

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Л. К. Поліщук
О. О. Адлер**

**ВМОНТОВАНІ ГІДРАВЛІЧНІ
ПРИВОДИ КОНВЕЄРІВ
З ГНУЧКИМ ТЯГОВИМ ОРГАНОМ,
ЧУТЛИВІ ДО ЗМІНИ НАВАНТАЖЕННЯ**

Монографія

**Вінниця
ВНТУ
2010**

УДК 622.64
ББК 34.447
П 50

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 29.04.2010 р.)

Рецензенти:

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

І. П. Паламарчук, доктор технічних наук, професор

Поліщук, Л. К.

П 50 Вмонтовані гідравлічні приводи конвеєрів з гнучким тяговим органом, чутливі до зміни навантаження : монографія / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 184 с.

ISBN 978-966-641-367-6

В монографії розглянуто сучасний стан розвитку та дослідження приводів конвеєрів з гнучким тяговим органом. Визначено основні напрямки вдосконалення вмонтованих приводів та пристроїв гідроавтоматики приводів технологічних машин із змінним навантаженням. Наведено теоретичні та експериментальні дослідження вмонтованого привода і пристрою керування, а також методику проектного розрахунку вмонтованих гідравлічних приводів конвеєрів та подано аналіз їх перспективних конструкцій.

Для науковців, фахівців, інженерно-технічних працівників вузів та науково-дослідних установ, аспірантів і студентів.

УДК 622.64
ББК 34.447

ISBN 978-966-641-367-6

© Л. Поліщук, О. Адлер, 2010

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДІВ КОНВЕЄРІВ З ГНУЧКИМ ТЯГОВИМ ОРГАНОМ.....	7
1.1 Аналіз розрахункових моделей стрічкових конвеєрів.....	7
1.2 Тенденції розвитку приводних пристроїв стрічкових конвеє- рів.....	11
1.3 Аналіз роботи приводів стрічкових конвеєрів різних техно- логічних машин.....	17
2. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВМОНТОВАНИХ ПРИВОДІВ.....	24
2.1 Конструкції вмонтованих приводів стрічкових конвеє- рів.....	24
2.2 Пристрої гідравтоматики приводів технологічних машин із змінним навантаженням.....	35
3. ОСОБЛИВОСТІ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВМОНТОВАНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДА, ЧУТЛИВОГО ДО ЗМІНИ НАВАНТАЖЕННЯ.....	42
3.1 Обґрунтування вибору кінематичної схеми та типу передач привода.....	42
3.2 Конструктивна схема вмонтованого гідравлічного привода конвеєра, чутливого до зміни навантаження.....	73
4. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВМОНТОВАНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДА КОНВЕЄРА.....	78
4.1 Розробка розрахункової схеми гідравлічного привода.....	78
4.2 Математична модель пристрою керування.....	80
4.3 Математична модель гідравлічного вмонтованого привода конвеєра, чутливого до зміни навантаження.....	84
4.4 Теоретичні дослідження пристрою керування.....	92
4.5 Теоретичні дослідження вмонтованого гідравлічного приво- да конвеєра, чутливого до зміни навантаження.....	99

5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВМОНТОВАНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДА КОНВЕЄРА, ЧУТЛИВОГО ДО ЗМІНИ НАВАНТАЖЕННЯ.....	104
5.1 Розробка методики проведення експериментальних досліджень.....	104
5.2 Принципова схема експериментального стенду для досліджень пристрою керування.....	110
5.3 Принципова схема експериментального стенду для досліджень вмонтованого гідравлічного привода конвеєра, чутливого до зміни навантаження.....	112
5.4 Вимірювальна і реєструюча апаратура для проведення експериментальних досліджень.....	118
5.5 Експериментальні дослідження перехідних режимів роботи привода.....	127
6. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВМОНТОВАНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ КОНВЕЄРІВ.....	141
6.1 Аналіз і порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень вмонтованого гідравлічного привода конвеєра, чутливого до зміни навантаження.....	141
6.2 Методика проектного розрахунку вмонтованого гідравлічного привода конвеєра, чутливого до навантаження.....	144
7. ПЕРСПЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ВМОНТОВАНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ, ЧУТЛИВИХ ДО ЗМІНИ НАВАНТАЖЕННЯ.....	161
ЛІТЕРАТУРА.....	174

ВСТУП

Стрічковий конвеєр є основним засобом неперервного транспорту в різних галузях народного господарства, який забезпечує виконання поточних технологій виробництва. Ефективність його використання значною мірою визначається технічними можливостями приводного пристрою, техніко-економічні показники якого повинні відповідати як умовам експлуатації транспортуючих машин, так і режимам їх роботи.

Аналіз особливостей експлуатації стрічкових конвеєрів у машинах різного технологічного призначення з обмеженою монтажною зоною під привод дозволяє надати перевагу тим приводам, які відзначаються компактністю, невеликою вагою, високою питомою потужністю, меншою кількістю складових вузлів. До того ж, стрічкові конвеєри, в своїй більшості, експлуатуються в умовах змінних навантажень, максимальне перевищення яких над номінальним може бути значним.

Під час роботи приводів таких транспортерів виникають умови, коли через значне збільшення навантаження для уникнення поломок привода необхідна його термінова зупинка, що суттєво знижує продуктивність. В електромеханічному приводі, якщо не зменшити навантаження, під час повторного пуску може вийти з ладу його механічна частина, а в гідравлічному, що оснащений засобами гідравтоматики – спрацює запобіжний клапан гідросистеми.

Одним із шляхів розв'язання цієї актуальної для привода стрічкового конвеєра, що працює із змінним навантаженням на робочому органі, задачі є створення компактного приводу, який оснащено пристроєм керування з раціональними параметрами.

В першому розділі монографії проведено аналіз динаміки стрічкових конвеєрів, їх розрахункових моделей; розглянуто основні типи приводних пристроїв, схеми їх розміщення, від яких залежить розподіл тягового зусилля в стрічці; показані переваги використання вмонтованого привода, залежно від умов експлуатації; проаналізовано типові змінні режими роботи стрічкових конвеєрів; наведено результати вивчення умов роботи трансмісійних валів механічного привода буртоукладальної машини.

В другому розділі проведено аналіз відомих конструктивних схем вмонтованих приводів і пристроїв керування та визначено тенденції удосконалення і створення нових керованих вмонтованих гідравлічних приводних пристроїв; сформульовано мету і задачі дослідження.

Третій розділ містить обґрунтування вибору кінематичної схеми та типу передач привода; розробку нової конструктивної схеми вмонтованого гідравлічного привода та пристрою керування; опис принципу роботи та конструктивної будови керованого привода.

В четвертому розділі розроблено та теоретично досліджено математичні моделі пристрою керування та вмонтованого гідравлічного привода стрічкового конвеєра; встановлено параметри усталеної роботи пристрою керування, що унеможливають виникнення автоколивань в гідромеханічній системі; встановлено теоретичні закономірності зміни в часі динамічних параметрів привода при варіюванні вхідних даних.

В п'ятому розділі викладено мету та методику експериментальних досліджень дослідного зразка вмонтованого гідравлічного привода стрічкового конвеєра, чутливого до навантаження, та пристрою його керування; здійснено опис вибраної вимірювальної та реєструючої апаратури; встановлено реальні зміни робочих режимів привода при регулюванні параметрів пристрою керування; проведено аналіз та порівняння результатів теоретичного та експериментального досліджень вмонтованого гідравлічного привода стрічкового конвеєра та пристрою керування.

