

Тема 5.3.3. Динаміка підйомної установки

План заняття:

5.3.3.1. Рівняння динаміки М. Федорова

5.3.3.2. Приведена вага всіх рухомих частин підйомальної установки

5.3.3.3. Рухаючи зусилля

5.3.3.4. Рушійні зусилля (F) у характерних точках триперіодної трапецеїдальної діаграми швидкості

Основне динамічне рівняння академіка М. М. Федорова для систем з органами навивання постійного радіусу

$$F = (kQ_k - (H - 2h_x)(q - p))g + m_n a \quad (1)$$

де k – коефіцієнт опору повітря, $k = 1,2$ для кліткових установок і $k = 1.15$ для скіпових установок; q – лінійна маса врівноважного каната; m_n – приведена вага всіх рухомих частин підйомальної установки, доведена до кола навивки канату

$$m_n = Q_k + 2Q_c + 2L_{пк} p + L_{вк} q + 2m'_{шш} + m'_б + m'_{зп} + m'_р, \quad (2)$$

де $L_{пк}$ і $L_{вк}$ – довжина підйомального канату одноканатної установки;

$$L_{пк} = H' + h_k + \frac{\pi D_{шш}}{2} + L_c + n_{вт} \pi D_б + l_u, \text{ м}, \quad (3)$$

При установці з ведучим шківом тертя замість двох підйомальних канатів є один довжиною

$$L_{пк} = H + 2h_{в.к.} + 2 \frac{\pi D_{шш}}{2} + 2L_c + \frac{\pi D_{ш.м.}}{2}, \text{ м} \quad (4)$$

$h_{в.к.}$ – відстань від верхньої приймальної площадки до осі напрямного шківа;

H' – відстань від нижньої приймальної площадки до рівня земної поверхні.

Довжина врівноважуючого канату

$$L_{вк} = H + 30 \quad (5)$$

де 30 – орієнтовна довжина канату на утворення петлі в зумпфе ствола і закріплення канату до підйомальних сосудів;

$m'_{шш}$, $m'_б$, $m'_{зп}$, $m'_р$ – приведені маси направляючого шківа, барабана, редуктора, ротора двигуна, які визначаються за формулою

Наведена маса напрямного шківа

$$m'_{ш.ш} = \frac{(GD^2)_{ш.ш}}{gD^2_б} \quad (6)$$

Наведена маса барабана

$$m'_б = \frac{(GD^2)_б}{gD^2_б} \quad (7)$$

Наведена маса редуктора

$$m'_{з.п} = \frac{(GD^2)_{з.п}}{gD^2_б} \quad (8)$$

Наведена маса роторів

$$m'_p = 2 \frac{(GD^2)_p}{gD^2_B} i^2 \quad (9)$$

Для визначення наведеної ваги ротора асинхронного двигуна находим:

1) орієнтовна потужність підйомного двигуна для установок з двома сосудів

$$N_{o.p.} = \frac{kQ_{II}Hg}{1000T\eta_{II}} \rho \quad (10)$$

Також для систем з противагою

$$N_{o.p.} = \frac{(k-0,5)Q_{II}Hg}{1000T\eta_{II}} \rho \quad (11)$$

ρ - коефіцієнт динамічного режиму установки, який враховує динамічне навантаження.

$\rho = 1,5 \dots 1,6$ - для установки з неперекидними клітьями;

$\rho = 2,2 \dots 2,6$ - для установки з перекидними клітьями;

$\rho = 1,3 \dots 1,4$ - для установки з неперекидними скіпами;

$\rho = 1,4 \dots 1,8$ - для установки з перекидними скіпами;

$\rho = 1,2 \dots 1,3$ - для скіпових багатоканатних установок.

2) частоту обертання двигуна n (об/хвилину);

$$n = \frac{60v_{max}}{\pi \cdot D_6} \cdot i \quad (12)$$

3) за відомими показниками $N_{op.}$ та n за каталогом обирається двигун;

Підйомна система без рівноважного канату ($g=0$). Відповідно до рівняння Федорова

$$F = [kQ_{II} + (H - 2h_x) \cdot p]g \pm m_{np.} a, H \quad (13)$$

Рухаючи зусилля (H) в характерних точках триперіодної трапецідальної діаграми швидкості:

