
ГІРНИЧІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 624.16+69.035.4

С.В. Зайченко, д.т.н., доц., **О.О. Вовк**, д.т.н., проф., **Н.А. Шевчук**, к.т.н., доц. (НТУУ «КПІ»)**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ
КОНВЕЄРНИХ РОЛИКІВ ЗА КРИТЕРІЯМИ ДОВГОВІЧНОСТІ**

S.V. Zaichenko, O.O. Vovk, N.A. Shevchuk (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)**BACKGROUNDING OF PARAMETERS OF CONVEYOR ROLLERS
DESIGN ELEMENTS BY DURABILITY CRITERIA**

Метою дослідження є аналітичне обґрунтування параметрів конструкції елементів конвеєрних роликів за критеріями надійності (довговічності) та створення рекомендацій виробникам конвеєрних роликів відносно масогабаритних параметрів комплектуючих роликкоопор, що дозволить не тільки збільшити їх ресурс, а й ресурс конвеєра в цілому за рахунок зменшення динамічних навантажень в режимі пуску.

Ключові слова: конвеєрні ролики; роликкоопора; навантаження; підшипник.

Целью исследования является аналитическое обоснование параметров конструкции элементов конвейерных роликов по критериям надежности (долговечности) и создание рекомендаций производителям конвейерных роликов относительно массогабаритных параметров комплектующих роликкоопор, что позволит не только увеличить их ресурс, но и ресурс конвейера в целом за счет уменьшения динамических нагрузок в режиме пуска.

Ключевые слова: конвейерные ролики; роликкоопоры; нагрузки; подшипник.

The aim of the study was an analytical backgrounding of parameters of conveyor rollers design elements by durability criteria and the establishment of the recommendations for the conveyor rollers manufactures regarding the weight and size parameters of the roller carriage components that will not only increase their resource but the resource of the conveyor as a whole by reducing the dynamic loads in the mode of start.

Keywords: conveyor rollers; roller carriage; load; bearing.

Вступ. При вирішенні проблеми підвищення економічного потенціалу України вагома роль відводиться гірничорудним підприємствам з відкритою і підземною розробкою корисних копалин. На рівень конкурентоспроможності гірничих видобувних технологій впливає цілий ряд факторів, починаючи з властивостей гірських порід і закінчуючи системою управління підприємством. Проте основними видатками при видобуванні корисних копалин залишаються витрати на роботу гірничотранспортних комплексів. Дієвим заходом

зменшення даних витрат є використання при організації видобутку поточної і поточно-циклічної технології шляхом використання конвеєрного транспорту. З усіх існуючих типів конвеєрів, незважаючи на обмеження по крупності, абразивності і слабку стійкість до ударних навантажень, все більшого поширення в гірській промисловості знаходять стрічкові. На їх долю в загальному об'ємі переміщення насипних вантажів припадає більше складає 12%, що пояснюється високою продуктивністю і можливістю повної автоматизації транспортно-перевантажувального процесу. Його використання замість залізничного і автомобільного промислового транспорту дозволяє ефективніше вирішувати генеральні плани підприємств і забезпечувати доставку масових насипних вантажів (вугілля, руда, пісок і ін.) на великі відстані (до 100 км і більш).

Метою роботи є аналітичне обґрунтування параметрів конструкції елементів конвеєрних роликів за критеріями надійності та створення рекомендацій, що до застосування конвеєрних роликів з меншими масогабаритними параметрами.

Результати дослідження. Суттєвим недоліком, який стримує використання стрічкових конвеєрів, є їх низькі показники надійності, а саме довговічності, що пояснюється насиченістю конструкції незалежно від типу роликкоопор (жорсткі ГОСТ 22645-77 і гірляндна роликкоопора (з шарнірним кріпленням роликів) ГОСТ 25722-83 (СТ СЭВ 1331-78)) [1-4] однотипними складальними одиницями, конвеєрними роликами. За нормальних умов експлуатації ресурс ролика в декілька разів менший за ресурс конвеєра. Низький ресурс складових елементів конвеєрних роликів, підшипникових вузлів, є основною причиною виходу з ладу, як самих роликів, так і конвеєрів в цілому. Тому, саме даному питанню, обґрунтуванню параметрів конструкції елементів конвеєрних роликів за критеріями надійності, присвячено дане дослідження.

Розроблене обґрунтування призначено для інженерно-технічних працівників гірничовидобувної і машинобудівельної промисловості.