В шостому розділі викладено науково обґрунтовану методику розрахунку нової конструкції вмонтованого гідравлічного привода стрічкового конвеєра, чутливого до навантаження.

Сьомий розділ містить опис перспективних конструкцій керованих вмонтованих гідравлічних приводів та їх вузлів.

1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДІВ КОНВЕЄРІВ З ГНУЧКИМ ТЯГОВИМ ОРГАНОМ

1.1 Аналіз розрахункових моделей стрічкових конвеєрів

Динамічні процеси, що виникають під час експлуатації стрічкових конвеєрів, є причиною їх нестійкої роботи. Наслідком пробуксовування барабана, а отже проковзування стрічки відносно нього, є інтенсивне зношування нижньої обкладки стрічки та футеровки барабана, нагрівання поверхонь тертя, зменшення коефіцієнта зчеплення стрічки з барабаном, що ускладнює нормальну роботу конвеєра. Під час пускових та гальмівних процесів у вузлах механічної системи конвеєра та в стрічці виникають значні навантаження. В багатьох випадках наслідком цього є обривання стрічки, з чим пов'язано понад 12 % поломок конвеєрів [1].

Тому точне врахування динамічних процесів в механічній системі стрічкових конвеєрів є одним з основних факторів, що визначає їх роботоздатність, надійність та економічність.

Теоретичні основи динаміки транспортуючих машин викладені у працях Н. Я. Біліченка, І. Ф. Гончаревича, В. Г. Дмитрієва, Ф. К. Іванченка, С. М. Кожевніков, М. П. Мартинціва, Е. Е. Новікова, С. А. Панкратова, А. О. Співаковського, Л. Г. Шахмейстера та інших [2–11].

Важливим етапом виконання динамічних розрахунків є вибір розрахункової моделі. При цьому необхідно враховувати, що механічні системи конвеєрів, незважаючи на їх конструктивну різноманітність, можуть бути приведені до двох основних схем: конвеєр із жорстким натяжним пристроєм, що створює попередній натяг стрічки, та конвеєр з вантажним натяжним пристроєм, що автоматично підтримує постійний натяг стрічки в одній із точок її контуру [12]. Для аналітичного дослідження динамічних процесів у механічних системах використовують наближені моделі, ступінь еквівалентності яких залежить від поставленої задачі. Найпоширенішими є стрижневі, дискретно-континуальні та дискретні моделі стрічкових конвеєрів.

На рис. 1.1 наведена розрахункова модель стрічкового конвеєра, в якій тяговий орган моделюється у вигляді стрижня на підставі того, що згідно з припущеннями в період пуску властивості стрічки можна представити моделлю Гука з динамічним модулем пружності [13, 14].

Конвеєр з вантажним натяжним органом моделюється системою, у якій привод представлений зосередженою масою $m_{зв}$, а стрічка – пружним ступінчастим стрижнем, ділянки якого мають довжину l , рівну довжині конвеєра, погонна густина відповідно рівна ρ_1 і ρ_2 ; погонні маси – q_1 і q_2 ; швидкості поширення пружної хвилі в них – c_1 і c_2 . Ділянки стрижня моделюють вантажну і порожню гілки тягового органа, до яких прикладені сили опору.

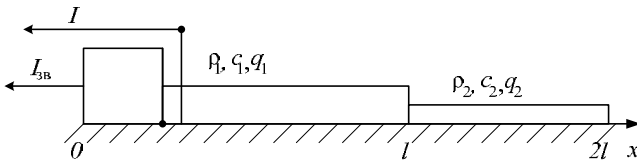


Рис. 1.1 Стрижнева розрахункова модель стрічкового конвеєра

Модель прямолінійного пружного стрижня, що навантажений в повздожньому напрямку, широко використовується в прикладних науках для вивчення динамічних явищ у різних фізичних об'єктах, наприклад, в шахтних підйомних установках [15], бурових установках [16], вібраційних транспортуючих машинах [17] тощо.

Теоретичні та прикладні питання динаміки конструкцій, що представляються стрижневими моделями, широко розглянуті в роботах В. Л. Бідермана, В. В. Болотіна, С. Г. Калініна, В. О. Малащенко, Я. Г. Пановко, Г. С. Писаренко, А. П. Філіппова, К. В. Фролова, В. С. Харченко, В. Г. Чудновського та ін. [18–26].

Широкого застосування набули дискретні розрахункові моделі [10, 12], в яких маси ділянок стрічки і сили опору віднесені до обертових барабанів з моментами інерції I_1 і I_2 (рис. 1.2). У системі може бути кілька елементів, що розглядаються у вигляді абсолютно твердих тіл. Вони зв'язані між собою пружними ланками, поведінка яких, відповідно до гіпотези Фохта, визначається модулем пружності E і коефіціє-

нотом демпфування β . Ротор двигуна з моментом інерції $I_{зв}$ зв'язаний за допомогою пружного елемента жорсткістю c_{φ} з ведучим барабаном.

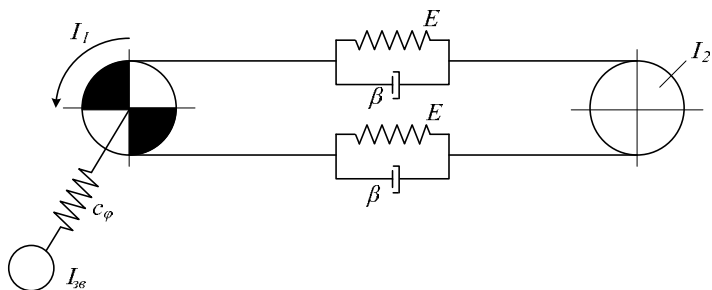


Рис. 1.2. Дискретна розрахункова модель стрічкового конвеєра

Крім того, стрічка конвеєра може бути представлена різними розрахунковими моделями, що наведені на рис. 1.3. [4]. Найпростіша модель, яка наділена в'язкопружними властивостями – це модель Фохта (рис. 1.3 а).

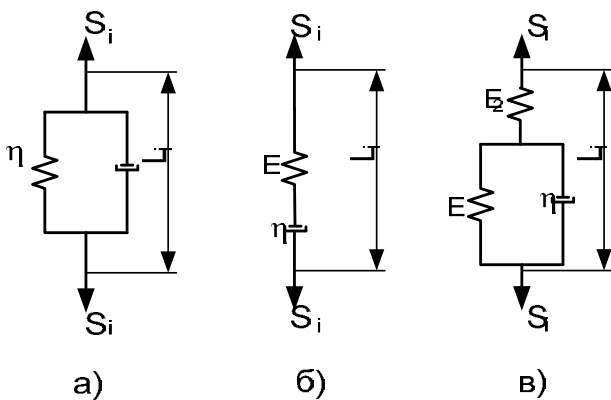


Рис. 1.3. Елементарні реологічні моделі конвеєрної стрічки: а – модель Фохта; б – модель Максвелла; в – модель Кельвіна

Така модель описує явище повзучості (пружної післядії) – при раптовому навантаженні деформація зменшується не одразу, а з часом. В моделі Фохта при раптовому навантаженні первинна деформація дорівнює нулю. Друга найпростіша модель – елемент Максвелла (рис.1.3 б), що складається з послідовно з'єднаних в'язкого та пружного елементів.

В моделі Максвелла напруження асимптотично наближується до нуля, якщо підтримувати постійну величину деформації, і навпаки, при постійному напруженні – деформація наближається до нескінченності.

Модель Кельвіна (рис.1.3 в) містить елемент Фохта із введеною додатковою жорсткістю E_2 .

В залежності від поставлених задач динаміки стрічкових конвеєрів користуються однією з наведених моделей стрічки.

