

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ЗАГАЛЬНОПРОМИСЛОВИХ МЕХАНІЗМІВ
КУРСОВА РОБОТА**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою
програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та
електромобільність»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2020

Електромеханічні системи автоматизації загальнопромислових механізмів. Курсова робота [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" за освітньою програмою "Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність"/ КПІ ім. Сікорського; Уклад. М.В. Печеник, С.О. Бур'ян, Г.Ю. Землянухіна, – Електронні текстові данні (1 файл: Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 72 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 4 від 10.12.2020 р.)
за поданням Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики
(протокол №10 від 29.06.2020 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ЗАГАЛЬНОПРОМИСЛОВИХ МЕХАНІЗМІВ
КУРСОВА РОБОТА**

Укладачі: *Печеник Микола Валентинович*, канд. техн. наук, проф.
Бур'ян Сергій Олександрович, канд. техн. наук, доц.
Землянухіна Ганна Юріївна, асистент

Відповідальний редактор *Красношанка Н.Д.* канд. техн. наук, доц.

Рецензент: *Островерхов М.Я.* д-р. техн. наук, проф., зав. каф. теоретичної електротехніки КПІ ім. Ігоря Сікорського

Навчальний посібник включає методичні матеріали щодо виконання та оформлення курсової роботи з дисципліни «Електромеханічні системи автоматизації загальнопромислових механізмів» для освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» денної форми навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Розглядаються питання особливості розрахунку основних типових загальнопромислових механізмів та методичних вказівок щодо оформлення певних розділів курсової роботи.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	5
2. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	6
2.1. Електропривод ліфтових підйомних установок	6
2.2. Особливості розрахунку елементів електромеханічних схем шахтних підйомних установок	16
2.3. Електропривод механізмів пересування підйомних кранів	22
2.4. Автоматизований електропривод стрічкових конвеєрів	29
2.5. Електропривод підвісного ланцюгового конвеєра.....	35
2.6. Автоматизований електропривод турбомеханізмів	37
3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗДІЛІВ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	43
3.1. Реферат	43
3.2. Вступ	43
3.3. Коротка характеристика технологічного процесу, установки.....	43
3.4. Вимоги до автоматизованого електроприводу. Обґрунтування і вибір системи привода.....	43
3.5. Вибір елементів системи автоматизованого електропривода механізму	45
3.6. Розробка схеми автоматизованого електроприводу механізму, вибір її елементів	50
3.7. Розробка схеми електричної з'єднань	51
3.8. Висновок по роботі	52
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	55

ВСТУП

Дисципліна "Електромеханічні системи автоматизації загальнопромислових механізмів" – одна з основних у процесі підготовки інженерних кадрів за фахом "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод".

Мета цієї розробки – надання методичної допомоги студентам в виконанні курсової роботи, що дозволяє закріпити теоретичні знання, набути навичок їх практичного застосування, освоїти методики розрахунку, аналізу і проектування електроприводів загальнопромислового призначення, отримати досвід користування технічною літературою, каталогами, довідниками, ГОСТами.

Дані методичні вказівки містять короткі теоретичні положення по ряду класів механізмів, рекомендації з вибору електродвигунів і систем електроприводів, розробці схем управління.

1. ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота представляється для захисту у вигляді пояснювальної записки, оформленої відповідно до вимог КСКД. Креслення і малюнки наводяться в записці.

У пояснювальній записці повинні міститися такі розділи.

Реферат.

Вступ.

1.1. Коротка характеристика технологічного процесу (установки).

1.2. Вимоги до автоматизованого електроприводу. Обґрунтування і вибір системи приводу.

1.3. Вибір елементів силової частини системи автоматизованого електропривода механізму.

1.4. Розробка схеми автоматизованого електроприводу механізму, вибір елементів.

1.5. Розробка схеми електричних з'єднань для даної системи управління

Висновок по роботі.

Література.

Додаток.

Загальний обсяг курсової роботи становить 25-30 аркушів формату А4 включаючи креслення і малюнки.

У разі потреби керівником можуть уточнюватися як перелік робіт, які підлягають виконанню, так і окремі розділи програми.

2. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

2.1. Електропривод ліфтових підйомних установок

Загальні відомості про ліфтові підйомні установки. Ліфтові підйомні установки (ЛПУ) призначені для транспортування людей і різних вантажів у вертикальному напрямку в житлових, адміністративних, лікарняних та інших будівлях.

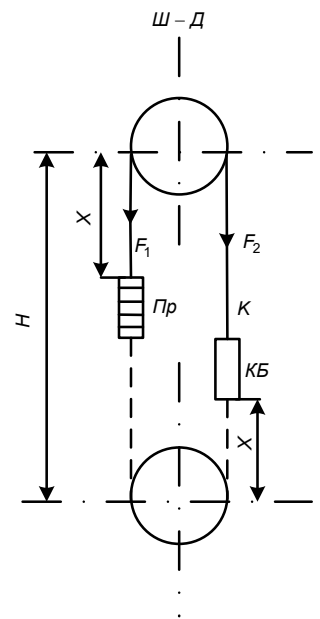
ЛПУ розрізняють за цілою низкою ознак: за видом технологічної схеми (з врівноважуючим підйомним канатом і без нього; з верхнім і нижнім розташуванням електроприводу); по швидкості переміщення кабіни (тихохідні – зі швидкістю до 0,5 м / с, швидкохідні - 0,5 ... 1,0 м / с; швидкісні - 1 ... 2,5 м / с; високошвидкісні - понад 2,5 м / с).

По виду електроприводного двигуна розрізняють установки з асинхронними двигунами та двигунами постійного струму.

Основними елементами технологічної схеми ЛПУ (рис. 2.1) з верхнім розташуванням електроприводу без врівноважуючого каната є: Ш-Д - шків-двигун; П - противага; КБ - кабіна; К - канат; Н - висота підйому; Х - поточне значення шляху, пройденого кабіною. Пунктиром показаний врівноважуючий канат.

Основні вимоги, до автоматизованого електроприводу:

- забезпечення розрахункової продуктивності ЛПУ;
- надійність і високі техніко-економічні показники;
- точність зупинки кабіни, відповідна вимогам правил безпеки (технічної експлуатації). Допустима похибка $\pm(35...50)$ мм для пасажирських і вантажо



пасажирських вільно завантажуваних ліфтів для ЛПУ;

- мінімально можлива тривалість періодів розгону і сповільнення при дотриманні існуючих обмежень по величині прискорення і уповільнення, складових $\alpha_{\max} \leq 2 \text{ м / с}^2$ для всіх ЛПУ, крім лікарняних ліфтів, $\alpha_{\max} \leq 1,0 \text{ м / с}^2$. (Допустиме $\alpha_{\max}$ при аварійному уповільненні $< 3 \text{ м / с}^2$);
- можливість реверсу електропривода;
- мінімальна тривалість перехідних режимів, що дають великі втрати енергії внаслідок частоти їх виникнення.

Основні системи електроприводу. При асинхронному електродвигуні привід на основі двигуна з короткозамкненим ротором застосовується на тихохідних ЛПУ. Якщо електрична мережа має малу потужність, то може застосовуватися двигун з фазним ротором, який має менший пусковий струм.

На швидкохідних ЛПУ часто застосовують багатошвидкісні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором.

На швидкісних і високошвидкісних ЛПУ зазвичай встановлюють електроприводи з двигунами постійного струму по системі тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д). В практиці відомо застосування також систем приводу генератор - двигун (Г-Д), (ПЧ-АД) та ін.

На швидкісних і високошвидкісних ліфтових установках застосовується також безредукторний електропривод на основі тихохідних, багатопільних машин постійного струму, що дозволяє отримати більш високий ККД за рахунок усунення втрат в редукторі і зменшення витрати енергії в перехідних режимах. При такій системі електроприводу різко зростають габаритні розміри, вага і вартість двигуна. Остаточне рішення про систему електроприводу приймається на підставі ретельного порівняння найбільш можливих варіантів.

Розрахунок потужності і вибір типу електродвигуна. Для розрахунку потужності приводного двигуна ЛПУ, працюючого в повторно

короткочасному режимі зі змінним навантаженням, необхідно попередньо побудувати графік зміни швидкості установки в межах робочого циклу (тахограми) і діаграму рушійних зусиль (моментів).

Побудова тахограми ЛПУ. В якості вихідної зазвичай застосовується трьохперіодна тахограма руху (рис. 2.2). Для підвищення точності позиціонування перед остаточною зупинкою кабіни іноді вводиться період руху із зниженою швидкістю (період дотягування). Цей випадок тахограми показаний на рис. 2.3.

На рис. 2.2 прийняті наступні позначення:

$G' > G''$ – величина завантаження підйомного сосуду;

t_1 – період пуску;

t_2 – час руху (кабіни з максимальною швидкістю);

t_3 – період зупинки.

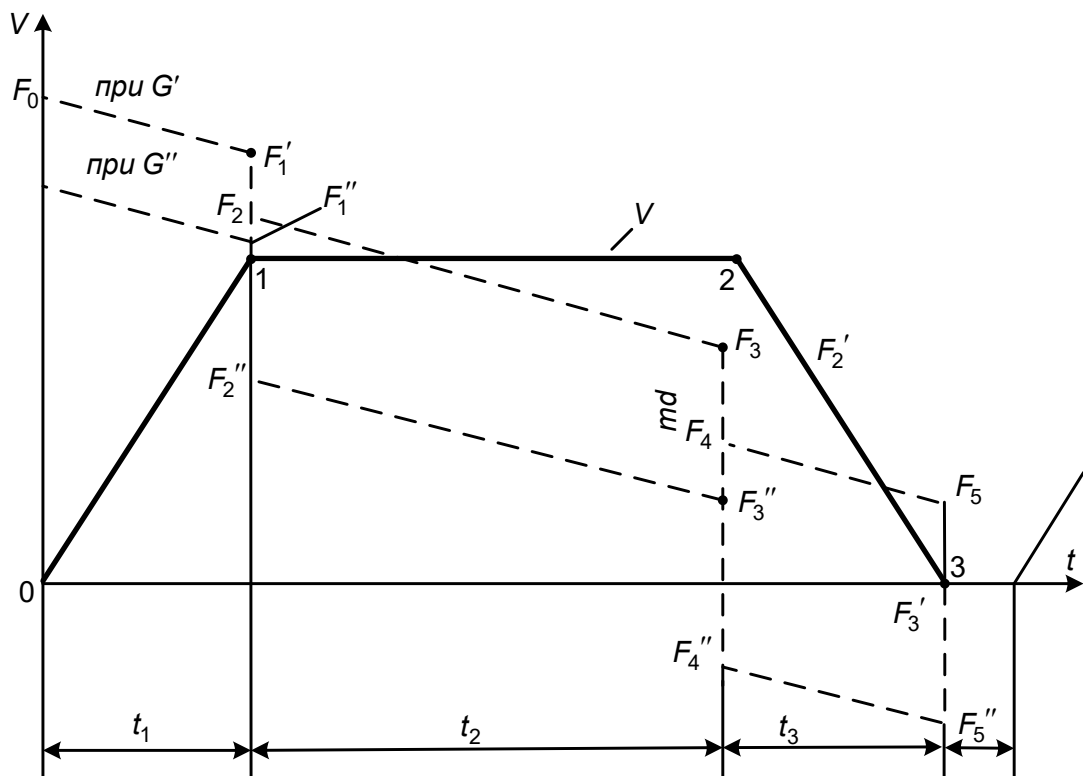


Рис. 2.2 – Трьохперіодна діаграма швидкості та діаграма зусиль

На рис. 3 прийняті наступні позначення: t_1 - період розгону; t_2 - рівномірного ходу; t_3 - сповільнення; t_4 - дотягування; t_5 - стопоріння; t_n - тривалість паузи; $t_{\max}$ - максимальна (номінальна) розрахункова швидкість руху кабіни.

Вид вихідної тахограми може бути заданий заздалегідь або прийнятий при проектуванні з наступним уточненням у разі потреби.

Розглянемо методику розрахунку трьохперіодної тахограми.

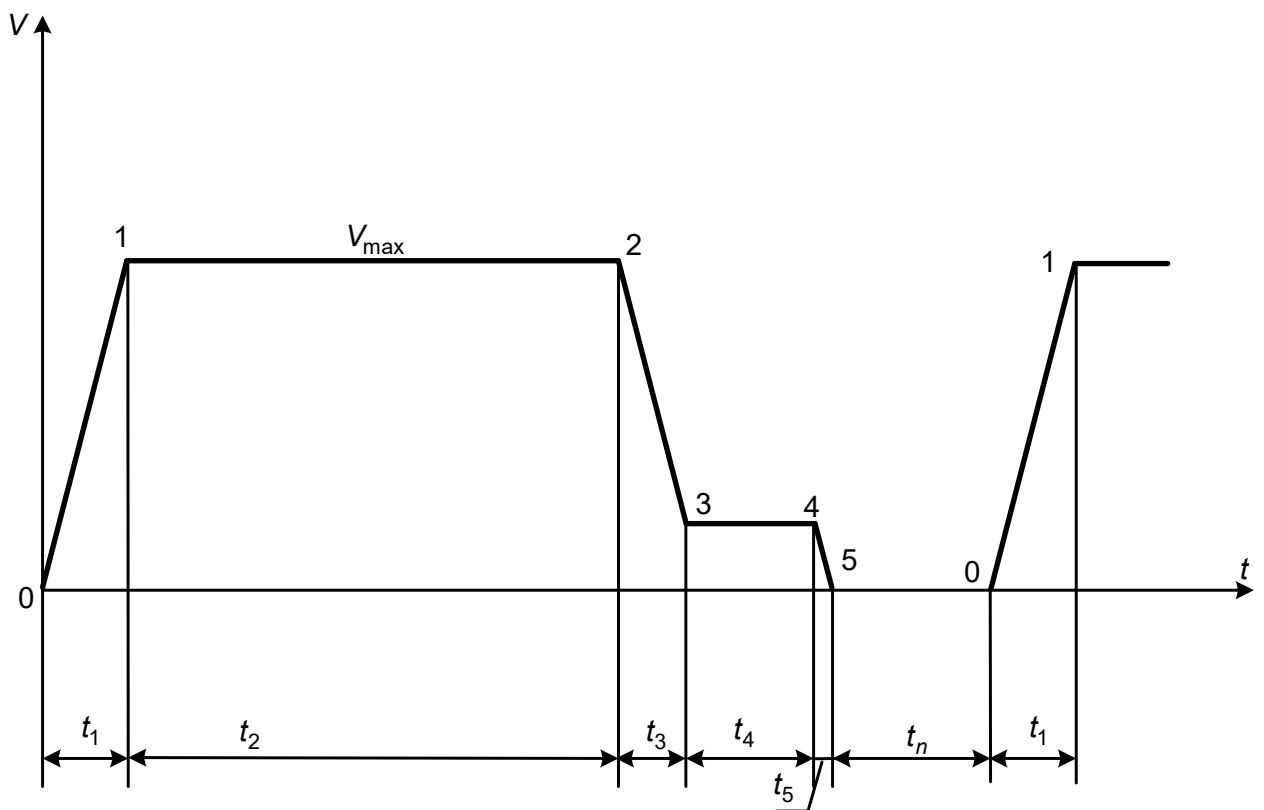


Рис. 2.3 – П'ятиперіодна діаграма швидкості

В якості вихідної тахограми при розрахунку є формула годинної продуктивності ЛПУ (зазвичай - кількість пасажирів, перевезених за 1 год).

$$A_2 = \frac{3600\gamma E}{2H / V + t_n}, \quad (1)$$

де γ - коефіцієнт завантаження кабіни, що приймається зазвичай 0,6 ... 0,8; E - номінальна місткість кабіни (кількість пасажирів без урахування ліфтера або вага вантажу, що перевозиться); H - висота підйому, м; V - швидкість руху кабіни, м / с; t_n - тривалість паузи, протягом якої входять і виходять пасажирів, с. При автоматичному відкриванні дверей кабіни приймається t_n - 6 ... 8 с.

