

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ
ім. М.С. Полякова НАН УКРАЇНИ



Т Е З И

XXII

**Міжнародної науково-технічної конференції
«ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

Конференція присвячена

**103-й РІЧНИЦІ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ
АКАДЕМІКА НАН УКРАЇНИ В.М. ПОТУРАЄВА**

**ПАМ'ЯТІ ЙОГО УЧНІВ
ПРОФЕСОРА ФРАНЧУКА ВСЕВОЛОДА ПЕТРОВИЧА
ДОЦЕНТА ПЛОХОТНЮКА ЄВГЕНА ІВАНОВИЧА**

**14 лютого
Дніпро 2025**

УДК 622.232
ББК 34.42
П64

Електронний збірник містить тези доповідей, поданих на XXII щорічну науково-технічну конференцію «ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ». Основна частина матеріалів відображує наукові напрями досліджень викладачів, аспірантів і студентів кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка», а також співробітників Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.

До тез увійшла робота школяра Іваненко І.В. (ліцей № 26, м. Нікополь) і ряд робіт студентів кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, що виконані за матеріалами їх кваліфікаційних робіт.

Технічна обробка і комп'ютерний набір О.В. Анциферова

© Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», 2025

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТАРІННЯ ТА ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ДОВГОВІЧНІСТЬ ГУМОВИХ ФУТЕРОВОК МЛИНІВ

Калганков Є.В., Лисиця М.І, Агальцов Г.М., Новікова А.В.,
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України
Черній О.А.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Практика використання гумових футеровок у барабанних млинах демонструє їхні значні експлуатаційні переваги. Зокрема, такі футеровки сприяють зниженню маси обладнання, збільшенню терміну служби, зменшенню рівня шуму та іншим позитивним ефектам. Доведено, що їх застосування дає змогу скоротити витрати помольних тіл на 10 %, знизити споживання електроенергії на 7-10 % і підвищити ефективність розкриття рудних зерен на 1,8-3,0 %. Однак наразі відсутні чіткі та уніфіковані методики розрахунку параметрів футерування, що ускладнює їхню оптимізацію [1].

В існуючій літературі [2] проектування футеровок часто не враховує характер і механізми зносу матеріалу, незважаючи на їхній значний вплив на довговічність футерування. З безлічі можливих видів зносу найбільш критичним є втомне руйнування гуми, що виникає під впливом циклічних навантажень. Цей процес зумовлений багаторазовим вдавненням фрагментів матеріалу, що подрібнюється, і помольних тіл, що призводить до прогресуючого старіння гумового покриття.

Дослідженню підлягали гумові футеровки двох рудоподрібнювальних млинів: у першому випадку розглядали млин МШР 3,6×4,0 з футеровкою "Плита Н-Хвиля" (Н = 270/240 мм, виробництво ТОВ "НВП Валса-ГТВ") на ПАТ "Північний ГЗК", перша стадія подрібнення, куля Ø100 мм, напрацювання гумової футеровки на відмову 6850 год [1].

У другому випадку розглядали млин МШР 4,0×5,25 з футеруванням "Плита Н-Хвиля" (Н = 270/240 мм, виробництво ТОВ "НВП Валса-ГТВ") на ПАТ "Полтавський ГЗК", перша стадія, куля Ø100 мм, напрацювання на відмову 9030 год [1]. В обох випадках залишкова товщина футерування була приблизно однаковою - (40-100) мм.

З футерувальних плит вирізали зразки розміром 35×60×100 мм і піддавали механічним випробуванням для визначення модуля зсуву, коефіцієнта дисипації та фрактальної розмірності поверхні гуми. Також проводили випробування на релаксацію гуми.

Незважаючи на різний діаметр млинів і різне напрацювання гумових футеровок до відмови, результати випробувань виявилися приблизно однаковими. Футеровка на ПАТ "Північний ГЗК" працювала в важчих умовах: у живленні млина були присутні не властиві для технології першої стадії подрібнення розміри частинок 50-200 мм, що призвело до більш інтенсивного зносу елементів футерування та збільшення швидкості старіння матеріалу.

За час експлуатації млинів зміна фізико-механічних характеристик гум була такою: умовно-рівноважний модуль зсуву збільшився на (30-40) %;

коефіцієнт дисипації енергії зменшився на (40-50) %, що в якісному сенсі не суперечить результатам тривалого старіння при інтенсивних циклічних навантаженнях [2].

