

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ГІДРОПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ЗІ ЗМІННИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

¹Вінницький національний технічний університет

Проаналізовано відомі технічні рішення пристроїв керування, які застосовують у машинах різного технологічного призначення зі змінним робочим навантаженням, визначено основні напрямки розробки нової системи керування, сформовано вимоги до її функціональних характеристик. Наведено конструктивну схему запропонованої авторами системи керування, а також основні співвідношення, що дозволяють виконати її конструювання.

Ключові слова: гідропривод стрічкового конвеєра, змінне навантаження, система керування, запірний елемент, запірно-регулювальний елемент.

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 мають відповідати як умовам експлуатації транспортувальних машин, так і режимам їх роботи.

Стрічкові конвеєри переважно експлуатуються в умовах змінних навантажень, максимальне перевищення яких над номінальним може бути достатньо великим [1]. Під час роботи приводів таких транспортерів виникають умови, коли через значне збільшення навантаження для уникнення поломок приводу 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 — спрацює запобіжний клапан гідросистеми.

Одним із шляхів розв'язання цієї актуальної задачі для приводу стрічкового конвеєра, що працює зі змінним навантаженням на робочому органі, є створення компактного приводу з системою керування, яка забезпечує заданий режим роботи [2]. До них належать пристрої керування, що дозволяють застосовувати активне резервування крутного моменту за умови використання двох гідродвигунів [2].

Для пошуку технічного рішення системи керування гідравлічного приводу конвеєра, що працює в умовах нерівномірності вантажопотоків, розглянули відомі конструкції пристроїв, які використовуються в різних технологічних машинах зі змінним навантаженням на робочій ланці.

В гідросистемі [3] для забезпечення збільшення потужності на робочій ланці, якою є гідроциліндр, при зміні навантаження використовується гідравлічний мультиплікатор, роботою якого керує гідравлічний чотирьохлінійний двопозиційний розподільник. Стримуючим фактором поширення такої системи керування є додаткові енерговитрати на створення підвищеного тиску в гідросистемі, понижена швидкодія та надійність її роботи.

Гідросистема з пристроєм керування, виконаним на основі гідравлічного підсилювача [4], містить велику кількість запірно-регулювальних гідравлічних елементів, які зі збільшенням навантаження на робочій ланці забезпечують вмикання до основного ще і додаткового гідроциліндра.

Недоліком такої гідросистеми є значні витратні характеристики, пов'язані з великими габаритами вихідної ланки, які визначаються діючим максимальним навантаженням на кінематично зв'язані з нею ланки.

У гідросистемі [5] зі збільшенням навантаження на робочій ланці до певної величини через підвищення тиску спрацює пристрій керування у вигляді двопозиційного золотника і під'єднує напірну гідролінію до робочих камер другого гідромотора, встановленого паралельно до основного, за рахунок чого крутний момент на робочій ланці збільшується. Недоліком такої гідросистеми є вузькі функціональні можливості, зумовлені конструкцією пристрою керування та підвищені

енерговитрати, пов'язані з механічними та гідравлічними втратами другого гідромотора, який за номінального навантаження працює в насосному режимі.

У ВНТУ розроблено кілька конструкцій гідравлічних приводів з пристроями керування, які працюють зі змінними навантаженнями [5—8]. Найближчим за своєю суттю до шуканого технічного рішення є розроблена у ВНТУ система керування, застосована у вмонтованому гідравлічному приводі, який призначений для приймального конвеєра буртоукладника [9]. Система керування містить пристрій керування, виконаний на основі двокаскадного клапана, та плунжер вмикання фрикційної муфти. Фрикційна муфта призначена для передачі руху від вала другого гідродвигуна до ведучого зубчастого колеса передавального механізму. Перший каскад пристрою керування виконаний у вигляді клапана параметричного типу з конічно-циліндричним затвором, а другий — у вигляді трубчастого золотника, встановленого на циліндричному сердечнику з ущільнюючим гумовим кільцем, який притиснуто до конічного сидла. При підвищенні навантаження до розрахункового значення спрацьовує пристрій керування, за рахунок чого одночасно приводиться в рух вал другого гідромотора та за допомогою натискного плунжера спрацьовує фрикційна муфта, що забезпечує передачу крутного моменту другому передавальному механізму. Недоліком такої системи керування привода є раптове зростання навантаження на валу другого гідромотора під час його зрушення до максимальних значень через те, що одночасно робоча рідина під тиском подається до натискного плунжера фрикційного механізму і до робочої камери другого гідромотора, і воно передається всім елементам передавального механізму, що призводить до зменшення довговічності роботи привода в цілому і його надійності.