Серед кар'єрних (забійних, складальних, передаточних, підйомних, магістральних, відвальних) і підземних (забійних, штрекових, уклонних, бремсбергових) стрічкових конвеєрів можливо виділити традиційно прийнятну конструкцію ГОСТ 25722-83 (СТ СЭВ 1331-78)[4], в якій застосовуються уніфіковані елементи. Особливістю уніфікованих стрічкових конвеєрів є те, що елементи, з яких вони складаються прийняті єдиними для одного типорозміру однієї ширини стрічки незалежно від сумарної потужності приводів. Так головні параметри роликкоопор визначаються в залежності від ширини стрічки і стандартизовані за ГОСТ 22645-77 "Конвейеры ленточные. Роликкоопоры. Типы и основные размеры"[3]. Даний стандарт розповсюджується на всі типи жорстких роликкоопор крім гірляндних роликкоопор, які за своєю конструкцією підшипникових корпусів роликів подібні жорстким.

Для встановлення значень головних параметрів конвеєрів гірничої промисловості, розглянемо основні типи конвеєрів, які випускаються на територіях пострадянського простору. До основних параметрів конвеєрів, які суттєво впливають на конструкцію і ресурс ролика, відносять: вагову продуктивність; швидкість руху стрічки; ширина і тип стрічки; діаметр, вагу і довжину роликів; умови роботи.

Серед конвеєрів, що випускаються серійно, найбільшого застосування знайшли наступні: 1Л80У (1Л80У, 1Л80У-2), 2Л80У(2Л80У, 22Л80У-01, 2Л80У-10, 2Л80У-11), 1ЛТ80У(2ЛТ80У, 2ЛТ80У-01), 1ЛТП80У, 2ЛТП80У, 1Л100У, 1Л100У-01, 3Л100У, 3Л100У-02, 1ЛТ100У, 2ЛТ100У, 2ЛТ100У-01, 2ЛН100, 2ЛН100-01, Л120(1Л120, 1Л120-01, 2Л120Б, 2Л120В), 2ЛБ120(2ЛБ120М, 1ЛБ120М-01, 2ЛБ120М-02), КЛ-600, КЛ-600М, КЛШ1-1000, КЛШ2-1000, МКЛ2-1200 і т.д.

Основні функціональні параметри конвеєрів, які знайшли своє застосування в гірничій промисловості наведено в табл. 1[5]. Встановлений строк служби для конвеєрів коливається від 2,6 - 6 років, проте строк служби конвеєрних роликів складає 1,2 роки. Характеристикою, яка особливо впливає на роботу, як конвеєра в цілому, так і окремих його складових частин є умови роботи, що характеризуються: кліматом; температурними умовами; умовами роботи в залежності від характеру установки; завантаженістю; кусковатістю матеріалу, що транспортується; вологістю; запиленістю. Встановлення основних параметрів конвеєрів гірничої промисловості дозволить визначити значення основних факторів, які впливають на надійність роботи конвеєрних роликів.

Навантаження, які діють на ролики залежать від виду і конструкції роликоопор, які розділяються на роликоопори верхньої (навантаженої) і нижньої (холостої) гілки. Роликоопори також розділяються на рядові, які складають основне число несучих роликоопор і на спеціальні: амортизуючи, центруючи та ін. В даному дослідженні головну увагу приділено роботі рядових роликоопор з причин відносного найбільшого об'єму використання і виходу з ладу. В загальному випадку навантаження, які діють на роликоопору, складаються з навантажень від складових ваги транспортуемого матеріалу, стрічки і обертових частин ролика (рис. 1).