Також були досліджені і побудовані релаксаційні криві дослідних зразків. Схематичне розташування дослідних зразків представлено на рис. 1. Для проведення експериментів використовувалося лабораторне обладнання, зокрема: ручний прес ДМ-30М (поз. 1, рис. 1), кільцевий динамометр із номінальною силою стиску 20 кН, мультиметр – 3, 4 – ПК, а також пристосування ДМ-22М (поз. 2). На поверхні стержня центрального болта пристосування ДМ-22М, згідно з мостовою схемою, було встановлено чотири тензодатчики.



Рис. 1

Релаксаційна крива – це графік (рис. 2), що описує зменшення напруження у матеріалі в часі за постійної деформації. Вона показує, як швидко гумовий матеріал втрачає свої механічні властивості під впливом навантаження [3].

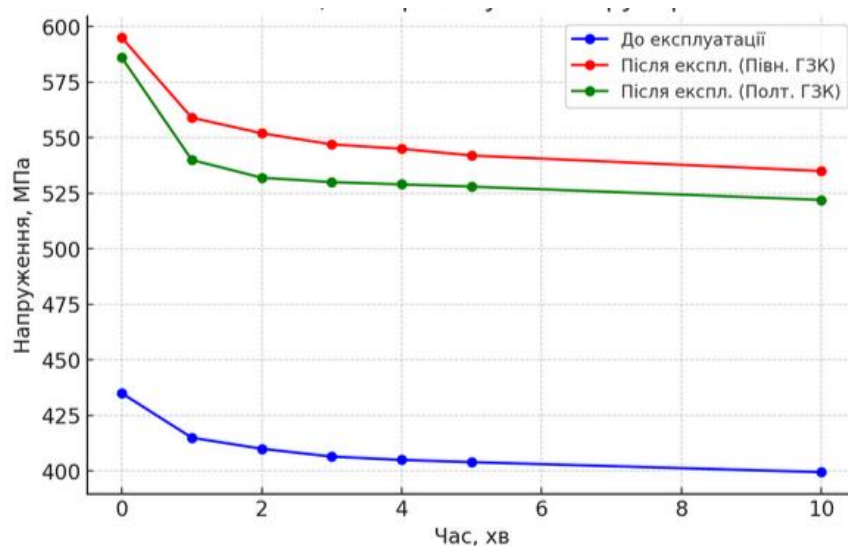


Рис. 2

Аналіз релаксаційних кривих.

1. До експлуатації: Гума має початкове напруження 435 МПа і демонструє поступове зниження напруги до 399,5 МПа через 10 хвилин.

2. Після експлуатації (Півн. ГЗК, варіант 1): Початкове напруження значно вище (595 МПа), що може свідчити про зміну структури матеріалу або залишкові деформації. Напруження швидко знижується до 535 МПа.

3. Після експлуатації (Півн. ГЗК, варіант 2): Подібна картина, початкове напруження 586 МПа, а через 10 хвилин — 522 МПа.

Старіння гумових футеровок є ключовим фактором, що визначає їхню довговічність та ефективність експлуатації. Основні висновки дослідження:

1. Зміни фізико-механічних характеристик: Збільшення модуля зсуву на 30-40 % і зменшення коефіцієнта дисипації на 40-50 % свідчать про погіршення еластичності та здатності матеріалу до поглинання навантажень.

2. Релаксаційні характеристики: Після експлуатації початкове напруження гумових зразків було значно вищим, що може свідчити про структурні зміни матеріалу та накопичення внутрішніх дефектів.

3. Вплив умов експлуатації: Футеровки, що працювали в умовах перевантаження та впливу крупних частинок, зазнали інтенсивнішого старіння, що скорочує їхній ресурс.

Рекомендації:

- Використовувати гумові суміші з підвищеною стійкістю до втомного руйнування.

- Впроваджувати методи прогнозування залишкового ресурсу футеровок.

- Оптимізувати умови експлуатації для зниження інтенсивності зношування.

Таким чином, подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку нових матеріалів та технологій футерування, що забезпечать підвищену довговічність та зниження експлуатаційних витрат.

Література

1. Bulat, A. F., Dyrda, V. I., & Kalhankov, Y. V. (2018b). Synergetic model of the wave abrasive-fatigue wear of rubber lining in the ball-tube mills. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 39–47. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-5/5>
2. Дирда, В., & Зозуля, Р. (2013). *Гумові футерівки технологічних машин*. Журфонд.
3. Дирда, В., Агальцов, Г., Новікова, А., Калганков, Є., Цаніді, І., & Дорохов, М. (2015). Експериментальні дослідження реології гум. *Геотехнічна механіка*, (121), 207–214.