

ПІДБІР ЖОРСТКОСТІ КОРОБУ ГРОХОТА З ВИКОРИСТАННЯМ FEM ДЛЯ УНИКНЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ РЕЖИМІВ

Пополов Д.В.¹ [ORCID], Засельський І.В.² [ORCID]

¹Державний університет економіки і технологій, д.т.н., доцент, Україна

²Державний університет економіки і технологій, к.т.н., доцент, Україна

Анотація. У роботі розглянуто питання підбору жорсткісних характеристик коробу вібраційного грохота з використанням методу кінцевих елементів. Проведено модальний аналіз металоконструкції коробу грохота з визначенням власних частот та форм коливань, що дозволило виявити небезпечні зони, пов'язані з виникненням локальних резонансів. Встановлено, що недостатня жорсткість окремих елементів конструкції коробу грохота призводить до підвищених напружень і зниження надійності болтових з'єднань. Запропоновано конструктивні заходи щодо зміни спектра власних частот робочого органу грохота, зокрема введення додаткових балок жорсткості та зміна схеми їх розташування. Виконано порівняльний аналіз запропонованих технічних рішень, що дозволило обґрунтувати раціональну конструкцію у вигляді перехресного підсилення коробу. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та модернізації грохотів для підвищення їх надійності та енергоефективності.

Ключові слова: вібраційний грохот, власна частота, локальний резонанс, жорсткість, надійність, короб.

Вібраційні грохоти є ключовим обладнанням у процесах класифікації сипких матеріалів у гірничо-металургійній, будівельній та хімічній промисловості [1]. Надійність їх роботи значною мірою визначається жорсткістю несучої конструкції коробу грохота, де недостатня жорсткість призводить до появи додаткових деформацій, розбалансування системи та зниження ресурсу елементів.

Особливо небезпечним є збіг власних частот конструкції коробу грохота з частотою його збудження, що призводить до виникнення резонансних режимів [2, 3]. У таких умовах різко зростають амплітуди коливань, що викликає інтенсивне накопичення пошкоджень та руйнування самої конструкції робочого органу грохота.

У зв'язку з цим актуальним є застосування сучасних чисельних методів, зокрема методу кінцевих елементів (FEM), для дослідження динамічних характеристик грохотів і обґрунтованого підбору жорсткості їх несучих конструкцій [4, 5].

Таким чином, метою роботи є визначення раціональних параметрів жорсткості коробу грохота на основі кінцевоелементного модального аналізу для уникнення резонансних режимів його роботи.

Дослідження виконувалось з використанням тривимірної кінцевоелементної моделі коробу грохоту ГСТ-62ШМ [4], яка була побудована з урахуванням реальної геометрії та конструктивних особливостей об'єкта. Модель включала основні несучі елементи конструкції робочого органу грохота, зокрема бортовини, балки, а також вузли кріплення мотор-вібраторів і місця встановлення з'єднувальних елементів. При побудові моделі враховано фізико-механічні властивості матеріалу, граничні умови закріплення та характер прикладення динамічних навантажень.

Дискретизація конструкції грохота, що розглядається, здійснювалася із застосуванням об'ємних та оболонкових кінцевих елементів із забезпеченням достатньої щільності сітки в зонах очікуваної концентрації напружень. Для підвищення точності розрахунків виконано перевірку збіжності результатів при уточненні сітки.

В межах проведених досліджень для робочого органу грохота ГСТ-62ШМ було виконано:

- модальний аналіз для визначення спектра власних частот і відповідних форм коливань конструкції, ідентифікації потенційно небезпечних режимів роботи, пов'язаних з можливим виникненням резонансу;
- аналіз напружено-деформованого стану, в ході якого визначено розподіл переміщень, деформацій та еквівалентних напружень у характерних перерізах конструкції при дії експлуатаційних навантажень;
- варіаційні розрахунки, що передбачали зміну жорсткісних характеристик конструкції шляхом варіювання геометричних параметрів конструктивних елементів та введення додаткових підсилюючих елементів для оцінки чутливості спектра власних частот до змін жорсткості та обґрунтування раціональних конструктивних рішень.

Результати модального аналізу (рис. 1) показали, що власні частоти окремих елементів металоконструкції коробу грохота знаходяться у діапазоні робочих частот збудження. Зокрема, частоти нижчих форм коливань наближені до частоти обертання дебалансного приводу, що створює передумови для динамічного підсилення коливань. Це свідчить про наявність сприятливих умов для виникнення локальних резонансів, які можуть проявлятися у вигляді значного зростання амплітуд переміщень окремих елементів конструкції.