Ці моделі дають можливість отримати певну кінцеву деформацію при раптовому і нескінченно довгому прикладенні навантаження, що частково відповідає реальним деформаціям при роботі стрічки.

Під час виконання динамічних розрахунків використовують також дискретно-континуальну модель стрічкового конвеєра [4], котра містить три дискретні ланки з моментами інерції $I_{зв}$, I_1 , I_2 та два пружних стрижні (рис. 1.4). Навантажений орган розглядають як пружну ланку з розподіленими параметрами. Такий підхід практично обґрунтований для конвеєрів, що використовуються, наприклад, у гірничодобувній і у вугільній промисловості, довжина яких вимірюється сотнями і тисячами метрів. Стрижні моделюють вантажну і порожню гілки стрічки конвеєра з параметрами ρ_1 , c_1 , q_1 і ρ_2 , c_2 , q_2 відповідно. Ротор двигуна з моментом інерції $I_{зв}$ і приводний барабан з'єднані між собою пружним елементом із зведеною жорсткістю передавального механізму.

Задачі динаміки таких механічних систем, що представлені дискретно-континуальними розрахунковими моделями, успішно розв'язані в роботах [25, 27].

Використання дискретно-континуальної розрахункової моделі ускладнює розв'язання задач динаміки, але дозволяє найточніше проводити розрахунок і аналіз динамічних процесів у механічних системах.

Для аналізу динамічних процесів механічної системи стрічкових конвеєрів, враховуючи їх конструктивну різноманітність, необхідно розробити таку математичну модель, яка б дозволила створити універсальний алгоритм розв'язання задач динаміки.

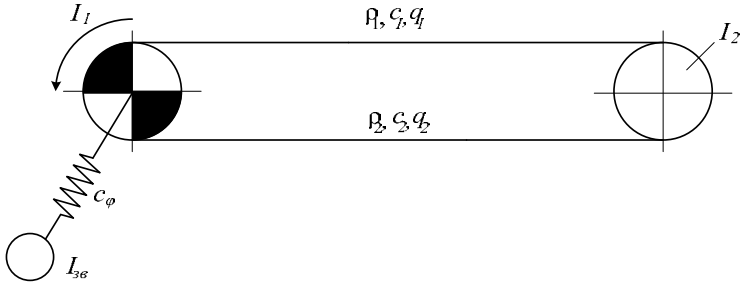


Рис. 1.4. Дискретно-континуальна розрахункова модель стрічкового конвеєра

Тому, для визначення приводних пристроїв, котрі б забезпечували відповідні динамічні характеристики стрічкових конвеєрів, необхідно провести аналіз існуючих їх конструкцій.

1.2 Тенденції розвитку приводних пристроїв стрічкових конвеєрів

Привод є одним з основних вузлів стрічкових конвеєрів різних технологічних машин і комплексів, що в значній мірі визначає їхню досконалість, надійність, функціональні можливості, вартість та інші техніко-економічні показники. Критеріями вибору привода стрічкових конвеєрів зазвичай є його доступність виготовлення і придбання, економічність, надійність роботи за відповідності основних робочих параметрів (потужність, частота обертів) вимогам умов експлуатації. Однак дослідження, проведені вітчизняними і закордонними вченими, такими як Александров А. В., Вейц В. Л., Вульфсон Й. І., Давидов Б. Л., Зіньковський А. П., Іванченко Ф. К., Ірінг Ю., Іскович-Лотоцький Р. Д., Кожевников С. Н., Комаров М. С., Неміровський І. А., Паламарчук І. П., Поліщук Л. К., Харченко Є. В., [2–38] з використан-

ня приводів технологічних машин показали необхідність врахування додаткових вимог, таких як підвищена питома потужність, можливість здійснення плавного регулювання швидкості транспортування і крутного моменту, реалізація необхідного закону керування, знижена матеріаломісткість, раціональність кінематичної схеми.

Аналіз існуючих конструкцій транспортуючих пристроїв показує також, що в залежності від кількості барабанів приводи поділяються на одно-, двох- та багатобарабанні, кількість яких залежить від необхідної величини тягового зусилля (рис. 1.5).

Однобарабанний привод є найпоширенішим і відрізняється простотою конструкції (рис. 1.5 а). Стрічка огинає приводний барабан 1 неробочою стороною, що забезпечує стабільніший коефіцієнт зчеплення з барабаном. Такий привод доцільно використовувати при невеликих розмірах конвеєрів.

Для транспортерів, що переміщують вантажі на порівняно великій відстані використовують привод, що містить два приводні барабани 1, 2 (рис. 1.5 б) і неприводний 3. Такий привод може забезпечити велике тягове зусилля, що підвищується притисканням стрічки до барабана гумовим роликком (рис. 1.5 в).

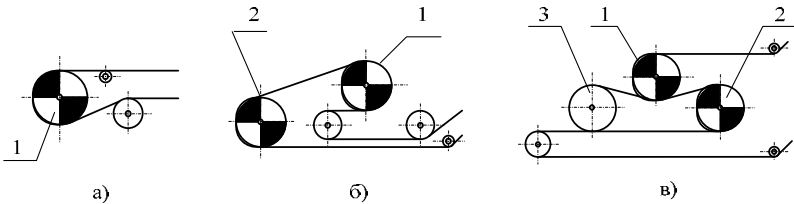


Рис. 1.5. Приводи конвеєрів

а – однобарабанний; б – двохбарабанний; в – багатобарабанний

В розглянутих конструкціях конвеєрів гірничодобувних та сільськогосподарських комплексів, наприклад, відвалоутворювачі та буртоукладальні машини, привод відвальної частини транспортера розміщено в нижній частині траси конвеєра. Проте, при транспортуванні вантажу вгору конвеєром, що встановлений під нахилом, з метою збі-

льшення запасу зчеплення на приводних барабанах і зменшення натягу стрічки на кінцевих барабанах, привод доцільно розташовувати в кінці вантажної гілки, тобто в верхній частині конвеєра [34].

Крім того, як показує аналіз діаграми розподілення тягового зусилля в стрічці конвеєра з одно-, дво- та багатобарабанним приводом, яка зображена на рис. 1.6, при значних навантаженнях використання дво- або багатобарабанного приводів значно зменшить зусилля натягу в стрічці. Використання такого приводу зменшить динамічні навантаження на металоконструкцію транспортера.

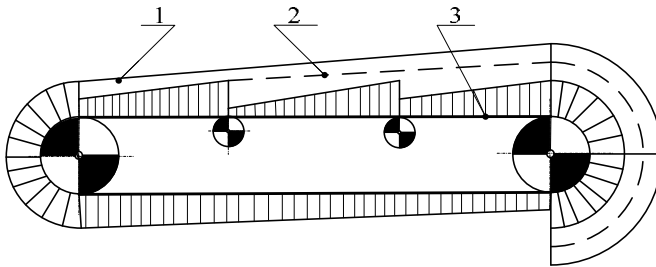


Рис. 1.6. Діаграма розподілу тягового зусилля в стрічці:
1 – з однобарабанним приводом; 2 – з двобарабанним приводом;
3 – з багатобарабанним приводом

Розглянемо основні типи приводів, що використовуються в стрічкових конвеєрах, для встановлення тих з них, які задовольняють зазначеним вище вимогам.

В залежності від виду рушійної енергії розрізняють електричний, гідравлічний, пневматичний і комбінований приводи.