Аналіз наведених конструктивних схем пристроїв керування дозволив визначити основні напрямки розробки системи керування, яку можна використати для вмонтованого гідравлічного привода конвеєра, що працює із змінним навантаженням. Ефективним для такої системи керування є застосування в першому каскаді клапана прямої дії як сенсора з параметричним принципом керування. Для уникнення одночасного вмикання фрикційної муфти другого гідромотора та його вала необхідно, щоб керуючий пристрій другого каскаду мав релейну функцію за рахунок використання клапана-розподільника.

Результати дослідження

За результатами дослідження відомих технічних рішень і у відповідності до сформованих технічних вимог щодо роботи системи керування гідропривода стрічкового конвеєра із змінним навантаженням розроблена принципова схема, зображена на рис. 1. Перший каскад складається із кулькового запірної елемента 1, навантаженого пружиною 2, попередня деформація якої може змінюватися за допомогою гвинта 3. Пружина 2 і гвинт 3 є основними ланками регулятора тиску «відкриття» пристрою керування. Напірна порожнина A_1 під'єднана до напірної магістралі гідропривода. Проміжна порожнина B_1 відділяється від напірної порожнини A_1 контактом кулькового запірної елемента 1 по кромці меншого діаметра ступінчастого сидла 4, а від зливної порожнини C_1 — додатним перекриттям h_{cd} , що утворене місцем контакту діаметральної поверхні кульки з внутрішньою поверхнею більшого діаметра ступінчастого сидла та кромкою його торця.

Поперечні перерізи кулькового запірної елемента 1 утворюють дві площі герметизації f_1 та f_2 ($f_2 > f_1$), які визначають тиск «відкриття» (f_1) [10]

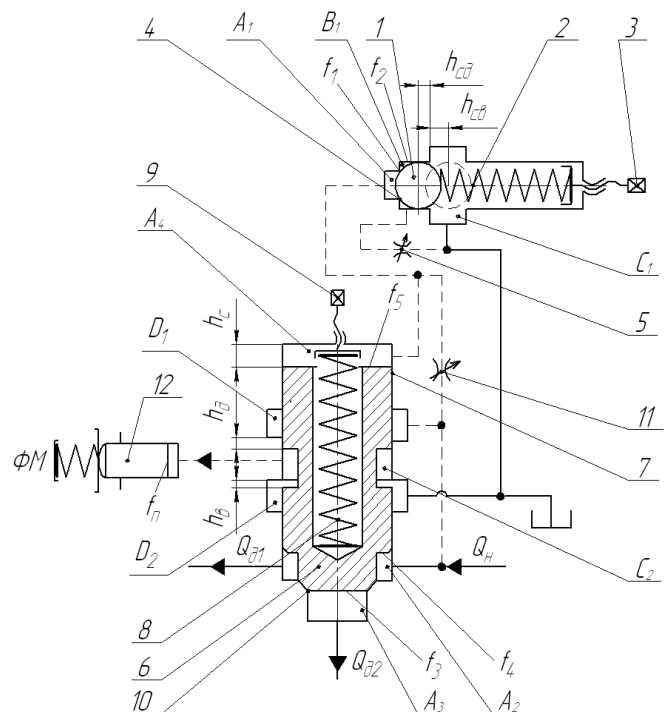


Рис. 1. Принципова схема системи керування гідропривода стрічкового конвеєра із змінним навантаженням

$$p_1 \geq \frac{k_1 y_{01}}{f_1} \quad (1)$$

і тиск «закриття» (f_2) [11]

$$p_2 \geq \frac{k_1 (y_{01} + h_c)}{f_2}, \quad (2)$$

де k_1, y_{01} — жорсткість та попередня деформація пружини 2, відповідно; $h_c = h_{сд} + h_{св}$ — хід кулькового запірнього елемента 1; $h_{св}$ — від'ємне перекриття кулькового запірнього елемента 1 для повністю відкритого його положення.

З урахуванням (1), за допомогою виразу (2) можна встановити зв'язок між тисками p_1 та p_2 :

$$p_2 \leq p_1 \frac{f_1}{f_2} + \frac{k_1 h_c}{f_2}. \quad (3)$$

Для стабілізації режиму закриття кулькового запірнього елемента 1 в кінці його зворотного ходу між порожниною A_1 та порожниною C_1 розміщено регулювальний дросель 5.