на початку підйомальної операції

$$F_1 = [kQ_{II} + H \cdot p]g + m_{np.} a_1, H$$

в кінці прискореного руху

$$F_2 = [kQ_{II} + (H - 2 \cdot h_1) \cdot p]g + m_{np.} a_1, H$$

на початку рівномірного руху

$$F_3 = [kQ_{II} + (H - 2 \cdot h_1) \cdot p]g, H$$

в кінці рівномірного руху

$$F_4 = [kQ_{II} + (H - 2 \cdot (h_1 + h_2) \cdot p]g, H$$

на початку уповільненого руху

$$F_5 = [kQ_{II} + (H - 2 \cdot (h_1 + h_2) \cdot p]g - m_{np.} a_3, H$$

в кінці підйомальної операції

$$F_6 = [kQ_{II} - H \cdot p]g - m_{np.} a_3, H$$

Підйомна система з рівноважним канатом, що врівноважує ($q = p$), відповідно основне динамічне рівняння такої системи

$$F = kQ_n g + m_n a \quad (14)$$

Тут зміна довжини виска (отвес) підйомного каната не пов'язана з величиною рушійного зусилля, так як вплив підйомного каната усувається рівноважним врівноважним канатом.

Рушійні зусилля (F) у характерних точках триперіодної трапецеїдальної діаграми швидкості:

на початку та наприкінці прискореного руху

$$F_1 = F_2 = kQ_n g + m_n a_1, \text{ Н}$$

на початку та наприкінці рівномірного руху

$$F_3 = F_4 = kQ_n g, \text{ Н}$$

на початку та наприкінці уповільненого руху

$$F_5 = F_6 = kQ_n g - m_n a_3, \text{ Н}$$

При цій системі рушійні зусилля протягом усього періоду уповільненого руху можуть дорівнювати нулю. Якщо позитивні рушійні зусилля вказують на необхідність працювати двигуном, а негативні - гальмом, то при рушійних зусиллях, рівних нулю, не буде місця робота двигуном або гальмом. При цьому рух підйомних судин у третьому періоді діаграми швидкості відбуватиметься за рахунок сил інерції, що називається вільним вибігом. Робота з вільним вибігом може бути досягнута під час уповільнення:

$$a_3 = \frac{kQ_n}{m_n} \quad (15)$$

У зв'язку з неможливістю абсолютно точного дозування завантаження підйомної судини він може зупинитися нижче або вище приймального майданчика. І в одному і в іншому випадку необхідне додаткове включення двигуна, що збільшує тривалість підйомної операції, тому робота з вільним вибігом практично не застосовується.

При підйомній системі з важким врівноважним канатом [$(g-p) > 0$] рушійні зусилля в характерних точках діаграми швидкості визначаються аналогічно до визначення зусиль при системі без врівноважного каната. При цьому зміна статичного зусилля $F_{ст}$ зобразиться висхідною прямою – статично переврівноважена підйомна система, необхідність якою виникає в установках зі шківками тертя на шахтах малої глибини.

У підйомних системах з перекидними судинами на початку підйомної операції порушується врівноважування власних мас судин, оскільки кузов судини, що опускається, в цей момент спирається на розвантажувальні криві і лише частково навантажує канат. Тому зусилля (Н) на початку підйомної операції

$$F_n = [kQ_n + k_y Q_c + (pq) H] g + m_n a', \quad (16)$$

де $k_y = 0,35$ - коефіцієнт, який враховує порушення врівноважування.

Аналогічно наприкінці підйомної операції

$$F_n = [(k-1) Q_n - k_y Q_c - (pq) H] g - m_n a'' \quad (17)$$

Зміна рушійних зусиль під час руху ролика підйомної судини по розвантажувальним кривим досить складно, оскільки змінюватиметься ступінь порушення врівноважування власної ваги судин (коефіцієнт k_y). Для простоти приймають, що зусилля у період змінюються згідно із законом прямої лінії.

Потужність (кВт) на валу підйомного двигуна у будь-який момент руху підйомних судин

$$N_x = \frac{F_x v_x}{1000 \eta_n} \quad (18)$$

При негативних значеннях зусиль η має бути перенесений з знаменника в чисельник.

За формулою (18) визначають потужності у характерних точках діаграми швидкості і потім будують діаграми потужностей на валу підйомного двигуна, які зображені на рис. 5.3.1. Штриховими лініями показана зміна потужності у третій період діаграми швидкості за позитивних зусиль. Максимальна потужність (пік потужності) буде до кінця періоду прискореного руху, що обумовлюється максимальним зусиллям в цей час і максимальною швидкістю підйомних судин.