Серед зазначених приводів найпоширенішими в стрічкових конвеєрах є електричні. Привод загально-промислового призначення з бічним розташуванням, одержав назву роздільний привод [39]. Типова схема зазначеного приводу горизонтального стрічкового конвеєра, показана на рис. 1.7 а містить електродвигун 1, пружну муфту 2, пасову передачу 3, редуктор 4, зубчасту компенсувальну муфту 5, приводний барабан 6.

Зміна швидкості транспортування конвеєра цим приводом здійснюється шляхом використання багатошвидкісного асинхронного або електричного двигуна, коробкою швидкостей, а також за допомогою встановленого варіатора або електродвигуна постійного струму. Такі способи регулювання швидкості ускладнюють і збільшують вартість конструкції привода, приводять до виникнення в деяких з них небажаних динамічних навантажень. Тому цей привод, в основному, застосовується за відносно постійних швидкостей транспортування. Для захисту асинхронного електродвигуна 1 з короткозамкнутим ротором від перевантажень на його валу встановлюють гідromуфту 2, а необхідне зниження числа обертів забезпечується редуктором 3, вал якого з'єднаний через компенсвальну муфту 4 з приводним барабаном 5 (рис. 1.7 б).

Необхідно відзначити перспективність застосування електричних лінійних асинхронних двигунів. Їхнє використання не вимагає застосування редукторів, муфт і інших ланок механічних передач. Основними вузлами такого привода є первинна 4 і вторинна 2 частини (рис. 1.7 в). Первинна частина, що містить обмотку 3 і струмопровід 1, є індуктором або видозміненим плоским статором, а вторинна – видозміненим ротором двигуна, розгорнутим на площині. Рухома частина двигуна з'єднується з тяговим органом конвеєра.

За очевидних переваг такий привод має недоліки: порівняно низький ККД (зазвичай не більше 0,6...0,7), наявність кольорового металу у вторинній частині по довжині усієї траси конвеєра, необхідність установки пристроїв для охолодження двигуна, який сильно перегрівається під час тривалої його роботи.

Крім електричних у роздільному приводі використовують і гідравлічні двигуни, причому, або з редуктором 2 і компенсальною муфтою 3 (в основному для високооборотних рис. 1.7 г), або без них (для високомоментних – рис. 1.7 д). Високе значення пускового моменту більшості гідродвигунів дозволяє здійснювати пуск конвеєра під навантаженням. Регулюючи витрати і тиск робочої рідини за допомогою гідроапаратури керування можна плавно змінювати значення числа обертів і крутного моменту приводного барабана.

В сучасних умовах застосування приводних систем в навантажувальній частині конвеєра обмежено існуючими конструкціями роздільних приводів. Розміщення такого привода приводить до збільшення габаритів, наприклад, стріли відвалоутворювача чи буртоукладальної машини, їх маси, крім того, це може стати причиною виникнення механічних коливань і збільшення динамічних навантажень на несучі конструкції.

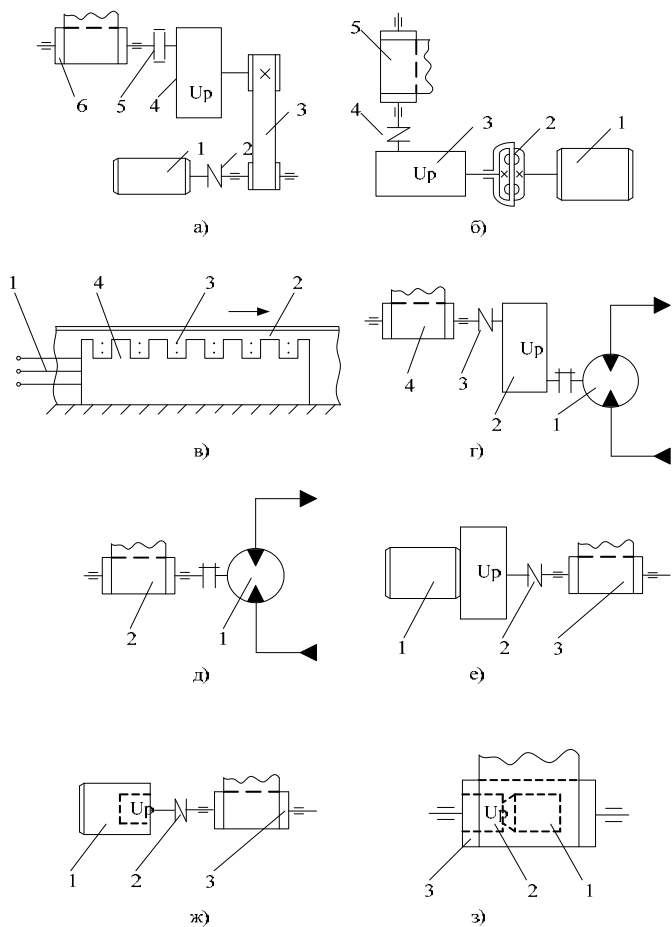


Рис. 1.7. Основні типи приводних пристроїв стрічкових конвеєрів

З метою зменшення габаритів привода, його матеріаломісткості, поліпшення техніки безпеки, зниження вимог до точності взаємного розміщення вузлів застосовують комплектні приводи [39]. До комплектних приводів відносяться мотор-редуктори і редукторні електродвигуни. Як видно з рис. 1.7 ж, габарити привода з редукторним електродвигуном менші габаритів привода з мотор-редуктором (рис. 1.7 е).

Найменші габарити серед відомих приводів стрічкових конвеєрів мають мотор-барабани, що відносяться до вбудованих приводів. У них відсутні обертові частини, що виступають назовні, муфти, оскільки двигун 1 і редуктор 2, якщо він є, встановлені всередині корпусу приводного барабана 3 (рис. 1.7 з).

Ефективність заміни роздільних приводів конвеєрів конструкціями вмонтованих приводів – мотор-барабанами, показує аналіз залежностей ваги приводів, що розглядалися вище (в роздільному приводі враховано вагу рами, а в мотор-барабані – вагу барабана), від потужності для різних швидкостей вихідної ланки, що показані на рис. 1.8 [39].

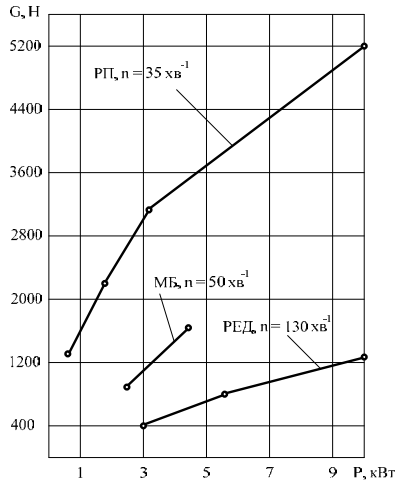


Рис. 1.8. Залежності ваги роздільного привода РП з врахуванням рами, мотор-барабана МБ з врахуванням корпусу барабана, редукторного електродвигуна РЕД без корпусу барабана від потужності для різних швидкостей тиххідного валу

Порівнюючи наведені залежності, а також відомі кінематичні та енергетичні характеристики, можна зробити висновок про те, що серед всіх типів приводів стрічкових конвеєрів мотор-барабани відзначаються невеликими габаритами та числом складальних одиниць, високою питомою потужністю і раціональною кінематичною схемою. Вказані позитивні властивості дозволяють віднести мотор-барабани до перспективних конструкцій приводів.

Застосування в конвеєрах мотор-барабанів дозволить уникнути або значно зменшити вище наведені недоліки.

1.3 Аналіз роботи приводів стрічкових конвеєрів різних технологічних машин

Для конвеєрів, що експлуатуються в сільськогосподарських машинах, гірничих шахтах, при відкритому видобуванні корисних копалин тощо, характерні змінні режими навантаження, під час яких можуть виникати умови, коли через певне збільшення навантаження для уникнення поламак привода потрібна його термінова зупинка.

