієнті, який відповідає полегшенню загальної маси прогону приблизно на 37,6 %, значення частоти

вимушених коливань  $\omega$  потрапляє в першу резонансну зону, тобто виникає резонанс.

У результаті проведених досліджень отримано ряд залежностей, завдяки яким значно спрощуються перевірки розрахунки на стадії проектування реконструкції прогонових будівель.

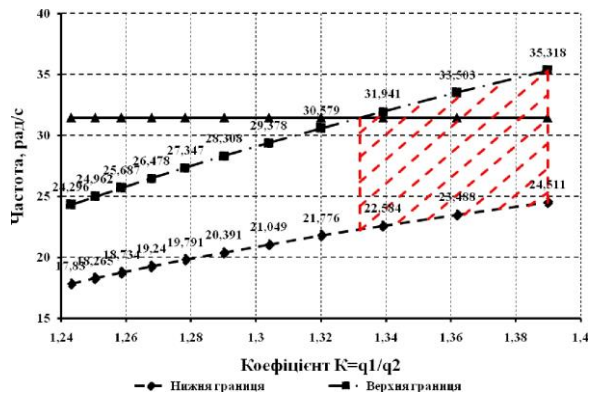


Рис. 7. Залежність границь резонансної зони від коефіцієнта  $K$

**Висновки і напрямок подальших досліджень.** Виконаний аналіз сучасного стану та основних тенденцій розвитку реконструкції прогонів будов, який показав, що більшість транспортних галерей, що експлуатуються на гірничовидобувних підприємствах, мають термін служби від 35 до 55 років, тому удосконалення конструкцій і методів їх проектування слід розглядати одним із основних напрямів реконструкції.

Встановлено, що у галерей з довжиною прогонів 24, 30 м значення частоти від динамічного збурення конвеєра не потрапляє всередину резонансної зони. Небезпечним є прогін завдовжки 18 м, в якому при повній заміні огорожувальних конструкцій реалізується резонанс.

Перевірка аналітичних методів розрахунку методом скінченних елементів у програмі SCAD для ряду математичних моделей показав, що прийняті допущення, котрі використовуються в моделях в аналітичному методі, не роблять значного впливу на характер поведінки й числові значення динамічних характеристик.

Доведено, що відношення напружень від динамічних і статичних навантажень, що враховується коефіцієнтом динамічності прогону будови, знаходиться в лінійній залежності від відношення максимального поєднання навантажень цієї будови до мінімального і не повинно перевищувати 1,7, що необхідно враховувати при розрахунку зусиль в елементах прогону будови для визначення його міцності, стійкості і довговічності.

Встановлено, що застосування введеного коефіцієнта  $K$  значно спрощує проектування реконструкції прогонів будов на початковій стадії ще при зборі навантажень.

Впровадження ефективних огорожувальних конструкцій прогонів будов з використанням розроблених рекомендацій дозволяє отримати економічний ефект на одній транспортній галереї в середньому 299 тис. грн з виключенням аварійних випадків, обумовлених виникненням резонансних явищ.

#### Список літератури

1. Руководство по проектированию транспортных галерей / Липницький М.Е. Пасынков Б.П, Ним А.Д. и др. // Ленинградский промстройпроект, Уралпромстройиниипроект и др. - М.: Стройиздат, 1979. - 131 с.
2. Пособие к СНиП 2.09.03-85 - Пособие по проектированию конвейерных галерей. Стройиздат, 1989 г.
3. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

Рукопис подано до редакції 22.03.12

УДК 658.38

Н.Ю. ШВАГЕР, д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «Криворізький національний університет»

### ЗАВДАННЯ І ФУНКЦІЇ КЕРІВНИКА ПІДПРИЄМСТВА ПРИБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

Наведено аналіз ролі керівника підприємства (топ-менеджера) і інженерного корпусу (менеджери) у вирішенні цільових завдань по забезпеченню безпеки праці і зниженню рівня травматизму.

**Вступ.** Можливість забезпечення стійкого стану охорони праці на підприємстві у вирішальному ступені зумовлюється тим, наскільки повно вирішені завдання управління персоналом. Функція управління персоналом покликана об'єднати, координувати, взаємопов'язувати та інтегрувати усі інші функції в єдине ціле; у загальному випадку включає повний спектр заходів по соціально-психологічному забезпеченню підбору, навчанню і формуванню ідеології, оцінці і мотивації персоналу, по створенню корпоративної культури, управлінню організаційним розвитком і організаційними змінами. При цьому визначальним усього процесу управління являється розуміння того, що Людина в системі безпеки праці є найбільш численною, найбільш цінною багатфункціональною ланкою, непоправним і незамінним інтелектуальним і фізичним