При проектуванні ЛПУ і визначенні її тахограми можливі різні варіанти постановки задачі.

Задана величина A_r , вибираючи певний тип (вантажопідйомність) кабіни (серійно випускаються кабіни вантажопідйомністю 320, 500, 1000 кг), потрібно визначити номінальну швидкість руху та елементи тахограми.

Задається тип ліфтової установки. Так, як при цьому будуть відомі технологічні параметри кабіни, швидкість руху, то, виходячи з конкретних умов, потрібно при заданій величині H визначити A_r (при проектуванні рекомендують приймати швидкість руху кабіни 0,71; 1; 1,4; 2,0; 4,0 м / с.)

Здається час, за який потрібно підняти певну кількість пасажирів на необхідну висоту (наприклад, зміну робітників у виробничому приміщенні). У цьому випадку визначається необхідна місткість кабіни і швидкість руху.

При розрахунку ЛПУ слід мати на увазі, що шлях розгону не повинен перевищувати половини міжповерхової відстані. Тому при швидкостях $V \geq 1,5$ м / с проєктують ліфти з так званими експресивними зонами, передбачаючи зупинку на парних або непарних поверхах.

Методику розрахунку тахограми розглянемо, виходячи із заданої величини A_r і прийнятої вантажопідйомності кабіни (кількості пасажирів).

Параметри розраховують в такій послідовності.

Кількість підйомних операцій в 1 годину:

$$K_{\phi} = \frac{A_r}{Q_{\Pi}}, \quad (2)$$

де Q_{II} - кількість вантажу, який підіймається за 1 раз.

Тривалість одного підйомного циклу, включаючи тривалість паузи, с,

$$T_{PII} = \frac{3600}{K_{\phi}}, \quad (3)$$

Чистий час роботи ЛПУ за I цикл підйому, с,

$$T_P = T_{PII} - \tau_{II}, \quad (4)$$

Середня швидкість руху ЛПУ за час циклу, м / с,

$$V_{CP} = \frac{H}{T_P}, \quad (5)$$

Максимальна (номінальна) швидкість руху під час рівномірного ходу, м / с,

$$V_{\max} = \alpha V_{CP}, \quad (6)$$

де $\alpha = 1 \dots 2$. Зазвичай в розрахунках приймається $\alpha_{CP} = 1,5$.

В процесі розрахунку величина $\alpha_{сеп}$ уточнюється.

Тривалість розгону і уповільнення, с,

$$t_1 = t_3 = \frac{V_{\max}}{\alpha}, \quad (7)$$

де α - прийняте прискорення (сповільнення), $\alpha \leq \alpha_{\max} = 2 \text{ м} / \text{с}^2$; (для лікарняних ліфтів $\alpha_{\max} = 1,0 \text{ м} / \text{с}^2$);).

Час рівномірного ходу, с, $t_2 = T_P - t_1 - t_3$.

Побудова діаграми рушійних зусиль (моментів). Рівняння динаміки ЛПУ має вид:

$$F_{дин} = F_{ов} - F_{ст}, \quad (8)$$

де $F_{дин} = ma$ - динамічне зусилля, Н; m - маса всіх рухомих частин установки, приведена до валу електродвигуна. При розгоні $\alpha > 0$, при сповільненні $\alpha < 0$; $F_{ст}$ - статичне зусилля, обумовлене навантажувальною діаграмою установки.

Рівняння динаміки може бути записане через відповідні значення моментів (так як $M = \frac{FD}{2} [H \cdot m]$, де D - діаметр барабана (шківа) підйомної лебідки, м)

$$M_{дин} = J_{\Sigma} \alpha, \quad (9)$$

де J_{Σ} - приведений момент інерції.

При робочих швидкостях лебідки менших 2,0 м / с, приведений момент інерції $J_{\Sigma} = (1,2 \dots 1,6) J$ двигуна.

У ЛПУ з швидкохідними лебідками при $V = 2,5 \dots 4,0$ м / с і вище $J_{\Sigma} \cong (1,2 \dots 1,4) J$ двигуна.

Керуючись цими даними при розрахунку діаграми рушійних зусиль (моментів) за наведеними значеннями маси (моменту інерції) елементів ЛПУ, можна попередньо, до вибору типу двигуна і точного визначення його моменту інерції, визначити загальний приведений момент інерції і динамічну складову у виразах $F_{\partial в} (M_{\partial в})$, а після вибору конкретного типу двигуна уточнити розрахунок необхідної потужності двигуна.

Рушійне зусилля і момент у цьому випадку:

$$F_{\partial в} = F_{дин} + F_{ст}; \quad (10)$$

$$M_{\partial в} = M_{дин} + M_{ст}, \quad (11)$$

де $M_{ст} = \frac{F_{ст} D}{2}$ - статичний момент.

Величина $F_{\partial в}$ (або $M_{\partial в}$) змінюється під час циклу. Тому важливо встановити цю залежність на підставі рівняння статичних зусиль.

Рівняння статичних зусиль ЛПУ при лінійному переміщенні канату для випадку підйому вантажу

$$F_{ст} = G - \alpha G_H + (H - 2x) q_K. \quad (12)$$

При спуску вантажу

$$F_{ст} = G - \alpha G_H + (2x - H) q_K, \quad (13)$$

де G - фактична вага вантажу, Н; α - коефіцієнт зрівноваження підйомної системи, зазвичай $\alpha = 0,4 \dots 0,6$; G_H - номінальна вага вантажу, Н; x - шлях, пройдений кабіною після початку руху, м; q_K - вага 1 м погонної довжини каната, кг.

Формули (11) і (12) не враховують опір в направляючих за рахунок тертя $F_{тр}$. При уточнених розрахунках ця величина може бути врахована.

Рушійне зусилля на канаті згідно (9) повинно враховувати динамічну складову, і в разі підйому вантажу

$$F_{дв} = G - \alpha G_H + (H - 2x)q_K + ma, \quad (14)$$

де $+ma$ – при русі кабіни з прискоренням, $-ma$ – при русі кабіни з сповільненням.

Аналогічно можна отримати вираз $F_{дв}$ при спуску вантажу.

Для побудови діаграми рушійних зусиль (моментів) необхідно визначити їх значення в характерних точках шляху, пов'язавши з відповідними точками тахограм. У разі трьохперіодної тахограми (див. рис. 2.2) такими точками є: точка початку шляху - 0; завершення розгону – 1; початку рівномірного ходу - 2; завершення підйомного циклу - точка 3.

Позначимо шлях пройдений кабіною і відповідно зазначимо точки тахограми - x_1, x_2, x_3 .

Так як $H = x_1 + x_2 + x_3$. то, визначивши шлях x_1 , пройдений кабіною на ділянках розгону і при сповільненні x_3 , м,

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{V_{\max} t_1}{2}, \\ x_3 &= \frac{V_{\max} t_3}{2} = \frac{a_3 t_3^2}{2}. \end{aligned} \quad (15)$$

Пройдений кабіною при рівномірному ході $x_2 = H - (x_1 + x_3)$, після чого можна визначити поточне значення шляху x , яке необхідно підставити у

формулу рушійного зусилля для отримання необхідних значень зусиль в характерних точках тахограми.

На наступному етапі відбувається розрахунок і побудова діаграми зусилля, загальний вид приведений на рис. 2. 2.

F_0 визначається при $x = 0$; F_1 - при $x = x_1$; F_2 - при $x = x_1 + x_2$; F_3 - при $x = H$.

Розрахунок потужності електродвигуна. Потужність приводного двигуна визначається на основі значення навантажуючого зусилля при переміщенні кабіни. Так, для трьохперіодної діаграми руху ЛПУ,

$$F_{екв} = \sqrt{\frac{F_1^2 t_1 + F_2^2 t_2 + F_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}, \quad (16)$$

де F_1, F_2, F_3 - середні значення зусиль на відповідних ділянках діаграми. Для

$$\text{ділянки } t_1 \text{ (див. рис. 2.2)} \quad F_1 = \frac{F_0 + F_1}{2}, \quad F_2 = \frac{F_2 + F_3}{2}, \quad F_3 = \frac{F_4 + F_5}{2}$$

Знаючи $F_{екв}$, можна визначити еквівалентне значення моменту на ободі шківу або барабану,

$$M_{екв} = F_{екв} \frac{D}{2}, \quad (17)$$

де D - діаметр барабана (шків) лебідки.

Для визначення потужності двигуна необхідно привести величину $M_{екв}$ на шківі до моменту на валу двигуна:

$$M_{екв.дв} = \frac{M_{екв}}{i_p}, \quad (18)$$

де i_p - передаточне відношення редуктора.

Еквівалентна розрахункова потужність двигуна визначається по формулі, кВт,

$$P_{екв} = M_{екв.дв} \omega_{дв}, \quad (19)$$

де $\omega_{дв}$ - необхідна кутова частота обертання ротора двигуна, рад / с,

$$\omega_{\partial\theta} = \frac{2V_{\max}i_p}{D}. \quad (20)$$

На основі лінійної швидкості $V_{\max}$, із врахуванням діаметру барабану або шківу, тертя визначається швидкістю обертання тихохідного валу ω_1 .

Необхідна потужність електродвигуна визначається як:

$$P_{\text{екв}} = \frac{F_{\text{екв}} V_{\max}}{\eta_{\max}}, \quad (21)$$

або

$$P_{\text{екв}} = \frac{M_{\text{екв}} \omega_1}{\eta_{\max}}, \quad (22)$$

де $M_{\text{екв}} = F_{\text{екв}} \frac{D}{2i_p}$; D - діаметр барабана або шківу; $\eta_{\max}$ - ККД механізму.

$$\eta_{\max} = \eta_{\partial} + \eta_p, \quad (23)$$

де η_{∂} - ККД електродвигуна; η_p - ККД редуктора.

У випадках, коли η_p не відоме, у розрахунках приймається $\eta_p = 0,2\eta_{\partial}$.

Виконаний раніше розрахунок проводиться на підставі дійсного значення тривалості включення TB_{∂} , яке визначалося за розрахунковою трьохперіодною діаграмою:

$$TB_{\partial} = \frac{T_P}{T_{PI}} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_n}. \quad (24)$$

Вибір типу електродвигуна. Електродвигуни, застосовувані для ЛПУ, повинні відповідати таким вимогам: володіти підвищеною перевантажувальною здатністю; мати по можливості менший момент інерції, оскільки втрати енергії при перехідних режимах залежать від його величини J . Тому двигуни для ЛПУ виконуються з подовженим ротором порівняно малого діаметра.

Двигуни для циклічного режиму роботи випускаються на номінальні значення TB_n - 15, 25, 40, 60 і 100%. Тому дійсна потужність двигуна,

розрахована при TB_{∂} за формулою (24), повинна бути перерахована на найближче стандартне значення TB_n .

Перерахунок потужності здійснюється за формулою

$$P_{TB_n} = P_{\text{екв.дійсне}} \sqrt{\frac{TB_{\partial}}{TB_n}}, \quad (25)$$

Після визначення за формулою (25) розрахункового значення P_{TB_n} по каталогу для TB_n вибирають двигун з найближчою більшою потужністю $P \geq P_{TB_n}$

В якості приводних двигунів ЛПУ зазвичай вибирають кранові та екскаваторні двигуни, що в найбільшій мірі відповідають зазначеним раніше необхідним властивостям ліфтових двигунів.

Застосовуються асинхронні кранові двигуни з короткозамкненим ротором серії МТКГ, з фазним ротором - МТГ (потужність - 1,4 . . . 2,2 кВт), двигуни постійного струму серії Д (в екскаваторному виконанні - ДЕ), потужністю 2,4 . . . 106 кВт,

Двигуни МТКГ випускаються в діапазоні потужностей 4 . . . 45 кВт багатошвидкісними з числом пар полюсів 4/2, 4/24, 4/8/24 при $TB = 25\%$.

Серія кранових асинхронних двигунів 4МТ має діапазон потужностей 2,2 . . . 200 кВт при $TB = 40\%$. В окремих випадках можуть досліджуватись електродвигуни серій А, АО, АК, П.

2.2 Особливості розрахунку елементів електромеханічних схем шахтних підйомних установок

Шахтні підйомні установки (ШПУ) відносяться до класу механізмів циклічної дії і за призначенням поділяються на людські, вантажо-людські та вантажні. В порівнянні з ЛПУ ці установки мають суттєву різницю як по конструкції елементів електромеханічних схем, висоті підйому, так і по

умовам експлуатації. В світовій практиці глибина шахт може перевищувати 1000 м.

Найбільш широко використовуються діаграми швидкості в межах циклу, які мають наступний вид:

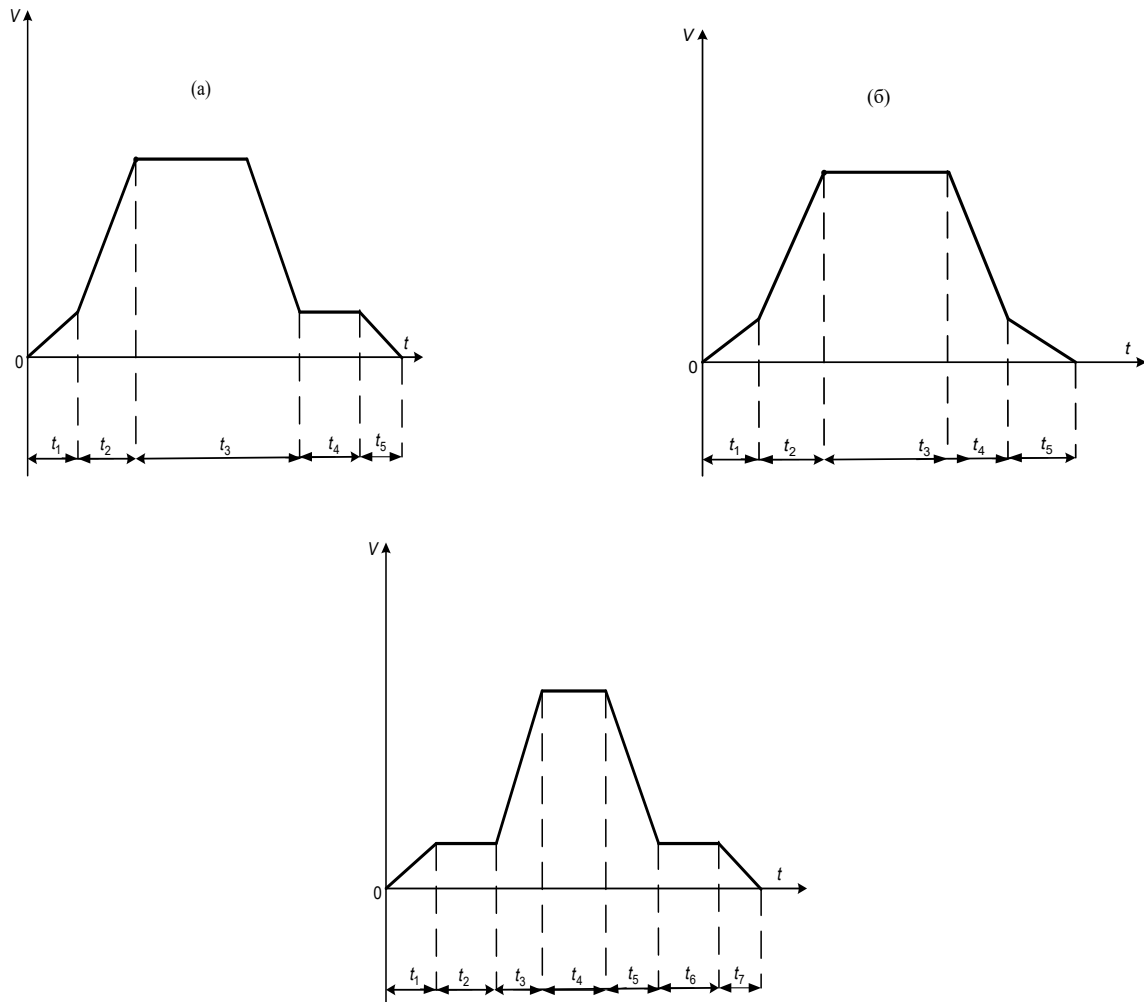


Рис. 2.4 – Діаграми швидкості в межах циклу

Діаграми, приведені на рис. 2.4:

а) використовується для людського, вантажо-людського і одностіпового вантажного підйому ;

б) для людського і вантажного підйому при компенсації впливу різного навантаження на точність позиціонування підйомного сосуду;

в) для 2-х скіпової (вантажної) підйомної установки.