Таблиця 1

Технічні характеристики конвеєрів гірничої промисловості

Параметр	Конвеєри							
	1Л80У, 1Л80У-2, 2Л80У, 2Л80У-01, 2Л80У-10; 2Л80У-11	2Л100У, 1Л100У0-1, 2Л100У, 2Л100У-01, 3Л100У, 3Л100У-02	1ЛТ100У, 2ЛТ100У, 2ЛП100У-01	2ЛН100, 2ЛН100-01	1Л120, 1Л120-01, 2Л120А, 2Л120Б, 2Л120В	2ЛБ120М, 2ЛБ120М-01, 2ЛБ120М-02	КЛШ1-1000, КЛШ2-1000	МКЛ2-1200
Вагова продуктивність, т/г швидкість стрічки 2.0 м/с швидкість стрічки 2.5 м/с	420 520	680 850	680 850	620 -	1590* 1260	1590* 1260	800* 350	1500*
Швидкість руху стрічки, м/с	2.0 2.5	2.0 2.5	2.0 2.5	2.0 -	2.5 3.15	2.5 3.15	2.5 3.15	3.15
Ширина стрічки, мм	800	1000	1000	1000	1200	1200	1000	1200
Тип стрічки	2Ш-800	2Ш, 2РТЛО-1500	2Ш-800	2РТЛО-2500РІФ	2РТЛО-1500 2РТЛО-2500 2РТЛО-3150	2РТЛО-1500	2РТЛО-1500	2РТЛО-1500- 1500-
Діаметр ролика, мм	89	127	127	127	159	159	127	159
Довжина ролика, мм	315	380	380	380	465	465	465	465
Вага частин ролика, що обертаються, кг	7	8.5	8.5	8.5	12-16	12-16	8.5	12-16
Навантаження від дії транспортуємого матеріалу	192	314	314	287	466	466	235	440
Навантаження від ваги стрічки	34.0	42.7	42.7	123.3	112.0	112.0	93.3	112.0
Навантаження від ваги ролика	70	85	85	85	120-160	120-160	85	120-160
Максимальне сумарне навантаження	296	442	442	495	738	738	413	712

* – продуктивність при швидкості 3.15 м/с.

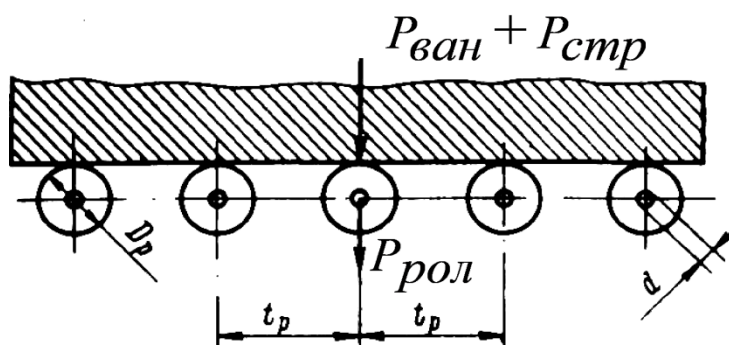


Рис. 1. Схема навантаження ролика:

D_p – діаметр ролика; d – внутрішній діаметр підшипника; $P_{ван}$ – навантаження від дії транспортуємого матеріалу; $P_{стр}$ – навантаження від ваги стрічки; $P_{рол}$ – навантаження від ваги ролика; t_p – відстань між роликотрами

Сумарне навантаження яке діє на ролик:

$$P = P_{ван} + P_{стр} + P_{рол} \quad (1)$$

Навантаження діюче на роликотпору від дії матеріалу, що транспортується при повному завантаженні [Н]:

$$P_{ван} = \frac{Qt_p}{1.08v}, \quad (2)$$

де Q – продуктивність конвеєра[т/Г] (табл. 1); v – швидкість [м/с] (табл. 1); t_p – відстань між роликотрами, уніфіковані значення 1,0м і 1,2 м (1,5м).

Навантаження від ваги стрічки[Н]:

$$P_{стр} = \frac{t_p q_{стр}}{3}, \quad (3)$$

де $q_{стр}$ – питома вага одного метра стрічки[Н]:

$$q_{стр} = \frac{q'_{стр} B}{3}, \quad (4)$$

де $q'_{стр}$ – питома вага одного метра квадратного стрічки (табл.2).

Таблиця 2

Питома вага стрічок[Н/м²]

Тип стрічки				
2Ш-800	2РТЛО-1500	2РТЛО-2500	2РТЛО-2500РИФ	2РТЛО-3150
128	280	370	370	432

З отриманих залежностей (1-4) встановлено складові і сумарне навантаження, які діють на ролики для конвеєрів різної продуктивності і

конструкції (табл. 3). Встановлені значення основних факторів, які впливають на роботу роликів, дозволяють провести розрахунок підшипників (ГОСТ 18855-73)[6] і, як наслідок, визначити ресурс роботи ролика.

Базовий розрахунковий ресурс для шарикового радіального підшипника в мільйонах обертів:

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^3, \quad (5)$$

де C_r – каталожна динамічна вантажопідйомність даного типорозміру підшипника для даного типу ролика (табл. 4); P_r – еквівалентне розрахункове навантаження на підшипник (табл. 4):

$$P_r = VF_r K_\sigma K_T, \quad (6)$$

де V – коефіцієнт обертання(1.2); K_σ – коефіцієнт безпеки(1); K_T – температурний коефіцієнт підшипника.

