

КІНЕМАТИКА ПІДЙОМНИХ СИСТЕМ ІЗ ПОСТІЙНИМ РАДІУСОМ НАВИВКИ КАНАТА

Приклади розрахунків

3.25. Розрахувати елементи триперіодної трапецеїдальної діаграми швидкості та побудувати в масштабі цю та відповідну їй діаграми прискорень, якщо шлях підйому $H=250$ м; розрахункова тривалість однієї підйомної операції $T_p = 45$; пауза між підйомними операціями $t_{\Pi} = 50$; діаметр барабана $D_6 = 5$ м; коефіцієнт резерву продуктивності підйомної установки $C = 1,5$.

Рішення. Модуль прискорень (м/с²,) розраховується за формулою

$$a_m = \frac{a_1 a_3}{a_1 + a_3}. \quad (3.37)$$

За Правилами технічної експлуатації (ПТЕ) під час транспортування людей прискорення $a_1 \leq 1$ м/с², уповільнення $a_3 \leq 0,75$ м/с². При транспортуванні вантажу a_1 може бути більше 1 м/с², якщо це допустимо розрахунком на перевантаження двигуна, $a_3 \leq 0,75$ м/с². При прийнятому $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²

$$a_m = \frac{0,75 \cdot 0,75}{0,75 + 0,75} = 0,375 \text{ м/с}^2.$$

Максимальна розрахункова швидкість

$$V_{p \max} = a_m T_p - \sqrt{(a_m T_p)^2 - 2 a_m H}, \quad (3.38)$$

$$\text{т.е. } V_{p \max} = 0,375 \cdot 45 - \sqrt{(0,375 \cdot 45)^2 - 2 \cdot 0,375 \cdot 250} = 6,95 \text{ м/с}^2.$$

При діаметрі барабана $D_6 = 5$ м, передатному числі одинарної передачі $i=10,5$ та синхронної частоти обертання асинхронного двигуна $n_{\text{син}}=300$ об/хв ($n=295$ об/хв) максимальна швидкість

$$V_{\max} = \frac{\pi D_6 n}{60 i} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 295}{60 \cdot 10,5} = 7,35 \text{ м/с}^2.$$

Максимальна швидкість $V_{\max}=7,35$ м/с² може бути допущена **ПБ** під час підйому – спуску людей.

Тривалість прискореного та уповільненого рухів:

$$t_1 = V_{\max}/a_1; \quad t_3 = V_{\max}/a_3. \quad (3.39; 3.40)$$

Так як $a_1 = a_3$, то $t_1 = t_3 = 7,35/0,75 = 9,8$ с.

Довжини шляхів прискореного та уповільненого рухів:

$$h_1 = V_{\max} t_1 / 2; \quad h_3 = V_{\max} t_3 / 2. \quad (3.41; 3.42)$$

Так як $t_1 = t_3$, то $h_1 = h_3 = 7,35 \cdot 9,8 / 2 = 36$ м.

Довжина шляху та тривалість рівномірного руху:

$$h_2 = H - h_1 - h_3, \quad (3.43)$$

т.е $h_2 = 250 - 36 - 36 = 178 \text{ м;h}$

$$t_2 = h_2 / V_{max}, \quad (3.44)$$

т.е $t_2 = 178 / 7,35 = 24,22 \text{ с.}$

Повна тривалість руху підйомних **судин**

$$T = t_1 + t_2 + t_3. \quad (3.45)$$

Підставивши отримані значення, отримаємо

$$T = 9,8 + 24,22 + 9,8 = 43,82 \text{ с.}$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$T = \frac{H}{V_{max}} + \frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right), \quad (3.46)$$

т.е $T = \frac{250}{7,35} + \frac{7,35}{2} \left(\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,75} \right) = 43,82 \text{ с.}$

Розрахунок зроблений правильно, оскільки результати обчислень за формулами (3.45) та (3.46) однакові.

Фактично коефіцієнт резерву продуктивності підйомної установки

$$C_\phi = C \frac{T_p + T_n}{T + t_n}, \quad (3.47)$$

т.е $C_\phi = 1,5 \frac{45 + 10}{43,82 + 10} = 1,52.$

Діаграми швидкості та прискорення показані на рис.3.11.