На рис. 2.4 прийняті наступні позначення:

Рис. 2.4 (а): t_1 - період розгону з малим прискоренням, t_2 - рух з максимальним прискоренням, t_3 - рух з постійною максимальною швидкістю, t_4 - рух з малою постійною швидкістю (період затягування), t_5 - гальмування за рахунок механічного гальма.

Рис. 2.4 (в): дві ділянки руху з малою постійною швидкістю t_2 та t_6 , що відповідає руху скіпа в розвантажувальних кривих.

Як правило розрахунок проводиться на основі вхідних даних, які включають річну продуктивність підйому A т/рік – для вантажних і A кількість чол/год – для людських, висоту підйому H м, кількість робочих змін в добі, число робочих днів за рік.

В роботі пропонується виконати розрахунок і вибір всіх елементів, які рухаються в електромеханічній системі як для лінійного так і для кутового переміщення.

На основі заданої продуктивності A визначається годинна продуктивність підйому:

$$Q_r = \frac{c(A+a)}{bt}, \quad (26)$$

де c – коефіцієнт нерівномірного добування, ($c = 1.1$ ч 1.35), рекомендується $c=1.15$; $a = (0.1 \div 0.15)A$ – річна видача пустої породи в точках; b – число робочих днів за рік. В середньому приймається $b=307$; t – кількість годин роботи підйому за добу. Рекомендується для вантажних $t=(16 \div 20)$ год, для вантажо-людських $t=14$ год.

У відповідності до вимог по проектуванню ШПУ об'єм добування на поверхню при 2-х мірній роботі за $(13,5 \div 14)$ годин при $c=1.15$.

Величина корисного вантажу за один підйом визначається по формулі:

$$Q = 2,7Q_r \sqrt[4]{H} \cdot 10^{-3} + \theta, \quad (27)$$

де θ – тривалість паузи, $H = H_{III} + H_{ПБ} + H_B + 2h$,

де $H_{ш}$ - глибина шахти; $H_{пб}$ - висота розташування поверхневого бункера; $H_{б}$ - глибина розташування підземного бункера; h - висота стінки кузова скіпа.

Вибирається стандартний скіп і уточнюється його конструкторські параметри.

Для розрахунку і вибору підйомного канату для неврівноважених підйомних установок необхідно визначити наступні його параметри:

Висота:

$$H_K = H_{пб} + h_c + h_p + h_{п} + h_{ш} + \frac{1}{4} D_{ш}, \quad (28)$$

де $h_{ш}$ - різниця висот при розташуванні шківів (зазвичай вони розташовуються в одній площині і $h_{ш}=0$); h_p - перевищення скіпа над кромкою бункера; $h_{п}$ - висота підземного бункера; h_c - висота скіпа; $D_{ш}$ - діаметр канатоведучого шківа.

Повна довжина підвісу канату:

$$H_O = H_{ш} + H_{б} + H_K + h. \quad (29)$$

Повне кінцеве навантаження:

$$Q_{п} = Q + Q_H, \quad (30)$$

де Q_H - вага скіпа.

Лінійна вага канату визначається і виражається:

$$P_K = \frac{Q_{п}}{\frac{\sigma_b}{\gamma m} - H_O}, \quad (31)$$

де γ - питома вага скіпа; σ_b - опір канату розриву; $m=(7-8)$ запас міцності канату для вантажних підйомів.

По каталогу вибирається канат з врахуванням запасу міцності:

$$m = \frac{Q_z}{Q_{п} + p_{к} H_O}, \quad (32)$$

де Q_z - паспортне значення опору вибраного канату.

Визначається діаметр D шківа: $D_{\text{ш}} \geq 80d$, де d – діаметр вибраного канату. Вибираємо стандартний шків.

Виконаємо вибір барабану підйомної машини.

Приймається стандартна ширина барабану ШПУ і перевіряється чи достатньо величини для укладки підйомного канату.

$$B = \left(\frac{H + h_3}{\pi D_0} + \xi \right) (d + \varepsilon), \quad (33)$$

де h_3 - довжина запасу каната для випробувань; $\varepsilon = 2$ мм – проміжок між витками каната.

У випадку, якщо ширина не підходить, то приймаємо наступний діаметр барабану. Вибирається стандартна підйомна машина.

Для прийнятої діаграми руху виконується розрахунок параметрів руху в період 1 циклу.

При розрахунку кінематики підйому рекомендується прийняти наступні величини:

$V_0 = 2$ м/с – швидкість виходу порожнього скіпа із розвантажувальних кривих;

$V_b = 1,5$ м/с – швидкість входу завантаженого скіпа в розвантажувальних кривих;

$a_1 = a_3 = 0,7$ м/с – величина прискорення при розгоні і сповільненні.

Визначається число включень в годину:

$$h = \frac{Q_r}{Q}. \quad (34)$$

Визначається повний час одного підйому:

$$T_\alpha = \frac{3600}{n_r}. \quad (35)$$

Приймається час паузи між частковими пусками θ і визначається час підйому $T = T_\alpha - \theta$.

У відповідності до рекомендацій по проектуванню [11] приймається $V_{\max}$.

Далі аналогічно, як в ЛПУ визначається часові параметри діаграми швидкості в окремих проміжках руху і пройденого шляху.

Сумарний розрахунковий шлях проводимо у відповідності з розрахунковим підвісом канату.

Попередньо визначимо орієнтовану потужність підйомного електродвигуна

$$P_n = \frac{\kappa \cdot \rho \cdot H \cdot Q}{102T\eta}, \text{ кВт} \quad (36)$$

де $\kappa = 1,15$ – коефіцієнт шахтного опору; $\rho = 1,3$ – характеристика динамічного режиму ($\rho=1.2-1.4$); $\eta = 0,92$ при дослідженні редуктора з одинарною зубчастою передачею і $\eta = 0,85$ – для подвійної передачі.

Вибираємо електродвигун і визначаємо швидкість обертання барабану, враховуючи координати передачі по швидкості.

Визначається сума приведених мас електромеханічної системи:

$$\Sigma G' = Q + 2Q_H + 2P_K + 2G'_{III} + 2G'_\theta + G'_p + G'_{zn}, \quad (37)$$

де P_K - маса головного канату; G'_{III} - приведена маса шківа; G'_θ - приведена маса барабану; G'_p - приведена маса ротора; G'_{zn} - приведена маса зубчастої передачі.

Розрахунок і побудова діаграми зусиль здійснюється у відповідності з виразами:

- для режиму підйому вантажу:

$$F = \kappa Q \pm \alpha_c Q_H + P_K (H - 2x) \pm \Sigma ta - \beta c Q, \quad (38)$$

- для режиму спуску:

$$F = \kappa Q \pm \alpha_c Q_H + P_K (2x - H) \pm \Sigma ta - \beta c Q, \quad (39)$$

де $k = 1,15$ – коефіцієнт шахтного опору; α_c – коефіцієнт, що враховує зменшення маси вантажного скіпа при русі в розвантажувальних кривих ($\alpha_c = 0.6-1.3$) – діє в період t_b

За отриманими результатами будується навантажувальна діаграма. Аналогічно до розрахунків ЛПУ визначається еквівалентне значення $F_{екв}$ при дійсному $TB\%$ і робиться перерахунок на його номінальне значення.

Визначається потужність і вибирається електродвигун підйомної установки і проводяться його необхідні перевірки.

Далі проводиться розрахунок і вибір редуктора, уточнюється лінійна швидкість руху каната, уточнюється продуктивність підйомної установки. Здійснюється перевірка на пустому і перевантаженому моментах (зусиллях).

2.3. Електропривод механізмів пересування підйомних кранів

Підйомні крани призначені для транспортування вантажів і широко використовуються в цехах промислових підприємств, будівництва, морських і річкових портах та ін.

За конструктивним виконанням розрізняють мостові, козлові, порталні, автомобільні та спеціальні крани.

На промислових підприємствах широко використовуються мостові крани, які часто є однією з ланок загального технологічного процесу.

Основними елементами мостового підйомного крана є (рис. 2.5): 1 - підставка крана (інша конструкція моста крана); 2 - підкранові шляхи; 3 - механізм пересування моста; 4 - ходовий візок з встановленою на ньому підйомної лебідкою; 5 – крюковий вантажо захоплювальний пристрій.

Основні вимоги до автоматизованого електроприводу кранових механізмів. При проектуванні електроприводів кранових механізмів слід враховувати цілий ряд технологічних вимог: забезпечення необхідного діапазону регулювання швидкості, стійкої роботи на малих швидкостях, необхідної точності підведення моста крана до кінцевих координат.

Електродвигун повинен бути реверсивним і забезпечувати надійну роботу в повторно-короткочасних режимах. Якщо підйомний кран виконує ряд операцій у загальному технологічному процесі, то повинна забезпечуватися необхідна продуктивність. Повинні витримуватися обмеження щодо прискорення та ривка, що дає можливість переміщати вантаж без розгойдування.

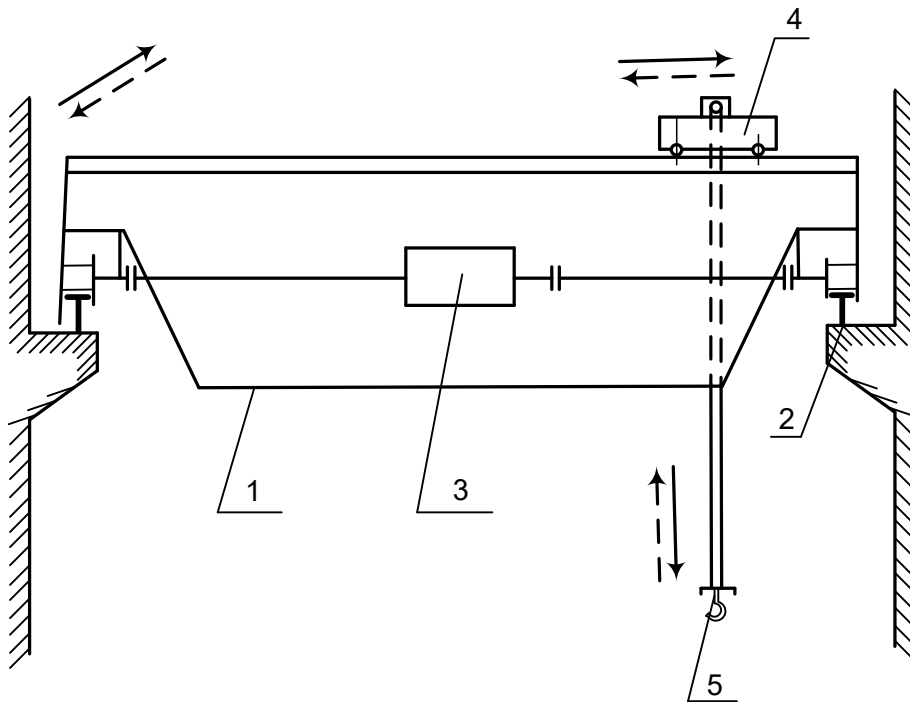


Рис. 2.5 – Спрощена конструктивна схема мостового крана.

Системи електропривода кранових механізмів. При використанні асинхронних електродвигунів можуть бути застосовані такі системи приводу:

- дводвигунний привід при використанні принципу складання механічних характеристик;
- електродвигун з фазним ротором і динамічним гальмуванням з самозбудженням;
- електропривод з використанням тиристорних регуляторів напруги зі зворотним зв'язком по швидкості;

- електродвигуни з частотним керуванням;
- багатошвидкісні електродвигуни.

На відповідальних ділянках, наприклад у металургійній промисловості, широко використовуються крани з електродвигунами постійного струму з незалежним, послідовним і змішаним збудженням. Так, для механізмів підйому з метою забезпечення безпеки спуску вантажу використовуються електродвигуни з незалежним і паралельним збудженням. Для механізмів пересування можуть бути використані електродвигуни послідовного збудження. Для більш глибокого регулювання швидкості здійснюється імітування якоря електродвигуна.

На більш відповідальних кранах можуть використовуватися системи "тиристорний перетворювач - двигун".

Остаточний вибір системи приводу здійснюється на підставі аналізу вимог технологічного процесу і техніко-економічного порівняння різних прийнятних варіантів.

Розрахунок потужності і вибір типу електродвигуна. Розглянемо проектування автоматизованого електроприводу механізму пересування мостового крана.

При розрахунку потужності електродвигуна даного механізму вважаємо, що вітрове навантаження і розгойдування вантажу в процесі його транспортування відсутні.

Розрахунок потужності і вибір типу електродвигуна здійснюють у наступному порядку.

Визначають тривалість циклу і його складові. Розраховують і будують навантажувальну діаграму електродвигуна, визначають еквівалентний момент двигуна при заданому ТВ. Обчислюють необхідну швидкість і потужність приводного електродвигуна. По каталогу вибирають електродвигун і здійснюють необхідні перевірки.

Теоретичні питання, що відносяться до виконання даного розділу завдання, наведені в [3, с. 11-15, 42-45; 4, с. 11-35, 72-75].

При розрахунку часу циклу і його складових приймається (за вказівкою) або симетрична діаграма швидкості, аналогічна приведеній на рис. 2.2 для ліфтової підйомної установки, або з періодом дотягування (див. рис. 2.3).

У разі симетричної діаграми швидкості час пуску t_1 і гальмування t_3 однаковий і визначається у відповідності з виразом, с:

$$t_1 = t_3 = \frac{V_{ном}}{a}, \quad (40)$$

де $V_{ном}$ - номінальна швидкість моста, м / с; a - необхідне прискорення, м / с².

Час роботи в межах одного циклу, с:

$$t_p = \frac{3600 TB\%}{h \cdot 100}, \quad (41)$$

де h - число включень на годину.

Тоді час руху з усталеною швидкістю, с:

$$t_2 = t_p - (t_1 + t_3).$$

У разі п'ятиперіодної діаграми швидкості (несиметричної) t_1 визначається відповідно до (40), а розрахунок значень t_3, t_4, t_5 і t_2 здійснюється в наступному порядку. Приймають значення швидкості дотягування (в межах $V_{дом}$ - 0,5 ... 0,4 м/с) і визначають час, с:

$$t_3 = \frac{V_{ном} - V_{дом}}{a}. \quad (42)$$

Приймають шлях руху з малою постійною швидкістю $H_{дом} = 1,5 \dots 2$ м, тоді:

$$t_4 = \frac{H_{дом}}{V_{дом}}[с]. \quad (43)$$

Час гальмування від швидкості дотягування до повної зупинки можна визначати з виразу, с:

$$t_5 = \frac{V_{\text{доп.}}}{a}. \quad (44)$$

Тоді час:

$$t_2 = t_p - (t_1 + t_3 + t_4 + t_5) [c]. \quad (45)$$

Отримані параметри робочого циклу використовуються надалі при визначенні еквівалентного моменту електродвигуна при заданому ТВ.