Перший каскад пристрою керування порожнинами A_1 та C_1 приєднується до другого каскаду.

Другий каскад пристрою керування містить запірньо-розподільний елемент 6 клапанно-золотникової форми, який встановлено в корпусі 7 і навантажено пружиною 8, що розміщена в центральному отворі запірньо-розподільного елемента 6, попередня деформація якої змінюється за допомогою гвинта 9. Пружина 8 конічною герметизуючою фаскою притискає запірньо-розподільний елемент 6 до сидла 10. Поперечні перерізи запірньо-розподільного елемента 6 через клапанну і золотникову частини утворюють дві площі f_3 та f_4 ($f_4 > f_3$). Напірна порожнина A_2 , що під'єднується до першого гідромотора ГМ1, розташована між розточкою клапанної частини запірньо-розподільного елемента 6 та герметизуючою фаскою A_3 , що під'єднується до другого гідромотора ГМ2. Верхня розточка корпусу 7 разом із зовнішньою золотниковою поверхнею запірньо-розподільного елемента 6 утворює першу керівну порожнину D_1 , а нижня розточка з цією ж поверхнею та розточкою, що виконана в середній частині запірньо-розподільного елемента 6, утворює другу керівну порожнину D_2 . Причому, верхня кромка розточки середньої частини запірньо-регулювального елемента 6 з нижньою кромкою порожнини D_1 утворює додатне перекриття h_d , а нижня кромка розточки середньої частини запірньо-розподільного елемента 6 з верхньою кромкою порожнини D_2 — від'ємне перекриття h_b ($h_d > h_b$). За від'ємного перекриття порожнина C_2 , що утворена розточкою середньої частини запірньо-розподільного елемента 6 та спряженою з ним циліндричною поверхнею корпусу 7 зв'яже зливну гідролінію з підплунжерною порожниною натискного плунжера, що контактує з напівмуфтою фрикційної муфти. Порожнина A_3 , яка утворена торцевою поверхнею хвостової частини запірньо-розподільного елемента 6, його центральним отвором з поперечним перерізом f_5 ($f_5 > f_4$) та верхньою частиною корпусу 7, гідролініями з'єднана з напірними порожнинами A_1 та A_2 . У гідролінії між порожнинами A_3 та A_2 вставлено регульований дросель 11, який керує роботою запірньо-розподільного елемента 6.

У вихідному положенні, за якого тиск енергоносія в гідросистемі привода $p_r < p_1$, запірний елемент 1 закритий, а запірньо-регулювальний елемент 6 притиснуто до сидла 10 пружиною 8 і дією тиску енергоносія на різницю площ ($f_5 > f_4$). Подача гідронасоса витрачається на роботу гідромотора ГМ1 приводного механізму.

В момент зростання тиску в гідросистемі до рівня p_1 , запірний елемент 1, перемагаючи опір пружини 2, відривається від сидла 4, порожнини A_1 і B_1 з'єднуються і тиск енергоносія діє на повну площу f_2 поперечного перерізу запірнього елемента 1, що зумовлює різке зростання зусилля, яке діє на цей елемент, і швидкості його руху. Запірний елемент 1 переміщується на величину робочого ходу $h_c = h_{сд} + h_{св}$ і напірна порожнина A_1 з'єднується із зливною порожниною C_1 .

Тривалість набору тиску t_n до величини p_1 визначиться зі співвідношення

$$t_n = \frac{\Delta p V_0}{E Q_n}, \quad (4)$$

де $\Delta p = p_1 - p_2$ — зміна тиску в гідросистемі за умови збільшення навантаження на робочій ланці привода; V_0, E, Q_n — об'єм напірної порожнини гідросистеми привода, зведений модуль пружності гідросистеми та подача насоса, відповідно.

