

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Кафедра галузевого машинобудування

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

Привід конвеєра стріли лінії подрібнення
щебеню з покращеними динамічними
характеристиками

Виконав: ст. гр. 1ГМ-18м Лабунський С. О.
Науковий керівник: д.т.н., проф. Поліщук Л. К.

Мета роботи. Метою роботи є підвищення економічності роботи приводу стрічкового конвеєра лінії подрібнення щебеню за рахунок використання гідроприводу, який відзначається покращеними динамічними властивостями.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності виконання МКР згідно із заданою темою;
- виконати аналіз існуючих технічних рішень приводів транспортерів технологічних ліній;
- розробити конструктивну схему головного конвеєра технологічної лінії подрібнення щебеню;
- удосконалити математичну модель гідравлічного привоу стрічкового конвеєра;
- виконати проектні розрахунки приводу;
- економічними розрахунками довести доцільність впровадження у виробництво розробленого приводу;
- виконати необхідні розрахунки з безпеки життєдіяльності та цивільного захисту.

Об'єкт дослідження – динамічні процеси в приводах стрічкових конвеєрів.

Предмет дослідження – привід стрічкового конвеєра технологічної лінії подрібнення щебеню.

Методи дослідження:

- порівняльний аналіз економічних, конструктивних та динамічних показників існуючих конструкцій;
- математичне моделювання динамічних процесів та динамічний аналіз нестационарних режимів роботи в гідравлічному та електричному приводах.

Наукова новизна отриманих результатів та їх значення:

- удосконалено математичні моделі динамічних процесів в гідравлічному та електричному приводах стрічкових конвеєрів.

Особистий внесок автора – запропонував заміну існуючого двопривідного електроприводу стрічкового конвеєра технологічної лінії подрібнення щебеню замінити на однопривідний гідравлічний. На основі результатів теоретичних досліджень розроблених математичних моделей електро- та гідроприводів провів порівняльний аналіз їх динамічних властивостей. Виконав проектні розрахунки та розрахунки на міцність приводу конвеєра.

Публікації – тези доповідей на Всеукраїнську науково-практичну інтернет-конференцію студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2019 р.).

Аналіз існуючих конструкцій

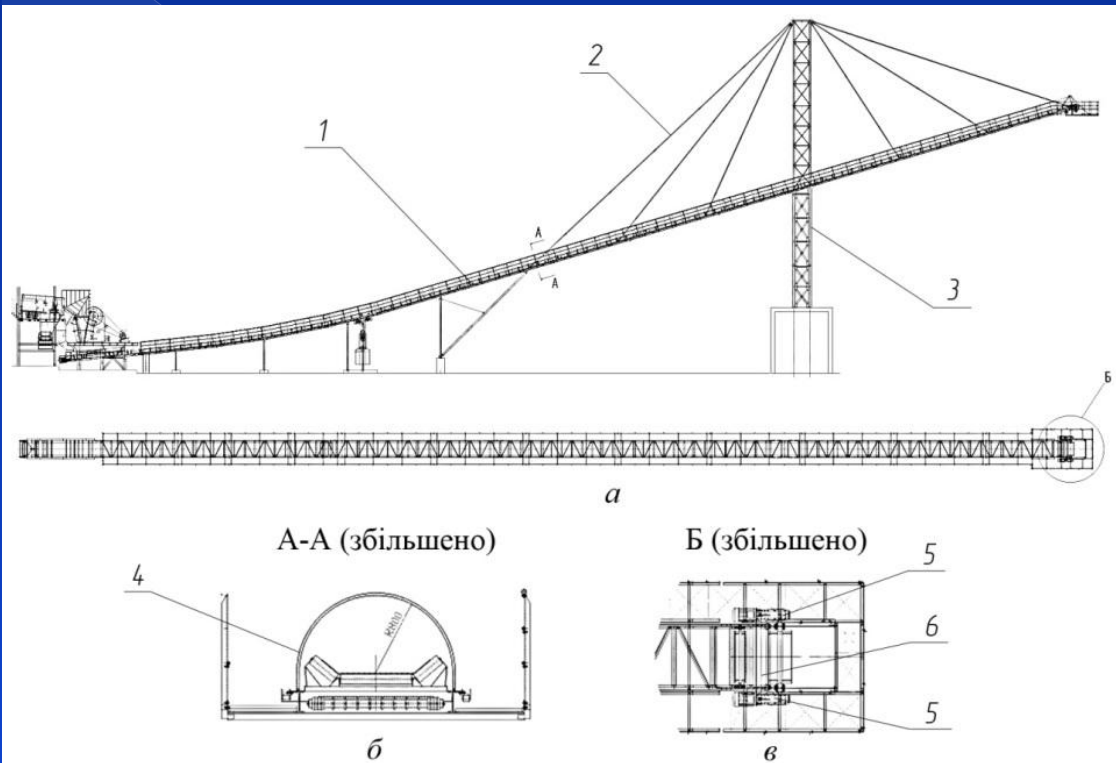


Рисунок 1 – Стріла головного стрічкового конвеєра технологічної лінії подрібнення щебеню ПАТ «Стрижавський кар'єр»

Аналіз існуючих конструкцій (продовження)

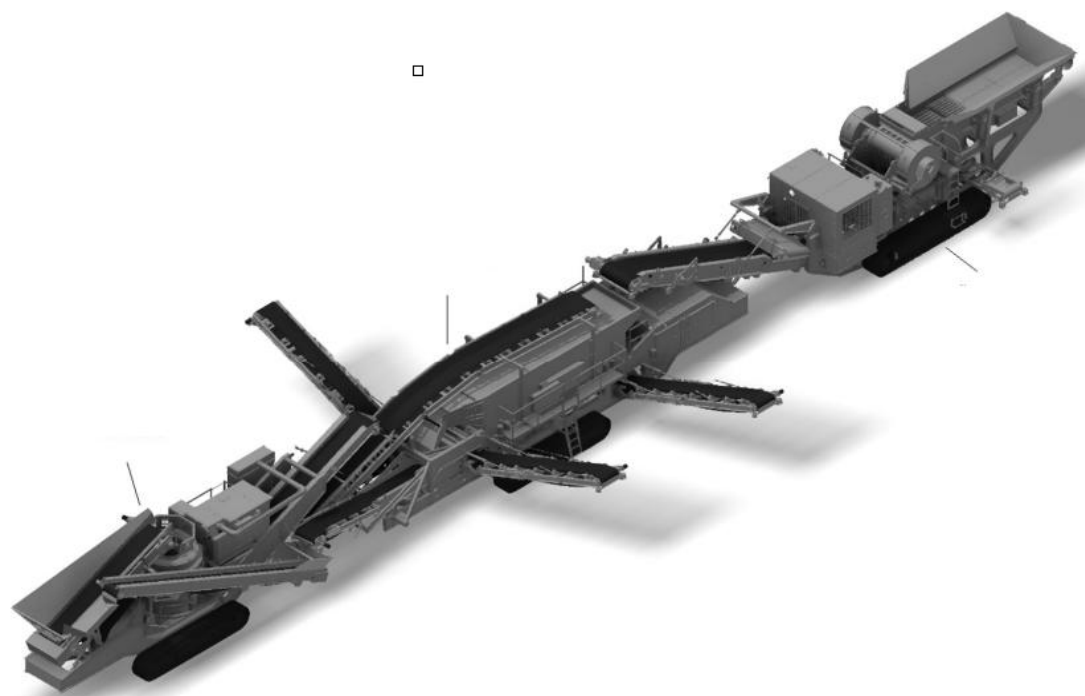
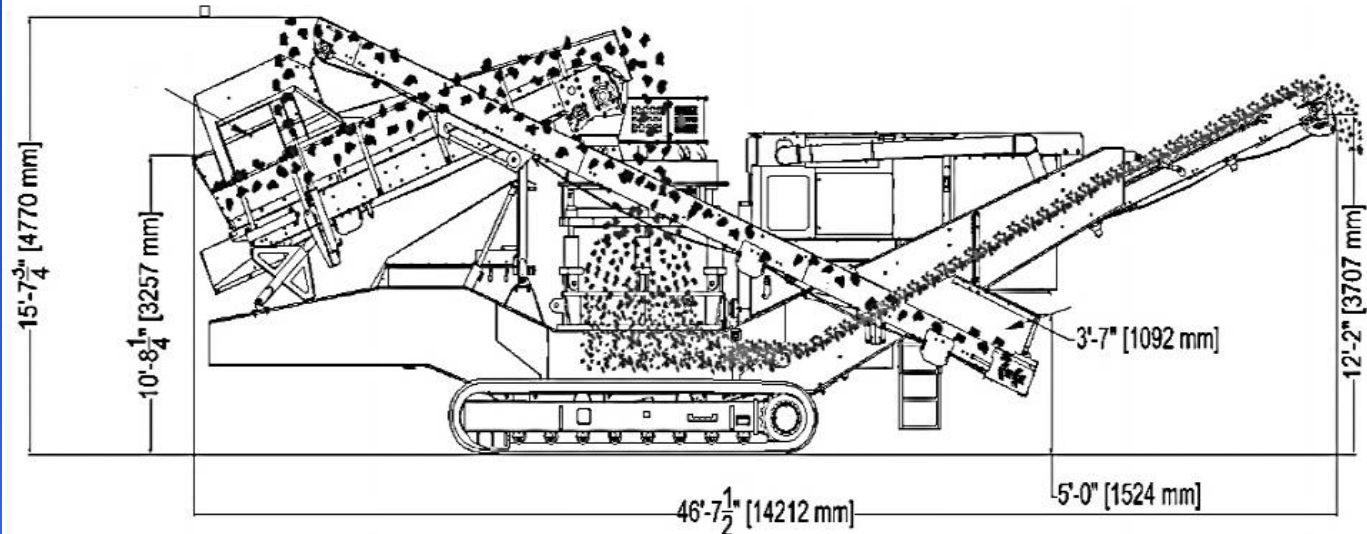