Для механізмів горизонтального пересування за відсутності вітрового навантаження статичний момент на валу електродвигуна, Н·м:

$$M_{cm} = \frac{K_p (G + G_0) (\mu \frac{d_u}{2} + f)}{i_p \eta_M}, \quad (46)$$

де K_p - коефіцієнт, що враховує тертя реборд колеса об напрямні; G - вага переміщуваного вантажу, Н; $G_0 = G_M + G_B$ - власна вага механізму переміщення. Враховується вага моста G_M і ходової візка G_B , вагою підвіски крюка можна знехтувати зважаючи на його малість в порівнянні з G_M і G_B ; μ - коефіцієнт тертя в цапфах; d_u - діаметр цапфи; f - коефіцієнт тертя кочення ходових коліс моста.

Числові значення коефіцієнтів наведені в [3, додаток, с. 348-349].

Оскільки в межах одного циклу відбувається переміщення моста як з вантажем, так і без нього, то для кожного випадку визначається статичний момент, Н·м:

для переміщення з номінальним вантажем

$$M_{cm.1} = \frac{K_p (G_{\text{ном}} + G_0) (\mu \frac{d_u}{2} + f)}{i_p \eta_M}, \quad (47)$$

для переміщення без вантажу

$$M_{cm.2} = \frac{K_p G_0 (\mu \frac{d_u}{2} + f)}{i_p \eta_M}. \quad (48)$$

Оскільки механізми переміщення кранів володіють великими рухомими масами, то істотне, а іноді і визначальний вплив на характер роботи електропривода надають динамічні навантаження, тому їх слід враховувати навіть при попередньому виборі електродвигуна. Для цього визначається попередньо сумарний момент інерції

$$J_{\Sigma} = K_3 J_M, \quad (49)$$

де K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує в попередніх розрахунках момент інерції електродвигуна ($K_3 < 2$); J_M - приведений до валу електродвигуна момент інерції рухомих частин механізму,

$$J_M = (m_{ном} + m_B + m_M) \rho^2 = (\frac{G_{ном}}{g} + \frac{G_B}{g} + \frac{G_M}{g}) \rho^2, \quad (50)$$

де $m_{ном}, m_B, m_M$ - маса номінального вантажу, візка і моста відповідно, кг;

$\rho = \frac{D_K}{2i_p}$ - коефіцієнт приведення.

Тоді з урахуванням (49), $кг / м^2$,

$$J_{\Sigma} = K_3 \frac{G_{ном} + G_B + G_M}{g} \rho^2 \quad (51)$$

З урахуванням динамічної складової момент двигуна при пуску з вантажем, Н·м:

$$M_{П1} = M_{cm.1} + J_{\Sigma} \varepsilon \quad (52)$$

де $\varepsilon = \frac{\alpha}{\rho}, [1 / с^2]$.

Момент двигуна при гальмуванні з вантажем, Н·м:

$$M_{Г1} = M_{cm.1} - J_{\Sigma} \varepsilon \quad (53)$$

Момент двигуна при пуску без вантажу, Н·м,

$$M_{\Pi 2} = M_{cm.2} + J'_{\Sigma} \varepsilon \quad (54)$$

$$\text{де } J'_{\Sigma} = K_{\Sigma} \frac{G_B + G_M}{g} \rho^2.$$

Момент двигуна при гальмуванні без вантажу, Н·м:

$$M_{\Gamma 2} = M_{cm.2} - J_{\Sigma} \varepsilon \quad (55)$$

Визначивши моменти електродвигуна на окремих етапах робочого циклу механізму, будують діаграму моментів, визначають значення еквівалентного моменту при заданому ТВ,%. Так, для трьохперіодної діаграми швидкості

$$M_{екв.ТВ\%} = \sqrt{\frac{(M_{\Pi 1}^2 + M_{\Pi 2}^2)t_{\Pi} + (M_{cm.1}^2 + M_{cm.2}^2)t_{ycm} + (M_{\Gamma 1}^2 + M_{\Gamma 2}^2)t_{\Gamma}}{2(t_{\Pi} + t_{ycm} + t_{\Gamma})}} \quad (56)$$

Якщо $ТВ_{зад}$ відрізняється від каталожного значення, то перераховують $M_{екв}$ на номінальне ТВ.

Необхідна для виконання заданого циклу номінальна швидкість електродвигуна, рад / с:

$$\omega_{ном} = \frac{V_{ном}}{\rho}. \quad (57)$$

Необхідну потужність електродвигуна вибирають у відповідності з виразом:

$$P_{дв.ТВном} = M_{екв.ТВном} \omega_{ном} \quad (58)$$

Далі по [5;6] вибирають двигун і вписують його параметри.

Приймаються електродвигуни кранові тих же серій, що і електродвигуни. Для перевірки визначають сумарний момент інерції з урахуванням моменту інерції ротора обраного електродвигуна, $кг / м^2$

$$J_{\Sigma} = K_{\Pi} J_{дв} + J_M, \quad (59)$$

де $K_{\Pi} = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує момент інерції передач, сполучних муфт і шківів [3].

Перевіряють також перевантажувальний момент і умови нагріву.

2.4. Автоматизований електропривод стрічкових конвеєрів

Стрічкові конвеєри відносяться до класу механізмів безперервної дії, для яких основним є статичний режим роботи механізму, пуск і гальмування виконуються відносно рідко. Дані конвеєри володіють високою продуктивністю і надійністю в роботі. Вони широко застосовуються в гірничорудній і вугільній промисловості, в будівництві для транспортування сипучих матеріалів.

На рис. 2.6 наведена спрощена технологічна схема стрічкового конвеєра. Основними елементами даного конвеєра є: приводний барабан 1, розташований на приводній станції разом з електродвигунами, редукторами і відхиляючої системою, натяжна барабан 2, розташований в хвостовій частині разом з натяжним пристроєм з вантажем $G_{\text{НУ}}$ 6; тягова (вантажонесуча) стрічка 3, роlikоопори 4, відхиляючий барабан 5. На рисунку зображена епюра розподілу натягу стрічки 7 уздовж конвеєра, а також наведені такі позначення: $T_{\text{нб}}$ і $T_{\text{зб}}$ - натяги тягового органу в точках відповідно набігання на приводний барабан і збігання з нього, K_{u1} , K_{u2} , K_{u3} , K_{u4} - коефіцієнти збільшення натягу в точках вигину конвеєра, V - швидкість.

Основні вимоги до автоматизованого електроприводу конвеєра: надійність роботи електроприводу в забрудненій атмосфері і агресивному середовищі при широкому діапазоні коливання температур і навантаження; забезпечення плавного пуску і гальмування; обмеження прискорення та ривка; обмеження максимального моменту на валу електродвигуна.



Останні три вимоги обумовлені наявністю великих поступально рухомих мас, приведений момент інерції яких може на порядок перевищувати момент інерції електродвигуна. При різкому прикладанні моменту виникають додаткові динамічні навантаження, що призводить до механічних коливань в тяговому органі.

У разі використання багатодвигунного електроприводу система управління повинна забезпечувати також рівномірний розподіл навантажень між електродвигунами як в статичних, так і динамічних режимах.

Системи електропривода стрічкових конвеєрів. У вітчизняній і зарубіжній практиці в конвеєрному електроприводі використовуються асинхронні електродвигуни як короткозамкнені (для конвеєрів малої продуктивності і протяжності - у будівництві, для допоміжних цілей), так і з фазним ротором (для конвеєрів середньої і великої продуктивності - в гірничорудній і вугільній промисловості) ,

У відповідності з цим знаходять застосування наступні основні системи приводу:

- з асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором.

Пуск здійснюється безпосередньо, привід - нерегульований;

- з асинхронним електродвигуном з фазним ротором і металевим опором в ланцюзі ротора.

Пуск реостатний, швидкість в процесі роботи не регулюється;

- з асинхронним електродвигуном з фазним ротором і тиристорним комутатором в колі ротора.

Пуск плавний, можливе регулювання швидкості;

- з асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором і електромагнітною муфтою.

Забезпечується плавний пуск;

- з асинхронним електродвигуном і перетворювачем частоти в ланцюзі статора;

- електропривод по системі асинхронно-вентильного каскаду.

Систему електроприводу вибирають на підставі аналізу технологічних вимог, а також в результаті техніко-економічного порівняння можливих варіантів.

Розрахунок потужності приводної станції і вибір електродвигунів ланцюгового конвеєра. Основними етапами розрахунку є: визначення сил опору руху на окремих прямолінійних ділянках і результуючої сили, визначення натягу тягового органу у точках набігання і збігання приводного барабана; розрахунок потужності приводної станції і вибір електродвигунів.

Сили опору руху конвеєра поділяються на дві категорії: що не залежать від натягу стрічки і виникають на прямолінійних ділянках; сили, що залежать від натягу тягового органу і виникають на ділянках вигину. Так як на прямолінійних ділянках опору розподіляються рівномірно, то їх можна описати таким чином:

$$\Delta F_n = C_n q l \cos \beta + q l \sin \beta = q l (C_n \cos \beta + \sin \beta), \quad (60)$$

де C_n - результуючий коефіцієнт опору руху на прямолінійних ділянках. Значення його наводяться у довідковій літературі. Для стрічкових конвеєрів $C_n = (2,0 \dots 2,5) \cdot 10^{-2}$; q - масове навантаження на 1 м шляху, кг; l - довжина ділянки, м; β - кут нахилу прямолінійної ділянки. У розрахунках приймається $\sin \beta > 0$ при русі на підйом, $\sin \beta < 0$ - при русі на спуск.

На ділянках вигину сила опору руху ΔF_n обумовлена силою від вигину тягового органу, пропорційній натягненню у точці, що набігає $T_{нб}$ і силою тертя, пропорційної рівнодіючої силі N на ділянці. Отже,

$$\Delta F_n = \xi T_{нб} + N \mu \frac{d}{D}, \quad (61)$$

де ξ - коефіцієнт опору від вигину тягового органу; μ - коефіцієнт тертя в підшипниках; d, D - відповідно внутрішній та зовнішній діаметр роликів, м.

При певних допущеннях [3] можна записати, Н:

$$\Delta F_u = C_u T_{нб}, \quad (62)$$

де $C_u = \xi + 2\mu \frac{d}{D} \sin \frac{\alpha}{2}$ - результуючий коефіцієнт опору на ділянці вигину.

Значення C_u залежно від виду ділянки вигину і кута обхвату наводяться у довідковій літературі [3, с. 350]; α - кут обхвату стрічкою приводного барабана; μ - коефіцієнт тертя між тяговим приводним барабаном [3, с. 350].

Сили опору викликають збільшення натягу стрічки на кожній ділянці:

$$T_{зб} = T_{нб} + \Delta F_n - \text{на прямолінійній ділянці};$$

$$T_{зб} = T_{нб} + \Delta F_n = K_u T_{нб} - \text{на ділянці вигину},$$

де $K_u = 1 + C_u$ - коефіцієнт збільшення натягу на ділянці вигину.

Результуюча сила опору руху визначається як сума сил всіх ділянок:

$$\begin{aligned} F_{cm} &= \sum_{i=1}^n \Delta F_{n,i} + \sum_{i=1}^n \Delta F_{u,i} = \\ &= \sum_{i=1}^n q_i l_i (C_n \cos \beta_i + \sin \beta_i) + \sum_{i=1}^n C_{u,i} T_{нб,i}, [H]. \end{aligned} \quad (63)$$

У сталому режимі різниця натягів врівноважується силою опору, тобто $F_{cm} = T_{нб} - T_{зб}, [H]$.

Оскільки величина $T_{нб}$ залежить від натягу на всіх ділянках, то для визначення F_{cm} слід визначити натяг по замкнутому контуру. Однак для цього необхідно знати натяг в початковій (вихідній) точці. Його визначають з умови Ейлера (роботи конвеєра без проковзування стрічки щодо приводного барабана).

Допустимий натяг в точці збігання стрічки з приводного барабану

$$T_{зб.min} = \frac{F'_n + m'_\Sigma a_{дон}}{e^{\mu\alpha} - K_u}, \quad (64)$$

де сумарний опір не прямолінійних ділянках:

$$F'_n = \Delta F_{n,n} + \Delta F_{n,n-1} K_{u,n-1} + \Delta F_{n,n-2} K_{u,n-1} K_{u,n-2} + \dots + \Delta F_{n,1} K_{u,1} K_{u,n-1}. \quad (65)$$

Сумарна приведена рухома маса окремих ділянок стрічки, кожний з яких включає в себе прямолінійну ділянку і попередню ділянку вигину:

$$m'_{\Sigma} = m_n + m_{n-1}K_{u,n-1} + \dots + m_1K_{u,1}K_{u,2}\dots K_{n-1}. \quad (66)$$

Сумарний коефіцієнт збільшення натягу на ділянках вигину:

$$K_u = \prod_{i=1}^{n-1} K_{u,i}. \quad (67)$$

З урахуванням припущень, прийнятих в розрахунку, рекомендується приймати:

$$T_{зб} \approx 1,2T_{зб.min}.$$

Для забезпечення розрахункового $T_{зб}$ визначають необхідну вагу натяжного пристрою. Для цього знаходять натяг T_0 в точці установки натяжного пристрою та проводять розрахунок вантажу, H :

$$G_{HY} = KT_0, \quad (68)$$

де K - коефіцієнт передачі зусилля від натяжного пристрою, звичайно беруть $K = 2$.

Натяг, H , в точці набігання на приводний барабан визначають як:

$$T_{нб} = T_{зб}K_{u,1}K_{u,2}\dots K_{u,n-1} + \Delta F_{n,n} + \Delta F_{n,n-1}K_{u,n-1} + \Delta F_{n,1}K_{u,1}\dots K_{u,n-1}, \quad (69)$$

або в згорнутому вигляді:

$$T_{нб} = T_{зб}K_u + F'_n. \quad (70)$$

Статичне зусилля:

$$F_{cm} = T_{нб} - T_{зб} = (K_{u-1})T_{зб} + F'_n. \quad (71)$$

З урахуванням динамічних навантажень, обумовлених рухомими масами конвеєра:

$$T_{нб} = T_{зб}K_u + F'_n + m'_{\Sigma}a_{дон}. \quad (72)$$

Тоді:

$$F_{cm} = (K_{u-1})T_{зб} + F'_n + m'_{\Sigma}a_{дон}. \quad (73)$$

Необхідна потужність приводної станції:

$$P_{cm} = K_3 \frac{F_{cm} V}{\eta_p} = K_3 \frac{(T_{нб} - T_{зб}) V}{\eta_p}, \quad (74)$$

де $K_3=1,1 \dots 1,3$ - коефіцієнт запасу, що враховує неточність розрахунку сил опору; η_p - ККД (наводиться в довідковій літературі або визначається завданням).

Номінальну потужність електродвигуна вибирають з умови:

$$P_{ном} \geq P_{cm}.$$

Здійснюється перевірка обраного двигуна по перевантажувальній здатності.

2.5 Електродвигун підвісного ланцюгового конвеєра

При розрахунках і виборі елементів електромеханічних систем підвісних ланцюгових конвеєрів складеної траєкторії необхідно дотримуватись наступного порядку.

Попередньо, виходячи із вхідних параметрів для розрахунку, приймаються відповідно до рекомендованого тягового ланцюга і для нього вибираються зірочки приводні і відхиляючі.

