

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ХВОРОСТ ВАСИЛЬ ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 622.281.004.68

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

Спеціальність 05.15.04 – «Шахтне і підземне будівництво»

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі будівельних геотехнологій Державного ВНЗ «Криворізький національний університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
БРОВКО Дмитро Вікторович,
доцент кафедри будівельних геотехнологій
Державного ВНЗ «Криворізький національний університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
ВОЛКОВА Вікторія Євгенівна,
професор кафедри графіки
Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України

кандидат технічних наук, доцент
Царенко Сергій Миколайович,
доцент кафедри опору матеріалів
Державного ВНЗ «Донецький національний технічний університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Захист відбудеться «6» липня 2012 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Державному ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Автореферат розісланий «6» червня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. В. Солодянкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сучасний розвиток промислового виробництва пов'язаний з реконструкцією, розширенням, технічним переоснащенням і поліпшенням умов праці на діючих підприємствах. Враховуючи ринковий характер відносин, важливо, щоб роботи з реконструкції виконувалися в найкоротші терміни. Тенденція до скорочення термінів реконструкції прогонових будов - вельми важливий напрям будівельної справи.

При обстеженні прогонових будов поверхневого комплексу шахт Криворізького басейну виявлено значну кількість дефектів несучих та огорожувальних конструкцій галерей. Що стосується огорожувальних конструкцій, то вони вимагають часткової або повної заміни.

Серед загальної економії виникає питання про заміну старих конструкцій на більш ефективні за рядом ознак. Це дозволить значно зменшити навантаження конструкції від власної ваги. Тобто здійснюється перехід на полегшені огорожувальні конструкції галерей, що виключає необхідність виконувати перевірні розрахунки несучої здатності конструкцій і опор галерей. Але зменшення маси конструкції призводить до зміни частот власних коливань і жорсткості всій конструкції. Це може призвести до реалізації резонансу, що спричинить порушення технологічного процесу або аварійну ситуацію. У наш час недостатньо відомостей про роботу конструкцій прогонових будов за умови заміни старих огорожувальних конструкцій на нові полегшені.

У зв'язку з цим обґрунтування параметрів прогонових будов поверхні шахт з урахуванням переходу на полегшені огорожувальні конструкції на підставі закономірностей зміни динамічних характеристик є **актуальною науково-технічною задачею**.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до програми науково-дослідних робіт Державного ВНЗ «Криворізький національний університет» за науковим напрямом кафедри будівельних геотехнологій в рамках теми «Обстеження та оцінка технічного стану будівель і споруд» (№ державної реєстрації 0110U002370).

Мета роботи полягає в обґрунтуванні конструктивних параметрів прогонових будов гірничодобувних підприємств в умовах переходу на полегшені огорожувальні конструкції з урахуванням закономірностей зміни динамічних характеристик.

Для досягнення зазначеної мети дисертації поставлені та вирішені основні **задачі досліджень**:

- аналіз інженерних методів розрахунку прогонових будов і вибір розрахункової схеми;
- встановлення закономірностей зміни динамічних характеристик прогонових будов на еквівалентних комп'ютерних моделях;
- розробка та обґрунтування конструвальних і схемних рішень для конструктивних елементів прогонових будов;

- розробка математичної моделі і розрахункової схеми для дослідження динамічного стану прогонових будов при впливі на них характерних навантажень;
- дослідження динамічних характеристик прогонових будов при переході на полегшені огорожувальні конструкції;
- експериментальні дослідження на існуючих транспортерних галереях з полегшеними огорожувальними конструкціями в комплексі будівель і споруд шахт гірничодобувних підприємств;
- розрахунок передбачуваного економічного ефекту від використання результатів досліджень.

Об'єкт дослідження – напружено-деформований стан прогонових будов, що розглядаються, як системи пружно пов'язаних між собою дискретних і розподілених мас, що працюють в умовах переходу на полегшені огорожувальні конструкції.

Предмет дослідження – динамічні процеси і конструктивні параметри полегшених прогонових будов.

Ідея роботи полягає в урахуванні впливу поперечних коливань та динамічних характеристик полегшених прогонових будов при впливі на них характерних зовнішніх навантажень, обумовлених експлуатаційними режимами роботи транспортно-галереї, що забезпечують безпечну експлуатацію галереї.