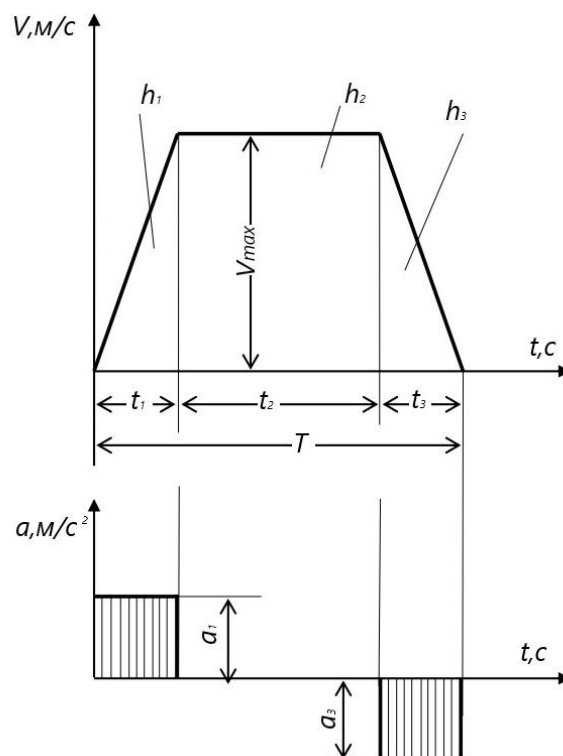


Рис.3.11

3.26. Розрахувати елементи триперіодних діаграм швидкості та побудувати в масштабі їх та відповідні їм діаграми прискорень за умови роботи установки з однаковою максимальною швидкістю з двох горизонтів. Висота підйому при роботі з першого (верхнього) горизонту $H=420$ м, із другого – $H=520$ м. Розрахункова тривалість руху підйомної судини з другого горизонту $T_p = 84$ с; $t_n = 45$ с; $D_6 = 5$ м; $i=10,5$ м/с; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с; $C=1, 5$.

Рішення. Для другого обрію модуль прискорень за формулою (3.37)

$$a_m = \frac{0,75 \cdot 0,75}{0,75 + 0,75} = 0,375 \text{ м/с}^2.$$

Максимальна розрахункова швидкість за формулою (3.38)

$$V_{p \max} = 0,375 \cdot 84 - \sqrt{(0,375 \cdot 84)^2 - 2 \cdot 0,375 \cdot 520} = 7 \text{ м/с}.$$

При $D_6 = 5$ м, $i=10,5$ та $n_{\text{син}} = 300$ об/хв ($n=290$ об/хв) максимальна швидкість

$$V_{\max} = 7,23 \text{ м/с}.$$

Максимальна швидкість, допустима ПБ з верхнього горизонту при підйомі-спуску людей, $V_{п.б} = 12$ м/с.

Таким чином, як з другого, так і з першого горизонту можна працювати з тією самою максимальною швидкістю $V_{\max} = 7,23$ м/с.

Визначимо елементи діаграми швидкості з другого горизонту за формулами (3.39) – (3.45).

Так як $a_1 = a_3$, то $t_1 = t_3 = 7,23/0,75 = 9,64$ с.

Оскільки $t_1 = t_3$, то $h_1 = h_3 = V_{\max} t_1 / 2 = 7,23 \cdot 9,64 / 2 = 34,85$ м.

$$h_2 = H - h_1 - h_3 = 520 - 34,85 = 450,3 \text{ м};$$

$$t_2 = h_2 / V_{\max} = 450,3 / 7,23 = 62,28 \text{ с};$$

$$T = t_1 + t_2 + t_3 = 9,64 + 62,28 + 9,64 = 81,56 \text{ с}.$$

Перевірка правильності розрахунку проводиться за формулою (3.46) :

$$T = \frac{520}{7,23} + \frac{7,23}{2} \left(\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,75} \right) = 81,56 \text{ с}.$$

Розрахунок зроблений правильно, оскільки результати обчислень за формулою (3.45) та (3.46) однакові.

Фактичний коефіцієнт резерву продуктивності підйомної установки за формулою (3.47) з другого горизонту

$$C_{\phi} = 1,5 \frac{84+45}{81,56+45} = 1,53.$$

Визначимо елементи діаграми швидкості першого горизонту.