Отримані теоретичні значення залежності зміни показника довговічності (кількість обертів) дозволяє дослідити зміну ресурсу від зміни навантаження. Слід відзначити, що залежності 5 та 6 мають більш високу кореляцію з реальними даними довговічності при значеннях навантажень близьких до каталожної динамічної вантажопідйомності.

З аналізу діаграми розподілу усередненого розподілу навантажень (рис. 2) єдиним можливим параметром, який дозволяє підвищити ресурс конвеєрного ролика є зменшення загального навантаження за рахунок масово-габаритних параметрів конвеєрного обладнання оскільки навантаження від ваги матеріалу і ваги стрічки є взаємопов'язаними величинами, які визначені продуктивністю.

За залежностями 5 та 6 встановлено як змінюються параметри довговічності(ресурс підшипника) при зміні ваги обертаючих частин ролика на 10%, 20% і 30% (табл. 3). (рис. 3).

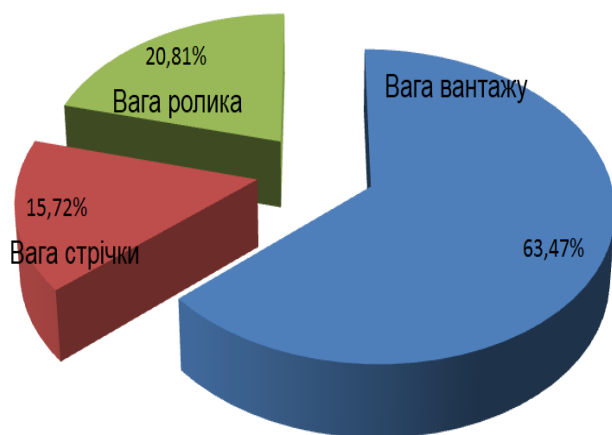


Рис. 2. Усереднений розподіл навантажень конвеєрного ролика

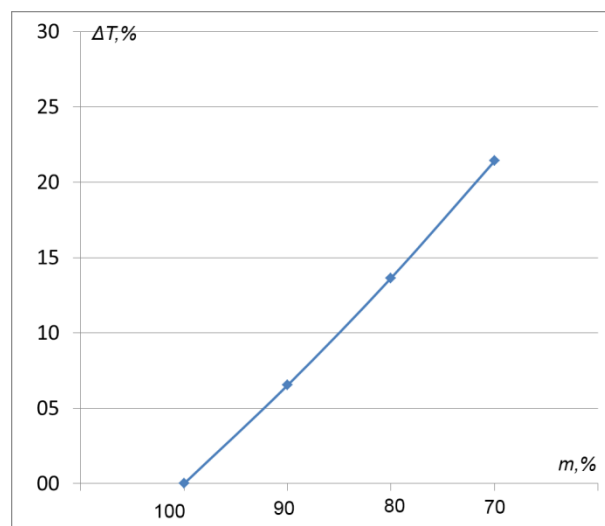


Рис. 3. Зміна ресурсу від зміни маси обертаючих частин конвеєрних роликів

Таблиця 3

Розрахунок підшипників конвеєрів (ГОСТ 18855-73)

Параметр	Конвеєри									
	1Л80У, 1Л80У-2, 2Л80У, 2Л80У-01, 2Л80У-10; 2Л80У-11	2Л100У, 1Л100У0-1, 2Л100У, 2Л100У-01, 3Л100У, 3Л100У-02	1ЛТ100У, 2ЛТ100У, 2ЛТ100У-01	2ЛН100, 2ЛН100-01	1Л120, 1Л120-01, 2Л120А, 2Л120Б, 2Л120В	2ЛБ120М, 2ЛБ120М-01, 2ЛБ120М-02	КЛШ1-1000, КЛШ2-1000	МКЛ2- 1200		
Радіальне навантаження	148	221	221	248	369	369	207	356		
Еквівалентне розрахункове навантаження, H	186	278	278	312	465	465	260	449		
Типорозмір підшипника (для найбільш поширених конструкцій)	204	206	206	206	307	307	206	307		
Каталожна динамічна вантажопідйомність підшипника, H	12700	19500	19500	19500	33200	33200	19500	33200		
Частота обертів ролика в хвилину	537	376	376	301	379	379	474	379		
Номинальна довговічність, млн. обертів	315874,36	344190,05	344190,05	243999,83	364102,38	364102,38	419933,86	405464,30		
Зменшення ваги ролика на 10%,	339387,61	364852,31	364852,31	257004,82	388849,02	388849,02	446944,29	434075,11		
20%	365293,71	387202,07	387202,07	270950,68	415890,02	415890,02	476321,72	465442,32		
30%	393904,95	411415,18	411415,18	285924,06	445497,56	445497,56	508331,22	499906,02		

Рівняння поліноміальної регресії для залежності зміни ресурсу ΔT від зміни маси обертаючих частин має наступний вигляд:

$$\Delta T(m) = 0.7 - 7 \cdot 10^3 \cdot m, \quad (7)$$

де m – складова у відсотках маси обертаючих частин ролика.