Методи дослідження, використані в дисертаційній роботі: системний аналіз сучасного стану та фактичних даних інформаційних матеріалів і проектних рішень; методи аналітичної геометрії, будівельної механіки, опору матеріалів та теоретичної механіки, комп'ютерного математичного моделювання; експериментальна перевірка результатів теоретичних досліджень на діючих транспортерних галереях; порівняльна оцінка результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Основні наукові положення, що виносяться на захист:

1. Власна частота коливань прогонової будови перебуває в обернено пропорційній залежності від маси його елементів та довжини прогону і, наближаючись до частоти вимушених коливань від динамічного збурення конвеєра, призводить до потрапляння будови в резонансну зону, що дозволяє визначити раціональну масу огорожувальних конструкцій типових прогонових будов на поверхні шахт при їх реконструкції.
2. Відношення напружень від динамічних і статичних навантажень, що враховується коефіцієнтом динамічності прогонової будови, перебуває в лінійній залежності від відношення максимального поєднання навантажень цієї будови до мінімального і не повинне перевищувати 1,7, що необхідно враховувати при розрахунку зусиль в елементах прогонової будови для визначення її міцності, стійкості та довговічності.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше була врахована й отримана залежність впливу навантажень на власну частоту коливання галереї в умовах переходу на полегшені огорожувальні конструкції.

2. Отримані нові залежності визначення ефективної величини зниження маси прогонової будови з урахуванням специфіки конструкції та роботи транспортерних галерей.
3. Вперше виконані експериментальні дослідження на діючих транспортерних галереях з визначення динамічних характеристик конструкції галереї з різними огорожувальними конструкціями при роботі конвеєра.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується використанням результатів отриманих на підставі фундаментальних методів будівельної механіки, динаміки, вони забезпечують використання загальноприйнятих аналітичних методів досліджень, позитивний результат багаторічного практичного використання методики розрахунку прогонових будов при їх проектуванні, а також задовільну збіжність результатів комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень, виконаних на діючих галереях з розбіжністю порівнюваних параметрів до 10 %.

Наукове значення роботи полягає в отриманні закономірностей зміни динамічного стану розглянутого типу галереї при впливі на них різного характеру зовнішніх навантажень і зміни динамічних характеристик прогонових будов від типу огорожувальних конструкцій, статичних і динамічних навантажень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці:

1. Методики врахування поєднань навантажень при зміні мас конструкції на стадії проектування проведення робіт з реконструкції прогонових будов.
2. Рекомендацій щодо визначення раціональних поєднань статичних і динамічних навантажень прогонових будов при їх реконструкції з урахуванням зовнішніх впливів і умов подальшої експлуатації.
3. Алгоритму діагностики зміни частоти власних коливань прогонових будов при зміні технологічних параметрів, що значно спрощує перевірку потрапляння нижчої власної частоти вертикальних коливань у резонансну зону.

Реалізація результатів дослідження. Результати експериментальних досліджень і комп'ютерного моделювання динамічних характеристик прогонових будов використано при проектуванні реконструкції транспортерних галерей ТОВ «Криворіжшахтобуд», а також прийнято і буде використано в проектно-дослідних роботах з оцінки технічного стану транспортерних галерей.

Використання розроблених рекомендацій дозволяє визначати оптимальні компоновальні та схемні рішення й прогнозувати (керувати) динамічні характеристики, що виникають у прогонових будовах.

Особистий внесок здобувача.

Автором самостійно сформульовано цілі та задачі досліджень, наукові положення, висновки та рекомендації з роботи. Авторіві належать дослідження динамічних характеристик прогонових будов при переході на полегшені огорожувальні конструкції й аналіз результатів. Ним проведено експериментальні дослідження на існуючих транспортерних галереях з полегшеними огорожувальними конструкціями; обґрунтовано доцільність переходу на полегшені огорожувальні конструкції прогонових будов; розроблено рекомендації щодо ви-

бору раціональних параметрів огорожувальних конструкцій прогонових будов, що забезпечують надійну та тривалу експлуатацію.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертації доповідалися на: Міжнародній науково-технічній конференції «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» (Кривий Ріг, 2007–2011); Міжнародній науково-технічній конференції «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений» (Донецьк, 2008–2010, 2012); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективы освоения подземного пространства» (Дніпропетровськ, 2008, 2010, 2012).

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано в 16 наукових працях, у тому числі 7 статей у спеціалізованих виданнях та 9 – у збірниках наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 130 найменувань на 13 сторінках і 3 додатків на 14 сторінках, містить 105 сторінок машинописного тексту, 42 рисунки і 30 таблиць. Загальний обсяг дисертації складає 158 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ містить загальну характеристику роботи. Обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, наведено новизну і практичне значення отриманих результатів, вказано особистий внесок автора в роботу, сформульовані мета і завдання досліджень.

У першому розділі даної роботи наведений аналіз розвитку та сучасного стану проектування транспортерних галерей на поверхні гірничодобувних підприємств.

У практиці вітчизняного шахтного будівництва значний внесок у розвиток проектування прогонових будов зроблений науково-дослідними, проектно-конструкторськими і навчальними організаціями: ДП ДПІ «Кривбаспроект», інститут «Механобрчормет», ДПІ «Ленінградський Промбудпроект», Ленінградським відділенням ЦНІПСК, ДПІ «Уральський ПромбудНДІпроект», ДПІ «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. Лініцький, 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: ДПІ «Ленпроектстальконструкція» (Е. С. Олександрівська, Ю. С. Плішкін, А. С. Файнітейн, Ю. С. Зорін, В. А. Крупський, Ю. Н. Мірвіс, М. Б. Солодар), «Ленпромбудпроект» (В. Ф. Хрушов, А. Ф. Відяєво), ДПІ «Дніпропроектстальконструкція»

(А. Є. Любін, А. Г. Роздольський, А. Ф. Сафронков, В. А. Шевченко), ЦНІПромзданій (Н. А. Ушаков), Донецький ПромбудНДІпроект (В. Д. Вейсбейн).