Визначається мінімальний крок підвісу із врахуванням переміщення на ділянках під нахилом.

$$t_{n \min} \cos \beta \geq a_{\max} + \Delta, \quad (75)$$

де β - максимальний кут нахилу конвеєра на ділянках згину; Δ - максимально допустимий проміжок між транспортуючим вантажем; $a_{\max}$ - максимальний розмір транспортуючого вантажу.

$$t_{n \min} = \frac{a_{\max} + \Delta}{\cos \beta}. \quad (76)$$

Крок підвіски рекомендується вибирати в залежності від кроку ланцюга

$$t_n - 2t, 4t, 6t, 8t, 10t$$

де t - це крок ланцюга.

При заданій продуктивності розташованих z_∂ (деталей) на підвісі визначається необхідна швидкість ланцюга:

$$V = \frac{\Pi t_n}{3600 z_\partial}, \quad (77)$$

де Π – продуктивність.

Погонна вага ходової частини конвеєра – порожньої гілки:

$$q_0 = q + \frac{G_\Pi}{t_\Pi} + \frac{G_K}{t_\Pi}, \quad (78)$$

де q – погонна вага тягового ланцюга; G_Π – вага підвісу; G_K – вага каретки.

Навантажені гілки:

$$q_0 = q + \frac{G}{t_\Pi}, \quad (79)$$

де G - вага деталі на підвісі.

В результаті схеми траси конвеєра, місця розвантаження та навантаження підвіски, розташований приводною і натяжною зіркою, визначається точка з максимальним натягом ланцюга.

При тяговому розрахунку варто враховувати натяг на виході відхиляючої зірки, який визначається як:

$$S_i = k_i S_{(i-1)}, \quad (80)$$

де k_i – координата враховуюча опір на відхиляючих зірках; $S_{(i-1)}$ – натяг ланцюга на вході відхиляючих зірках.

Натяг на прямолінійній ділянці:

$$S_i = S_{(i-1)} + q l_i \omega^1 g, \quad (81)$$

де S_i – натяг у точці збігу з прямолінійними ділянками; $S_{(i-1)}$ – натяг ланцюга в точці збігу з прямолінійним ділянками; l_i – довжина прямолінійної ділянки;

ω^1 - координата опору руху на прямолінійних ділянках; g – прискорення вільного падіння.

Натяг на ділянках з вертикальним згином:

$$S_i = \varphi(\varphi S_{(i-1)} + ql_{(i-1)}\omega^1 g + qh_i g), \quad (82)$$

де φ - координати опору на вертикальному згині для відповідного куту згину; $S_{(i-1)}$ – натяг в точці входу згину; $l_{(i-1)}$ – деяка прямолінійна ділянка; h_i – висота ділянки згину траси конвеєра.

При розрахунку варто враховувати, що при напрямку тягового розрахунку у напрямку оберненим по відношенню до руху тягового ланцюга, натяг кожного наступного розрахунку зменшується.

Будується діаграма натягів ланцюга. Тягове зусилля на приводній зірці визначається із вертикальної:

$$W_0 = S_{17} - S_1 + (k_1 - 1)(S_{17} + S_1), \quad (83)$$

де S_{17} , S_1 - натяг опору відповідно у точках набігу збігу приводної зірки; k_1 - координата опору на поворотних зірках.

Визначається розрахункова потужність:

$$P = \frac{W_0 V}{\varepsilon_k} k, \quad (84)$$

де $k=1.15$ – коефіцієнт враховуючий динамічний режим.

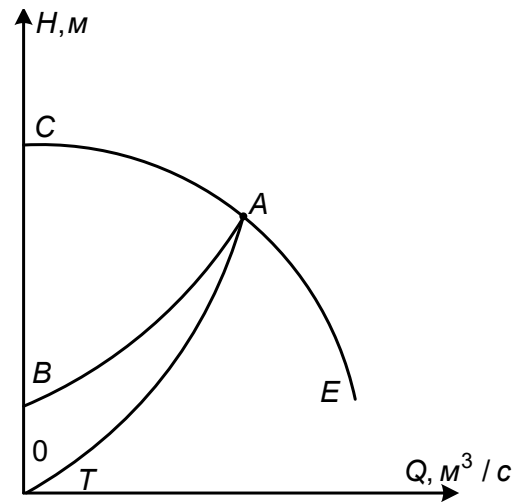
Обирається електродвигун, редуктор, уточнюється дійсна лінійна швидкість руху тягового ланцюга у відношенні з коефіцієнтом передачі обраного редуктора.

2.6. Автоматизований електропривод турбомеханізмів

Представниками типових виробничих механізмів безперервної дії є і такі турбомеханізми як вентилятори та насоси відцентрового типу.

Вентилятори широко застосовуються на промислових підприємствах для провітрювання, транспортування газів, охолодження окремих елементів

технологічних установок. Насоси застосовуються для транспортування рідин та можуть бути задіяні безпосередньо у технологічних процесах. Однією з основних характеристик турбомеханізму є залежність напору ($H, \text{м}$) від продуктивності (подачі) насоса ($Q, \text{м}^3/\text{с}$). Її загальний вид показано на рис. 2.7 (крива CAE). Q-H характеристика знімається при постійній швидкості, отже кожному значенню швидкості обертання ω відповідає своя Q-H характеристика (рис. 2.8).



Гідравлічна мережа, на яку працює насос, має свою Q-H - характеристику, загальний вигляд якої також наведено на рис. 2.8 (AB - за наявності протитиску, AT - без нього).

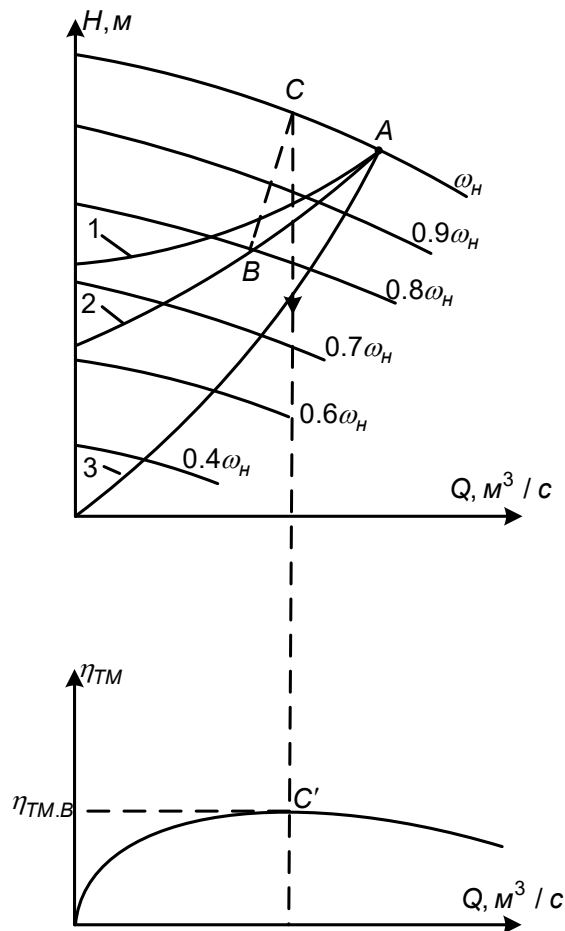


Рис. 2.8 – Q-H характеристики та крива ККД насоса

Турбомеханізмів характеризуються наступними властивостями.

Продуктивність механізму при роботі на мережу без статичної складової напору пропорційна швидкості обертання турбомеханізму:

$$\frac{Q_1}{Q_i} = \frac{\omega_1}{\omega_i}, \quad (85)$$

де Q_1 - подача при швидкості обертання валу насоса ω_1 ; Q_i - подача при швидкості обертання ω_i .

Напір, що розвивається в мережі, пропорційний квадрату швидкості електродвигуна:

$$\frac{H_1}{H_i} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_i} \right)^2, \quad (86)$$

Корисна потужність пропорційна кубу швидкості;

$$\frac{P_1}{P_i} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_i} \right)^3, \quad (87)$$

Докладні теоретичні викладки наведені в [3, с. 300-310].

Основні вимоги до електроприводу насоса. До числа основних вимог, що пред'являються до електроприводів насосних установок, слід віднести:

- оскільки насоси можуть працювати в умовах агресивного і вибухонебезпечного середовища, при високих температурах, підвищеної вологості, то слід використовувати асинхронні короткозамкнені електродвигуни закритого виконання;

- в установках, що вимагають плавного регулювання подачі, електропривод повинен забезпечувати заданий діапазон регулювання швидкості;

- електропривод повинен бути простий в експлуатації і надійний в роботі;

- повинні забезпечуватися задані вимоги до динамічних характеристик.

Системи автоматизованого електроприводу насосів. Якщо немає необхідності регулювати продуктивність, то використовується асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором з системою кнопкового управління.

У разі необхідності регулювання швидкості (зазвичай діапазон не перевищує 2:1) можуть бути використані: система регулятор напруги - асинхронний двигун з короткозамкненим ротором (в якості регулятора напруги може застосовуватися тиристорний комутатор); система магнітний

підсилювач - асинхронний двигун з короткозамкненим ротором;
асинхронний двигун з фазним ротором і тиристорним комутатором;
асинхронний привод з муфтами ковзання; система асинхронно-вентильного каскаду; система ТДЧ-АД для відповідальних установок.

Розрахунок потужності і вибір типу електродвигуна. Потужність електродвигуна насоса, Вт:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta_{TM}}, \quad (88)$$

де γ - щільність рідини (визначається з довідкової літератури); Q - продуктивність (подача) насоса для сталого режиму роботи при $\omega = \text{const}$; H - напір насосу для тих же умов; η_{TM} - ККД турбомеханізму.

Для визначення Q і H графічно знаходять точку перетину Q - H характеристики насоса з характеристикою підключеною до нього гідравлічної магістралі.

З цією метою будують Q - H характеристику насоса на основі номінальних величин Q і H , наведених у завданні (див. табл. Д.5), і процентних значень окремих точок кривої, наведених у табл. 1, де також дані значення для η_{TM} відповідних Q .

Таблиця 1

Q, %	0	15,7	30	44,3	58,6	72,9	87,1	100	114,3	128,6	142,9
H, %	119,8	118,7	117,5	115,1	112,1	110,4	105,7	100	91,6	78,8	61,1
η_{TM}	0	0,24	0,44	0,6	0,73	0,8	0,85	0,865	0,86	0,8	0,7

Проводять перерахунок на абсолютні значення Q та H , і будують основну характеристику. З метою визначення характеру зміни Q та H при регулюванні швидкості обертання робочого колеса насоса будують сімейство

Q-H характеристик для швидкостей 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.4 від номінальної. Для цього беруть довільні точки на характеристиці та перераховують відповідно до виразів (85) і (86) значення Q і H. Точки робочого режиму насоса визначають внаслідок накладання характеристик Q-H насоса і гідравлічної мережі (трубопроводу). Останні задані у табл. 2. Перерахунок на номінальні значення роблять аналогічно перерахунку для насоса.

Таблиця 2

Q, %		0	14,3	28,6	42,9	57,1	71,4	85,7	100
H, %	Характеристика 1	70,6	71,8	73,4	77,2	81,2	97,1	91,8	100
	Характеристика 2	57,9	61,9	62,4	65,6	72,5	80,0	88,7	100
	Характеристика 3	0	2,8	9,2	18,4	30,6	49,4	70,6	100

Ці характеристики в абсолютних величинах наносять на сімейство Q-H кривих насоса (рис. 2.8).

Співвісно за координатами будують криву ККД за даними табл.1 (див. рис. 2.8).

Для побудови механічних характеристик необхідно знайти моменти опору насоса у робочих точках. Для кожної робочої точки знаходять спочатку ККД турбомеханізму. Так, наприклад, визначають η_{TM} для точки В (див. рис. 2.8). Для цього приводять точку В до точки С на номінальній характеристиці, визначивши Q_C з виразу, m^3/c :

$$Q_C = Q_B \frac{\omega_n}{\omega_B}, \quad (89)$$

З отриманого значення Q_C з рис. 2.8 визначають значення $\eta_{TM.B}$ для даної точки.

Далі у відповідності з виразом (88) обчислюють потужність.

Щоб перейти до абсолютних значень швидкостей, визначають номінальну потужність насоса (для точки А) та в залежності від отриманого значення знаходять номінальну швидкість відповідно до табл. 3.

Таблиця 3

$P_{\text{мех. В}}, \text{ кВт}$	$n_{\text{ном}}, \text{ об/хв.}$
Більше 100	720
100...20	1450
Менше 20	2950

Для кожної робочої точки визначають значення моменту опору, Н·м:

$$M_c = \frac{P_{\text{мех}}}{\omega}, \quad (90)$$

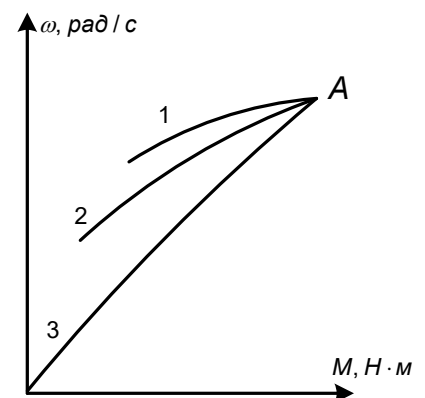
де ω – швидкість обертання електродвигуна, рад/с.

Аналогічно, розрахувавши ω і M_c для кожної робочої точки, будують механічні характеристики. Загальний їх вигляд зображений на рис. 2.9. Кожна крива відповідає своїй характеристиці гідравлічної мережі.

Електродвигун насоса працює в тривалому режимі при незмінному статичному навантаженні. Отже, обраний електродвигун повинен задовольняти умовам:

$$M_n \geq M_c; P_n \geq P, \quad (91)$$

де M_n і P_n - каталожні дані для обраного електродвигуна; M_c і P - розрахункові значення відповідно моменту опору і потужності насоса для точки А (див. рис. 2.9).



Бажано вибрати електродвигун на ту ж швидкість, що і швидкість насоса. Якщо це не вдається здійснити, то використовується редуктор з певним передатним числом, яке необхідно врахувати при визначенні приведенного до валу електродвигуна моменту опору.

При виборі електродвигуна слід також врахувати певні завданням вимоги щодо обмеження динамічного моменту та регулювання швидкості.

3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗДІЛІВ КУРСОВОЇ РОБОТИ

3.1. Реферат

У рефераті вказується кількість аркушів пояснювальної записки, кількість рисунків, таблиць, додатків. Наводяться ключові слова, що зустрічаються в пояснювальній записці, дається коротка характеристика вирішених в курсовій роботі питань. Обсяг реферату не повинен перевищувати 2/3 сторінки.

3.2. Вступ

У вступі слід привести аналіз тенденцій розвитку автоматизованого електропривода виробничого механізму (згідно із завданням), сформулювати завдання, що стоять перед установками даного класу для досягнення необхідного рівня науково-технічного прогресу у цій області.

3.3. Коротка характеристика технологічного процесу, установки

У цій частині роботи наводиться технологічна схема установки, дається аналіз робочих режимів, розглядаються конструктивні особливості і технічні характеристики обладнання, визначаються взаємні зв'язки між окремими елементами і механізмами, аналізується вплив цих зв'язків на роботу досліджуваного електроприводу. Дається характеристика основного електрообладнання, що випускається вітчизняною промисловістю для даних механізмів.

3.4. Вимоги до автоматизованого електроприводу. Обґрунтування і вибір системи привода

Даний розділ роботи - один з найбільш важливих у загальному процесі проектування автоматизованих електроприводів, так як від коректності і

повноти вимог залежить і правильний вибір привода, і працездатність механізму.