Вантажопотоки, що надходять на стрічку конвеєра, характеризуються великою нерівномірністю, носять, як правило, випадковий характер та описуються як випадкові процеси. Нерівномірність вантажопотоків є причиною сукупності різних факторів, що знаходяться в складному зв'язку і можуть змінюватися в часі та просторі. Вантажопотоки характеризуються високою нерівномірністю надходження на стрічку конвеєра та перервами в самому надходженні. Крім того, надходження та розподілення вантажу по стрічці може змінюватися за різними законами. На рис. 1.9 наведено типовий закон розподілення вантажу, в якому фактичний вантажопотік (рис. 1.9 в) розглядається як добуток двох незалежних потоків: неперервного (рис. 1.9 а) та імпульсного (рис. 1.9 б).

Коефіцієнт нерівномірності таких вантажопотоків може приймати значення в межах 1,97...2,02 [10]. Такі характеристики є причиною значних динамічних навантажень, що в свою чергу призводять до виникнення поламак та виходу з ладу стрічкового конвеєра.

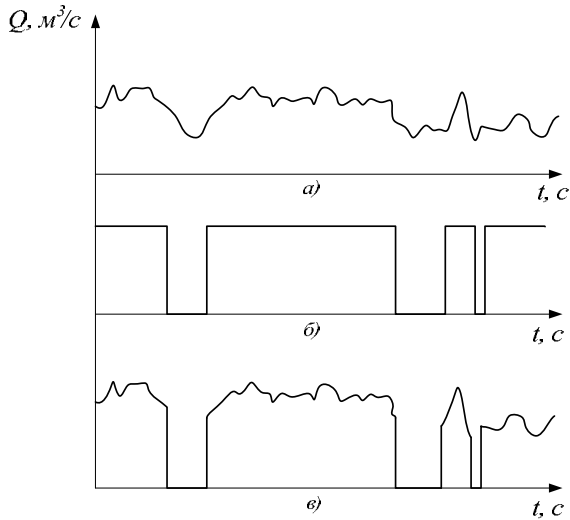


Рис. 1.9. Типовий закон розподілення вантажу
 а – неперервний; б – імпульсний; в – фактичний

Зазначені режими транспортування характерні для роботи приймального конвеєра буртоукладальної машини чи відвантажувального і поперечного конвеєрів коренезбиральної машини РКС-6 [40-43], а також акумулюючого конвеєра, що працює в гірничорудних шахтах, завантаження якого здійснюється скреперними пристроями, котрі неперервно подають гірничу масу від забою до конвеєра [44].

Наприклад, під час розвантаження коренеплодів в бункерний пристрій буртоукладальної машини з автотранспортного засобу транспортери зупиняються, та після його заповнення здійснюється повторний запуск привода конвеєра, під час якого навантаження зростає в декілька разів порівняно з номінальним. В електромеханічному приводі під час повторного запуску може вийти з ладу його механічна частина, а в гідравлічному – спрацює запобіжний клапан гідросистеми.

Велика кількість поламок у машинах, в яких експлуатуються стрічкові конвеєри, виникає внаслідок механічних коливань, спричинених невірноваженістю обертових ланок трансмісійних ліній, що створює

умови для втомного руйнування навантажених деталей вузлів механічної системи і транспортуючих засобів зокрема. На рис. 1.10 наведена осцилограма вібраційних коливань, зареєстрованих вібрографом на платформі оператора буртоукладальної машини К-65М253-К, яка експлуатується на Турбівському цукровому заводі, Вінницької області.

З графіка видно, що максимальна амплітуда коливань сягає 3,8 мм, а частота коливань близько 7 Гц. Такі вібраційні процеси можуть призвести не лише до поломок вузлів механізмів машини, а й негативно впливають на стан здоров'я оператора, який протягом усього часу роботи обслуговує буртоукладальну машину.

Точніше дослідження механічних коливань таких об'єктів обумовлює необхідність нетрадиційних підходів до реєстрації їх коливань і визначення динамічної стійкості. Це пояснюється тим, що вимірювання вібраційних характеристик вібрографами та контактними датчиками ускладнюється, а іноді є неможливим через особливості конструкційних характеристик таких об'єктів дослідження. Тому в сучасних дослідженнях приділяється більша увага безконтактним методам реєстрації коливань, які не впливають на вібраційні характеристики об'єкта досліджень і дають можливість дослідити коливальні процеси в недосяжних для традиційних приладів місцях. Один із таких методів заснований на використанні високошвидкісної відеозйомки [45].

Об'єктом динамічних досліджень був обраний вал механічної трансмісії, що передає рух приводам транспортерів буртоукладальної машини. Для високошвидкісної відеозйомки його коливань використовувалась цифрова відеокамера SAMSUNG VP-D461 з високошвидкісним затвором, що забезпечує фіксацію кадру за час від 1/50 до 1/1500 с. В даному випадку відеозйомка проводилась з експозицією 1/1500с при необхідній високій освітленості об'єктів дослідження. Камера була встановлена на найменш можливій для зйомки відстані від об'єкта, що вивчався.

Для візуалізації результатів відеозйомки було використано цифровий відеомагнітофон моделі AG-DV2007, з подальшою їх комп'ютерною обробкою на основі використання програм Ulead Video Studio 8 та After Effects.

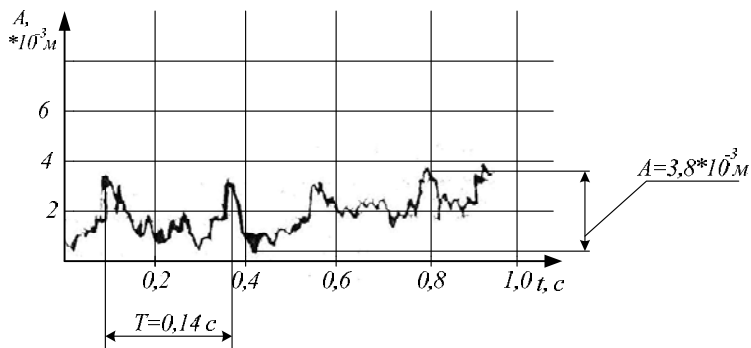


Рис. 1.10. Осцилограма вібрацій, зареєстрованих на платформі кабіни оператора буртоукладальної машини К-65М253-К

Як приклад, на рис. 1.11 показано шість типових кадрів прискореної комп'ютерної відеозйомки досліджуваної системи, аналіз яких дозволив встановити наступне:



№ 1, $A = 0$ м, $t = 0$ с

а)

Рис. 1.11. Кадри високошвидкісної відеозйомки коливальних процесів валу трансмісії буртоукладальної машини