Значний внесок в 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 гірничодобувну промисловість. Незважаючи на це, простежується тривалий застій у динаміці розвитку техніко-економічних показників будівництва прогонових 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.

На підставі проведеного аналізу сучасних досягнень науки і практики у даному напрямку сформульовано вищезазначені мету і завдання дослідження.

У другому розділі аналітично розглянуто вплив зміни зовнішнього навантаження на динамічні характеристики прогонових будов.

Найважливішою динамічною характеристикою прогонової 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 α – коефіцієнт, який дорівнює для галерей з розташуванням транспортера по низу ферм 9, а по верху – 10,5; β – коефіцієнт, який дорівнює одиниці при розрахунку середньої прогонової будови і за монограмою – крайньої прогонової будови з консоллю; q_2 – розрахункова вага прогонової будови з усіма навантаженнями, які мають масу, за винятком навантажень від натовпу, просипу і деталей; q_1 – розрахункова вага прогонової 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 прогонової будови) становить:

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

де $\theta_{1\min}$ и $\theta_{1\max}$ – відповідно, мінімальне і максимальне значення нижчої власної частоти вертикальних коливань прогонової будови.

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

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 у свою чергу призвело 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 %.

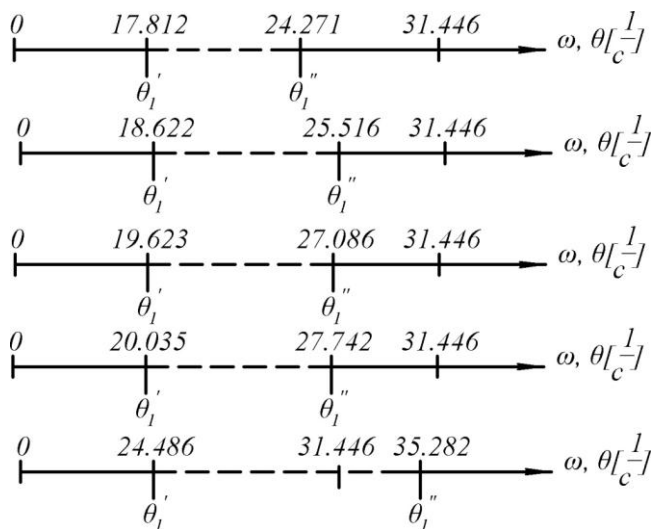


Рис.1. Графіки робочих частот для прогону довжиною 18 м залежно від маси прогону

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 впливає, 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.

У третьому розділі проведено комп'ютерне моделювання міцнісних і динамічних характеристик прогонових будов.

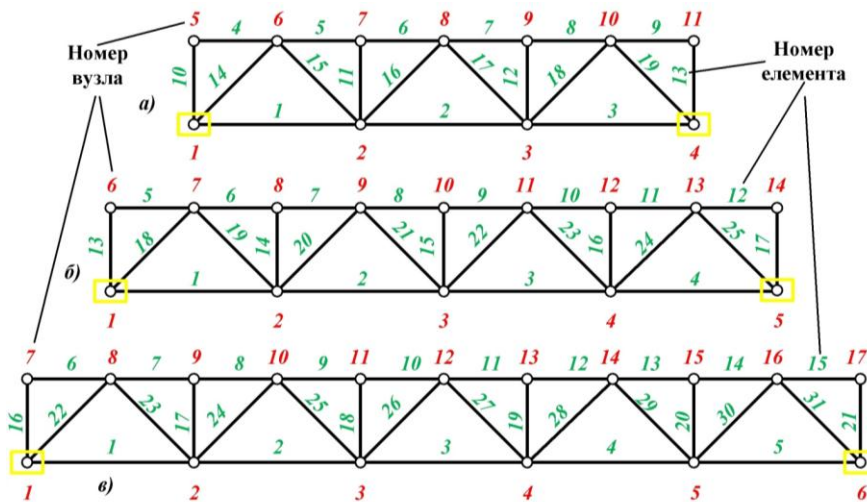


Рис. 2. Розрахункові моделі ферм галереї
а) прогін завдовжки 18 м; б) прогін завдовжки 24 м;
в) прогін завдовжки 30 м

здатності сталевих конструкцій.

Метод скінченних елементів передбачає використання в якості основних невідомих переміщень і поворотів вузлів розрахункової схеми. У розрахунку прийняті три плоскі розрахункові схеми наведені на рис. 2.

