

УДК 622.112

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРУ ГУПЕРБАРФІЛЬТРУ

К.А. Зіборов<sup>1</sup>, А.Р. Горохова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, завідувачий кафедри конструювання, технічної естетики та дизайну, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, м. Дніпро, Україна, e-mail: [ziborov.k.a@nmu.one](mailto:ziborov.k.a@nmu.one)

<sup>2</sup>студентка групи 132м-20-2 кафедри конструювання, технічної естетики та дизайну, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, м. Дніпро, Україна, e-mail: [Horokhova.A.R@nmu.one](mailto:Horokhova.A.R@nmu.one)

**Анотація.** В роботі виконано аналіз роботи підшипникових вузлів скребкового конвеєра у агресивній середі на збагачувальній фабриці.

*Ключові слова:* вугілля, збагачувальна фабрика, гіпербарфільтр, підшипники, скребковий конвеєр, знос, корозія, комп'ютерна модель, ущільнення.

## INCREASING THE DURABILITY OF THE SCRAPER CONVEYOR BEARING UNITS OF THE HYPERBARFILTER

Kirill Ziborov<sup>1</sup>, Aline Gorohva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Head of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [ziborov.k.a@nmu.one](mailto:ziborov.k.a@nmu.one)

<sup>2</sup>Student magister, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [Horokhova.A.R@nmu.one](mailto:Horokhova.A.R@nmu.one)

**Abstract.** The analysis of the operation of the bearing units of the scraper conveyor in an aggressive environment at the concentrator is performed.

*Keywords:* coal, concentrator, hyperbarfilter, bearings, scraper conveyor, wear, corrosion, computer model, seals.

**Вступ.** На сьогоднішній день вугілля - головне джерело енергії для промисловості, транспорту, побутових цілей. Він є найважливішим видом сировини в хімічній галузі, використовується для отримання рідкого і газоподібного палива. Кокс, що одержується при переробці кам'яного вугілля, - основа металургійної промисловості.

Необхідність збільшення енергетичних потужностей, а також екологічні вимоги всередині країни підштовхують вугільні компанії займатися не тільки простим збільшенням видобутку вугілля, але і його збагаченням. Експерти вугільної галузі єдині в думці - майбутнє за збагаченням вугіллям. Збагачене вугілля - це якість сталі, істотне зниження впливу на навколишнє

природне середовище від теплоелектростанцій, скорочення витрат на транспортування вугілля на далекі відстані.

Збагачувальна фабрика представляє собою складний механізм з системами інженерного забезпечення, різноманітним обладнанням, автоматизацією технологічних процесів, трубопроводами тощо.

Процес збагачення вугілля складається з декількох етапів. Один з них - зневоднення флотаційного концентрату. Волога в вугіллі - це баласт, який призводить до значного збільшення транспортних витрат, ускладнює підготовку вугілля до коксування, його зберігання на складах, видачу зі сховищ і дозування. Підвищення вологості вугілля на 1% знижує його ціну на 1,5%. Тому проблема зниження вологості завжди актуальна.

**Ціль роботи.** Проаналізувати стан підшипникових вузлів та запропонувати технічні рішення для усунення проблем.

**Матеріали досліджень.** У процесі збагачення вугілля часто використовують дискові фільтри під тиском - гіпербарфільтри (рис.1). Гіпербарфільтр складається з резервуара 1, ряду плоских круглих дисків 2, що насаджено вертикально на центральну горизонтальну трубу 3. Диски, проникні самі по собі, обтягнуті фільтрувальною стрічкою, яка поділена на сектори. В процесі обертання приводом 4 диски проходять через окремі перемішувальні резервуари з суспензією, і розрядження всередині дисків викликає фільтрацію і формування осаду. Після того, як осад сформований, може проводитися просушка шляхом прососування повітря через шар. Промивання осаду в таких фільтрах практично неможлива через вертикальну орієнтацію шару осаду. Гіпербарфільтр встановлюється всередині ємності під тиском, що заповнюється стисненим повітрям. При надмірному (до 6 бар) тиску здійснюється фільтрація і зневоднення осаду. Для обробки осаду застосовується чистий перегрітий пар. Для цього використовується спеціально розроблена парова камера, яка охоплює частину фільтра і утворює окрему область насиченої пари на фільтрі. Таким чином, фільтрація, промивання і зневоднення концентрату вугілля відбуваються в новій якості і призводять до отриманню зневодненого осаду з надзвичайно низькою вологістю 8-10 відсотків.

Просушений осад знімається за допомогою ножів або дротяних скребків з обох сторін диска. Транспортування здійснюється скребковим конвеєром. Найбільш проблемним вузлом даної установки є підшипниковий вузол скребкового конвеєра (рис.2).