ЛІТЕРАТУРА

1. Кравченко А. И. Конвейеризация подземного транспорта на шахтах Карагандинского бассейна / А. И. Кравченко, Р. В. Мерцалов, В. А. Шемякин // Уголь, 1973. – № 6. – С. 47–51.
2. Биличенко Н. Я. Эксплуатационные режимы ленточных конвейеров / Н. Я. Биличенко, Е. М. Высочин, Е. Х. Завгородний. – К. : Техника, 1964. – 264 с.
3. Гончаревич И. Ф. Динамика горных машин с упругими связями / И. Ф. Гончаревич, А. В. Докукин. – М. : Наука, 1975. – 211 с.
4. Дмитриев В. Г. Теоретические основы расчета ленточных конвейеров / В. Г. Дмитриев, А. О. Спиваковский. – М. : Наука, 1977. – 154 с.
5. Иванченко Ф. К. Динамика металлургических машин / Ф. К. Иванченко, В. А. Красно шапка. – М. : Металургія, 1992. – 234 с.
6. Кожевников С. Н. Динамика нестационарных процессов в машинах / С. Н. Кожевников – К. : Наук. думка, 1986. – 288 с.
7. Мартинців М. П. Дослідження роботи приводів вантажопідіймальних і транспортуючих машин з канатною тягою / М. П. Мартинців, В. О. Малащенко, В. В. Буриляк. // Підіймально-транспортна техніка. Науково-технічний та виробничий журнал. – 2004. – № 2. – С. 16–25.
8. Новиков Е. Е. Введение в теорию динамики горнотранспортных машин / Новиков Е. Е., Смирнов В. К. – К. : Наук. думка, 1978. – 173 с.
9. Панкратов С. А. Динамика машин для открытых горных и земляных работ / С. А. Панкратов. – М. : Машиностроение, 1976. – 247 с.
10. Спиваковский А. О. Теория ленточных конвейеров / А. О. Спиваковский, В. Г. Дмитриев. – М. : Наука, 1982. – 187 с.
11. Шахмейстер Л. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / В. Г. Дмитриев Л. Г. Шахмейстер. – М. : Машиностроение, 1978. – 392 с.

12. Червоненко А. Г. Динамика протяженных горных транспортных машин / А. Г. Червоненко, А. Г. Раздольский, Ю. В. Заболотный. – К. : Наук. думка, 1983. – 192 с.
13. Кузнецов Б. А. Динамика пуска длинных ленточных конвейеров / Б. А. Кузнецов // Транспорт шахт и карьеров. – М. : Недра, 1973. – С. 27–50.
14. Лескевич В. И. Механические свойства конвейерных лент из синтетического волокна / В. И. Лескевич, В. К. Смирнов. // Вопр. руд. трансп. – 1970. – №11. – С. 117–123.
15. Потураев В. А. Вертикальный транспорт на горных предприятиях / В. А. Потураев, А. Г. Червоненко, Л. В. Колосов. – М. : Недра, 1975. – 351 с.
16. Калинин С. Г. Динамика несущих конструкций буровых установок / С. Г. Калинин, Е. В. Харченко. – Львов : Вища школа, Изд-ство при Львовском ун-те, 1988. – 144 с.
17. Потураев В. И. Вибрационные транспортирующие машины / В. И. Потураев, В. П. Франчук, А. Г. Червоненко. – М. : Машиностроение, 1964. – 272 с.
18. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний / В. Л. Бидерман. – М. : Высшая школа, 1980. – 408 с.
19. Болотин В. В. Динамическая устойчивость упругих систем / В. В. Болотин. – М. : Высшая школа, 1956. – 312 с.
20. Малащенко В. А. Динамика механизмов при подъеме высотных сооружений / В. А. Малащенко, С. Г. Каоинин. – Львов: Вища школа, Изд-ство при Львовском ун-те, 1981. – 108 с.
21. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории и удара / Я. Г. Пановко. – Л. : Машиностроение, 1976. – 274 с.
22. Писаренко Г. С. Колебание механических систем с учетом несовершенной упругости материала / Г. С. Писаренко. – К. : Наук. думка, 1970. – 379 с.
23. Филиппов А. В. Колебания деформируемых систем / А. В. Филиппов. – М. : Машиностроение, 1970. – 734 с.
24. Фролов К. В. Колебания элементов аксиально-поршневых гидромашин / К. В. Фролов. – М. : Наука, 1973. – 285 с.

25. Харченко Є. В. Динамічні процеси в машинах агрегатних і несучих конструкціях бурових установок : автореф. дис. на здобуття ступеня док. техн. наук : спец. 05.02.09 «Динаміка, міцність машин, приладів та апаратури» / Є. В. Харченко. – Львів, 1997. – 48 с.

26. Чудновский В. Г. Методы расчета колебаний и устойчивости стержневых систем / В. Г. Чудновский. – К. : Наук. думка, 1952.

27. Полищук Л. К. Динамічна завантаженість механічної системи стрічкового конвеєра з вмонтованим приводом: автореф. дис. на здобуття наук. степеня канд. техн. наук : спец. 01.02.06 «Динаміка, міцність машин, приладів і апаратури» / Л. К. Поліщук. – Львів, 1994. – 19 с.

28. Александров А. В., Поташов С. С. Сопротивление материалов / А. В. Александров, В. Д., Державин Б. В. – М. : Высшая школа, 2006. – 559 с.

29. Вейц В. Л. Динамика управляемых машинных агрегатов / В. Л. Вейц, М. З. Коловский, А. Е. Качура. – М. : Наука, 1984. – 352 с.

30. Вульфсон И. И. Динамические расчеты цикловых механизмов / И. И. Вульфсон. – Л., 1976 – 345 с.

31. Давыдов Б. Л. Статика и динамика машин / Б. Л. Давыдов, Б. А. Скородумов. – М. : Машиностроение, 1967. – 426 с.

32. Зіньковський А. П. Зв'язані коливання регулярних механічних систем з порушеною симетрією: : автореф. дис. на здобуття наук. степеня канд. техн. наук : спец. 01.02.06 «Динаміка, міцність машин, приладів і апаратури» / А. П. Зіньковський. – Київ, 1996. – 35 с.

33. Иванченко Ф. К. Динамика металлургических машин / Ф. К. Иванченко, В. А. Красношарпа. – М. : Металургія, 1992. – 234 с.

34. Иванченко Ф. К. Прикладные задачи динамики машин / Ф. К. Иванченко, В. А. Красношарпа. – К. : Вища школа, 1983. – 200 с.

35. Иринг Ю. Проектирование гидравлических и пневматических систем / Пер. со словацк. / Ю. Иринг. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд., 1983. – 363 с.

36. Кожевников С. Н. Динамика нестационарных процессов в машинах / С. Н. Кожевников. – К. : Наук думка, 1986. – 288 с.

37. Комаров М. С. Динамика механизмов и машин / М. С. Комаров. – М., 1969 – 234 с.

38. Паламарчук І. П. Обґрунтування конструктивних параметрів гіраційного просторового вібропривода грохоту / І. П. Паламарчук, О. М. Омелянов, В. П. Янович. // Вібрації в техніці і технологіях. – 2008. – № 1 (50). – С. 16–21.

39. Заблонский К. И. Встроенные редукторы / К. И. Заблонский, Л. Е. Шустер. – К. : Техніка, 1969. – 176 с.

40. Поліщук Л. К. Гідрофікація транспортних засобів буртоукладальних машин / Л. К. Поліщук, Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. П. Коцюбівський // Вібрації в техніці і технологіях. – 2003. – № 5 (31). – С 28 – 30.

41. Новиков Е. Е. О применении гидродвигателей в приводах транспортирующих устройств / Е. Е.Новиков, А. Ф. Пономарчук, Л. К. Полищук // Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – 1987. – № 23. – С. 119–122.

42. Коваленко В. Я. Оценка надежности ленточного конвейера для аккумулирующих выработок рудных шахт / В. Я. Коваленко, В. С. Кириленко // Надежность горных и транспортных машин. – 1985. – С. 21–23.

43. Ананьев И. В. Колебания упругих систем в авиационных конструкциях и их демпфирование / И. В. Ананьев, П. Г. Тимофеев. – М. : Машиностроение, 1965. – 526 с.

44. Вибрации энергетических машин: Справочное пособие / [авт.-уклад. Н. В. Григорьева]. – Л. : Машиностроение, 1974. – 464 с.