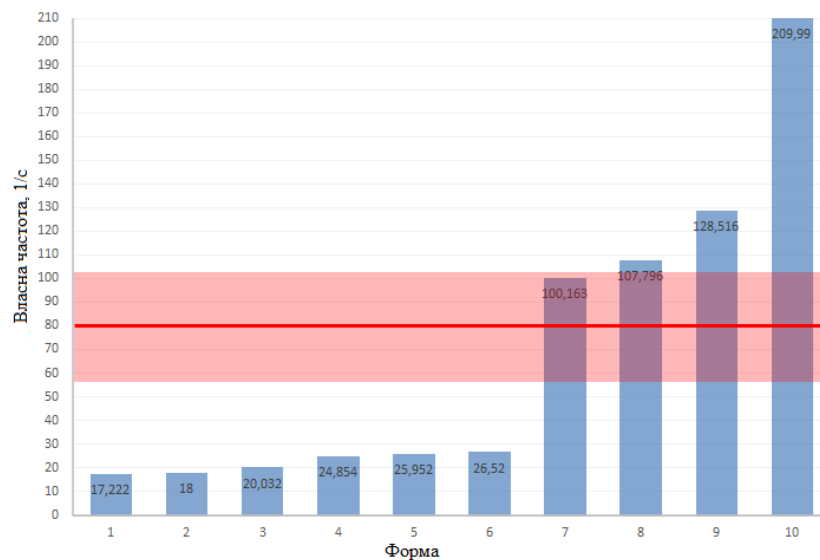


Рисунок 1 – Спектр власних частот металоконструкції коробу грохота

Аналіз форм коливань показав наявність значних деформацій у бортовинах, що супроводжується концентрацією напружень у зонах кріплення (рис. 2).

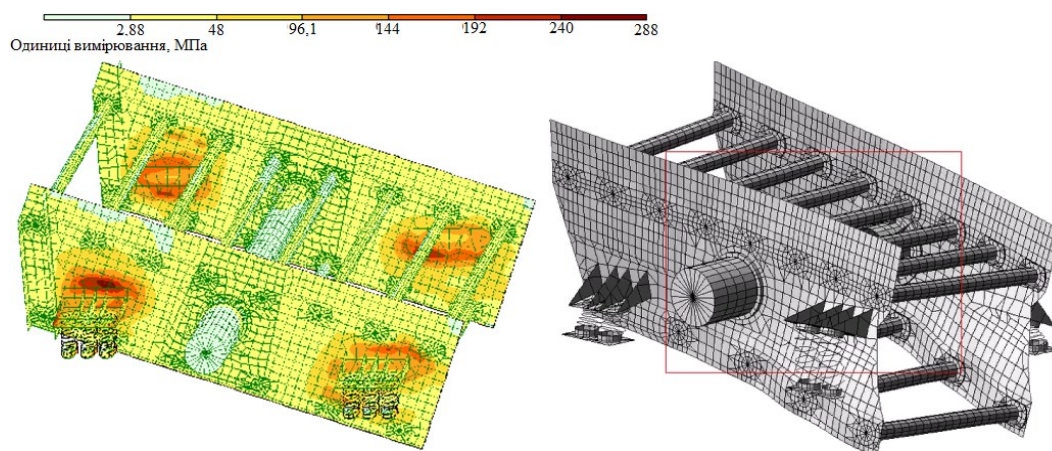


Рисунок 2 – Розподіл еквівалентних напружень у металоконструкції коробу

Для зміщення спектра власних частот було розглянуто ряд конструктивних варіантів підсилення металоконструкції корпусу грохота. Зокрема, досліджувалися рішення, пов'язані з збільшенням локальної та загальної жорсткості шляхом введення додаткових елементів жорсткості, зміни їх геометричних параметрів та схеми розташування. Аналіз виконувався на основі серії варіаційних розрахунків із використанням кінцевоелементної моделі (рис. 3, 4).

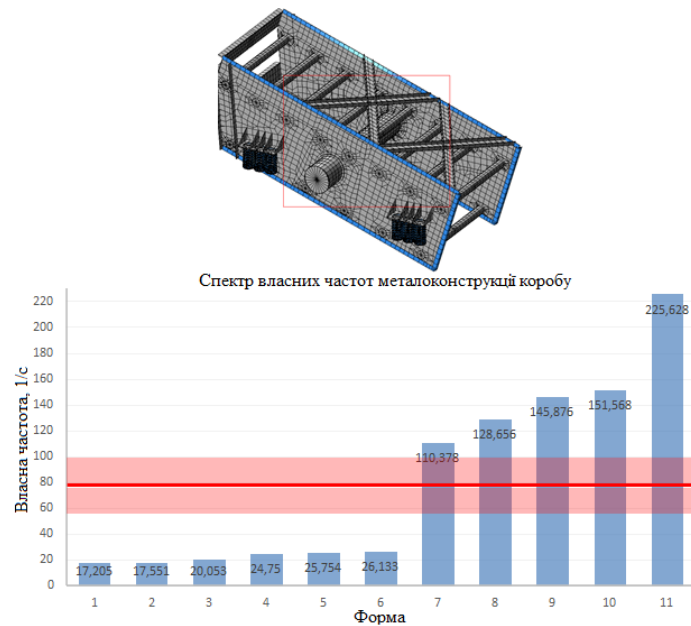


Рисунок 3 – Схема підсилення корпусу грохота з перехресним розташуванням балок у верхньому поясі