Весь комплекс вимог до електроприводу доцільно розділити на ряд наступних характерних груп.

Вимоги, спрямовані на виконання заданих робочих режимів механізму. До них можна віднести вид руху (реверсивний або неревверсивний), обмеження, що накладаються на характеристики динамічних процесів (прискорення, ривок, час перехідного процесу та ін.), забезпечення необхідної продуктивності установки, діапазон регулювання швидкості, точність позиціонування та ін.

Вимоги, які спрямовані на забезпечення безпечної та надійної роботи і визначають наявність захистів і блокувань. Наприклад: захисту електродвигуна від перевантажень, блокування, що забезпечують безпечну роботу обслуговуючого персоналу і безаварійне функціонування механізму (обмеження швидкості руху та ін.).

Вимоги до механічних характеристик електроприводу. У даному випадку, з урахуванням попередніх вимог визначається вид його механічних характеристик, що дозволяють забезпечити виконання заданого технологічного циклу.

Вимоги, обумовлені можливостями технічної реалізації. Основними з них є використання обладнання, що серійно випускається вітчизняною промисловістю, наявність елементної бази для виробництва необхідних додаткових елементів системи керування, можливість раціонального компоновання обладнання, ступінь уніфікації керуючих пристроїв, які використовуються.

Вимоги, обумовлені умовами експлуатації механічного та електричного обладнання: запиленістю, вологістю і агресивністю

середовища, діапазоном коливання температур, наявністю вибухонебезпечних середовищ та ін.

В результаті аналізу сформульованих вимог визначається коло можливих систем електроприводу. При цьому слід враховувати досвід експлуатації та додаткові спеціальні вимоги. Так, на конвеєрах у вугільних кар'єрах використовується тільки асинхронний привод як у вітчизняній, так і в закордонній практиці, хоча в ряді випадків за своїми регульовальними характеристиками він не в повній мірі відповідає вимогам технології.

Остаточний вибір системи приводу здійснюється на підставі техніко-економічного порівняння варіантів. Для цього здійснюється порівняння технічних характеристик і економічних показників.

У даній роботі пропонується дати порівняльну оцінку вартості основного електрообладнання. При цьому загальні елементи порівнюваних варіантів з розгляду можна виключити.

Ціни на електрообладнання визначаються за відповідними ціниками.

3.5 Вибір елементів системи автоматизованого електропривода механізму

Роботи з даного розділу включають в себе розрахунок і вибір елементів силової частини схеми і вибір типових (якщо вони є) блоків апаратури керування і захисту.

До складу силової частини входить електродвигун, методика розрахунку і вибору якого для розглянутих механізмів наведена у розд. 2 справжніх методичних вказівок.

Якщо використовується тиристорний перетворювач, то його вибирають на підставі технічних характеристик електродвигуна, що використовують, і необхідних регульовальних властивостей.

Для узгодження швидкостей електродвигуна і механізму використовується редуктор, для вибору якого необхідно визначити передатне

число редуктора $i_p = \omega_{дв}/\omega_p$, де $\omega_{дв}$ - кутова швидкість електродвигуна; ω_p - кутова швидкість обертання на тихохідному валу редуктора.

Крім того, для вибору редуктора необхідно визначити момент на його тихохідному валу. З умови приведення моментів:

$$M_{m.p} = M_{дв.н} i_p \eta_n, \quad (92)$$

де $M_{дв.н}$ - номінальний момент обраного електродвигуна; η_n - ККД передачі (наближено можна прийняти $\eta_n = 0,85 \dots 0,9$).

За величинам $M_{m.p}$ та i_p відповідно до [5] вибирають редуктор.

Якщо використовується безредукторний електропривод, то це слід обґрунтувати з урахуванням його масо-габаритних характеристик.

Якщо в прийнятій системі привода використовується реостатне регулювання швидкості, то необхідно відповідно до відомих з курсу теорії електропривода методів розрахувати і вибрати пускові опори роторного (для асинхронного електродвигуна) або якірного ланцюга (для двигуна постійного струму) [9; 10].

Так, наприклад, процес визначення пускового реостата асинхронного двигуна з фазним ротором для турбомеханізму включає в себе наступні етапи: побудова природної механічної характеристики електродвигуна і реостатних характеристик з урахуванням режиму пуску, діапазону регулювання швидкості, обмеження динамічного моменту; розрахунок значень струму навантаження і опору резисторів як кожної ступені роторного реостата; вибір типових ящиків опорів.

Механічна характеристика двигуна будується на основі виразу:

$$M_{m.p} = \frac{2M_k}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}}. \quad (93)$$

Значення критичного моменту визначається з каталожних даних двигуна, де наводиться відношення $\lambda = M_k/M_n$. Номінальний момент

визначається за виразом (62), якщо в нього підставити номінальні потужність і швидкість обертання двигуна. Критичне ковзання знаходять за формулою:

$$S_k = S_n \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right), \quad (94)$$

де S_n - номінальне ковзання електродвигуна, яке визначається за паспортними даними двигуна.

Задаючись значеннями ковзання від нуля до одиниці, обчислюють за виразом (93) моменти, знаходячи точки природної механічної характеристики двигуна. Визначивши для значень ковзань відповідні їм швидкості обертання двигуна, будують його природну характеристику (рис. 3.1).

Робоча частина характеристики (відрізок O'V) може прийматися лінійною. Відповідно до даних методичних вказівок наноситься на цю ж площину механічна характеристика насоса (ON).

У зв'язку з тим, що задано регулювання швидкості насоса на величину $\Delta\omega_{\text{рег}}$ вниз від номінальної, крім основної робочої точки А з'явиться друга робоча точка А' з режимом тривалого навантаження.

Спочатку проводиться пускова характеристика через точку А'. Ця ж характеристика буде використана як регулююча. Далі будується пускова діаграма.

У відповідності із завданням необхідне обмеження динамічних зусиль при розгоні насоса, що задано граничним значенням динамічного моменту $M_{j,\text{доп}}$. Тому проводиться крива пікових моментів M_1 на відстані $M_{j,\text{доп}}$ від кривої M_c (див. рис. 3.1, крива UV) і лінія моментів перемикавання M_2 на відстані 5...10% від кривої M_c . Бажано, щоб точка M_1'' збігалася з точкою V, а точка M_1' - з точкою U. Однак це може бути і не виконано із-за того, що характеристика O'C повинна проходити через робочу точку А'. Ця

[illegible]

Відрізок ND за розміром пропорційний номінальному опору двигуна, а значення опорів окремих секцій - відрізкам, які відсікаються пусковими характеристиками на вертикалі ND. Номінальний опір обчислюється за роторним каталожними даними двигуна:

Тоді $R_1 = R_{\mu}GH / ND$; $R_2 = R_{\mu}HT / ND$ і т.п.

50

ведеться виходячи з короткочасного режиму роботи. Середньоквадратичний струм для кожної секції:

$$J_{\text{сер.кв.}} = \sqrt{\frac{J_{2i}^2 + J_{1i}^2}{2}}, \quad (96)$$

де $J_{2i} = J_{\text{рн}} M_{2i} / M_{\text{н}}$; $J_{1i} = J_{\text{рн}} M_{1i} / M_{\text{н}}$.

Значення моментів перемикання беруться для кожного ступеня з пускової діаграми (див. рис. 3.1), Тривалий струм для кожної секції:

$$J_{\text{трив.і}} = J'_{\text{сер.кв.1}} \sqrt{1 - e^{-\frac{t_p}{T}}}. \quad (97)$$

$J'_{\text{сер.кв.і}}$ знаходять з урахуванням тривалості і значення струму даної секції опору. Для першої секції:

$$J'_{\text{сер.кв.1}} = J_{\text{сер.кв.1}} t_p, \quad t_p = t_1. \quad (98)$$

Для другої секції:

$$J'_{\text{сер.кв.2}} = \sqrt{\frac{J_{\text{сер.кв.1}}^2 t_1 + J_{\text{сер.кв.2}}^2 t_2}{t_1 + t_2}}, \quad t_p = t_1 + t_2, \quad (99)$$

де t_p - час знаходження даної щаблі під струмом; T - постійна часу нагрівання опорів.

Час роботи на кожній секції визначається за формулою:

$$t_i = \frac{GD_{\text{пр}}^2}{38,2} \cdot \frac{n_0 (S_{\text{пик.і}} - S_{\text{пер.і}})}{\frac{M_{1i} + M_{2i}}{2} + M_{\text{с.срі}}}, \quad (100)$$

де $S_{\text{пик.і}}$ та $S_{\text{пер.і}}$ - ковзання, яке відповідає початку і кінцю роботи секції; $M_{\text{с.срі}}$ - середній статичний момент в межах цих ковзань.

Постійну часу нагріву опорів рекомендується прийняти орієнтовно для потужностей двигунів від 1 до 100 кВт в межах 60 ... 180 с.

Приведений до валу двигуна махових момент необхідно прийняти в межах $GD_{\text{пр}}^2 = (1,6 \dots 2,0) GD_{\text{дв}}^2$. незалежно від потужності двигуна. У разі застосування редуктора доля махового моменту, відповідна механізму

(перевищення над одиницею), повинна бути приведена до валу двигуна з урахуванням передатного числа.

За даними R_i та $J_{\text{трив.}i}$ по каталогу вибирають опори.

Для всіх секцій опорів, відповідних характеристиці О'А'С і вище (див. рис. 3.1), враховуючи, що вони можуть бути використані для роботи у тривалому режиму, величину тривалого струму визначають у відповідності з виразом:

$$J_i = J_{pn} M_i M_n. \quad (101)$$

(Наприклад, для точки А' $J_{A'} = J_{pn} M_{A'} M_n$).

За значеннями струму і опору вибирають по каталогу ящики опору і наводять схему комутації як всередині одного ящика, так і в межах всього реостата ротора.

З урахуванням параметрів живильної мережі вибирають автоматичні вимикачі, реверсори (для реверсивних електроприводів), теплові реле, засоби максимального струмового захисту, елементи вимірювальної апаратури (наприклад, для здійснення пуску асинхронного електродвигуна з контролем по струму та ін.)

При використанні типових панелей, шаф керування, пристроїв, блоків дається обґрунтування доцільності їх застосування та наводяться технічні характеристики. Наприклад, для електроприводу механізму пересування моста крана за своїми технічними характеристиками може бути використаний магнітний контролер типу К-250 з вбудованим захистом, для якого номінальний струм - 250 А, максимально-допустимий струм включення - 1100 А, кількість керованих електродвигунів - 1, маса - 315 кг.

3.6. Розробка схеми автоматизованого електроприводу механізму, вибір її елементів

Розробка схеми керування вимагає творчого підходу студента до вирішення цього завдання. На даному етапі роботи необхідно скомпонувати вже вибрані в п. 3 завдання елементи у вузли, визначити та реалізувати зв'язки між ними, прийняти самостійні рішення по окремих вузлах і елементах. Для впорядкування цієї роботи доцільно спочатку, виходячи з особливостей робочих режимів, сформульованих вимог та побудованих графіків руху, діаграм зусиль та ін., визначити перелік функціональних вузлів схеми. Потім виключити з нього вузли, реалізовані за допомогою типових блоків. Далі, побудувавши вузли, що залишилися, на типових елементах, здійснити компоновку всієї схеми.

На електричній принциповій схемі електроприводу зображують всі елементи його пристроїв, вузлів і їх функціональних частин, необхідних для контролю заданих статичних і динамічних процесів електропривода, всі необхідні електричні й електромагнітні зв'язки між ними, а також електричні елементи, якими закінчуються вхідні і вихідні ланцюги.

Крім цього, у схемі мають бути передбачені відповідні захисти двигуна і ланцюгів управління, блокування, сигналізація, а також елементи, що дозволяють здійснити налаштування окремих вузлів і налагодження схеми в цілому.

Схема виконується у відповідності з нормами ЄСКД по ГОСТ 2702-75; ГОСТ 2721-74; ГОСТ 2755-87 і входить до складу пояснювальної записки.

Розробляється специфікація на обладнання, що використовується, й елементи схеми автоматизованого електроприводу, яка наводиться в додатку до курсової роботи.

3.7. Розробка схеми електричної з'єднань

Схема електрична з'єднань (монтажна) розробляється на підставі схеми електричної принципової, для повної схеми або її частини (за вказівкою керівника).

Для виконання цього необхідно провести маркування принципової схеми і потім у відповідності з методикою, викладеною в [3, с. 190-202; II, с. 305-350], зробити компоновку елементів на схемі з'єднань і визначити їх зв'язки.

Для правильного виконання даного пункту завдання попередньо слід вивчити правила виконання схем з'єднань, порядок розташування елементів, зображення їхніх виводів, особливості ви креслення ліній зв'язків, адресний метод.

Схема виконується у відповідності до вимог ЄСКД і наводиться у пояснювальній записці у відповідному розділі.

3.8. Висновок по роботі

У цьому розділі наводяться основні результати, отримані в процесі виконання курсової роботи, узагальнення, рекомендації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коренькова Т.В., Гладир А.І., Алексеева Ю.А. Практикум та тестові завдання з автоматизованого електропривода типових промислових механізмів: навчальний посібник. – Кременчук, 2014. - 192 с.
2. Коренькова Т.В., Сердюк О.О., Ковальчук В.Г. Режимы работы насосных та вентиляторных установок із автоматизованим електроприводом: навчальний посібник. – Кременчук, 2014. - 167 с.
3. Дроздова Л.Г. Стационарные машины и установки. – Владивосток, 2007. (ДВПИ им. В.В. Куйбышева). - 205 с.
4. Белов М.П., Новиков А.Д., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов.- Москва, изд. центр “Академия”, 2007. - 576 с.
5. Лимонов Л.Г. Автоматизированный электропривод промышленных механизмов. – Харьков, изд. “Форт”, 2009. - 272 с.
6. Ромакин Н.Е. Конструкция и расчет конвейеров. Справочник. Из-во “ТНТ”, 2011. - 503 с.
7. Болотковский С.А. и др. Типовой электропривод промышленных установок. - К.: Выща шк., 1983. - 312 с.
8. Есаков В.П. Электрооборудование и электропривод промышленных установок. - К.: Выща шк., 1981. - 248 с.
9. Кыачев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1980. - 359 с.
10. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1976. - 488 с.
11. Чернега В.И., Мацуренко И.Я. Краткий справочник по грузоподъемным машинам. - К.: Тэхніка. - 1938. - 302 с.
12. Алексеев Ю.В., Богословский А.П., Певэвр Е.М. и др. Крановое электрооборудование: Справочник, - М.: Энергия, 1979. - 238 с.

13. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов. М.: Энергия, 1972. - 240 с.
14. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А.Елисеева, А.В.Шинчнского. - М.: Энергоиздат, 1983. - 616 с.
15. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателя в электроприводе. - М.: Энергия, 1974. - 568 с.
16. Андреев В.П., Собинин Ю.А. Основы электропривода. - М.: Госэнергоиздат, 1963. - 772 с.
17. Ключев А.С. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. - М.; Энергия, 1980, - 512 с.
18. Ключев А.С. и др. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. - М.: Энергия, 1977. - 296 с.