45. Кофанов Ю. Н. Информационная технология моделирования механических процессов в конструкциях радиоэлектронных средств / Ю. Н. Кофанов, Ю. С. Новиков, В. С. Шалу мов. – М. : Радио и связь, 2000. – 160 с.

46. Панкратов В. А. Динамика машин для открытых и земельных работ (Основы теории и расчета). – М. : «Машиностроение», 1967. – 447 с.

47. Волков Д. П. Динамика и прочность многоковшовых экскаваторов и отвалообразователей. / Д. П. Волков, В. А. Черкасов. – М. : «Машиностроение», 1969. – 408 с.

48. Искович-Лотоцкий Р. Д. Гидравлический мотор-барабан / Р. Д. Искович-Лотоцкий, А. Ф. Пономарчук, Л. К. Полищук, // Информ. Листок № 98-015 о научно-техн. достижениях. – Винница, 1989.

49. А. с. 326118 СССР МКИ⁸ В65 23/08. Мотор-барабан / Горлов П. Н. (СССР). – № 1118238/27-11 ; заявл. 30.11.66 ; опубл. 10.01.72, Бюл. №4.

50. А. с. 658045 СССР МКИ⁸ В65 23/08. Мотор-барабан ленточно-го конвейера / Баландин И. Я., Брюхов А. Н. и др. (СССР). – № 2458309/29-03 ; заявл. 22.02.77 ; опубл. 25.04.79, Бюл. №15.

51. Спиваковский А. О. Транспортирующие машины / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

52. А. с. 722814 СССР МКИ⁸ В65 23/04. Мотор-барабан ленточно-го конвейера / Подлевских П. Д. (СССР). – № 2644880/27-03 ; заявл. 17.07.78 ; опубл. 30.11.80, Бюл. №11.

53. А. с. 241279 СССР МКИ⁸ В65 23/08. Взрывобезопасный мотор-барабан / Волянко Е. П., Щербаков С. Д. и др. (СССР). – № 1093924/27-11 ; заявл. 28.07.66 ; опубл. 01.04.69, Бюл. №13.

54. А. с. 417349 СССР МКИ² В65 23/04. Мотор-барабан / Скоро-думов Б. А., Хонин Ю. А. (СССР). – № 1487008/27-11 ; заявл. 26.01.70 ; опубл. 28.11.74, Бюл. №8.

55. А. с. 885120 СССР МКИ³ В65 23/04. Мотор-барабан / Сы-чев Л. М., Байрак Т. Ф. (СССР). – № 2885258/27-03 ; заявл. 20.02.80 ; опубл. 30.11.81, Бюл. №44.

56. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины / М. П. Александров изд. 5-е пер. и доп. – М. : Высшая школа, 1979. – 210 с.

57. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1979. – 672 с.

58. А. с. 1181956 СССР МКИ⁴ В65 23/08. Мотор-барабан конвейера / Пономарчук А. Ф., Новиков Е. Е., Коц И. В., Полищук Л. К. и др. (СССР). – № 3735259/27-03; заявл. 29.04.84 ; опубл. 30.09.85, Бюл. № 36.

59. А. с. 1181957 СССР МКИ⁴ В65 23/08. Мотор-барабан / Поно-марчук А. Ф., Новиков Е. Е., Коц И. В., Полищук Л. К. и др. (СССР). – № 3735264/27-03; заявл. 29.04.84 ; опубл. 20.09.85, Бюл. № 36.

60. А. с. 885639 СССР МКИ³ F15 В 7/04. Гидравлический привод пресса / О. Н. Друнк (СССР). – № 2394376/25-06 ; заявл. 19.07.76 ; опубл. 30.11.81, Бюл. № 44.

61. А. с. 1048187 СССР МКИ³ F15 В 9/02. Гидроуселитель / Герушненко М. Ю. (СССР). – № 3290339/25-06 ; заявл. 11.05.81 ; опубл. 15.10.83, Бюл. № 38.

62. А. с. 1173851 СССР МКИ⁴ F15 В 11/18. Гидросистема / А. А. Гуменчук, А. В. Дерибо, Н. И. Иванов и др. (СССР). – № 3625728/25-06 ; заявл. 22.07.83.

63. Хубка В. Теория технологических систем: пер. с нем. / В. Хубка. – М. : Мир, 1987. – 208 с.

64. Тищенко Н. М. Введение в проектирование систем управления. 2-е изд. перераб. и доп. / Н. М. Тищенко. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 248 с.

65. Бабичев А. П. Вибрационные станки для обработки деталей / А. П. Бабичев, В. В. Трунин, Ю. М. Самодумский, В. П. Устинов – М. : Машиностроение, 1984. – 168 с.

66. Поліщук Л. К. Системне проектування гідравлічних мотор-барabanів транспортних пристроїв / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер // Наукові нотатки. – Луцьк, 2006 – № 18. – С. 292 –302.

67. Ковалевский В. Р. О гидрофикации горного машиностроения: справочник по гидроприводам горных машин / В. Р. Ковалевский, Н. Т. Железняков, Ю. Е. Бейлин. — М. : Недра, 1973. – 502 с.

68. Немировский И. А. Гидроприводы сельскохозяйственных машин / И. А. Немировский. – К. : Техніка, 1979. – 139 с.

69. Павлице В. Т. Основы конструювання та розрахунку деталей машин / В. Т. Павлице. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.

70. Фролов К. В. Механіка промислових роботів: / К. В. Фролов, Е. И. Воробьев. – М. : Высш. шк., 1989. – 383 с.

71. Иосилевич Г. Б. Детали машин / Г. Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.

72. Пат. 22801 України, МПК⁸ В65G 23/00. Керований гідравлічний мотор-барaban / Поліщук Л. К., Пурдик В. П., Обертюх Р.Р., Ад-

лер О. О. ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200613735 ; заявл. 25.12.06 ; опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5.

73. Немировский И. А. Моделирование и синтез систем гидроприводов с эластичными запорно-регулирующими элементами / И. А. Немировский. // В кн.: Второй Всес. съезд по теории машин и механизмов: Тез. докл. Всес. съезда. – К., 1982 – С.83.

74. Немировский И. А., Пурдик В. П. Синтез параметров гидравлической системы управления клиноременным вариатором / И. А. Немировский. // В кн.: 7-я Всес. научно-техническая конференция по управляемым и автоматическим механизмам приводов и передачам гибкой связью. – Одесс., 1986. – С. 102–103.

75. Петров В. Б. Эластичные элементы в устройствах управления гидромеханизмов технологических машин Дис... канд. техн. наук. 05.02.02. – Л., 1986. – 227 с.

76. Немировский И. А. Гидроприводы сельскохозяйственных машин / И. А. Немировский. – К. : Техніка, 1979. – 139 с.

77. Башта Т. М. Объемные гидравлические приводы / Т. М. Башта, И. З. Зайченко, В. В. Ермаков, Е. М. Хаймович. – М. : Машиностроение, 1969 – 628 с.

78. Коробочкин Б. Л. Динамические характеристики напорных золотников гидравлических систем / Б. Л. Коробочкин, М. Д. Комитовски. – М. : Машиностроение, 1970 – 543 с.

79. Кузнецов В. С. Обобщение условия устойчивости предохранительных и перлевных клапанов / В. С. Кузнецов, Д. Н. Попов. – М. : Машиностроение, 1977. – № 4. – С. 68–74.

80. Лавендел Э. Э. Расчет резино-технических изделий / Э. Э. Лавендел. – М. : Машиностроение, 1976. – 232 с.