Рисунок 2 – Загальний вигляд комплексу FT300DF

Рисунок 3 – схема транспортування породи комплексу FT300DF



Аналіз схем стрічкових конвеєрів

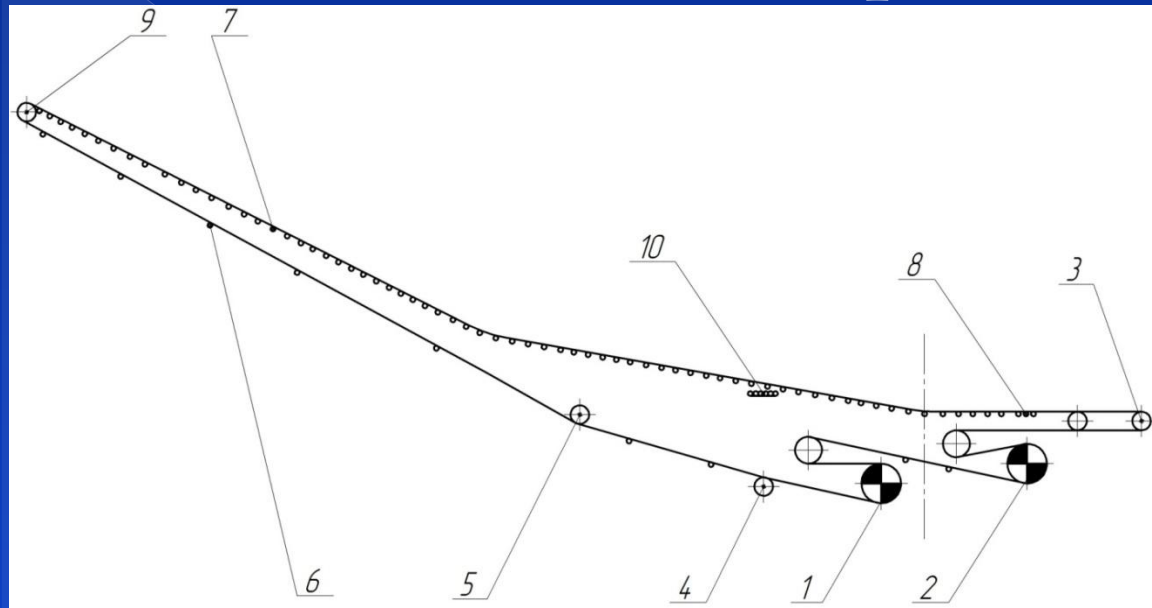


Рисунок 4 – Схема конвеєра відвальної консолі

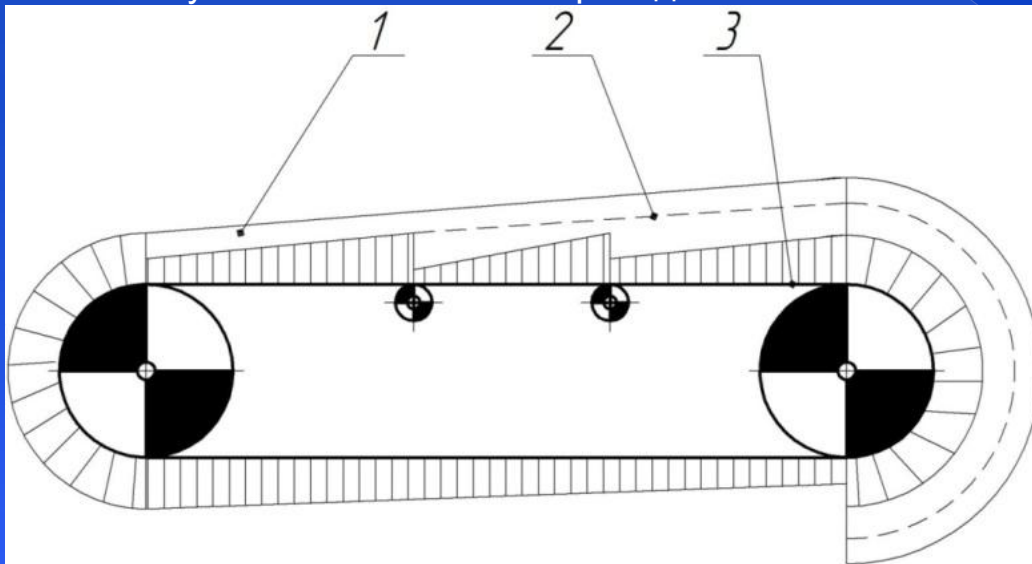


Рисунок 6 – Діаграма розподілу тягового зусилля в стрічці:
1 – з однобарабанним приводом; 2 – з двобарабанним приводом;
3 – з багатобарабанним приводом