Варіанти завдань по курсовій роботі

Ліфтові підйомні установки

Номер варіанта	Про- дуктив- ність, А/ч, т/ч	Вантажо- підйом- ність, $Q_{п}$, кг	Маса Підйом- ного сосуду m_0 , кг	Висота підйому Н, м	Задане приско- рення а, м/с ²	Вага підйом- ного канату q_k , кг/м	Пере- датне число редуктора i_p	ККД η_m
1	100	1000	1600	27	1,0	3,6	31,5	0,7
2	140	1000	1680	16	1,3	3,7	20	0,7
3	80	500	1110	31	1,1	2,08	25	0,7
4	40	370	840	22	1,6	1,2	40	0,7
5	92	1000	1720	25	0,8	4,2	16	0,75
6	72	320	790	19	1,4	1,5	28	0,7
7	56	500	1050	21	1,3	2,4	22,4	0,6
8	70	500	1210	28	0,9	2,32	50	0,71
9	120	1000	1750	15	1,2	4,5	18	0,78
10	50	320	680	24	1,25	1,05	40	0,7
11	85	500	1140	12	1,15	2,4	25	0,66
12	45	320	740	20	0,95	1,56	16	0,7
13	110	1000	1580	17	1,5	3,96	20	0,7
14	81	1000	1620	36	1,8	4,26	22,4	0,65
15	80	500	1080	18	0,98	3,48	25	0,62
16	125	1000	1800	22	1,3	4,8	31,5	0,7
17	100	320	810	14	1,1	1,5	28	0,68
18	71	500	990	19	1,05	1,8	16	0,66
19	92	1000	1700	26	1,45	4,62	25	0,65

Завдання

до курсової роботи на тему «Електропривод шахтної підйомної установки»

П ПУ Варіант	Вид ШПУ	Вид діаграми швидкості	Глибина шахти Н, м	Продуктивність А, т/год (чол/год)	Число змін на добу	Число роб. днів у році	Матеріал, що транспортується
1	Скіпова	6-періодна	500	800000	2	307	вугілля
2	Клітьова	5-періодна	600	320	2	307	люди
3	Клітьова	6-періодна	550	300	2	307	люди
4	Скіпова	7-періодна	800	350000	2	307	мідна руда
5	Скіпова	6-періодна	700	600000	2	307	мідна руда
6	Клітьова	5-періодна	850	250	2	307	люди
7	Клітьова	5-періодна	650	200	2	307	люди
8	Скіпова	7-періодна	850	700000	2	307	вугілля
9	Скіпова	6-періодна	900	650000	2	307	залізна руда
10	Скіпова	6-періодна	750	800000	2	307	залізна руда
11	Клітьова	6-періодна	450	300	2	307	люди
12	Клітьова	5-періодна	600	280	2	307	люди
13	Скіпова	6-періодна	1000	850000	2	307	вугілля
14	Скіпова	6-періодна	650	900000	2	307	мідна руда
15	Скіпова	7-періодна	700	720000	2	307	вугілля
16	Клітьова	6-періодна	700	260	2	307	люди
17	Клітьова	5-періодна	800	280	2	307	люди
18	Клітьова	6-періодна	1000	240	2	307	люди
19	Скіпова	5-періодна	900	260	2	307	люди
20	Скіпова	5-періодна	750	750000	2	307	вугілля

Механізми пересування підйомного крана

Номер варіанта	Номінальна вантажो- підйомність $G_{ном}, Н$	Кількість Включень $h, 1/ч$	Трива- лість ТВ, %	Номінальна швидкість пересування $V_{ном}, м/с$	Прискорення, що задається $a, м/с^2$	Вага моста $G_M, Н$	Вага візка $G_B, Н$	Передатне число i_p	Діаметр ходового колеса $D_k, м$	Діаметр цапфи $d_{ц}, м$	ККД η_m
1	107800	120	30	1,4	0,35	274400	34300	15	0,6	0,08	0,8
2	30000	120	35	2,0	0,4	40000	3500	10	0,35	0,08	0,8
3	117600	110	35	1,5	0,4	196000	29400	10	0,4	0,08	0,8
4	2000	100	22	1,8	0,2	24000	1100	11	0,3	0,08	0,75
5	83300	60	25	1,2	0,3	274400	31360	10	0,4	0,08	0,8
6	78400	60	23	1,1	0,25	196000	25600	12	0,5	0,08	0,8
7	2000	44	22	2,0	0,2	24000	7840	8	0,4	0,08	0,8
8	25000	100	30	2,1	0,2	32000	1200	15	0,6	0,08	0,8
9	74500	60	25	0,9	0,25	176400	29400	15	0,6	0,08	0,8
10	115000	60	35	1,5	0,4	284200	35300	15	0,6	0,08	0,8
11	98100	100	25	2,0	0,2	284200	29400	10	0,6	0,08	0,8
12	10000	80	45	1,7	0,48	20000	4000	10	0,8	0,08	0,8
13	22000	60	22	1,8	0,2	25000	4200	10	0,8	0,08	0,8
14	123500	120	33	1,6	0,45	284200	29400	10	0,8	0,08	0,8
15	200000	40	20	1,5	0,2	320000	8000	10	0,8	0,08	0,8
16	102900	52	33	1,6	0,45	284000	29400	10	0,8	0,08	0,8
17	14700	60	45	2,7	0,2	21560	4900	15	0,6	0,08	0,8
18	80300	100	30	1,5	0,4	196000	39200	11	0,5	0,08	0,8
19	98000	60	35	1,0	0,25	245000	29400	12	0,5	0,08	0,8

Стрічкові конвеєри

Номер варіанта	Продук- тивність Π , кг/год	Швидкість руху стрічки v , м/с	Маса стрічки m_0^* , кг	Кут обхвату приводного барабану α_{Π} , град	Кут обхвату натяжного барабану α_H , град	Довжини прямолінійних ділянок конвеєра, м				Кути нахилу прямолінійних ділянок				Допустиме прискорення $\alpha_{доп}$, м/с ²
						l_{12}	l_{34}	l_{56}	l_{78}	β_{34}	β_{56}	β_{12}	β_{78}	
2	60000	0,75	10	210	180	0,8	80	78	3	15	15	30	0	0,35
4	65000	0,8	10	200	180	1,2	90	50	5	10	10	35	0	0,4
6	82000	1,0	12	220	180	0,9	60	58	2	20	20	40	0	0,3
8	9000	0,9	12	190	180	1,4	110	106	3	25	25	28	0	0,5
10	12000	0,85	10	215	180	1,1	70	67	3	30	30	33	0	0,42
12	15000	1,2	14	220	180	1,8	150	143	5	20	20	40	0	0,5
14	17000	1,4	12	230	180	1,0	124	120	4	22	22	45	0	0,4
16	16000	1,3	10	210	180	1,2	115	110	3	18	18	30	0	0,45
18	10500	1,1	11	200	180	0,8	95	92	5	21	21	36	0	0,35
20	9500	1,0	10	190	180	0,9	160	156	4	20	20	34	0	0,3
22	8500	1,05	10	200	180	1,0	180	174	6	15	15	32	0	0,4
24	8000	0,75	10	210	180	1,1	210	201	8	25	25	36	0	0,35
26	7600	0,9	11	195	180	0,85	135	100	12	24	24	30	0	0,4
28	7000	1,0	12	200	180	1,3	100	95	3	10	10	33	0	0,3
30	6700	0,9	11	220	180	1,2	190	184	4	12	12	37	0	0,35
32	5600	0,7	10	210	180	1,0	60	58	4	11	11	35	0	0,3
34	5000	0,9	10	200	180	1,4	70	64	3	26	26	30	0	0,35
36	20000	0,8	10	220	180	0,9	135	130	4	20	20	36	0	0,4
38	30000	0,9	11	210	180	1,0	140	135	4	16	16	35	0	0,3
40	40000	0,75	10	220	180	0,8	165	159	5	22	22	40	0	0,35

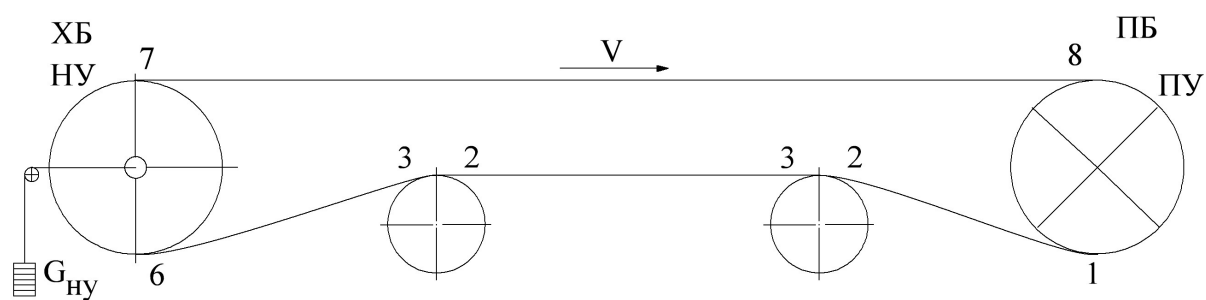


Схема 1

Параметри конвеєра	Варіанти завдання				
	1	2	3	4	5
Π , кг/год	40000	25000	11000	9500	30000
v , м/с	1,1	1,0	0,9	0,7	1,3
m_0^* , кг	14	12	10	11	13
α_{Π} , град	200	200	200	200	200
α_H , град	200	200	200	200	180
l_{12} , м	5	5	5	5	5
l_{34} , м	443	714	593	343	400
l_{56} , м	4	4	4	4	4
l_{78} , м	450	720	600	350	390
β_{12}	30	35	31	33	34
β_{34}	0	0	0	0	0
β_{56}	30	35	31	33	34
β_{78}	0	0	0	0	0
α_{don} , м/с ²	0,3	0,4	0,35	0,5	0,4

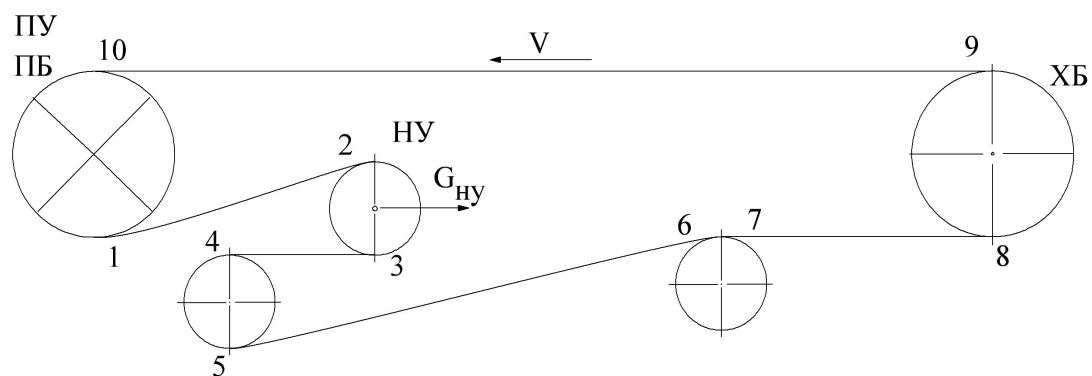


Схема 2

Параметри конвеєра	Варіанти завдання				
	1	2	3	4	5
Π , кг/год	20000	18000	8000	10000	15000
v , м/с	1,6	1,2	0,9	1,0	1,4
m_0^* , кг	10	11	10	12	11
α_{Π} , град	210	210	210	210	210
α_H , град	180	180	180	180	180
l_{12} , м	4	5	3	4	4
l_{34} , м	4	4	3	3	3
l_{56} , м	60	70	65	75	75
l_{78} , м	175	122	130	140	190
l_{910} , м	240	190	210	220	270
β_{12}	34	35	33	41	41
β_{34}	0	0	0	0	0
β_{56}	20	20	15	25	25
β_{78}	0	0	0	0	0
β_{910}	0	0	0	0	0
α_{don} , м/с ²	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5

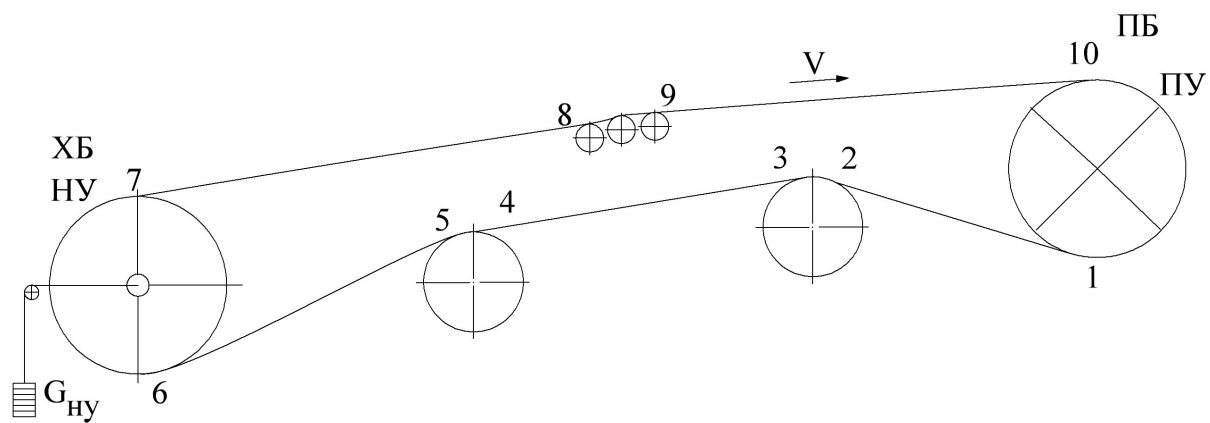


Схема 3

Параметри конвеєра	Варіанти завдання				
	1	2	3	4	5
Π , кг/год	22800	22100	33200	27800	20000
v , м/с	0,75	0,8	1,0	0,9	0,8
m_0^* , кг	10	11	11	10	11
α_{II} , град	210	200	210	205	200
α_H , град	195	200	192	198	180
l_{12} , м	5	3	4	5	5
l_{34} , м	348	320	210	290	352
l_{56} , м	11	10	12	11	10
l_{78} , м	180	160	150	200	190
l_{910} , м	180	170	160	190	180
β_{12}	30	32	38	40	30
β_{34}	15	15	15	15	15
β_{56}	35	40	35	40	35
β_{78}	25	20	21	22	25
β_{910}	15	12	16	18	15
α_{don} , м/с ²	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4

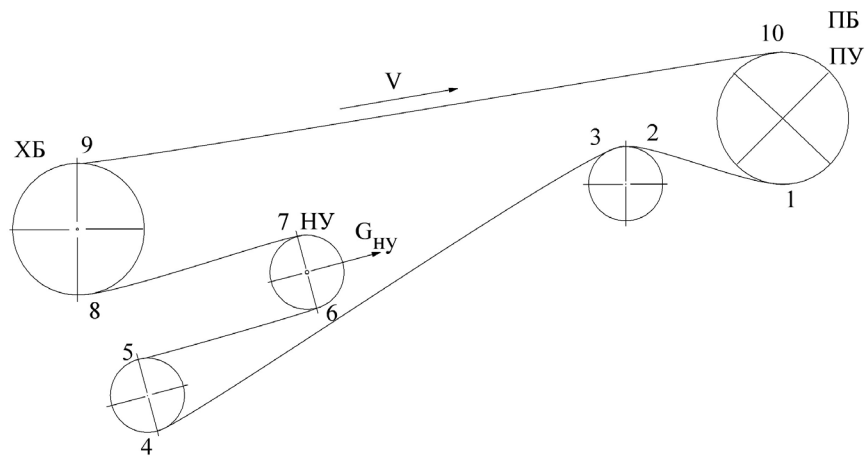


Схема 4

Параметри конвєсра	Варіанти завдання				
	1	2	3	4	5
Π , кг/год	10500	12500	14000	8500	9500
v , м/с	1,2	1,1	1,0	0,8	1,0
m_0^* , кг	10	12	11	10	11
α_{Π} , град	210	210	210	210	190
α_H , град	180	180	180	180	180
l_{12} , м	4	5	3	6	6
l_{34} , м	812	741	890	669	730
l_{56} , м	7	6	8	7	6
l_{78} , м	6	5	7	6	6
l_{910} , м	820	750	900	680	720
β_{12}	35	40	37	42	0
β_{34}	40	38	41	35	37
β_{56}	15	12	21	18	20
β_{78}	15	12	21	18	20
β_{910}	15	12	21	18	20
$\alpha_{\partial on}$, м/с ²	0,35	0,4	0,5	0,41	0,5

