

УДК 621.6-762

Л.К. Поліщук, канд. техн. наук,

Д.В. Кислиця,

Д.В. Бурденюк,

Я.Г. Гуровський

Вінницький національний технічний університет

## ПРИВОД ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ СТРУЖКИ З ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

*На основани анализ известных технических решений встроенных гидравлических приводов и торцовых уплотнений определены конструктивные требования к разрабатываемому приводу, с учетом особенностей конструкций приводных барабанов существующих транспортеров. Разработана математическая модель для изучения влияния параметров гидроприводного агрегата на переходные процессы в механической системе транспортера.*

*Based on analysis of known technical solutions built hydraulic actuators and mechanical seals identified structural requirements to the developed drive, allowing for the construction of driving drums of existing transporters. A mathematical model to study the influence of parameters of hydraulic drive unit for transients in the mechanical system of the conveyor.*

### Вступ

У більшості металорізальних верстатів з ЧПК та гнучких виробничих модулях для обробки корпусних деталей застосовується транспортер з гнучким тяговим органом для видалення стружки. За умови оснащення зазначеного металорізального обладнання гідравлічним приводом, враховуючи його відомі переваги над іншими типами приводів, доцільно застосувати вмонтований гідравлічний привод (мотор-барабан). Конструктивною особливістю приводного барабана існуючих транспортерів верстатного обладнання є невеликий діаметр (125–160 мм) у порівнянні з його довжиною (700–800 мм). Це накладає певні обмеження на габаритні розміри гідродвигуна та передавального механізму, за умови забезпечення ними необхідних робочих параметрів вмонтованого привода.

Враховуючи вищезазначене, встановлено конструктивні вимоги до розроблюваного привода: наявність компактних гідродвигуна та механічної передачі, що забезпечує необхідне передаточне число; з'єднаної опорної осі з отворами в кожній напівосі для підведення і відведення робочої рідини; торцеве ущільнення обертальної втулки однієї напівосі відносно нерухомого порожнинного вала іншої напівосі.

Важливою складовою конструкції є торцеве ущільнення, а тому проведено аналіз їх конструктивних схем [2, 3], який показав, що існуючі технічні рішення можна використати для ущільнення рухомого вала за нерухою втулки. У вузлі з'єднаної напівосі приводного пристрою потрібно ущільнити рухому втулку однієї напівосі відносно нерухомого порожнинного вала іншої, що вимагає певних конструктивних змін у порівнянні з відомими торцевими ущільненнями.

Запропоновано конструкцію гідравлічного вмонтованого привода транспортера для видалення стружки з металорізального обладнання, який відрізняється компакт-

ністю, відсутністю висунутих назовні вузлів, з регульованими параметрами руху.

### Основна частина

Вмонтований привод, що розроблено у ВНТУ [1], схем якого подано на рис. 1а, містить корпус 1, в який вбудовано приводний пристрій, що складається з гідродвигуна 2 і передавального механізму 3, виконаного у вигляді триступеневого редуктора. Ліва 18 і права 9 напівосі разом з корпусом 1 передавального механізму 3 утворюють з'єднану вісь вмонтованого привода. На вихідному валу передавального механізму між опорами встановлено приводний диск 7, який нерухою з'єднаний з кільцем 8, жорстко скріплене внутрішньою поверхнею з корпусом 1 барабана. Всередині правої півосі 9 виконано центральний осьовий канал, який через трубопровід 10 з'єднує робочу камеру гідродвигуна з напірною магістраллю. Виливний трубопровід 11 гідродвигуна через радіальні канали, виконані на задній кришці 12 передавального механізму і у вихідному валу, приєднано до осьового центрального каналу 13 останнього. На виході каналу всередині вихідного вала виконано циліндричну розточку, в якій розміщено ущільнюючий вузол, конструкцію зображено на рис. 1б.

Він містить радіальне ущільнююче кільце 14, посаджене в кільцевій проточці обертального ущільнюючого кільця 15, встановленого із зазором у внутрішній поверхні розточки, яке за допомогою натискної пружини 16 притискається до торцевої поверхні нерухомого контркілля 17, виготовленого із пластичного матеріалу, що також встановлено із зазором у внутрішній поверхні розточки циліндричного виступу, виконаного на торці внутрішньої розточки лівої півосі 18. Контркілля 17 своєю внутрішньою конусною поверхнею притискає до зовнішньої конусної поверхні циліндричного виступу опорне кільце 19.

Така конструкція ущільнюючого вузла надійно функціонує за умови низьких тисків робочої рідини (не більше 2 МПа).