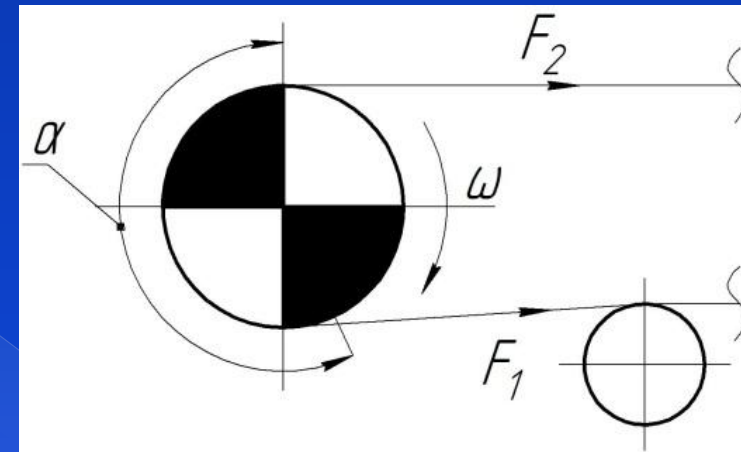


Рисунок 5 – Сили у вітках конвеєра на приводному барабані

Конструктивні схеми вмонтованих приводів

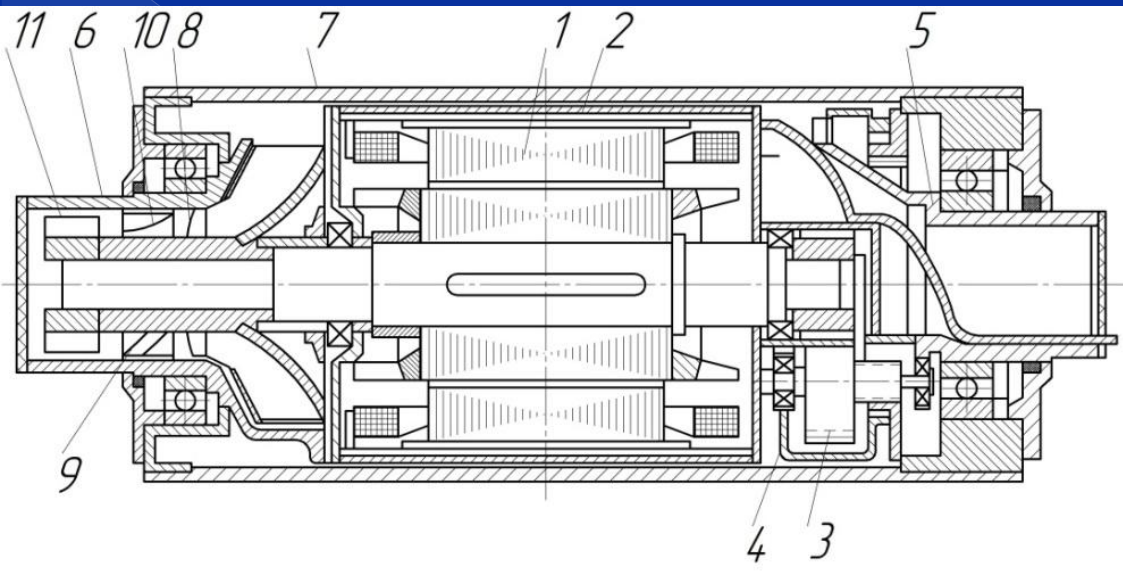


Рисунок 7 – Вмонтований електричний привід стрічкових конвеєрів

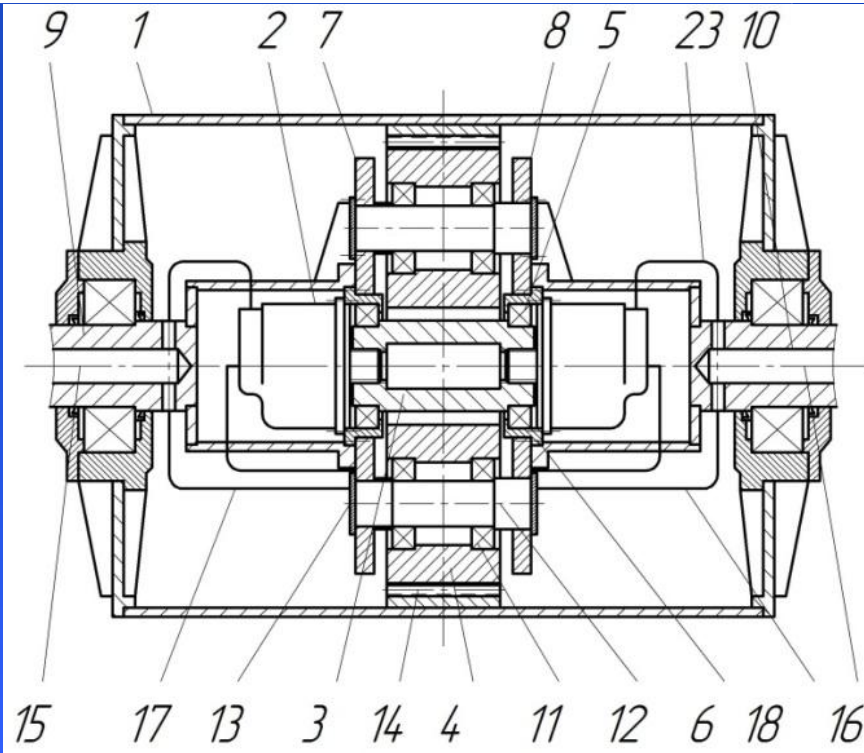


Рисунок 8 – Вмонтований гідравлічний привід стрічкових конвеєрів

Розрахункові схеми гідравлічного та електричного приводів

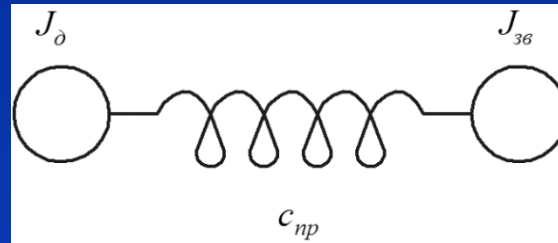
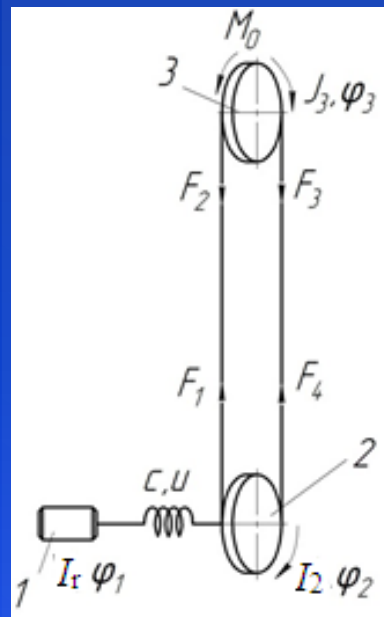
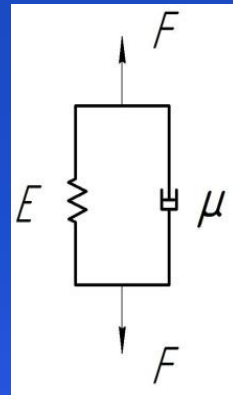


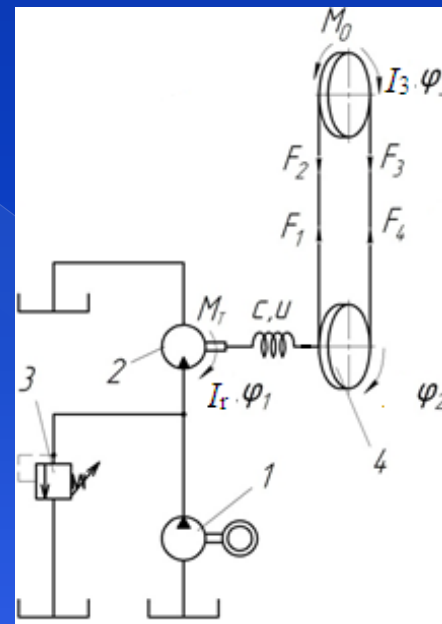
Рисунок 9 – Розрахункова схема механічної частини приводу



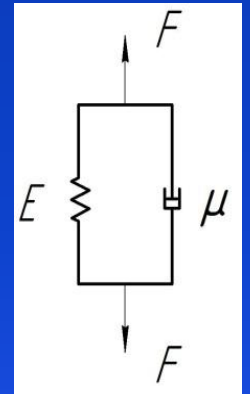
(a)



(б)



(a)