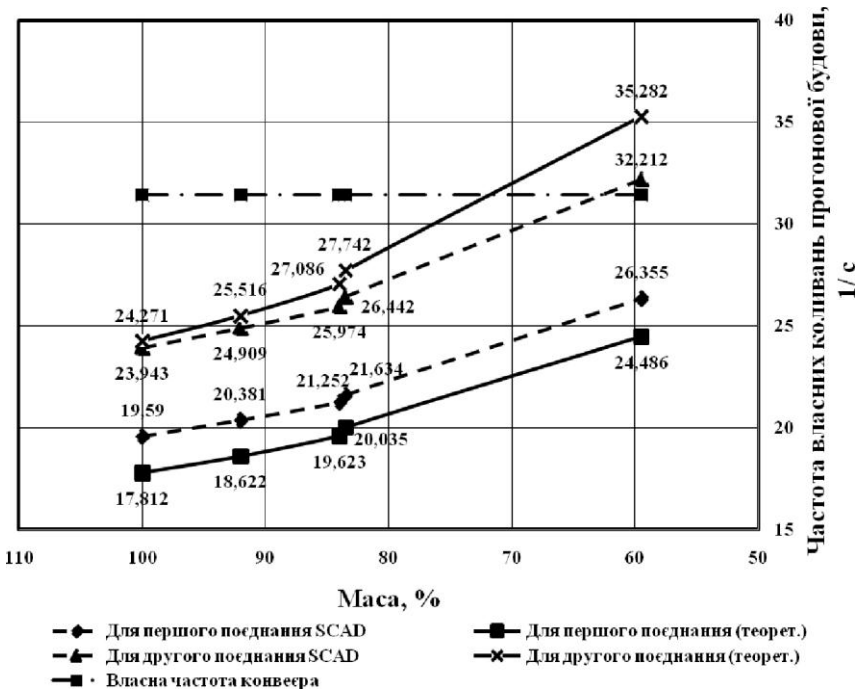


Рис. 3. Границі резонансних зон прогону завдовжки 18 м

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

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

За результатами проведених досліджень було побудовано графік залежності частоти вільних коливань прогонової будови галерей від маси огорожувальних конструкцій. Як видно з графіка (див. 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.

Отримана непога-

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 %.

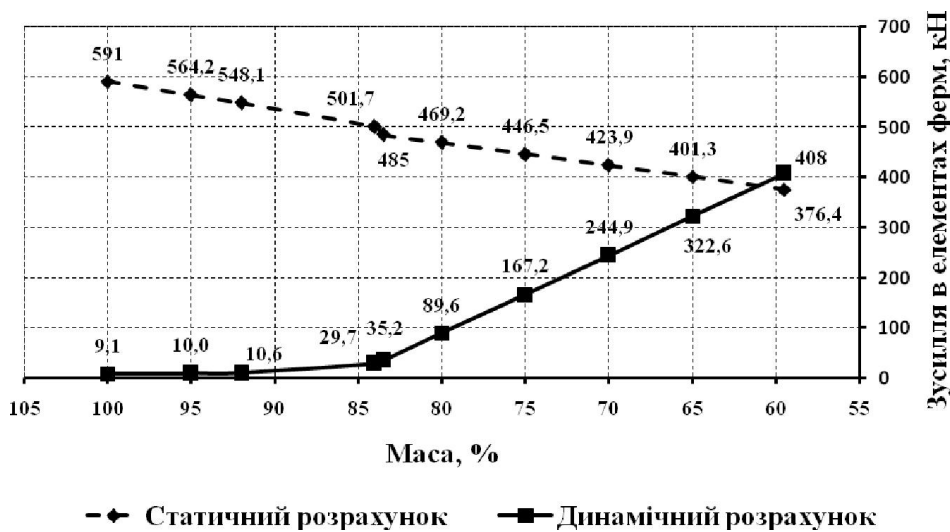


Рис. 4. Зусилля в елементах ферми прогонової будови завдовжки 18 м від статичного та динамічного навантаження у верхньому поясі

Установлена залежність внутрішніх зусиль в елементах ферми від маси прогону (рис. 4.) 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 наванта-

ження зменшуються. Що стосується динамічної складової навантаження, то тут простежується 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 призвести до аварійної ситуації, тому необхідно виконати перевірні розрахунки на міцність, стійкість і витривалість.