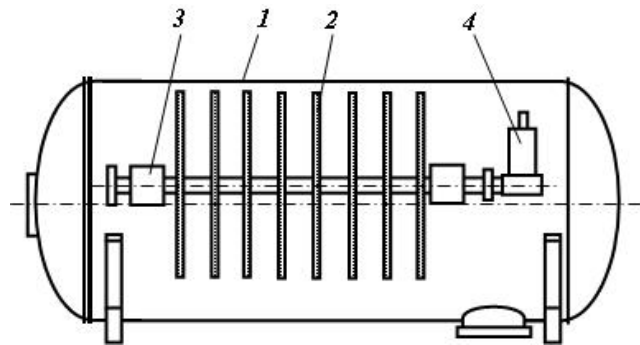


Рисунок 1 - Гіпербарфільтр: а) «Збагачувальна фабрика «Свято-Варваринська»»; б) схема фільтра



Рисунок 2 - Типові руйнування підшипників скребкового конвеєру гіпербарфільтру

Проведений аналіз стану опорних вузлів на підприємстві «Збагачувальна фабрика «Свято - Варваринська» показує, що на встановлених підшипниках виявлені наступні проблеми (рис.3):

- ✓ знос сепараторів через можливу нестачу мастила;
- ✓ абразивний знос внаслідок попадання бруду і пилу;
- ✓ корозія елементів внаслідок попадання води в підшипник;
- ✓ руйнування сепараторів внаслідок динамічних вібраційних навантажень.

Для вирішення завдання підвищення довговічності підшипникових вузлів скребкового конвеєра гіпербарфільтра були вирішені наступні завдання:

- 1) складена кінематична схема вузла підшипника, на підставі якої розроблена розрахункова схема (рис.4).