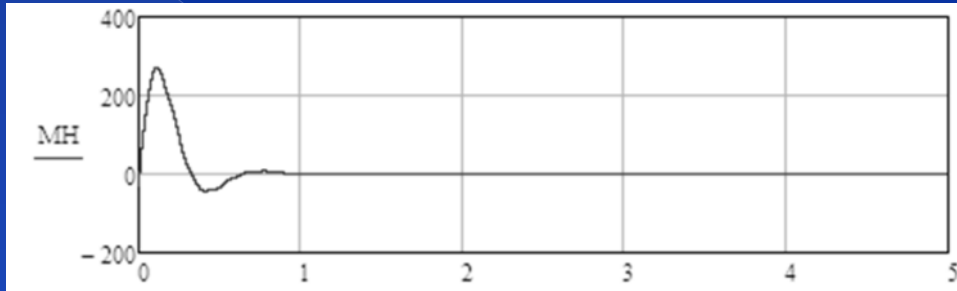


(б)

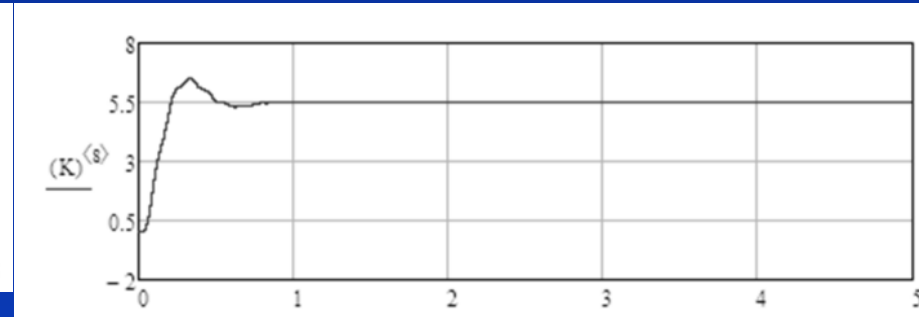
Рисунок 10 – Розрахункова схема електромеханічного приводу конвеєра (a) та розрахункова схема стрічки (б)

Рисунок 11 – Розрахункова схема гідравлічного вмонтованого приводу конвеєра (a) і модель ділянки стрічки (б)

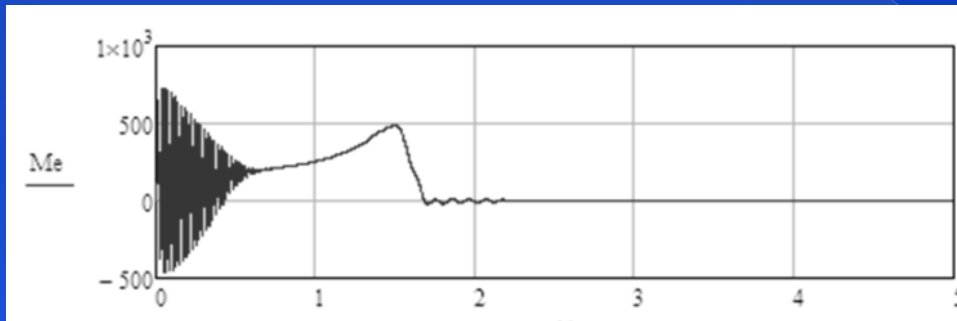
Порівняння динамічних характеристик приводів без навантаження



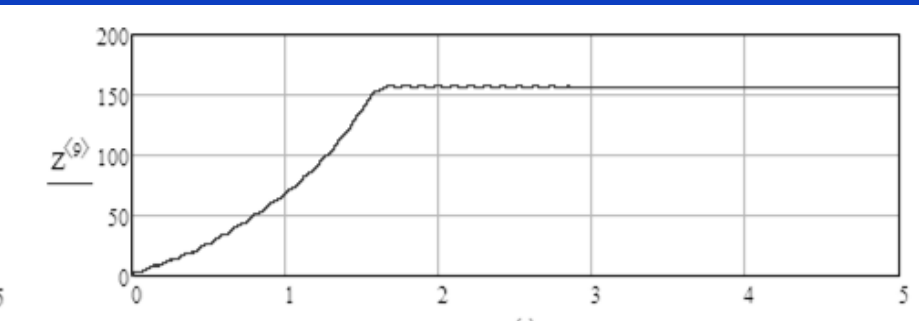
a



б



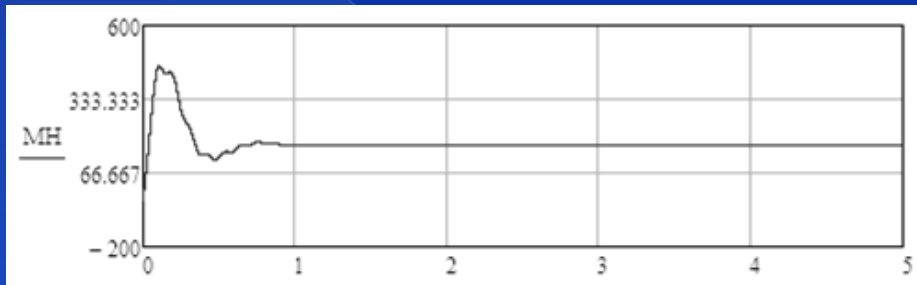
в



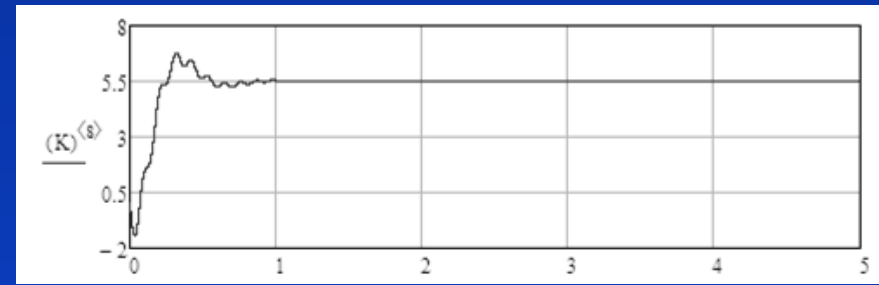
г

Рисунок 12 – Порівняльні характеристики динамічних властивостей гідравлічного (*a, б*) та електричного (*в, г*) вмонтованих приводів без навантаження

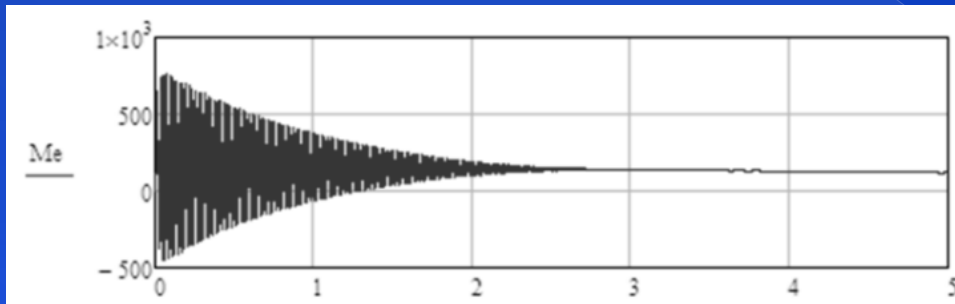
Порівняння динамічних характеристик приводів з навантаженням



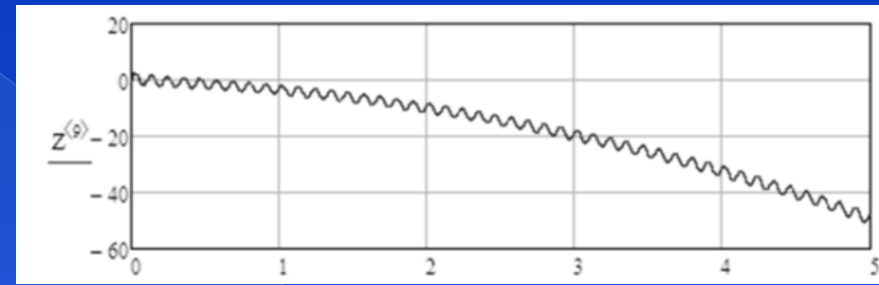
a



б



в



г

Рисунок 13 – Порівняльні характеристики динамічних властивостей гідравлічного (*a, б*) та електричного (*в, г*) вмонтованих приводів з навантаження