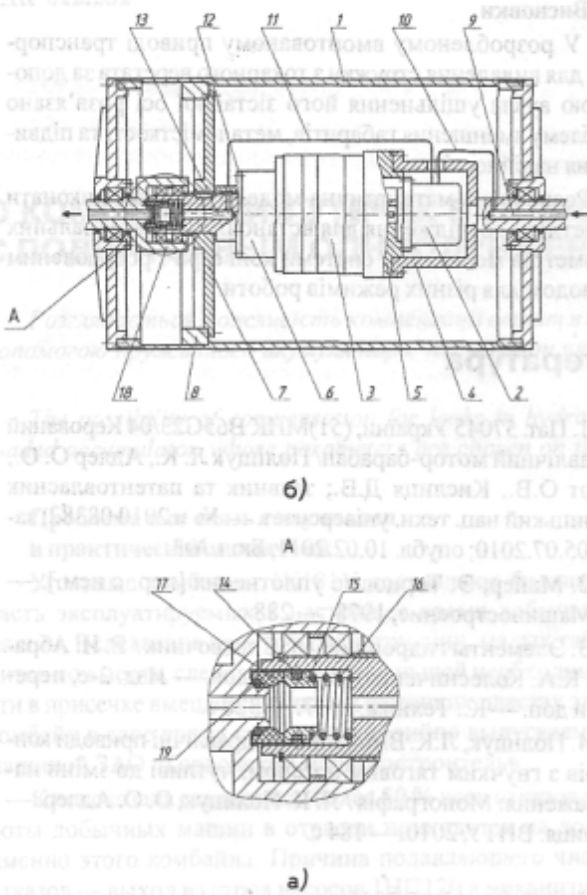


Рис. 1. Конструктивна схема вмонтованого привода конвеєра для видалення стружки з верстата.

Мотор-барaban працює таким чином. Робоча рідина під тиском через центральний осьовий канал 9, трубопровід 10, надходить у робочу камеру гідродвигуна 2. У результаті взаємодії робочої рідини з роторними елементами гідродвигуна 2 відбувається обертання його вихідного вала, який приводить у рух триступеневий передавальний механізм 3. Вихідний вал 6 передавального механізму 3 через приводний диск 7 та кільце 8 надає обертання корпусу барабана 1. Робоча рідина, яка втратила енергію під меншим тиском, що визначається налагодженням регулятора потоку, встановленого послідовно на вході у виливний магістралі, через трубопровід 11, радіальні канали кришки 12 та вихідного вала 6 передавального механізму надходить до його центрального осьового каналу і такий же канал півосі 18 надходить у виливну магістраль. При цьому у торцевому ущільнюючому вузлі осьова сила, створена натиском пружиною 16 і тиском у виливній магістралі робочої рідини, що діє на торцеву поверхню обертального ущільнюючого кільця 15, притискає його до нерухомого контркіля 17. Шляхи витoku рідини в осьовому напрямку між зовнішньою поверхнею обертального ущільнюючого кільця 15 і внутрішнього вихідного вала 6, а також між внутрішньою поверхнею контркіля 17 і зовнішнього циліндричного виступу півосі 18

надійно перекриваються радіальними 14 і опорними 15 ущільнюючими кільцями.

Для вивчення впливу параметрів гідроприводного агрегата на перехідні процеси у механічній системі конвеєра розроблено його розрахункову схему (рис. 2а), в якій реальну континуальну фізичну модель конвеєра приведено до дискретної. Такий підхід не суперечить результатам проведеного аналізу розрахункових моделей стрічкових конвеєрів, оскільки об'єктом дослідження в даному випадку є транспортуючий пристрій невеликої довжини. Тому на розрахунковій схемі рухомі частини конвеєра представлено двома дискретними масами. До першої зведено маси обертючих частин приводного пристрою, до другої — рухомі ланки транспортуючої частини конвеєра. Стрічку конвеєра можна представити реологічною моделлю Фохта. Механічні втрати в гідромоторі моделюються обертальними кінематичними параметрами. Момент опору руху стрічки діє на другу дискретну масу.

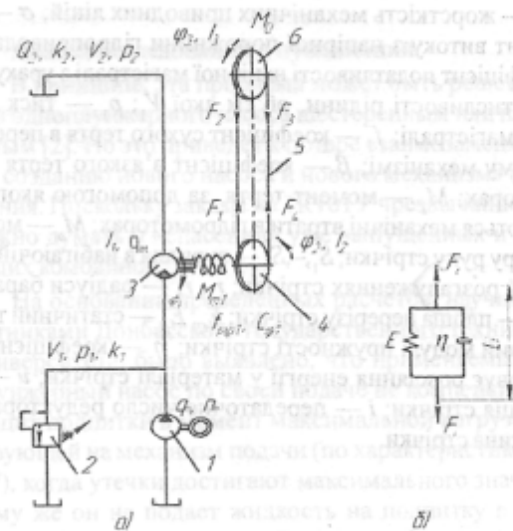


Рис. 2. Розрахункова схема механічної системи конвеєра з вмонтованим гідравлічним приводом для дослідження перехідних процесів (а) і модель ділянки стрічки (б).