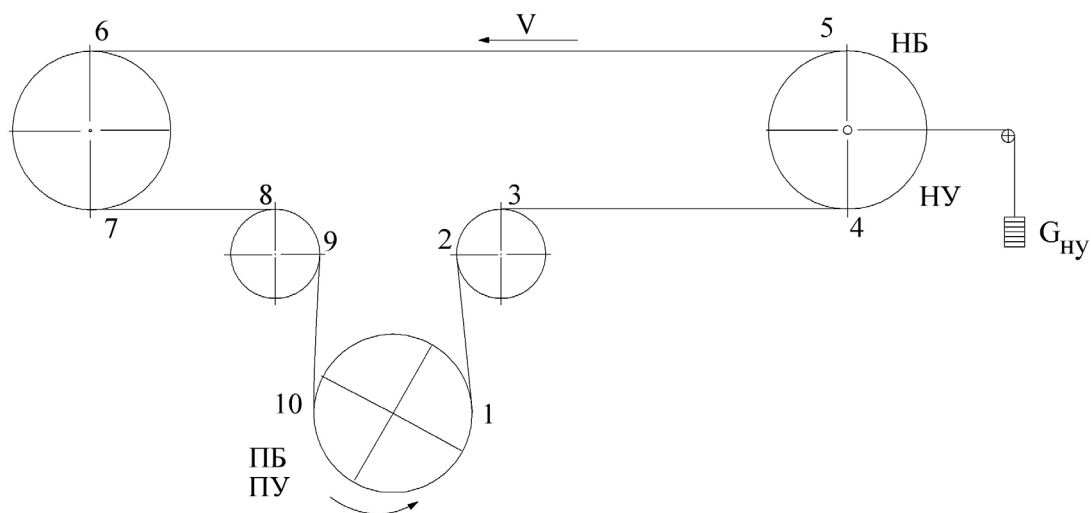


Схема 5

Параметри конвеєра	Варіанти завдання					
	1	2	3	4	5	6
Π , кг/год	8000	7500	9000	6000	11000	8500
v , м/с	1,5	1,3	1,0	0,9	1,1	1,4
m_0^* , кг	12	10	13	9	15	14
α_{Π} , град	180	180	180	180	180	180
α_H , град	180	180	180	180	180	180
l_{12} , м	7	6	8	7	5	4
l_{34} , м	641	540	388	439	289,5	491
l_{56} , м	650	550	400	450	300	500
l_{78} , м	5	6	8	7	6,5	8
l_{910} , м	7	6	8	7	5	4
β_{12}	102	96	94	100	101	90
β_{34}	0	0	0	0	0	0
β_{56}	0	0	0	0	0	0
β_{78}	0	0	0	0	0	0
β_{910}	87	86	88	87	85	90
$\alpha_{дон}$, м/с ²	0,5	0,4	0,3	0,35	0,42	0,5

Завдання

до курсової роботи на тему «Електропривод підвісного ланцюгового конвеєра» (рис. Д1)

Варіант \ ПК	G , кг	Розміри деталей, мм	P , од/год	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_5 , м	l_7 , м	l_8 , м	l_{10} , м	l_{11} , м	l_{12} , м	l_{14} , м	h_1 , м	h_2 , м
1	20	300×250×200	1400	20	7	20	4	10	89	10	7	30	100	3	3
2	30	350×200×150	1500	20	8	20	4	10	104	15	8	25	115	4	4
3	40	400×300×200	1450	45	9	20	4	10	114	25	9	40	125	5	5
4	50	450×350×200	1300	35	10	20	4	10	129	20	10	35	140	6	6
5	60	480×360×250	1450	39	7	20	4	10	109	14	7	45	120	3,5	3,5
6	35	550×350×200	1600	60	8	20	4	10	149	30	8	50	160	4,5	4,5
7	45	550×300×230	1550	39	10	20	4	10	169	21	10	38	180	6	6
8	25	280×200×180	1650	74	9	20	4	10	119	32	9	42	130	5,5	5,5
9	15	250×180×150	1800	25	11	20	4	10	124	27	11	28	135	7	7
10	55	460×300×250	1700	47	12	20	4	10	139	35	12	32	150	8	8

Кут повороту на вигині – 35°

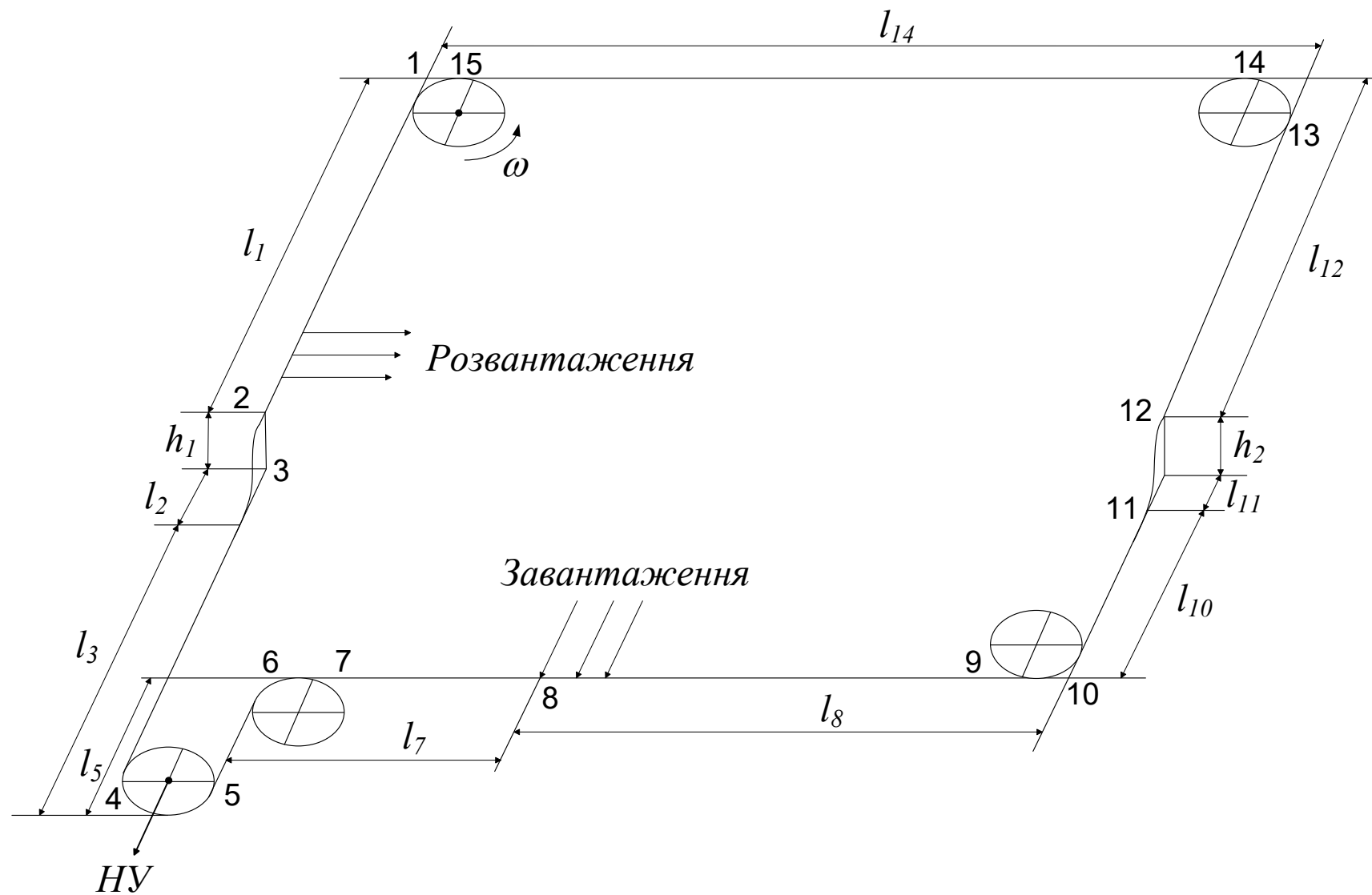


Рис. Д1

Завдання

до курсової роботи на тему «Електропривод підвісного ланцюгового конвеєра» (рис. Д2)

Варіант \ ПК	G , кг	Розміри деталей, мм	P , од/год	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_5 , м	l_7 , м	l_8 , м	l_{10} , м	l_{11} , м	l_{12} , м	l_{13} , м	l_{14} , м	l_{16} , м	h_{12} , м	h_{14} , м	H_2 , м
1	45	450×300×250	1300	61	10	16	4	10	99	12	7	14	8	40	110	3	4	7
2	30	400×300×200	1400	63	10	23	4	10	79	19	7	20	8	38	90	3	4	7
3	28	350×200×150	1500	62	10	28	4	10	74	24	7	22	8	35	85	3	4	7

Кут повороту на вигині – 35°

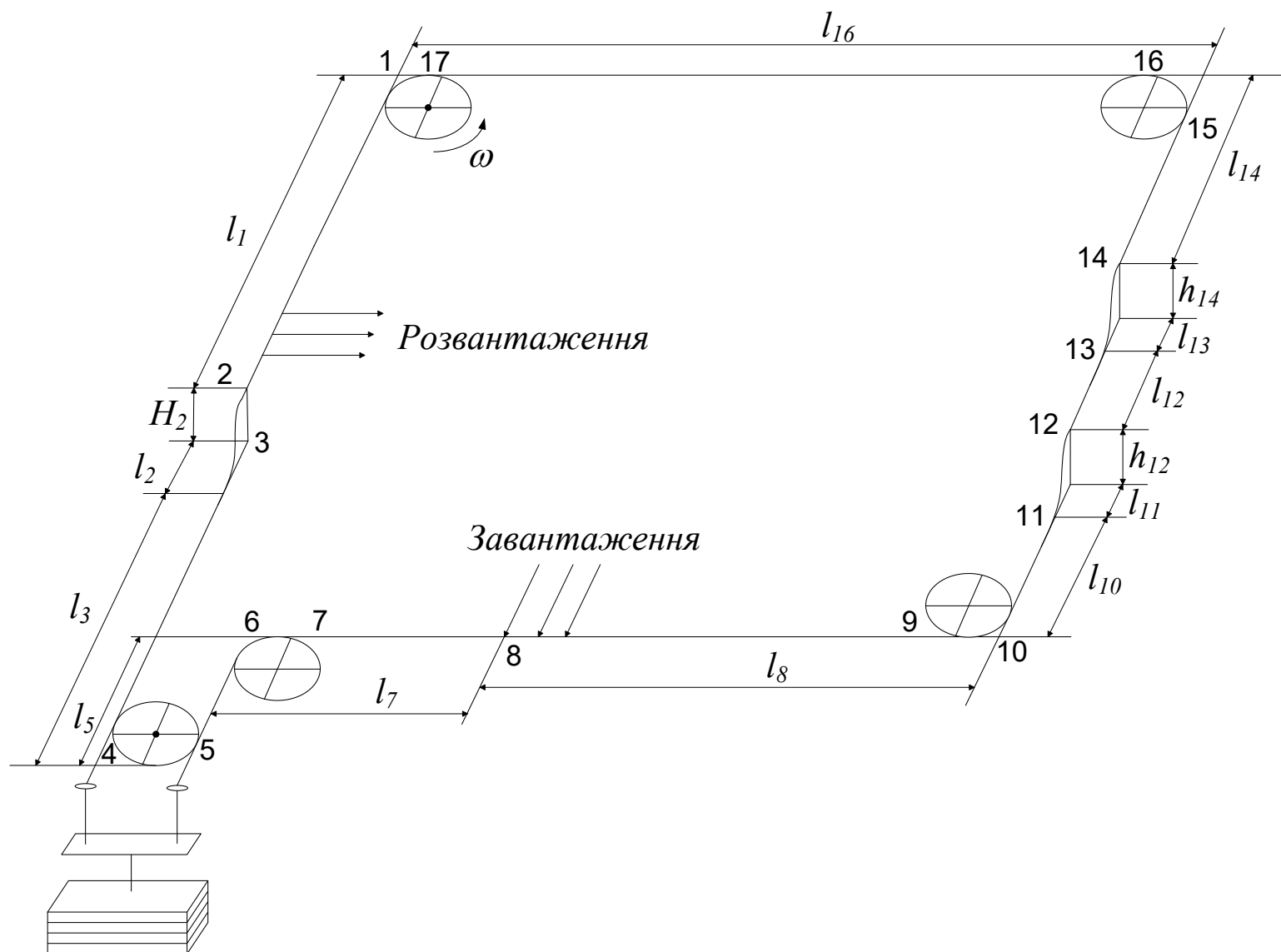


Рис. Д2

Завдання

до курсової роботи на тему «Електропривод підвісного ланцюгового конвеєра» (рис. Д3)

Варіант \ ПК	G , кг	Розміри деталей, мм	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м	l_5 , м	l_6 , м	l_9 , м	l_{10} , м	l_{11} , м	l_{12} , м	l_{13} , м	l_{14} , м	l_{15} , м	l_{17} , м	h_1 , м	h_2 , м	h_3 , м	h_4 , м
1	20	300×200×150	30	7	8	7	26	4	10	80	10	7	20	7	30	91	3	3	3	3
2	25	350×200×200	25	8	8	8	36	4	10	90	15	8	22	8	28	101	4	4	4	4
3	30	400×300×250	36	10	8	8	30	4	10	100	20	8	24	10	26	111	6	4	4	6
4	35	450×400×200	23	7	8	10	32	4	10	120	17	10	18	7	24	131	3	6	6	3
5	40	360×300×200	22	8	8	8	28	4	10	110	16	8	16	8	22	121	4	4	4	4
6	45	280×240×150	24	10	8	7	27	4	10	130	21	7	14	10	20	141	6	3	3	6
7	50	400×300×250	33	7	8	8	34	4	10	140	14	8	25	7	32	151	3	4	4	3
8	25	300×240×120	47	8	8	7	29	4	10	125	19	7	27	8	34	136	4	3	3	4
9	20	280×250×130	38	10	8	7	30	4	10	135	20	7	21	10	31	146	6	3	3	6
10	30	300×220×110	37	12	8	7	32	4	10	150	12	7	31	12	30	161	8	3	3	8

Кут повороту на вигині – 35°

Турбомеханізми

Номер варіанта	Напір Н, м	Продуктивність Q, м ³ /с	Рідина, що нагнітається	Динамічний момент М, % не більше	Регулювання швидкості вниз від номінальної $\Delta\omega_{рег}$, %
1	5	1,0	Вода	80	22
2	8	9,9	Вода	75	18
3	14	1,5	Вода	75	20
4	11	3,0	Нафта	73	18
5	5	4,0	Нафта	75	16
6	16	0,5	Нафта	78	20
7	8	1,7	Гас	75	18
8	14	2,2	Гас	73	22
9	18	2,1	Гас	78	14
10	7	3,2	Ацетон	80	15
11	9	2,3	Ацетон	75	20
12	12	2,7	Ацетон	85	16
13	13	0,9	Вода	86	20
14	16	0,6	Вода	80	15
15	8	3,2	Вода	78	22
16	24	2,6	Вода	75	18
17	19	0,6	Гас	77	15
18	10	2,4	Гас	80	16
19	6	1,7	Гас	83	20
20	12	0,7	Гас	78	18