Розрахункова схема гідравлічного приводу

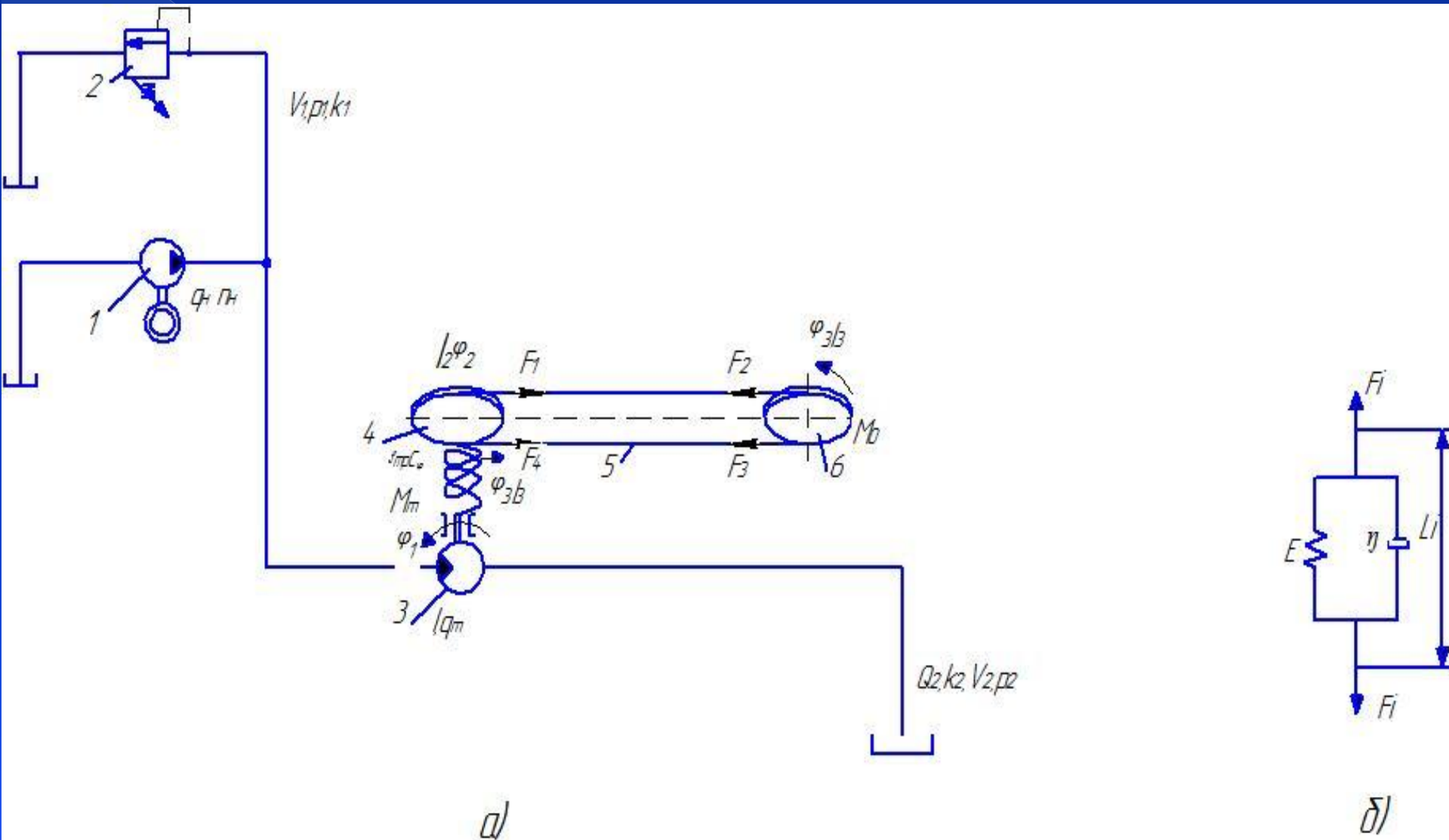


Рисунок 14 – Розрахункова схема гідравлічного приводу для дослідження нестационарних процесів (а) і модель ділянки стрічки (б)

Математична модель

Рівняння витрат робочої рідини в напірній гідромагістралі

$$q_i n_i - \sigma_i p_i - Q_d - k_1 V_1 \left(\frac{dp_i}{dt} \right) = 0, \quad (1)$$

зливний –

$$Q_d - k_2 V_2 \left(\frac{dp_i}{dt} \right) - \sigma_2 p_2 = Q_2. \quad (2)$$

Рівняння руху розрахункової ділянки 3-4

$$I_1 \left(\frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} \right) + \beta_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right) + c_{\varphi 1} (\varphi_1 - i\varphi_2) + c_{\varphi 1} f_{TP} (\varphi_1 - i\varphi_2) sgn \left[\frac{d(\varphi_1 - i\varphi_2)}{dt} \right] + M_{TI} - q_d (p_1 - p_2) = 0; \quad (3)$$

$$i c_{\varphi 1} (\varphi_1 - i\varphi_2) - I_2 \left(\frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} \right) - r_1 (F_1 - F_4) = 0. \quad (4)$$

Рівняння руху розрахункової ланки 6

$$r_2 (F_2 - F_3) - I_3 \left(\frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} \right) - M_0 = 0. \quad (5)$$

Зв'язок сили натягу та деформації стрічки, яка описується моделлю Фойхта, встановлено співвідношенням:

$$F_1 = A \left(E_C \varepsilon_1 + \eta E_A \frac{d\varepsilon_1}{dt} \right), \quad (6)$$

де

$$\varepsilon_1 = u_1 / l. \quad (7)$$

Деформація стрічки визначається через кутові переміщення ланок 6 і 8 і записується виразом

$$u_1 = (\varphi_2 - \varphi_3) r_1. \quad (8)$$

Для пружної нитки умова постійності довжини замкненого контуру має вигляд:

$$F_1 = F_2 = -F_3 = -F_4. \quad (9)$$

Момент опору M_0 визначається через силу опору рухові стрічки F_t :

$$M_0 = r_2 F_t. \quad (10)$$

Сила F_t залежить від коефіцієнта довжини конвеєра ξ , погонної густини віток конвеєра ρ , загального коефіцієнта опорів руху стрічки роликкооперами w , і визначається за виразом:

$$F_t = \xi \rho g \omega l \quad (11)$$

Загальний коефіцієнт опорів руху w визначається через його складові:

$$w = w_{дв} + w_{дс} + w_{ор} + w_{вр}, \quad (12)$$

де $w_{дв}$, $w_{дс}$, $w_{ор}$, $w_{вр}$ – коефіцієнти опору від деформацій вантажу, конвеєрної стрічки, обертання роликів роликкоопор, втискання роликів в конвеєрну стрічку, відповідно. Значення цих коефіцієнтів визначаємо за теоретичними та експериментальними залежностями, які наведені в науковій праці.