Так як

$$t_1 = t_3 = 9,64 \text{ с;}$$

$$h_1 = h_3 = 34,85 \text{ м.}$$

Отже,

$$h_2 = 420 - 34,85 - 34,85 = 350,3 \text{ м;}$$

$$t_2 = 350,3/7,23 = 48,45 \text{ с;}$$

$$T = 9,64 + 48,45 + 9,64 = 67,73 \text{ с.}$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$T = \frac{420}{7,23} + \frac{7,23}{2} \left(\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,75} \right) = 67,73 \text{ с.}$$

Розрахунок зроблений правильно, оскільки результати обчислень за формулами (3.45) та (3.46) однакові.

Фактичний коефіцієнт резерву продуктивності з першого горизонту

$$C_\phi = 1,5 \frac{84+45}{67,73+45} = 1,72.$$

Діаграми швидкості та відповідні їм діаграми прискорень для першого (а) та другого (б) горизонту показані на рис.3.12.

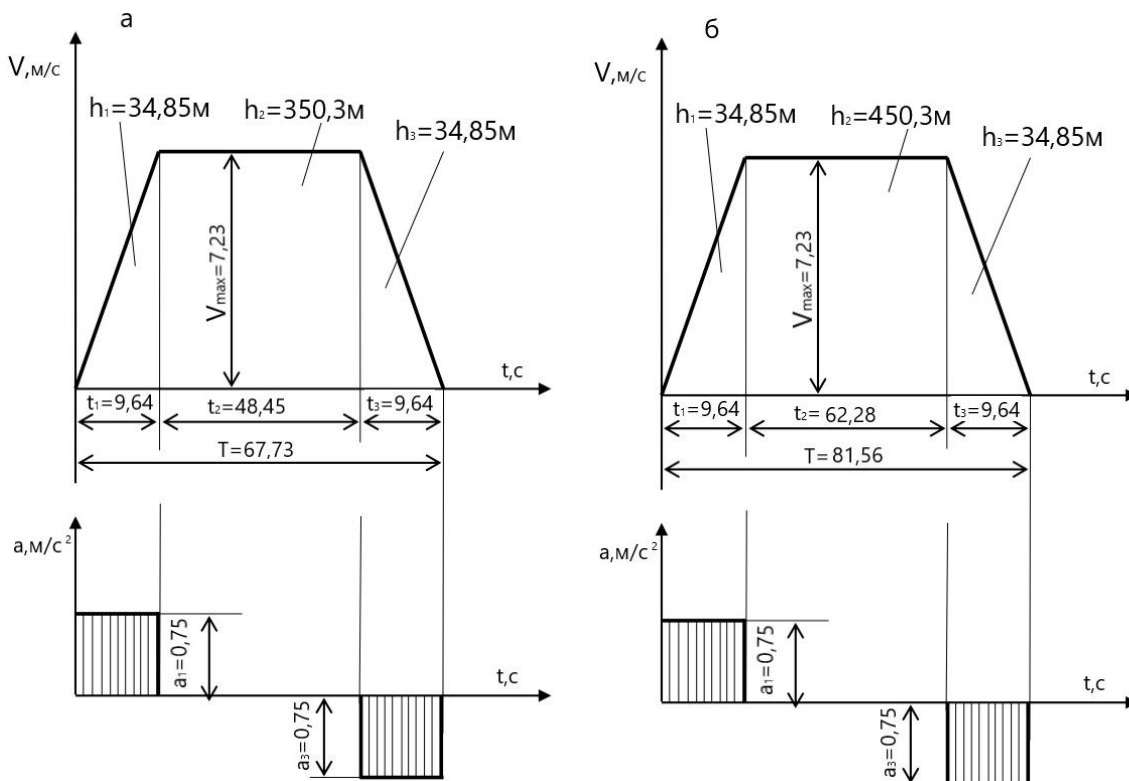


Рис.3.12

3.27. Визначити шляхи руху підйомних судин при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=420$ м; $V_{max} = 8,05$ м/с; $a_1 = 0,7$ м/с²; $a_3 = 0,75$ м/с².

Рішення. Шляхи прискореного руху на підставі формул (3.39) та (3.41) та уповільненого на підставі формул (3.40) та (3.42) :

$$h_1 = V_{max}^2 / 2a_1 = 8,05^2 / (2 \cdot 0,7) = 46,28 \text{ м};$$

$$h_3 = V_{max}^2 / 2a_3 = 8,05^2 / (2 \cdot 0,75) = 43,2 \text{ м};$$

Те саме, рівномірного за формулою (3.43)

$$h_2 = 420 - 46,28 - 43,2 = 330,52 \text{ м}.$$

3.28. Визначити тривалість t_2 рівномірного руху підйомних судин при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=440$ м; $V_{max} = 9,1$ м/с; $a_1 = 0,75$ м/с²; $a_3 = 0,7$ м/с².