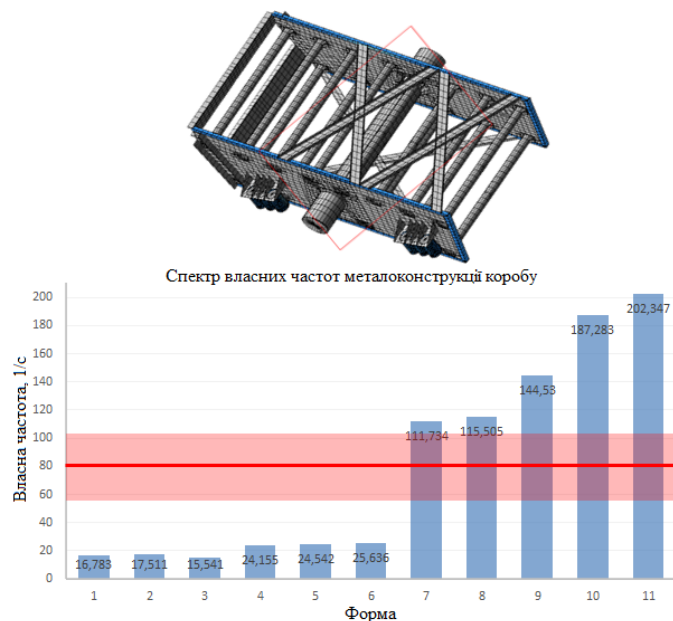


Рисунок 4 – Схема підсилення корпусу грохота з перехресним розташуванням балок у верхньому та нижньому поясі

У результаті порівняльного аналізу встановлено, що найбільш ефективним є варіант встановлення додаткових балок із хрестоподібним розташуванням у верхній та нижній площині короба. Така схема забезпечує більш рівномірний розподіл жорсткості по конструкції, зменшує локальні деформації та підвищує просторову жорсткість системи.

Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено, що недостатня жорсткість металоконструкції коробу грохота є одним з ключових факторів, який зумовлює появу небажаних резонансних режимів у процесі його експлуатації. Такі явища призводять до підвищених динамічних навантажень, прискореного накопичення втомних пошкоджень елементів конструкції його робочого органу та зниження загальної надійності обладнання. Показано, що застосування методу скінченних елементів (FEM) є ефективним інструментом для детального аналізу динамічної поведінки конструкції коробу грохота, зокрема для визначення власних частот і форм коливань окремих елементів та системи в цілому. Використання чисельного моделювання дозволило виявити небезпечні частотні діапазони, у яких можливе виникнення резонансу, та оцінити вплив конструктивних змін на динамічні характеристики грохоту. На основі проведеного аналізу запропоновано раціональну схему підсилення конструкції короба грохота, спрямовану на підвищення його просторової жорсткості та віддалення власних частот від робочого діапазону збудження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Удосконалення обладнання та процесів вуглепідготовки і коксортування металургійного виробництва: монографія / В. Й. Засельський, Д. В. Пополов та ін. Кривий Ріг: Літерія, 2019. 203 с.
2. S. Rao S. Mechanical vibrations. 5th ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 2011. 1083 p.
3. J. Inman D. Engineering vibration. 4th ed. London : Pearson Education, 2014. 711 p.
4. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., Zhu J. Z. The finite element method: its basis and fundamentals. 6th ed. Burlington : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. 802 p.
5. Bathe K.-J. Finite element procedures. New Jersey : Prentice Hall, 1996. 1029 p.

SELECTION OF SCREEN BOX STIFFNESS USING FEM TO AVOID RESONANT MODES

Dmytro Popolov, Ihor Zaselskyi

Abstract. *The paper addresses the problem of selecting the stiffness characteristics of a vibrating screen box using the finite element method (FEM). A modal analysis of the screen box metal structure was carried out to determine natural frequencies and mode shapes, which made it possible to identify critical zones associated with local resonance occurrence. It was established that insufficient stiffness of individual structural elements of the screen box leads to increased stresses and reduced reliability of bolted joints. Structural measures aimed at modifying the natural frequency spectrum of the screen working body are proposed, including the introduction of additional stiffening beams and changes in their arrangement. A comparative analysis of the proposed technical solutions was performed, which made it possible to substantiate a rational design in the form of cross-bracing of the screen box. The obtained results can be used in the design and modernization of vibrating screens to improve their reliability and energy efficiency.*

Keywords: *vibrating screen, natural frequency, local resonance, stiffness, reliability, screen box.*

REFERENCE

1. Udoskonalennia obladnannia ta protsesiv vuhlepidhotovky i koksosortuvannia metalurhiinoho vyrobnytstva: monohrafiia / V. Y. Zaselskyi, D. V. Popolov ta in. Kryvyi Rih: Literiia, 2019. 203 s. [in Ukrainian]
2. S. Rao S. Mechanical vibrations. 5th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2011. 1083 p.
3. J. Inman D. Engineering vibration. 4th ed. London: Pearson Education, 2014. 711 p.
4. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., Zhu J. Z. The finite element method: its basis and fundamentals. 6th ed. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. 802 p.
5. Bathe K.-J. Finite element procedures. New Jersey : Prentice Hall, 1996. 1029 p.