У четвертому розділі викладені результати експериментальних досліджень динаміки прогонової будови, що 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

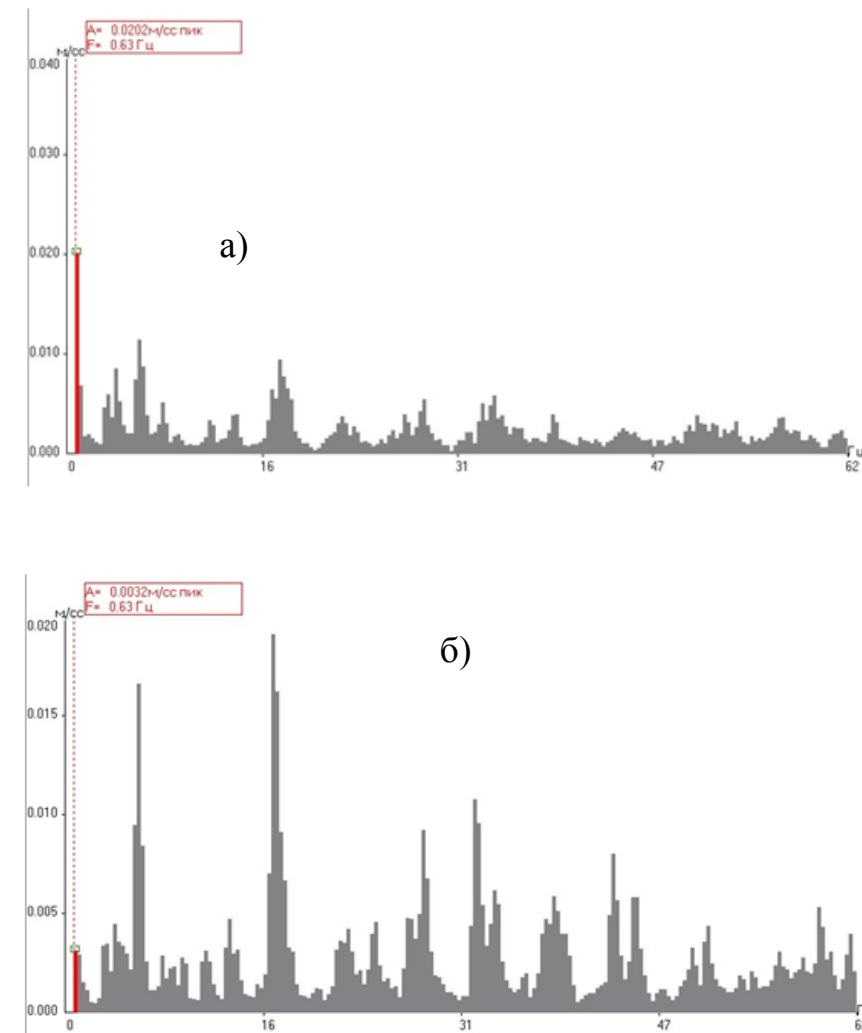


Рис. 5. Спектр віброприскорення в області низьких частот вузла №9 ферми Ф1 по осі V_2 : а) при незавантаженому конвеєрі; б) при завантаженому конвеєрі

передачі записів результатів вимірювань з пам'яті приладу в персональний комп'ютер (рис. 5). 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.

На рис. 5 подані спектрограми віброприскорень в області низьких частот вузла № 9 ферми Ф1 по осі В₂. При аналізі наведених спектрограм встановлено, що коливання формуються на тих смугах частот, що і коливання конвеєра з частотою 5,63 Гц та амплітудою прискорень 0,0019 м/с² при незавантаженому конвеєрі (рис. 5, а). У проміжки часу від 0 до 1248,0 мс вібропереміщення вузла № 9 досягаємо максимального значення 34,36 мкм. Наявність вантажу на конвеєрі не змінило основну частоту коливань, але вплинуло на величину амплітуди прискорень, значення якої зросло до $A = 0,0167$ м/с² (рис. 5, а). У проміжки часу від 0 до 1635,2 мс вібропереміщення вузла № 9 досягаємо максимального значення 8,41 мкм. Теж саме відбувається і 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.

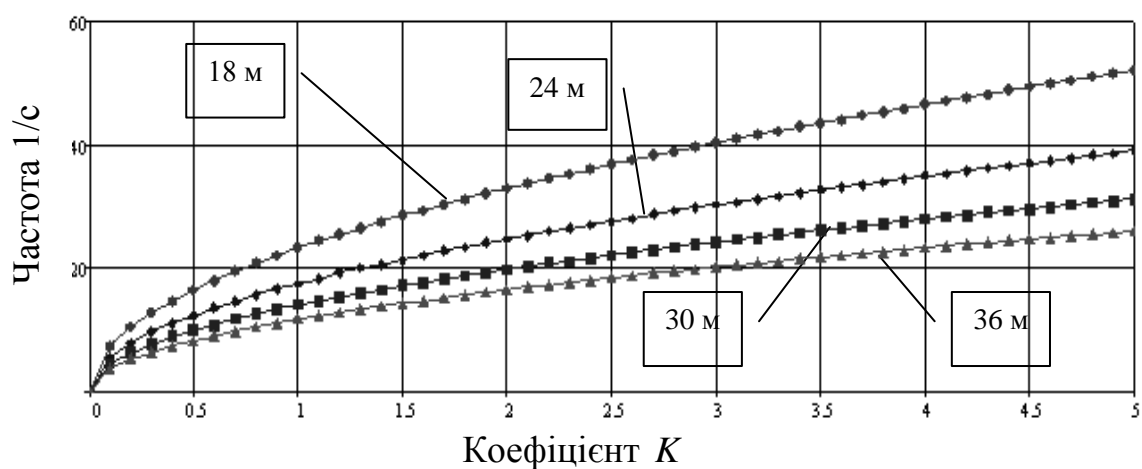


Рис. 6. Залежність частоти власних поперечних коливань від коефіцієнта K при різній довжині l прогонової будови

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⁻¹; 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.