На дроселі 11 виникає перепад тиску і запірно-розподільний елемент 6 під дією сили, що діє на площу f_4 відходить від сідла 10, стискаючи пружину 8, переміщується на величину робочого ходу h , з'єднує напірну порожнину A_2 з напірною порожниною A_3 , за рахунок чого робоча рідина під тиском p_1 надходить до робочих камер другого гідромотора ГМ2. Коли запірно-регулювальний елемент 6 переміститься на величину від'ємного перекриття, друга керівна порожнина D_2 перекривається від зливної порожнини C_2 . Подальше переміщення запірно-регулювального елемента 6 на величину $h_d + h_b$ відкриває щілину з боку першої керівної порожнини D_1 , яка з'єднує її через порожнину C_2 та гідролінію з плунжерною порожниною натискного плунжера. Робоча рідина під тиском p_1 надходить в підплунжерну порожнину, натискний плунжер під дією енергоносія переміщується і притискає поверхні тертя лівої напівмуфти до правої, після чого муфта передає рух від другого гідродвигуна ГМ2 до другого передавального механізму привода.

Якщо знехтувати дією зливного тиску на кільцеву площу f_5 , то умова початку руху запірно-регулювального елемента 6 запишеться виразом:

$$p_1(f_4 - f_3) \geq k_2 \gamma_{02}, \quad (5)$$

а після відриву від сідла

$$p_1(f_4 + f_3) > k_2 \gamma_{02}, \quad (6)$$

що спричинить пришвидшене його переміщення.

За умови зниження робочого навантаження на величину, що відповідає тиску «закриття» p_2 (3), кульковий запірний елемент 1 під дією пружини 2 зміщується вліво і притискається до сідла 4. В результаті цього перепад тиску на дроселі 11 зникає і за рахунок дії пружини 8 (сили дії тиску енергоносія на площі поперечного перерізу f_5 та $f_3 + f_4$ врівноважені) запірно-розподільний елемент переміщується вниз до контакту із сідлом 10. При цьому відбувається перекомутація гідроліній: спочатку перекривається керівна порожнина D_1 від порожнини C_2 , а потім відкривається щілина, яка з'єднує порожнину C_2 з керівною порожниною D_2 , за рахунок чого робоча рідина від підплунжерної порожнини натискного плунжера надходить на злив. Під дією пружини фрикційної муфти ліва напівмуфта відходить від правої і передача руху від другого гідродвигуна ГМ2 припиняється. В кінці ходу запірно-регулювальний елемент 6 клапанною частиною встановлюється на сідло 10, перекриває напірну порожнину A_3 від A_2 і рух вихідного вала другого гідромотора припиняється.

Привод знову працює лише від першого гідромотора ГМ1.

Розроблена система керування застосована у вмонтованому гідравлічному приводі, призначеному для приймального конвеєра буртоукладника К-65М253-К, який експлуатується на цукрових заводах [9]. Конструктивна схема його показана на рис. 2.

Керований гідравлічний мотор-барабан містить корпус барабана 1, в який вбудовано привод, виконаний у вигляді двох окремих гідромоторів першого 2 (ГМ1) та другого 3 (ГМ2), і два передавальні механізми, кожний з яких складається з ведучих 4 і 7, проміжних 5 і 8 та коронних 6 і 9 зубчастих коліс. Корпус барабана 1 встановлено на осі, що складається з трьох частин 10, 11, 12. Для підведення і відведення робочої рідини до гідромоторів 2 та 3 в середині лівої та правої частин осей 10 та 12 виконано осьові канали 13 і 14, які за допомогою радіальних каналів 15 і 16, а також напірних трубопроводів 17 і 18 та зливних — 19 і 20, з'єднані з робочими камерами гідромоторів 2 та 3. В напірному трубопроводі 17 встановлено пристрій керування 21. Вхід другого гідромотора 3 при вимкненому пристрої керування 21 з'єднано зі зливом через зворотний клапан 22.

Пристрій керування 21 виконаний за схемою (див. рис. 1) у вигляді двокаскадного клапана, наділеного функціями гідравлічного розподільника.

В другому передавальному механізмі між валом другого гідромотора 3 та ведучою шестернею 8, встановлена фрикційна муфта 25, ліва півмуфта якої через грибок має контакт з торцевою сферичною поверхнею натискного плунжера 26, що встановлений у більшому діаметрі центрального ступінчастого отвору, виконаного з правого боку середньої частини 11 вісі. Плоска поверхня натискного плунжера 26 з більшим діаметром центрального ступінчастого отвору утворює порожнину 27, яка з'єднана з порожниною меншого діаметра.

Після виконання необхідних теоретичних та експериментальних досліджень такий привод може бути ефективно використаний в конвеєрах інших підйомно-транспортних машин, які працюють в умовах змінних режимів навантаженнями на робочій ланці.