З врахуванням прийнятих припущень і співвідношень, математична модель гідравлічного вмонтованого приводу стрічкового конвеєра матиме такий вигляд:

$$q_i n_i - \sigma_i p_i - Q_d - k_1 V_1 \left(\frac{dp_i}{dt} \right) = 0; \quad (13)$$

$$\beta \left(\frac{d\varphi}{dt} \right) + c_{\varphi} (\varphi_1 - i\varphi_2) + c_{\varphi} f_{TP} (\varphi_1 - i\varphi_2) sgn \left[\frac{d(\varphi_1 - i\varphi_2)}{dt} \right] + M_{TI} - q_d p_1 = 0; \quad (14)$$

$$i c_{\varphi} (\varphi_1 - i\varphi_2) - I_2 \left(\frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} \right) - r_1 (F_1 - F_4) = 0; \quad (15)$$

$$r_2 (F_2 - F_3) - I_3 \left(\frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} \right) - M_0 = 0; \quad (16)$$

$$F_1 = \frac{A}{l} \left(E_C u_1 + \eta E_A \frac{du_1}{dt} \right), \quad (17)$$

$$\text{де } u_1 = (\varphi_2 - \varphi_3) r_1, \quad F_1 = F_2 = -F_3 = -F_4, \quad n_d = \left(\frac{d\varphi}{dt} \right).$$

Обґрунтування вибору типу передачі привода

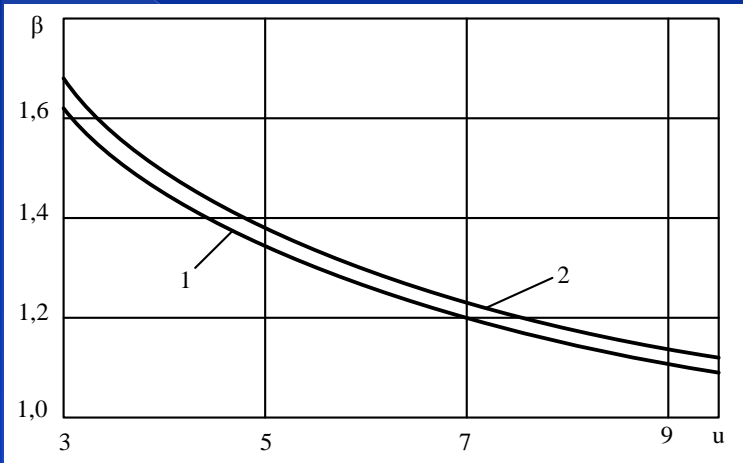


Рисунок 15 – Відношення габаритних розмірів одноступінчатої рядової і планетарної типу 1 передач однакової несівної здатності в залежності від передавального числа: 1– при коефіцієнті нерівномірності навантаження $K_{H1}=1,5$; 2 – при $K_{H1}=1,35$.

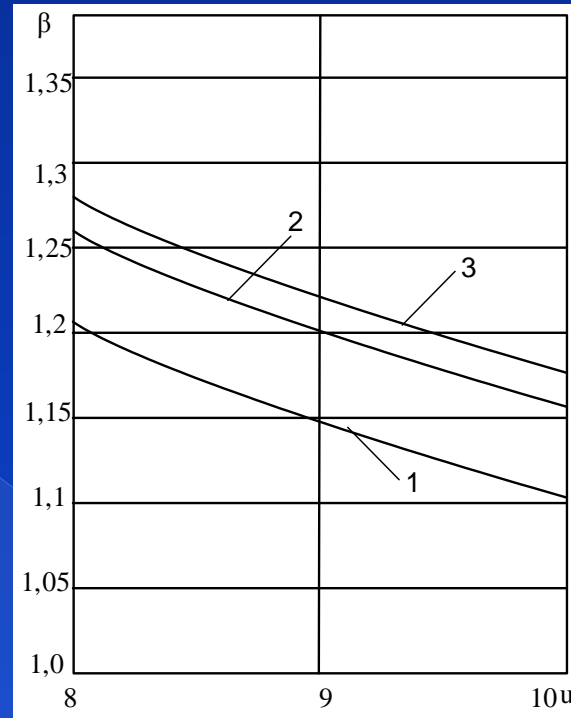


Рисунок 16 – Відношення габаритних розмірів циліндричної одноступінчатої та черв'ячної передач (1– при матеріалі черв'яка – чавун; 2 – олов'яниста бронза; 3 – безолов'яниста бронза) однакової несівної здатності в залежності від передавального відношення.

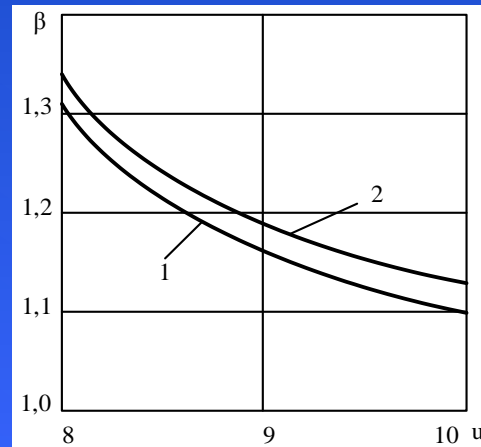


Рисунок 17 – Відношення габаритних розмірів цівкової і планетарної типу 1 передач однакової несівної здатності в залежності від передавального числа: 1 – при коефіцієнті нерівномірності навантаження $K_{H1}=1,5$; 2 – при $K_{H1}=1,35$.

Будова хвильової зубчастої передачі

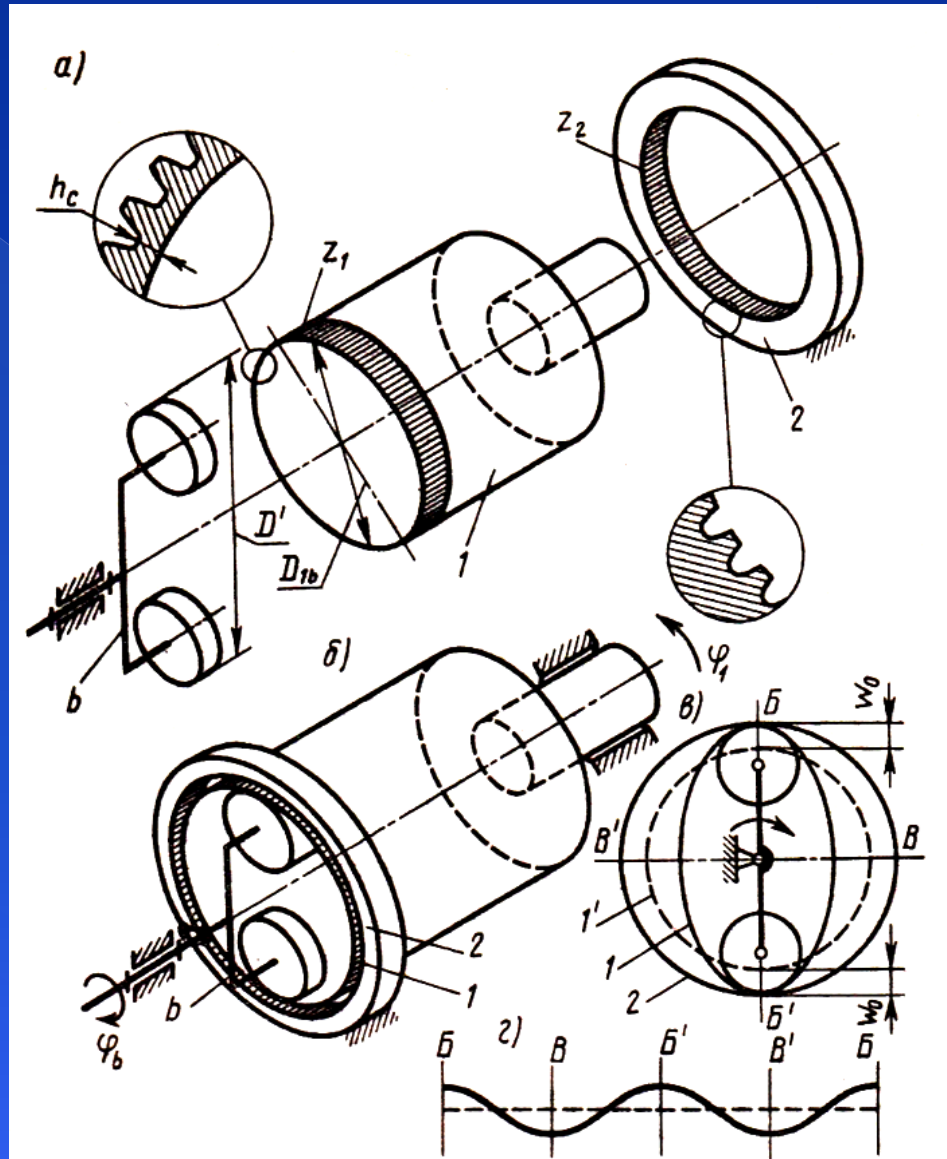


Рисунок 18 – Будова хвильової зубчастої передачі: *b*– генератор хвиль; 1 – гнучке колесо – тонкостінна циліндрична оболонка, на лівому торці з нарізаним зубчастим вінцем із числом зубців z_1 , 2– жорстке нерухоме колесо з числом зубців z_2 .