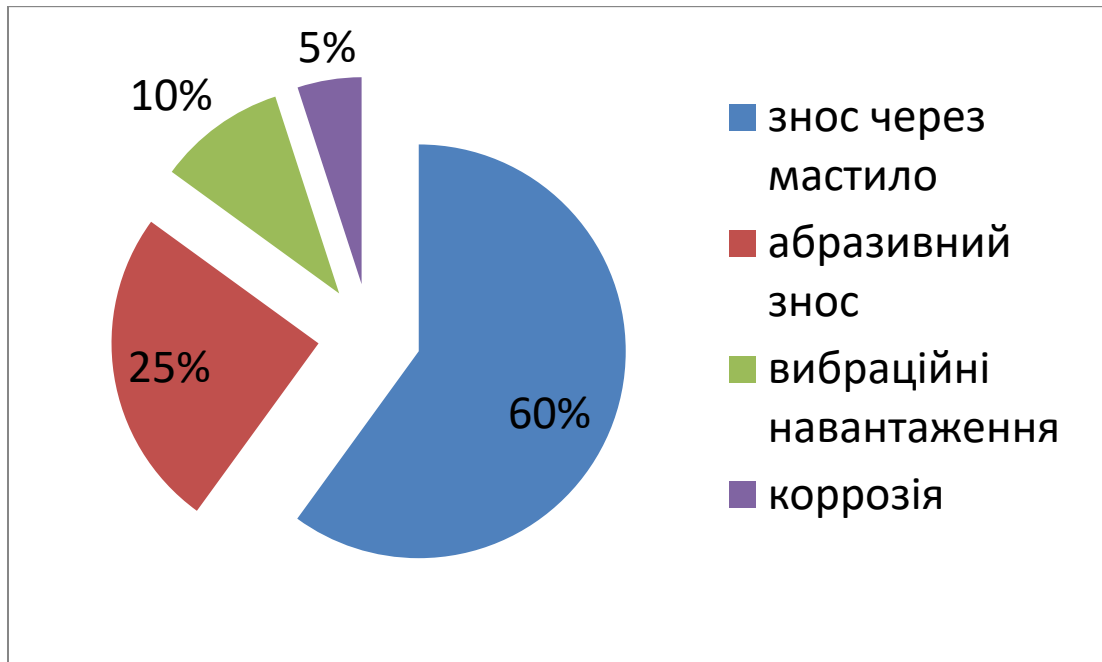


Рисунок. 3 - Фактори, що викликають руйнування підшипників

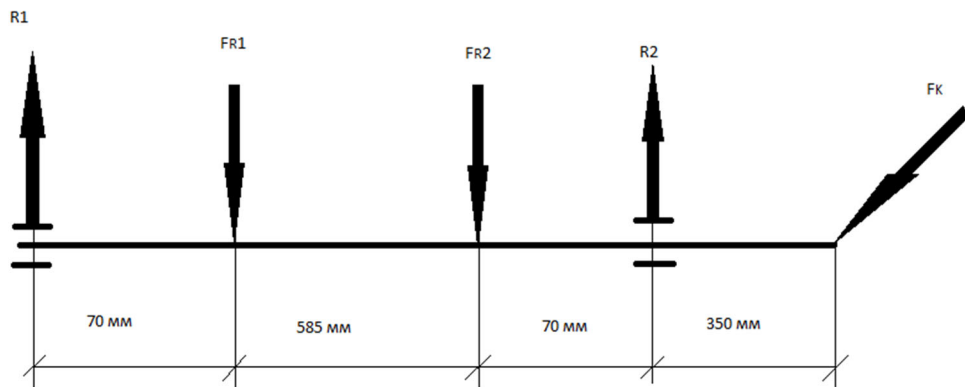


Рисунок 4 – Розрахункова схема навантаження

За результатами визначено, що реакція опори на ненавантаженому підшипнику - 5738 Н, на навантаженому підшипнику - 39040 Н, частота обертів сепаратора підшипника визначалася за формулою (1)

$$\frac{n_B}{n_H} = \frac{n_c}{n_c} = -\frac{D_H}{D_B \frac{35 - n_c}{0 - n_c}}$$

$$= -\frac{160}{90}$$

$$n_c = 12.6 \text{ об/хв} \quad (1)$$

де  $n_B$  - частота обертання внутрішнього кільця,  $n_H$  - частота обертання зовнішнього кільця,  $D_H$  - зовнішній діаметр,  $D_B$  - внутрішній діаметр підшипника.

2) отримані дані було використано в комп'ютерній моделі, складеної за допомогою програми SolidWorks (рис.5).

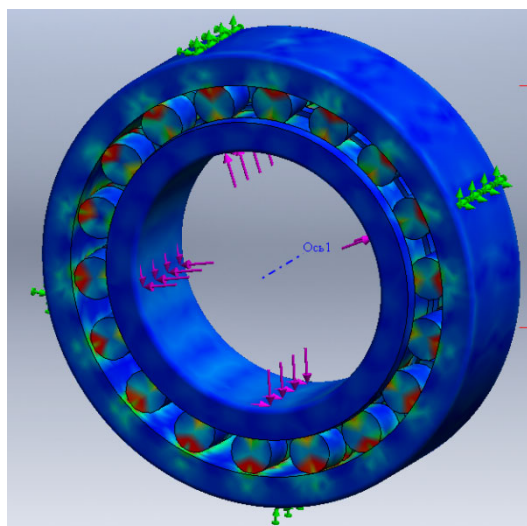


Рисунок 5 - Модель підшипника в програмі SolidWorks

Для складеної моделі розглядалися варіанти підшипника даного типу з сепараторами, виконаними з інших матеріалів 22218-EG15-W33C3 сепаратор з поліаміду; 22218-EM-W33 - масивний нероз'ємний сепаратор. Відмінності в підшипниках тільки матеріалах сепараторів. Дані, отримані в розрахунковій схемі були закладено в програму SolidWorks Simulation для кожного виду сепараторів (рис.6-8).

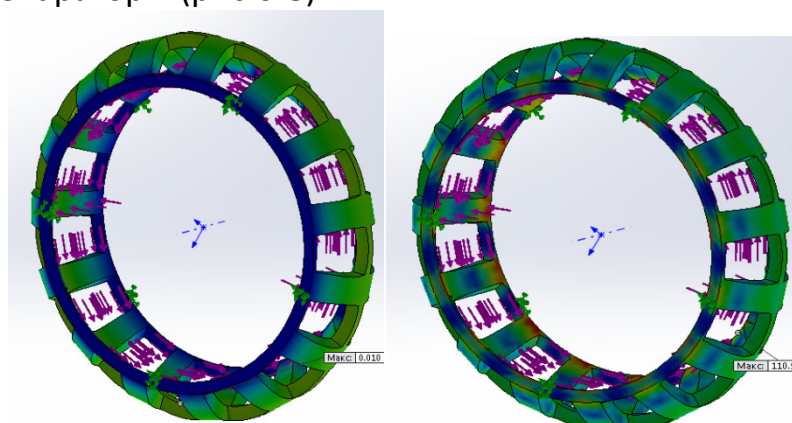


Рисунок 6 - Розрахунок сепаратора для підшипника 22218-E-A-W33 в SolidWorks Simulation