Рішення. На підставі формул (3.39) – (3.44) маємо:

$$t_2 = \frac{H}{V_{max}} - \frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) = \frac{440}{9,1} - \frac{9,1}{2} \left(\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,7} \right) = 35,78 \text{ с}.$$

3.29. Визначити повну тривалість підйомної операції при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=435$ м; $V_{max} = 9,7$ м/с; $a_1 = 0,65$ м/с²; $t_{\Pi} = 30$ с.

Рішення. Тривалість руху підйомних судин за формулою (3.46)

$$T = \frac{435}{9,7} + \frac{9,7}{2} \left(\frac{1}{0,65} + \frac{1}{0,72} \right) = 59 \text{ с}.$$

Повна тривалість однієї підйомної операції за формулою (3.34)

$$T_n = T + t_{\Pi} = 59 + 30 = 89 \text{ с}.$$

3.30. Визначити висоту підйому H при триперіодній діаграмі швидкості, якщо тривалість руху підйомних судин $T=75$ с; максимальна швидкість $V_{max} = 7,2$ м/с; прискорення $a_1 = 0,75$ м/с²; уповільнення $a_3 = 0,65$ м/с².

Рішення. За формулою (3.37) визначаємо модуль прискорень:

$$a_m = \frac{0,75 \cdot 0,65}{0,75 + 0,65} = 0,348 \text{ м/с}^2.$$

Висота підйому на підставі формул (3.46) та (3.37)

$$H = tV_{max} - \frac{V_{max}^2}{2a_m} = 75 \cdot 7,2 - \frac{7,2^2}{2 \cdot 0,348} = 465,5 \text{ м}.$$

3.31. Визначити уповільнення a_3 підйомної установки при триперіодній діаграмі швидкості якщо $H=400$ м, тривалість руху підйомних судин $T=55$ с; максимальна швидкість $V_{max} = 9,7$ м/с; прискорення $a_1 = 0,75$ м/с².

Рішення. На підставі формул (3.46) и (3.37) модуль прискорень

$$a_m = \frac{V_{max}^2}{2(TV_{max} - H)} = \frac{9,7^2}{2(55 \cdot 9,7 - 400)} = 0,353 \text{ м/с}^2.$$

За формулою (3.37)

$$a_3 = \frac{a_m a_1}{a_1 - a_m} = \frac{0,353 \cdot 0,75}{0,75 - 0,353} = 0,667 \text{ м/с}^2.$$

3.32. Визначити елементи п'ятиперіодної діаграми швидкості та побудувати в масштабі її та відповідну їй діаграму прискорень, якщо: шлях підйому $H = 480$ м; розрахункова тривалість однієї підйомної операції $T_p = 70$ с; пауза між двома підйомними операціями $t_{\Pi} = 10$ с; шлях завантаження скіпів $h_p = 2,2$ м; діаметр барабана $D_6 = 4$ м; коефіцієнт резерву продуктивності установки $C = 1,5$.

Рішення. Модуль прискорень за формулою (3.37) при прийнятих $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$ та $a_3 = 0,75 \text{ м/с}^2$:

$$a_m = \frac{1 \cdot 0,75}{1 + 0,75} = 0,429 \text{ м/с}^2.$$

Максимальна розрахункова швидкість, м/с

$$V_{pmax} = a_m T_o - \sqrt{(a_m T_o)^2 - 2a_m H_o}. \quad (3.48)$$

Попередньо при прийнятому значенні швидкості входу ролика скіпа в розвантажувальні криві та виходу його з них ($V' = V'' = 1,1 \text{ м/с}$) знаходимо:

$$T_o = T_p - \frac{2h_p}{V'} - \frac{2h_p}{V''} + \frac{V'}{a_1} + \frac{V''}{a_3}, \quad (3.49)$$

$$\text{т.е. } T_o = 70 - \frac{2 \cdot 2,2}{1,1} - \frac{2 \cdot 2,2}{1,1} + \frac{1,1}{1} + \frac{1,1}{0,75} = 59,43 \text{ с};$$

$$H_o = H - 2h_p + \frac{V'^2}{2a_1} + \frac{V''^2}{2a_3}, \quad (3.50)$$

$$\text{т.е. } H_o = 480 - 2 \cdot 2,2 + \frac{1,1^2}{2 \cdot 1} + \frac{1,1^2}{2 \cdot 0,75} = 477 \text{ м};$$

$$V_{pmax} = 0,429 \cdot 59,4 - \sqrt{(0,429 \cdot 59,43)^2 - 2 \cdot 0,429 \cdot 477} = 9,98 \text{ м/с}.$$