У п'ятому розділі запроваджена методика визначення раціональних конструктивних параметрів прогонових будов для поліпшення технологічних процесів.

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.

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 ω потрапляє в першу резонансну зону, тобто виникає резонанс.

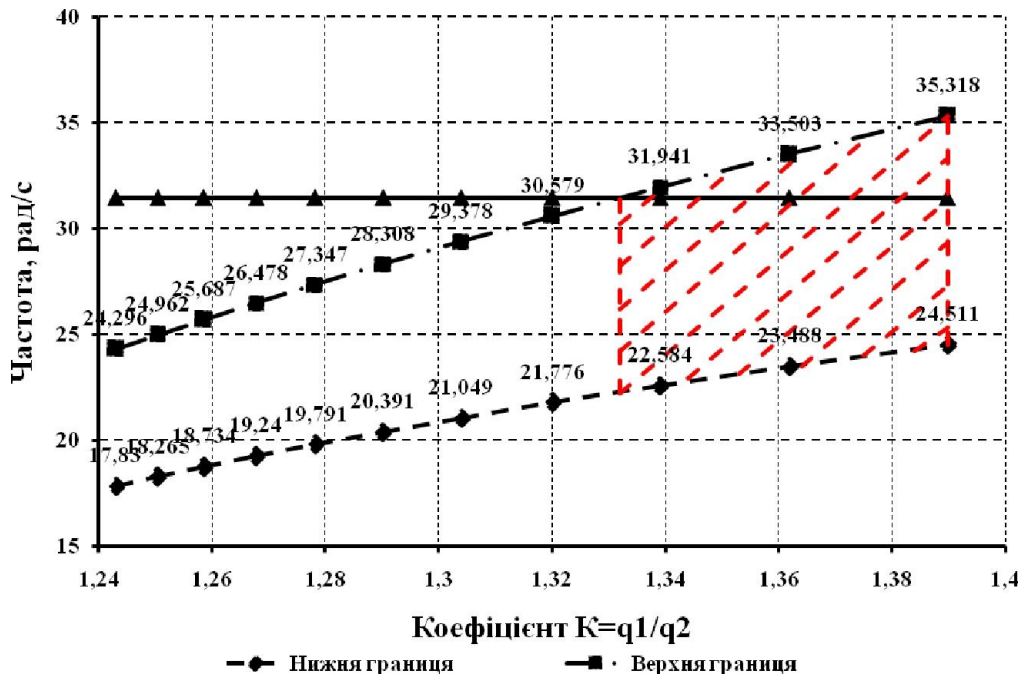


Рис. 7. Залежність границь резонансної зони від коефіцієнта K

У результаті проведених досліджень отримано ряд залежностей, завдяки яким значно спрощуються перевірні розрахунки на стадії проектування реконструкції прогонів будов.

Проведена техніко-економічна оцінка розроблених рішень і встановлена можливість отримання економічного ефекту на одній транспортерній галереї в середньому 299 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей зміни динамічного стану розглянутого типу галереї при впливі на них різного характеру зовнішніх навантажень і зміни динамічних характеристик прогонів будов від типу огорожувальних конструкцій, статичних і динамічних навантажень вирішена актуальна науково-технічна задача обґрунтування параметрів прогонів будов на поверхні шахт з урахуванням переходу на полегшені огорожувальні конструкції, що має важливе значення для гірничої промисловості.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Виконаний аналіз сучасного стану та основних тенденцій розвитку реконструкції прогонів будов, який показав, що більшість транспортерних галерей, що експлуатуються на гірничодобувних підприємствах, мають термін служби від 35 до 55 років, тому удосконалення конструкцій і методів їх проектування слід розглядати одним із основних напрямів реконструкції.
2. Встановлено, що у галереї 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.