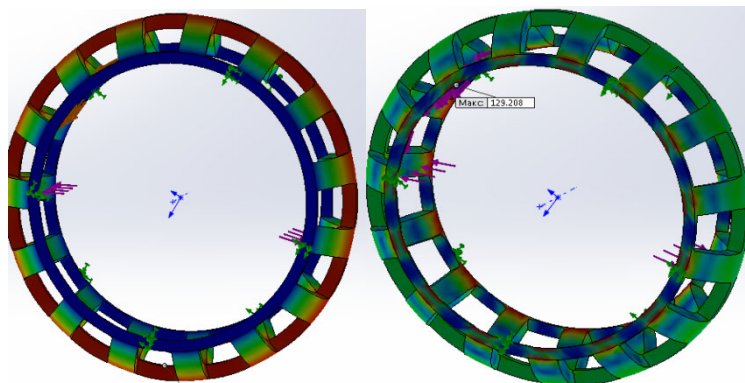


Рисунок 7 - Розрахунок сепаратора для підшипника 22218-EG15-W33C3 в SolidWorks Simulation

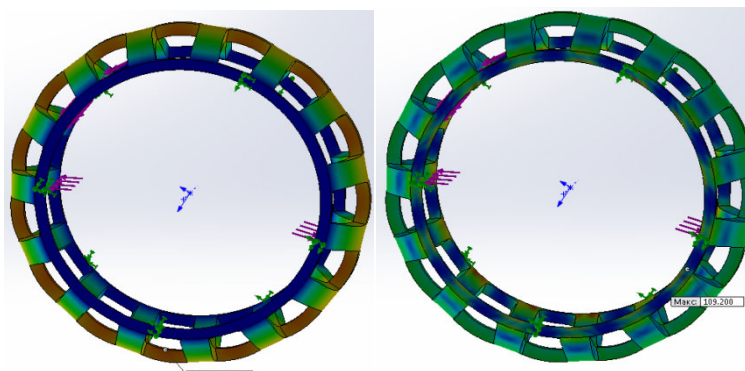


Рисунок 8 - Розрахунок сепаратора для підшипника 22218-E-M-W33 в SolidWorks Simulation

Результати отриманих розрахунків зведено у табл.1.

Табл. 1.

	22218-EA-W33	22218-EG15-W33C3	22218-EM-W33
Переміщення	0,01 мм	0,218 мм	0,022 мм
Навантаження	110 МПа	129 МПа	109 МПа

Видно що найбільша еквівалентна деформація у підшипника 22218-EG15- W33C3 з поліамідним сепаратором - 0,218 мм.

3) проведено статистичний розрахунок в програмі APM WinBear. Отримано наступні результати: сили, що діють на тіла кочення (рис.9), моменти тертя (рис.10), осьове, радіальне і бічне биття (рис.11).