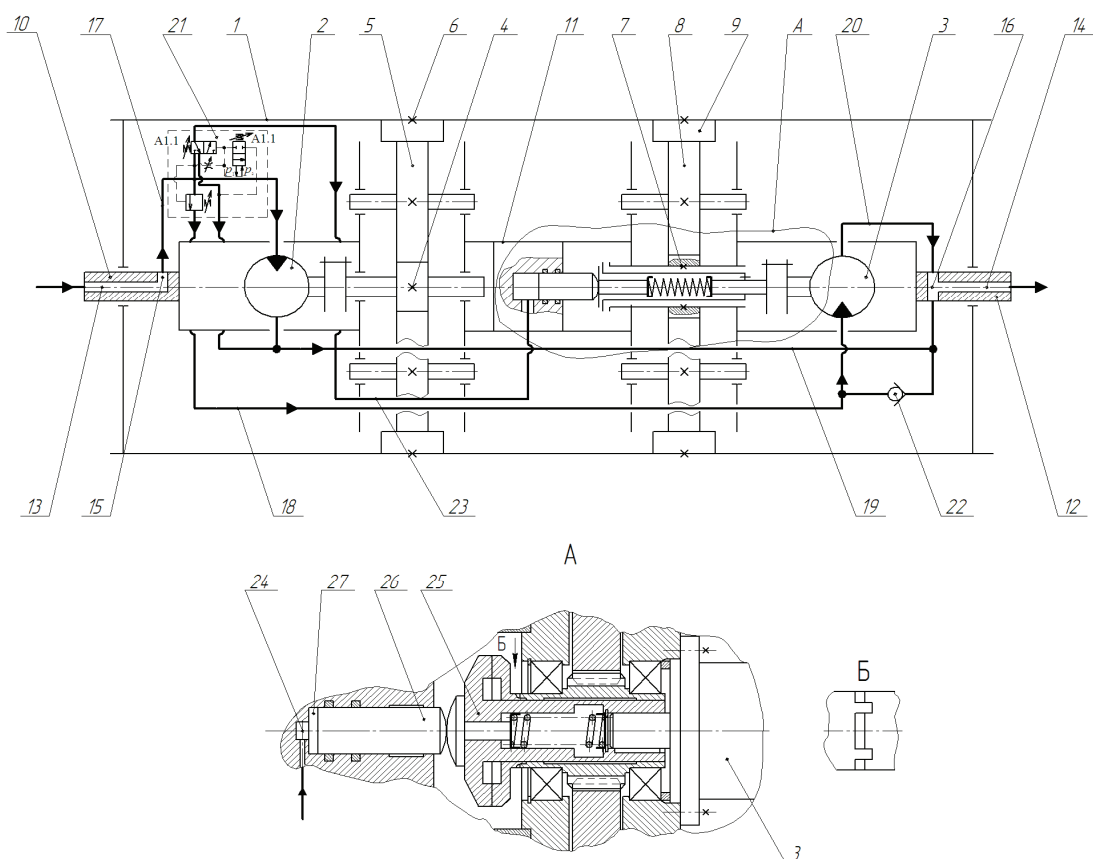


Рис. 2. Конструктивна схема вмонтованого гідропривода приймального конвеєра буртоукладника К-65М253-К