3. 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.
4. Доведено, що відношення напружень від динамічних і статичних навантажень, що враховується коефіцієнтом динамічності прогонової 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 прогонової будови для визначення його міцності, стійкості і довговічності.
5. Встановлено, що застосування введеного коефіцієнта K значно спрощує проектування реконструкції прогонових будов на початковій стадії ще при зборі навантажень.
6. Впровадження ефективних огорожувальних конструкцій прогонових будов з використанням розроблених рекомендацій дозволяє отримати економічний ефект на одній транспортерній галереї в середньому 299 тис. грн з виключенням аварійних випадків, обумовлених виникненням резонансних явищ.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних роботах

1. Хворост В. В. Надшахтные копры – практика и усовершенствование их проектирования / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Разработка рудных месторождений. – 2007. – Вып. 91. – С. 83–87.
2. Хворост В. В. Расчет металлических конструкций сооружений поверхности шахт с применением современных вычислительных комплексов / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 5. – С. 62–65.
3. Хворост В. В. Удосконалення проектування копрових споруд / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Вісник КТУ. – 2009. – Вип. 24. – С. 42–46.
4. Хворост В. В. Реконструкція галерей за умови переходу на полегшені огорожувальні конструкції / Н. І. Посмашна, Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Вісник КТУ. – 2010. – Вип. 25. – С. 53–56.
5. Хворост В. В. Динамика транспортных галерей горнодобывающих предприятий / Б. М. Андреев, Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Збірник наукових праць НГУ. – 2010. – № 34, Т. 1. – С. 88–93.
6. Хворост В. В. Амплитудно-частотные характеристики транспортных галерей в условиях перехода на облегченные ограждающие конструкции / Д. В. Бровко, Н. І. Посмашна, В. В. Хворост // Разработка рудных месторождений. – 2011. – Вып. 94. – С. 98–101.
7. Хворост В. В. Исследования влияния различных факторов на собственную частоту колебания пролетных строений транспортных галерей / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Вісник КТУ. – 2011. – Вип. 29. – С. 82–83.
8. Хворост В. В. Исследование состояния копровых сооружений / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Международная научно-техническая конференция «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». – Донецк, 2008. – Вып. 14. – С. 97–98.

9. Хворост В. В. Анализ состояния металлических сооружений на шахтах / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Международная научно-техническая конференция «Перспективы освоения подземного пространства». – Днепропетровск, 2008. – Вып. 14. – С. 56–58.

10. Хворост В. В. Реконструкція будівель та споруд на поверхні шахт / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Международная научно-техническая конференция «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». – Донецк, 2009. – Вып. 15. – С. 131–132.

11. Хворост В. В. Оцінка стану галерей на поверхні гірничовидобувних підприємств Криворізького залізорудного басейну / Б. М. Андреев, Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Современные проблемы шахтного и подземного строительства. – Донецк, 2009. – Вып. 10–11. – С. 284–291.

12. Хворост В. В. Динаміка споруд при реконструкції / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Международная научно-техническая конференция «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». – Донецк, 2010. – Вып. 16 – С. 14–16.

13. Хворост В. В. Переваги та недоліки реконструкції галерей гірничовидобувних підприємств / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Міжнародна науково-технічна конференція «Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку – 2010». – Кривий Ріг, 2010. – С. 27–28.

14. Хворост В. В. Динамика транспортных галерей в условиях перехода на облегченные ограждающие конструкции / Д. В. Бровко, В. В. Хворост // Материалы 4-й Международной научно-практической конференции «Перспективы освоения подземного пространства». – Днепропетровск, 2010. – С. 81–85.

15. Хворост В. В. Амплитудно-частотные характеристики пролетных строений на поверхности шахт в условиях перехода на облегченные ограждающие конструкции / В. В. Хворост // Международная научно-практическая конференция «Перспективы освоения подземного пространства». – Днепропетровск, 2012. – С. 62–67.

16. Хворост В. В. Динамический расчет зданий и сооружений горнодобывающих предприятий / В. В. Хворост // Международная научно-техническая конференция «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». – Донецк, 2012. – Вып. 18. – С. 79–82.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві: [1, 8] – оцінювання стану копрових споруд; [11, 13] – виконано обстеження галерей на поверхні гірничодобувних підприємств; [2] – розрахунок металевих конструкцій споруд поверхні шахт за допомогою сучасних обчислювальних комплексів; [10, 3, 4] – аналіз перспективних напрямів реконструкції будівель та споруд на поверхні шахт; [5, 14] – аналіз динамічного стану прогонових будов гірничодобувних підприємств; [9] – аналіз стану металевих споруд на шахтах; [12, 15] – моделювання динамічних процесів споруд та оцінювання міцності споруди, аналіз результатів; [7] – аналіз факторів, які впливають на власну частоту коливань споруди.

АНОТАЦІЯ

Хворост В. В. Обґрунтування параметрів прогонових будов на поверхні шахт з урахуванням переходу на полегшені огорожувальні конструкції. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04 «Шахтне та підземне будівництво». – ДВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2012.

Дисертацію присвячено розв'язанню актуального науково-технічного завдання обґрунтування параметрів прогонових будов поверхні шахт з урахуванням переходу на полегшені огорожувальні конструкції на підставі закономірностей зміни динамічних характеристик.

Результати комп'ютерного моделювання методом скінченних елементів та теоретичних розрахунків дозволили проаналізувати динамічні процеси у прогонових будовах галерей і встановити закономірності порушення їх міцності.

Отримані експериментальним шляхом динамічні характеристики прогонових будов використано для оцінювання міцності, стійкості та витривалості динамічно навантажених конструкцій прогонових будов.