81. Пронин Б. А. Экспериментальное исследование упругих характеристик клинового ремня вариатора / Б. А. Пронин, В. П. Пурдик – М. : «Машиностроение», 1986. – № 2. – С.59–61.

82. Пурдик В. П. Динамика системы дистанционного управления клиноременным вариатором молотильного барабана зерноуборочного комбайна в режиме регулирования. Дис... канд. техн. наук. 05.02.02. – М., 1986. – 208 с.

83. Левшина Е. С. Электрические измерения физических величин / Е. С. Левшина, П. В. Новицкий // Измерительные преобразователи. – Л. : Электроатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1983. – 320 с.
84. Поліщук Л. К. Динаміка пристрою керування гідроприводу чутливого до навантаження / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер // Машинознавство. – 2007. – № 6 (120). – С. 33–37.
85. Коваленко Н. И. Теория вероятностей и математическая статистика / Н. И. Коваленко, А. А. Филиппова. – М. : Высшая школа, 1982. – 252 с.
86. Маслов Г. С. Расчеты колебания валов: справочник / Г. С. Маслов. – М. : Машиностроение, 1980. – 150 с.
87. Шушкевич В. А. Основы электротензометрии / В. А. Шушкевич– Минск: Всейша школа, 1975. – 352 с.
88. Гевондян Т. А. Приборы для измерения и регистрации колебаний / Т. А. Гевондян, Л. Т. Киселев. – М. : Машгиз, 1962. – 467 с.
89. Клоков Н. П. Тензодатчики для экспериментальных исследований / Н. П. Клоков, В. Ф. Лукашин, Л. М. Воробьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 17 с.
90. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний : ГОСТ 20245-74. – М. : Издательство стандартов, 1975. – 67 с.
91. Поліщук Л. К. Исследование переходных процессов гидропривода транспортирующих устройств сельхоз машин / Л. К. Поліщук // Гидроаппаратура и гидроприводы сельскохозяйственных машин. – 1993. – С. 42.
92. Полищук Л. К. Устройство для пуска ленточного конвейера с гидравлическим приводом / Л. К. Полищук, В. П. Пурдик, А. А. Малярчук // Пути повышения эффективности использования производственного и научного потенциала на предприятиях машиностроения. – 1988. – С.33.
93. Элементы гидропривода: справочник / Е. И. Абрамов, К. А. Колисниченко. – Киев: Техніка, 1977. – 320 с.
94. Камугин Б. В. Клапанные уплотнения пневмогидроагрегатов / Б. В. Камугин, Г. Г. Стратиневский, Д. А. Мендельсон. – М. : Машиностроение, 1983. – 152 с.

95. Обертюх Р. Р. Разработка методики проектного расчета и создание новой конструкции вибропресса для прессования металлопорошковых заготовок в капсула при возвратно-винтовом движении вибростол: дис. канд. техн. наук : 05.03.05 / Обертюх Роман Романович. – М., 1986. – 313 с.

96. Іскович-Лотоцький Р. Д. Проектний розрахунок двокаскадних генераторів імпульсів тиску для гідроімпульсних приводів технологічних машин / Р. Д. Ісакович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, М. Р. Обертюх, В. І. Томчук // Весник НТУ «Харьковский политехнический институт». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – № 129. – С.10–22.

97. Хорин В. Н. Объемный гидропривод забойного оборудования / В. Н. Хорин. – М. : Недра, 1980. – 415 с.

98. Поліщук Л. К. Керований гідравлічний привод конвеєра / Л. К. Поліщук, В. П. Пурдик, О. О. Адлер // Промислова гідравліка і пневматика. – 2007. – № 3 (17). – С. 51–55.

99. Новиков Е. Е. О применении гидродвигателей в приводах транспортирующих устройств / Е. Е. Новиков, А. Ф. Пономарчук, Л. К. Полищук // Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – 1987. – № 23. – С. 119–122

100. Юшков В. В. Обработка клапанов и седел двигателей / В. В. Юшков, Ю. А. Толкачев // Автомобильный транспорт. – 1995. – № 3. – С. 45–47.

101. Поліщук Л. К. Керуючий пристрій для гідроприводу зі змінним навантаженням на робочому органі / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер, А. Л. Штурма // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ, 2007. – № 3 (109), Частина 1. – С. 195–200.

102. Пат. 22017 України, МПК⁸ В65G 23/00. Керований гідравлічний мотор-барабан / Поліщук Л. К., Пурдик В. П., Адлер О. О. ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200611864 ; заявл. 10.11.06 ; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 4.

103. Поліщук Л. К. Вибір параметрів вмонтованого гідравлічного приводу швидкохідних конвеєрів з урахуванням хвильових процесів у транспортуючому органі / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер // Вібрації в техніці і технологіях. – 2005. – № 4 (42). – С. 68–71.

104. Пат. 34120 України, МПК⁸ В65G 23/00 Керований гідравлічний мотор-барабан / Поліщук Л. К., Адлер О. О., Федчишин В. В. ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200803594 ; заявл. 21.03.08 ; опубл. 25.07.08, Бюл. № 14.

105. Пат. 34468 України, МПК⁸ В65G 23/00 Керований гідравлічний мотор-барабан / Поліщук Л. К., Адлер О. О., Фанайлова О. Л. ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200803624 ; заявл. 21.03.08 ; опубл. 11.08.08, Бюл. № 15.

106. Поліщук Л. К. Математична модель гідравлічного мотор-барабана стрічкового конвеєра / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер // Наукові нотатки. – Луцьк, 2005. – № 17. – С. 273–282.

107. Пат. 36107 України, МПК⁸ В65G 23/00 Керований гідравлічний мотор-барабан / Поліщук Л. К., Адлер О. О., Мамчур О. С. ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200806894 ; заявл. 19.05.08 ; опубл. 10.10.08, Бюл. № 19.

108. Пат. 11969 України, МПК⁸ В65G 23/00 Гідравлічний мотор-барабан / Поліщук Л. К., Адлер О. О. ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200507036 ; заявл. 16.01.05 ; опубл. 16.01.06, Бюл. № 1.

109. Пат. 24968 України, МПК⁸ В65G 23/00 Мотор-барабан / Поліщук Л. К., Іскович-Лотоцький Р. Д., Харченко Є. В., Адлер О. О., Коцюбівський Р. П.; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200701202 ; заявл. 05.02.07 ; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11.

110. Пат. 16579 України, МПК⁸ В65G 23/00. Мотор-барабан / Поліщук Л. К., Харченко Є. В., Пурдик В. П., Адлер О. О. ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200601740 ; заявл. 20.02.06 ; опубл. 15.08.06, Бюл. № 8.

111. Поліщук Л. К. Гідравлічний мотор-барабан стрічкового конвеєра стріли відвалоутворювача / Л. К. Поліщук, В. П. Пурдик, О. О. Адлер // Промислова гідравліка і пневматика. – 2007. – №2(16). – С. 61 – 64.

Наукове видання

**Поліщук Леонід Клавдійович
Адлер Оксана Олександрівна**

**ВМОНТОВАНІ ГІДРАВЛІЧНІ
ПРИВОДИ КОНВЕЄРІВ
З ГНУЧКИМ ТЯГОВИМ ОРГАНОМ,
ЧУТЛИВІ ДО ЗМІНИ НАВАНТАЖЕННЯ**

Монографія

Редактор Н. Мазур

Оригінал-макет підготовлено О. Адлер

Підписано до друку 18.06.2010 р.
Формат 29,7×42¼ Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 10,63
Наклад 100 прим. Зам № 2010-113

Вінницький національний технічний університет,
КІВЦ ВНТУ,

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-85-32

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-81-59

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.