Висновки

1. Аналіз пристроїв керування дозволив визначити основні напрямки розробки системи керування гідропривода стрічкового конвеєра зі змінним навантаженням на робочій ланці. Сформовано вимоги до її функціональних характеристик з метою підвищення ефективності роботи привода.
2. Встановлено ефективність використання засобів гідроавтоматики в пристроях керування приводів стрічкового конвеєра. Найдоцільнішим є використання в пристрої керування як сенсора клапана прямої дії з параметричним принципом керування, що дозволяє чітко регулювати тиск «закриття» за рахунок вибору його геометричних параметрів незалежно від діючого навантаження.
3. Для уникнення одночасного вмикання фрикційної муфти гідромотора та вала гідродвигуна керувальний пристрій другого каскаду наділено функціями клапана-розподільника, який забезпечує регламентовану затримку при вмиканні фрикційної муфти та вала гідродвигуна.
4. Отримані співвідношення дозволяють розрахувати основні конструктивні параметри пристрою керування гідропривода зі змінним робочим навантаженням під час його проектування. Розроблена конструкція пристрою керування дозволить виконати експериментальні дослідження для встановлення його функціональних та динамічних характеристик і впливу на них параметрів конструкції та гідросистеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шахмейстер Л. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев — М. : Машиностроение, 1978. — 392 с.
2. Поліщук Л. К. Вмонтовані гідравлічні приводи конвеєрів з гнучким тяговим органом, чутливі до зміни навантаження : моногр. / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 184 с.
3. А. с. 885639 СССР МКІ³ F15 В 7/04. Гидравлический привод пресса / О. Н. Друк (СССР). — № 2394376/25-06 ; заявл. 19.07.76 ; опубл. 30.11.81, Бюл. № 44.
4. А. с. 1048187 СССР МКІ³ F15 В 9/02. Гидроуселитель / М. Ю. Герушенко (СССР). — № 3290339/25-06 ; заявл. 11.05.81 ; опубл. 15.10.83, Бюл. № 38.
5. А. с. 1173851 СССР МКІ⁴ F15 В 11/18. Гидросистема / А. А. Гуменчук, А. В. Дерибо, Н. И. Иванов и др. (СССР). № 3625728/25-06 ; заявл. 22.07.83 ; опубл. 30.09.85, Бюл. № 36.
6. Пат. 22017 Україна МПК В65G 23/00 Керований гідравлічний мотор-барабан / Л. К. Поліщук, В. П. Пурдик, О. О. Адлер (Україна); заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. — № 200611864; Заявл. 10.11.2006 ; Опубл. 10.04.2007, Бюл. № 4.

7. Пат. 22801 Україна МПК В65G 23/00 Керований гідравлічний мотор-барабан / Л. К. Поліщук, В. П. Пурдик, Р. Р. Обертюх, О. О. Адлер (Україна); заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. — № 200613735; заявл. 25.12.2006; опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5.

8. Пат. 34468 Україна МПК В65G 23/00 Керований гідравлічний мотор-барабан / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер, О. Л. Фанайлова (Україна); заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. — № 200803624; заявл. 21.03.2008; опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15.

9. Пат. 68816 України, МПК⁸ В65G 23/00. Керований гідравлічний мотор-барабан / Поліщук Л. К., Обертюх Р. Р., Харченко С. В., Адлер О. О., Кислиця Д. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. — № u201111872; заявл. 10.10.2011 ; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7.

10. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия / И. Б. Матвеев. — М. : Машиностроение, 1974. — 184 с.

11. Іскович-Лотоцький Р. Д. Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : моногр. / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, М. Р. Архипчук. — Вінниця, 2008. — 171 с.

Рекомендована кафедрою технології та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 22.01.2015

Поліщук Леонід Клавдійович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com;

Коваль Олег Олександрович — інженер кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв, e-mail: kovaloleg@outlook.com

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

L. K. Polishchuk¹
O. A. Koval¹

Control system of hydraulic drive of belt conveyor with variable load

¹Vinnitsia National Technical University

The known technical solutions control devices that are used in various technological purpose machines with variable workload are analyzes, the main directions of development of new control systems are defined, requirements of its functional characteristics are formed, the structural diagram of the control and the main ratio that can perform its construction are suggested in the paper.

Keywords: hydraulic drive of belt conveyor, variable load control system, the locking element, locking and adjusting element.

Polishchuk Leonid K. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor, Professor of the Chair of Metal Cutting Lathes and Automated Production Equipment, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com;

Koval Oleh A. — engineer of the Chair of Metal Cutting Lathes and Automated Production Equipment, e-mail: kovaloleg@outlook.com

Л. К. Полищук¹
О. О. Коваль¹

Система управления гидропривода ленточного конвейера с переменной нагрузкой

¹Винницкий национальный технический университет

Проанализированы известные технические решения устройств управления, применяемые в машинах различного технологического назначения с переменными рабочими нагрузками, определены основные направления разработки новой системы управления, сформированы требования к ее функциональным характеристикам. Приведена конструктивная схема системы управления, а также основные соотношения, позволяющие выполнить ее конструирование.

Ключевые слова: гидропривод ленточного конвейера, переменная нагрузка, система управления, запорный элемент, запорно-регулирующий элемент.

Полищук Леонид Клавдиевич — кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры металлорежущих станков и оборудования автоматизированных производств, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com;

Коваль Олег Александрович — инженер кафедры металлорежущих станков и оборудования автоматизированных производств, e-mail: kovaloleg@outlook.com