Будова хвильової зубчастої передачі (продовження)

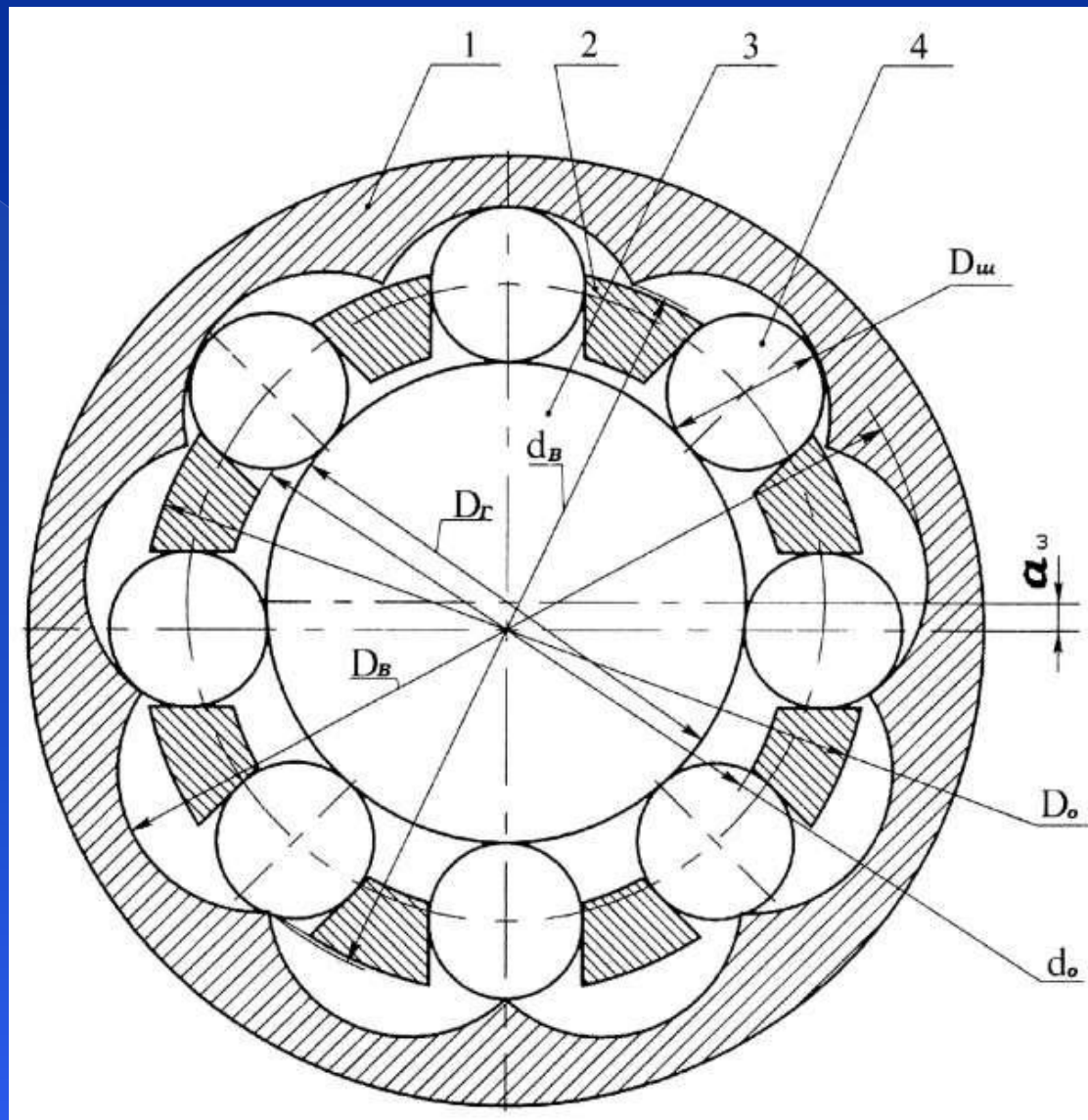


Рисунок 19 – Хвильова передача з проміжними тілами кочення: D_k – діаметр кульки; D_B – діаметр впадин зубчастого вінця; d_B – діаметр виступів зубчастого вінця; D_o – зовнішній діаметр обойми; d_o – внутрішній діаметр обойми; D_r – діаметр генератора; a_w – ексцентриситет генератора.

Конструктивна схема приводу

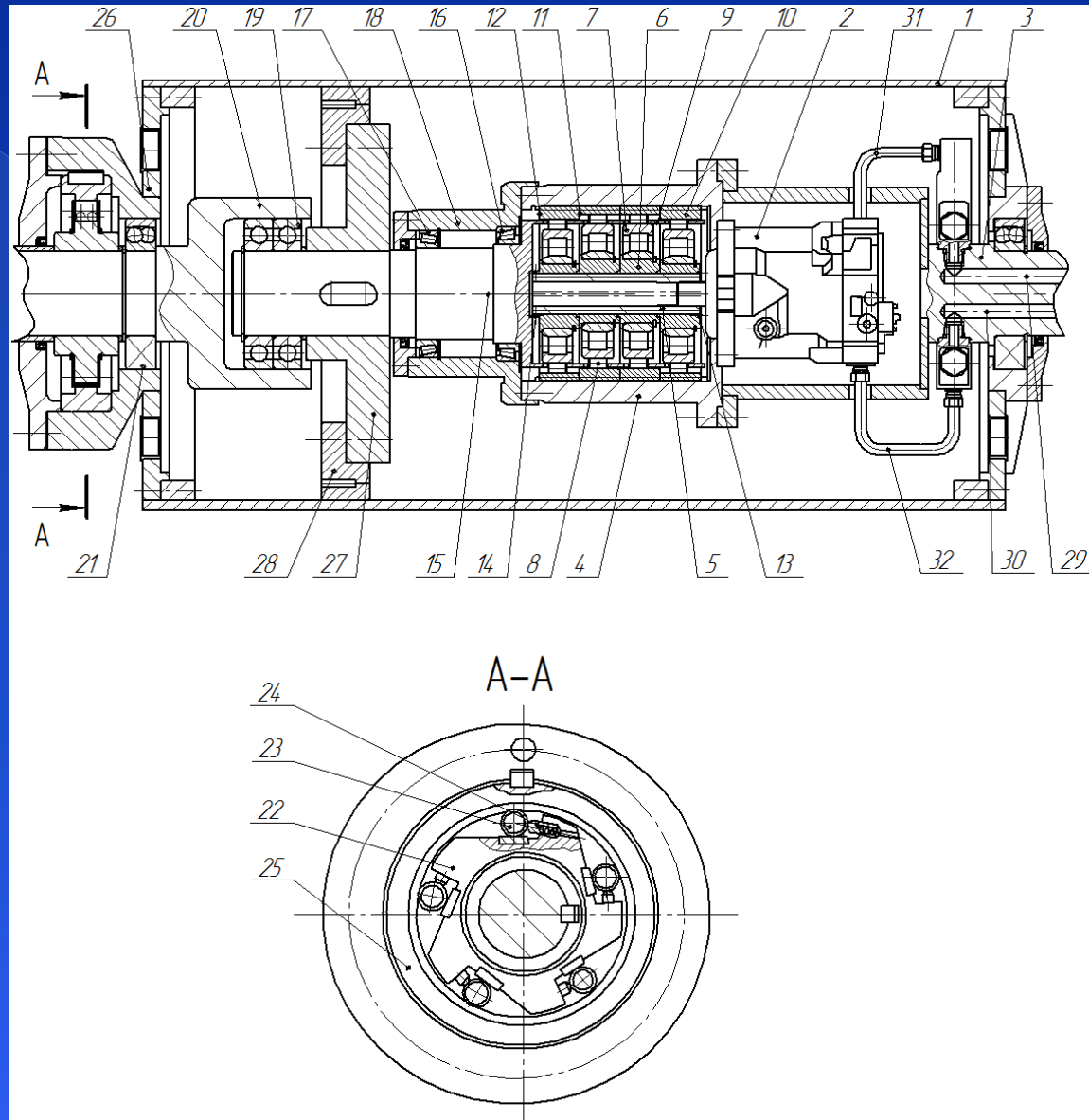
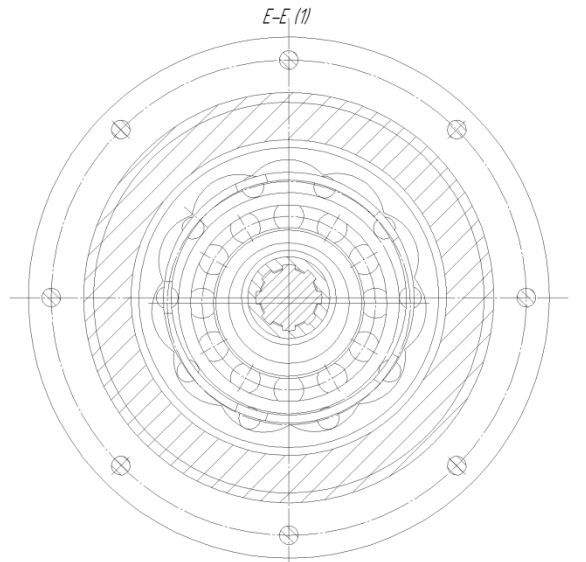