В основу математичного опису руху вихідної ланки привода покладено рівняння руху механічної частини і рівняння балансу витрат рідини. При складанні рівнянь математичної моделі прийнято припущення, правомірність яких доведено в роботі [4].

Враховуючи прийняті припущення та нехтуючи незначним підпором на виході гідросистеми, після відповідних перетворень, математичну модель отримуємо у такому вигляді

$$q_n n - \sigma_1 p_1 - Q_{d1} - k_1 V_1 \left( \frac{dp_1}{dt} \right) = 0;$$

$$\beta \left( \frac{d\varphi_1}{dt} \right) + c_\varphi (\varphi_1 - i\varphi_2) + c_\varphi f_{TR} (\varphi_1 - i\varphi_2) \times$$

$$\times \operatorname{sgn} \left[ \frac{d(\varphi_1 - i\varphi_2)}{dt} \right] + M_T - q_D p_1 = 0;$$

$$i c_{\varphi} (\varphi - i\varphi_2) - I_2 \left( \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} \right) - r_1 (F_1 - F_4) = 0;$$

$$r_2 (F_2 - F_3) - I_3 \left( \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} \right) - M_0 = 0;$$

$$F_1 = \frac{A}{l} \left( E_C u_1 + \eta E_D \frac{du_1}{dt} \right),$$

$$u_1 = (\varphi_2 - \varphi_3) r_1, \quad F_1 = F_2 = -F_3 = -F_4, \quad n_D = \frac{d\varphi}{dt}.$$

де  $n_p, n_m$  — частоти обертання вихідного вала насоса і гідромотора;  $q_p, q_m$  — характерні об'єми насоса і гідромотора;  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  — координати руху елементів системи;  $I_2, I_3$  — зведені моменти інерції приводного і хвостового барабанів;  $c$  — жорсткість механічних приводних ліній;  $\sigma$  — коефіцієнт витoku з напірної порожнини гідропривода;  $k_1$  — коефіцієнт податливості напірної магістралі з урахуванням стисливості рідини, об'єм якої  $V_1$ ;  $p_1$  — тиск у напірній магістралі;  $f_T$  — коефіцієнт сухого тертя в передавальному механізмі;  $\beta$  — коефіцієнт в'язкого тертя в гідромоторах;  $M_T$  — момент тертя, за допомогою якого враховуються механічні втрати в гідромоторах;  $M_0$  — момент опору руху стрічки;  $S_1, S_2, S_4$  — зусилля в набігаючій і збігаючій розгалуженнях стрічки;  $r_1, r_2$  — радіуси барабанів;  $A$  — площа перерізу стрічки;  $E_C, E_D$  — статичний та динамічний модулі пружності стрічки;  $\eta$  — коефіцієнт, що враховує розсіяння енергії у матеріалі стрічки;  $u$  — деформація стрічки;  $i$  — передаточне число редуктора;  $l$  — довжина стрічки.

### Висновки

У розробленому вмонтованому приводі транспортера для видалення стружки з токарного верстата за допомогою вузла ущільнення його з'являється розв'язано проблему зменшення габаритів, металомісткості та підвищення надійності.

Розроблена математична модель дозволяє виконати теоретичні дослідження для встановлення раціональних параметрів механічної системи конвеєра з розробленим приводом для різних режимів роботи.

### Література

1. Пат. 57045 України, (51)МПК В65G23/04 Керований гідравлічний мотор-барабан/ Поліщук Л. К., Адлер О. О., Колот О.В., Кислиця Д.В.; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. — № у 2010 08382; заявл. 05.07.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. №3.
2. Майер, Э. Торцовые уплотнения [пер. с нем.]. — М.: Машиностроение, 1978. — 288 с.
3. Элементы гидропривода: Справочник / Е. И. Абрамов, К.А. Колесниченко, В.Т. Маслов. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — К.: Техніка, 1977. — 320 с.
4. Поліщук, Л.К. Вмонтовані гідравлічні приводи конвеєрів з гнучким тяговим органом, чутливі до зміни навантаження: Монографія / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 184 с.

Надійшла 13.05.2011 р.