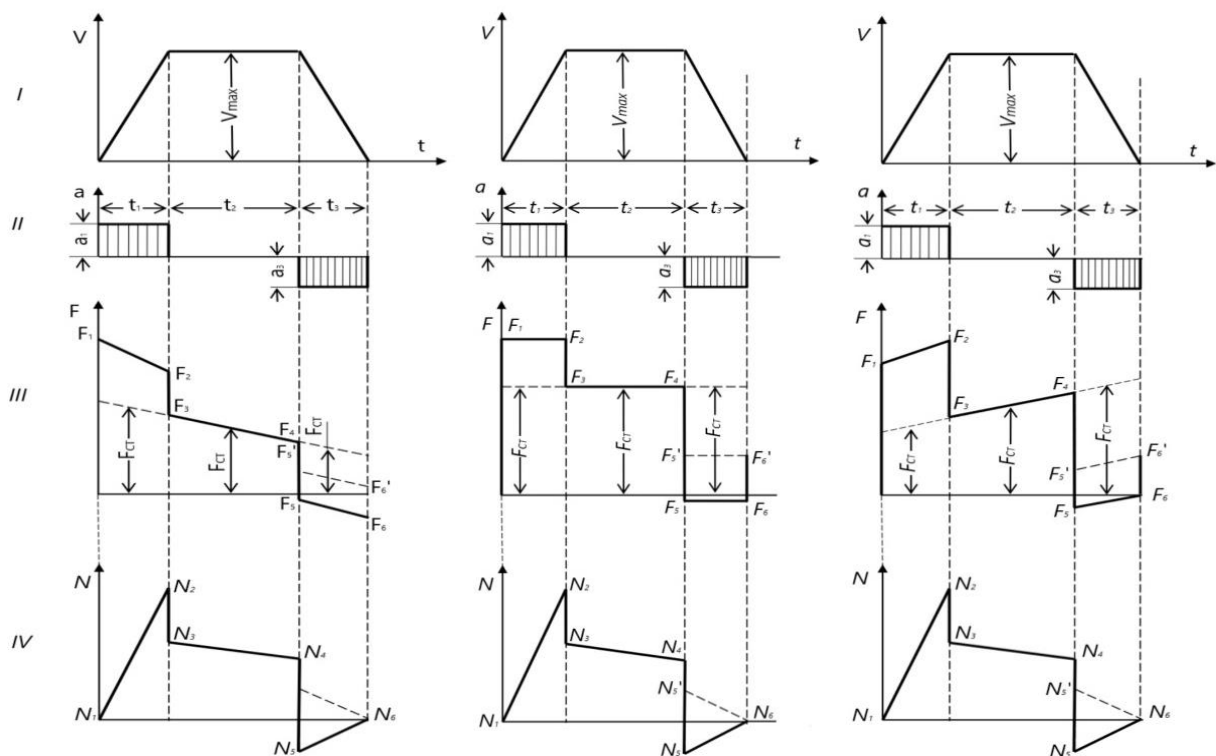


Рис.5.3.1. – Діаграми піднімальних систем з органами навівання постійного радіусу:

I – швидкості; II – прискорення; III – рушійних зусиль; IV – потужності на валу двигуна.

Діаграма зусиль і потужностей побудована на рис. 102, будується згідно рівняння

$$N_x = \frac{F_x v_x}{\eta_n} . \quad (19)$$

Еквівалентне зусилля для кліткових установок

$$F_{екв} = \sqrt{\frac{(F_1^2 + F_1 F_2 + F_2^2) \frac{t_1}{3} + (F_3^2 + F_3 F_4 + F_4^2) \frac{t_2}{3} + (F_5^2 + F_5 F_6 + F_6^2) \frac{t_3}{3}}{T'_n}} , \quad (20)$$

$$T'_n = k_{y.d}(t_1 + t_3) + t_2 + k_n t_n \quad (21)$$

де по даних акад. М. М. Федорова $k_{y.d} = 1$ і $k_n = 0,38$, які враховують погіршення умов охолодження під час прискореного і сповільненого руху.

Еквівалентне зусилля в загальному випадку для всіх діаграм

$$F_{екв} = \sqrt{\frac{\Sigma F^2 t}{T'_n}} . \quad (22)$$

Еквівалентна потужність

$$N_{екв} = \frac{F_{екв} v_{max}}{\eta_n} . \quad (23)$$

Контрольні питання до теми 5.4:

- 5.4.1. Як визначається час руху підйимальної операції?
- 5.4.2. Як визначається максимальна швидкість руху підйимальних посудин?
- 5.4.3. Які діаграми застосовують для кліткових підйимальних установок?
- 5.4.4. Які діаграми застосовують для скіпових підйимальних установок?
- 5.4.5. Як визначається еквівалентне зусилля і потужність?