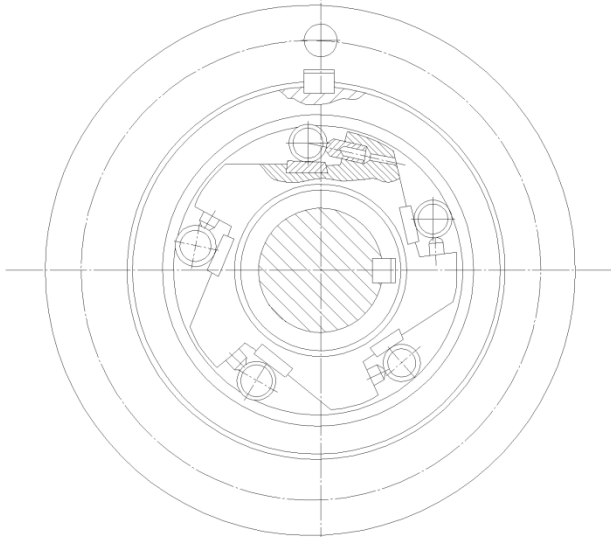
Рисунок 20 – Конструкція вмонтованого гідравлічного приводу для головного конвеєра технологічної лінії подрібнення щєбеню

Вмонтований гідравлічний привід стрічкового конвеєра (продовження)

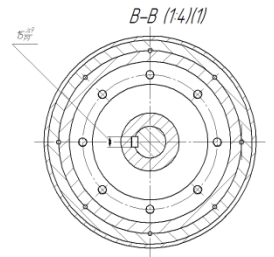
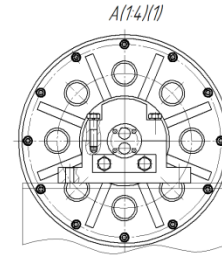


08-27/МКР.006.01000 СК

Б-Б(1)

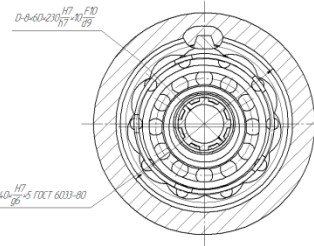


08-27/МКР.006.01000 СК

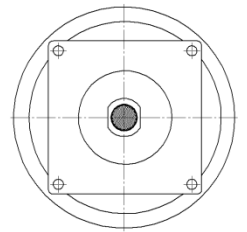


08-27/МКР.006.01000 СК

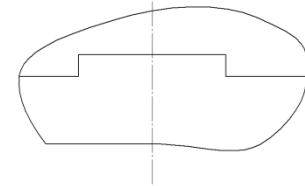
Г-Г Д-Д (1)



Ж-Ж(14) (1)



Б (5) (1)



08-27/МКР.006.01000 СК

08-27/МКР.006.01000 СК

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз мобільних машин з стріловими конструкціями й улаштованих на них стрічкових конвеєрів показав, що більшість з конвеєрів оснащуються роздільним електроприводом, який складається з великої кількості складальних одиниць, має великі габарити, до того ж потребує монтажну зону під привод на кінцях стріли.

2. Проаналізовано методи дослідження динамічних характеристик стрічкових конвеєрів та встановлено, що підвищенню точності динамічних розрахунків нестационарних процесів в механічних системах сприяє сумісний розгляд рівнянь руху вихідної ланки і нелінійних рівнянь динамічного стану приводу.

3. Проаналізовано діаграму розподілу тягового зусилля в стрічці і встановлено переваги розміщення приводу в кінці стріли у розвантажувальній частині транспортера. Аналіз типів приводів конвеєрів показав ефективність використання вмонтованих приводів для вирішення проблем зменшення габаритів та застосування схем раціонального розміщення приводів в конвеєрах.

4. Проведено порівняльний аналіз результатів дослідження перехідних процесів зміни моментів та частот обертання під час пуску електро- та гідроприводів. Показано, що коефіцієнт динамічності для гідроприводу становить $K_D = 2,8$, а для електроприводу – $K_D = 5$. Тривалість перехідного процесу встановлення стабільної швидкості руху в приводі з електродвигуном в 3,5 разів перевищує цей параметр у приводі з гідромотором. Для зниження динамічних навантажень в стрічковому конвеєрі мобільної машини перевагу слід надати гідравлічному приводу, який має кращі динамічні властивості ніж електромеханічний.

5. Удосконалено математичну модель на основі рівнянь руху рухомих частин конвеєра та нерозривності потоку робочої рідини в гідросистемі. Запропонована математична модель дозволяє виконувати розрахунки та дослідження нестационарних процесів в гідравлічному приводі стрічкового конвеєра.

6. Обґрунтовано вибір механічної передачі для передавального механізму розроблюваного гідравлічного вмонтованого приводу, який забезпечує високу компактність, питому потужність за заданого значення передатного відношення. Проведено розрахунки ланок передавального механізму, виконаного у вигляді хвильової передачі з проміжними тілами кочення, а також профілювання зубів жорсткого колеса цієї передачі.

7. Виконано проектні розрахунки та розрахунки на міцність ланок механічної частини приводу, які дали можливість спроектувати оригінальну конструкцію вмонтованого гідравлічного приводу для головного конвеєра технологічної лінії подрібнення щебеню.

7. Визначено економічні показники розробки, які підтверджують доцільність впровадження у виробництво розробленої конструкції вмонтованого приводу з покращеними динамічними властивостями.

8. Розроблено комплекс заходів щодо забезпечення охорони праці під час експлуатації розробленого обладнання гідравлічного приводу.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!