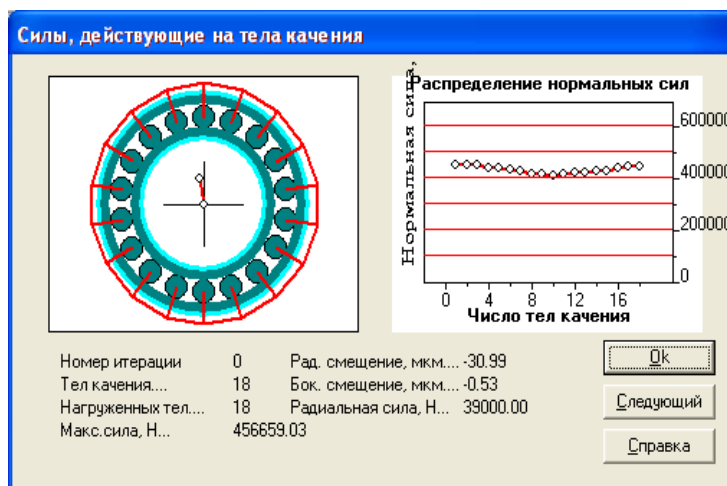


Рисунок 9 - Силы, що діють на тіла кочення

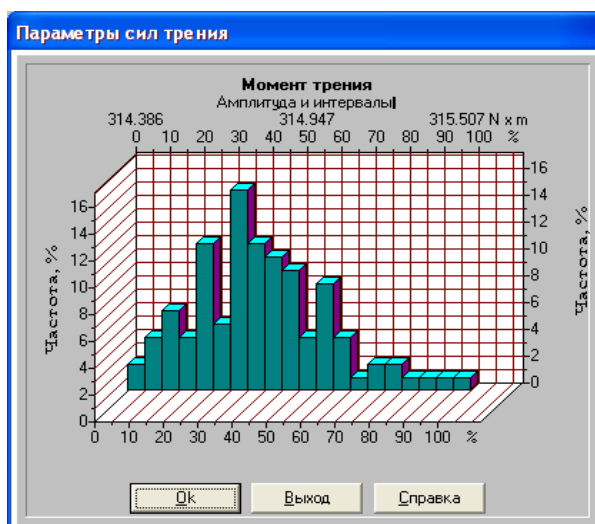


Рисунок 10 - Моменти тертя у підшипнику

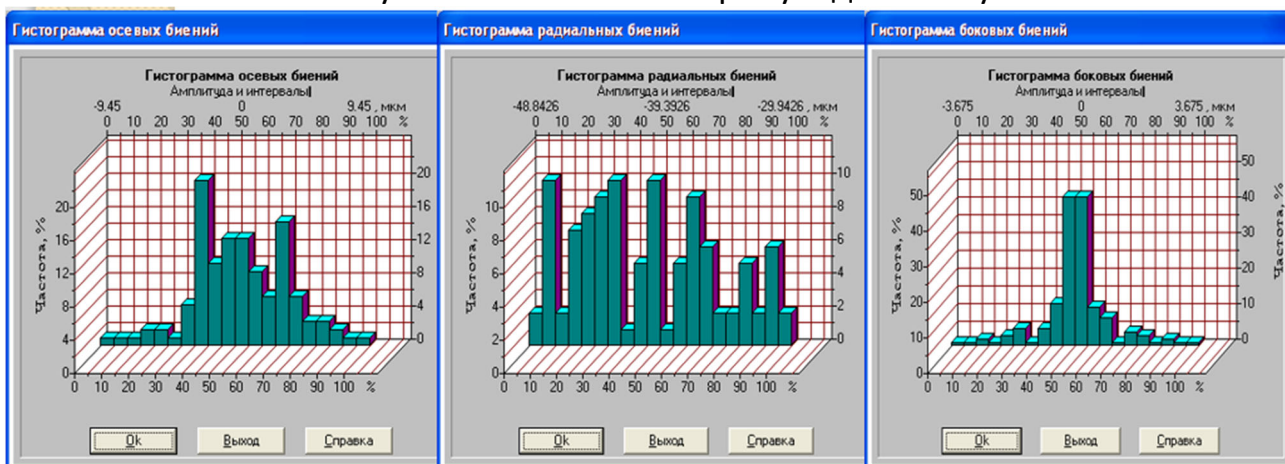


Рисунок 11 - Осьове, радіальне і бічне биття

Розрахункова довговічність підшипника склала 22 000 годин за умовами неідеального контакту.

На момент розглядання вхідної проблеми у підшипниковому вузлі стояло ущільнення - манжета армована 1,2-90x120, яка застосовується для ущільнення вала при температурі від -45 до +100 °С, швидкості обертання до 20м/с і тиску 0,05 МПа. Для запобігання попадання води і бруду в підшипниковий вузол і подовження його роботи було проведено підбір іншого ущільнення - точене ущільнення R02-R компанії SEAL JET. Матеріали обрані наступні: активний елемент - MVQ, армуємий – POM. Ці матеріали більш стійкі до стирання і дії абразивних частин, також там є додаткова кромка для захисту від попадання вологи і пилу. Армуюче кільце забезпечить стримування навантаження в осьовому напрямку матеріалом, що транспортується і дозволить знизити ймовірність продавлювання і руйнування ущільнення.

**Висновок.** Таким чином, проведений аналіз умов роботи елементів підшипникового вузлу скребкового конвеєра гіпербарфільтр та проведені інженерні розрахунки його елементів за різними критеріями дозволяють зробити наступні висновки та розробити рекомендації:

- ✓ контролювати рівень мастила і температури в підшипнику;
- ✓ провести заміну сепаратору на поліамідний, так як він більш деформується, що дозволяє зменшити ймовірність заклинювання підшипника;
- ✓ провести заміну ущільнення на R02-R, так як його матеріали підходять для даного виробництва, а також він має додаткову кромку для обмеження попадання пилу, бруду і води;
- ✓ перед покупкою підшипника з'ясувати з якого матеріалу зроблені кільця, щоб зменшити ймовірність розриву кілець, а внаслідок, і сепараторів;
- ✓ проводити додатковий розрахунок посадки перед установкою нового підшипника, щоб зменшити напруги від натягу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор. Справочник. / Перель Л.Я. / - Москва, "Машиностроение" 1983 г.
2. Типові проблеми у роботі підшипників та їх причини [Електронний ресурс] / URL: <https://ebearing.com.ua/uk/content/269-tipovi-problemi-u-roboti-pidshpivnikiv-ta-yikh-prichini>