З рівняння регресії слідує висновок про пряму залежність збільшення ресурсу ролика від зменшення маси його обертаючих частин. Дану властивість комплектуючих конвеєрного обладнання використовують світові виробники і споживачі транспортного обладнання, що дозволяє крім підвищення ресурсу машин позбутися проблем з балансуванням, шумом, зменшити навантаження і енерговитрати при пуску, забезпечити більш ощадний режим роботи стрічки. Застосування конвеєрних роликів з меншими масогабаритними параметрами дозволить не тільки збільшити їх ресурс, а і ресурс конвеєра в цілому за рахунок зменшення динамічних навантажень при пуску, викликаних інерцією обертаючих частин ролика.

При проведенні аналізу масогабаритних параметрів роликів європейських виробників транспортного обладнання TRANSROLL, RULMECA, SANDVIK, ULMA (табл. 4) та порівнянні ваги обертових частин роликів відмічено істотну різницю ваги в бік зменшення конструкції для іноземних складових конвеєрів, що повинно використовуватись при виробництві вітчизняного обладнання.

Таблиця 4

Вага обертаючих частин роликів європейських виробників, кг

Виробник	Розмір ролика, діаметр*довжина (мм)		
	89*315	127*380	159*465
TRANSROLL	2.4	4.6	9
RULMECA	2.7	6.1	8.6
SANDVIK	3.2	4.3	7.5
ULMA	2.6	5.6	10.8

Висновки

1. Серед факторів які суттєво впливають на ресурс конвеєрних роликів і конвеєра в цілому слід відзначити запыленість атмосфери і завантаженість.

2. Загальному випадку навантаження, які діють на роликкоопору складаються з навантажень від складових ваги матеріалу, що транспортується, ваги стрічки і обертових частин ролика.

3. Єдиним можливим параметром, який дозволяє підвищити ресурс конвеєрного ролика є зменшення загального навантаження за рахунок масово-габаритних параметрів конвеєрного обладнання оскільки навантаження від ваги

матеріалу і ваги стрічки є взаємопов'язаними величинами, які визначені продуктивністю.

4. Ресурс конвеєрного ролика оберненопропорційний масі його обертаючих частин.

5. Застосування конвеєрних роликів з меншими масогабаритними параметрами дозволить не тільки збільшити їх ресурс, а ресурс конвеєра в цілому за рахунок зменшення динамічних навантажень при пуску, викликаних інерцією обертаючих частин ролика.

Список використаних джерел

1. ГОСТ 22645-77 Название: Конвейеры ленточные. Роликоопоры. Типы и основные размеры.

2. ГОСТ 22644-77 (СТ СЭВ 1333-78) Конвейеры ленточные. Основные параметры и размеры.

3. ГОСТ 22646-77 Название: Конвейеры ленточные. Ролики. Типы и основные размеры .

4. ГОСТ 25722-83 (СТ СЭВ 1331-78) Конвейеры ленточные. Наименования частей.

5. Машины и оборудование для шахт и рудников : справ. / С.Х.Клорикьян,В.В.Старичнев,М.А.Сребный и др. - 7.изд.,репр.,с матриц 5 изд (1994 г.). - М. : [б. и.], 2002. - 471 с.

6. ГОСТ 7242-81 Подшипники шариковые радиальные однорядные с защитными шайбами. Технические условия.

Стаття надійшла до редакції 22.05.2016 р.

УДК 621.873.25

О.В. Чермалих, к.т.н., доц., **О.С. Бичківський**, аспірант (НТУУ «КПІ»)

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ОСНОВНИХ МЕХАНІЗМІВ БАШТОВОГО КРАНУ ЗА КРИТЕРІЄМ СТІЙКОСТІ ВІД ПЕРЕКИДАННЯ

O.V. Chermalykh, O.S. Bychkivskii (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

OPTIMIZATION OF THE MAIN TOWER CRANE MECHANISMS FOR CRITERION OF STEADINESS FROM CAPSIZING

У статті розглянуті принципи побудови системи управління електроприводами механізмів повороту стріли, підйому вантажу і вильоту візка баштового крану в