Закономірності, отримані в результаті комп'ютерного моделювання динамічних процесів галерей, використано для розробки рекомендацій з визначення ширини резонансної зони та величини коефіцієнта динамічності прогонових будов у комплексі будівель і споруд поверхні шахт гірничодобувних підприємств Криворізького басейну за умови переходу на полегшені огорожувальні конструкції.

Ключові слова: динамічний коефіцієнт, власна частота коливань, гармонічні коливання, динамічне навантаження, транспортерні галереї, прогонові будови.

АННОТАЦИЯ

Хворост В. В. Обоснование параметров пролетных строений на поверхности шахт с учетом перехода на облегченные ограждающие конструкции. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.04 «Шахтное и подземное строительство». – ГВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-технической задачи обоснования параметров пролетных строений поверхности шахт с учетом перехода на облегченные ограждающие конструкции на основе закономерностей изменения динамических характеристик.

В работе выполнен системный анализ современного состояния и основных тенденций развития проектирования пролетных строений на поверхности горнодобывающих предприятий.

Для моделирования напряженно-деформированного состояния пролетных строений был использован вычислительный комплекс SCAD, широко используемый в практике инженерного анализа как в Украине, так и за рубежом.

Проверка аналитических методов расчета методом конечных элементов в программе SCAD для ряда математических моделей показал, что принятые допущения, используемые в моделях в аналитическом методе, не оказывают значительного влияния на характер поведения и численные значения амплитудно-частотных характеристик.

Результаты компьютерного моделирования методом конечных элементов и теоретических расчетов позволили проанализировать динамические процессы в пролетных строениях галерей и установить закономерности нарушения их прочности.

Выполнены экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния пролетных строений в комплексе зданий и сооружений поверхности шахт горнодобывающих предприятий Криворожского бассейна.

Полученные экспериментальным путем динамические характеристики пролетных строений использованы для оценки прочности, устойчивости и выносливости динамично нагруженных конструкций пролетных строений.

Закономерности, полученные в результате компьютерного моделирования динамических процессов, использованы для разработки рекомендаций по определению ширины резонансной зоны и величины коэффициента динамичности пролетных строений в условиях перехода на облегченные ограждающие конструкции.

На основании впервые установленных закономерностей изменения амплитудно-частотных характеристик пролетных строений от различного характера внешних нагрузок и геометрических параметров ограждающих конструкций решена актуальная научная задача установления закономерностей изменения жесткости и частот собственных колебаний галерей при условии перехода на облегченные ограждающие конструкции.

Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов производилось на основании сравнения частот колебаний, максимальных перемещений. Установленное удовлетворительное соответствие этих факторов является достаточным для вывода о достоверности математической модели.

Внедрение эффективных ограждающих конструкций пролетных строений на основе использования разработанных рекомендаций по определению рациональной массы пролетного строения позволяет получить экономический эффект на одной транспортной галереи 299 тыс. грн.

Ключевые слова: динамический коэффициент, собственная частота колебаний, гармонические колебания, динамическая нагрузка, транспортные галереи, пролетные строения.

ANNOTATION

Khvorost V.V. Explanation of span structures on the mines surface characteristics with account of transition to eased cladding structures. – Manuscript.

Thesis for obtaining scientific degree of candidate of technical sciences by speciality 05.15.04 – «Mining and underground construction». – State Institution of Higher Education «National Mining University», Dnipropetrovs'k, 2012.

Thesis is devoted to the urgent scientific and technical problem explanation analysis of span structures on the mines surface characteristics with account of transition to eased cladding structures on the basis of dynamic characteristic principles.

Computer simulations results by finite elements and theoretical calculation methods allowed analyzing the dynamic processes in span structures galleries and establishing principles of its strength deflection.

Experimentally obtained dynamic processes in span structures are used for strength, resistibility, endurance evaluation of dynamically loaded span structures.

Obtained results based on the results of dynamic processes in galleries structures are used for recommendation formulation to determine the resonance zone width and dynamic index value of span structures under conditions of transition to eased cladding structures.

Implementation of effective cladding structures of span structures allows reducing the cost of span structures reconstruction an average of 10...20 %.

Key words: dynamic index, natural-vibration frequency, vibration harmonic, load impact, transportation gallery, span structures.

Василь Валерійович Хворост

**Обґрунтування параметрів прогонових будов на поверхні шахт
з урахуванням переходу на полегшені огорожувальні конструкції**

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.15.04 «Шахтне та підземне будівництво»

Підписано до друку 01.06.2012.
Формат 60×84/16. Ум. др. арк. – 1,4. Авт. арк. – 0,9.
Тираж – 100 пр.

Друкарня СПД Щербенок С. Г.
Свідоцтво ДП 126-р від 12.10.2004.
вул. Рокоссовського, 5/3, м. Кривий Ріг, 50027.
(0564) 92-20-77.