Максимальна швидкість, що забезпечується машиною при $D_6 = 4$ м, $i = 11,5$ та $n_{\text{син}} = 600$ об/хв ($n = 590$ об/хв)

$$V_{max} = \frac{\pi D_6 n}{60i} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 590}{60 \cdot 11,5} = 10,74 \text{ м/с}.$$

Визначимо елементи діаграми швидкості при русі скіпів по кривим розвантажувальних.

Прискорення та уповільнення

$$a' = \frac{V'^2}{2h_p}; \quad a'' = \frac{V''^2}{2h_p}. \quad (3.51; 3.52)$$

Підставляючи значення, отримаємо

$$a' = a'' = \frac{1,1^2}{2 \cdot 2,2} = 0,275 \text{ м/с}^2.$$

Тривалість прискореного та уповільненого рухів за розвантажувальними кривими

$$t' = V'/a'; t'' = V''/a''. \quad (3.53; 3.54)$$

або

$$t' = t = 1,1/0,275 = 4 \text{ с.}$$

Довжина шляху скіпу по розвантажувальним кривим

$$h_p = V't'/2 = V''t''/2, \quad (3.55)$$

або $h_p = 1,1 \cdot 4/2 = 2,2 \text{ м.}$

Час прискореного руху при $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$ та уповільненого при $a_3 = 0,75 \text{ м/с}^2$

$$t_1 = \frac{V_{max}-V'}{a_1}; t_3 = \frac{V_{max}-V''}{a_3}. \quad (3.56; 3.57)$$

Підставляючи значення, отримаємо:

$$t_1 = \frac{10,74-1,1}{1} = 9,64 \text{ с}; t_3 = \frac{10,74-1,1}{0,75} = 12,85 \text{ с.}$$

Довжини шляхів за час прискореного та уповільненого рухів

$$h_1 = \frac{V'+V_{max}}{2} t_1; h_3 = \frac{V''+V_{max}}{2} t_3. \quad (3.58; 3.59)$$

Підставляючи значення, отримаємо:

$$h_1 = \frac{1,1+10,74}{2} 9,64 = 57,1 \text{ м}; h_3 = \frac{1,1+10,74}{2} 12,85 = 76,07 \text{ м.}$$

Довжина шляху рівномірного руху

$$h_2 = H - 2h_p - h_1 - h_3, \quad (3.60)$$

т.е. $h_2 = 480 - 2 \cdot 2,2 - 57,1 - 76,07 = 342,43 \text{ м.}$

Тривалість рівномірного руху

$$t_2 = h_2/V_{max}; \quad (3.61)$$

т.е. $t_2 = 342,43/10,74 = 31,88 \text{ с.}$

Тривалість руху підйомних судин

$$T = t' + t_1 + t_2 + t_3 + t'', \quad (3.62)$$

т.е. $T = 4 + 9,64 + 31,88 + 12,85 + 4 = 62,37 \text{ с.}$

Перевірка правильності розрахунку:

$$T = \frac{H_0}{V_{max}} + \frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) + V' \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_1} \right) + V^2 \left(\frac{1}{a''} - \frac{1}{a_3} \right). \quad (3.63)$$

т.е. $T = \frac{447}{10,74} + \frac{10,74}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{0,75} \right) + 1,1 \left(\frac{1}{0,275} - \frac{1}{1} \right) + 1,1 \left(\frac{1}{0,275} - \frac{1}{0,75} \right) = 62,37 \text{ с.}$

Фактичний коефіцієнт резерв продуктивності підйомної установки

$$C_\phi = C \frac{T_p + T_n}{T + t_n} = 1,5 \frac{70 + 10}{62,37 + 10} = 1,66.$$

Діаграма швидкості та відповідна їй діаграма прискорень показані на рис. 3.13.

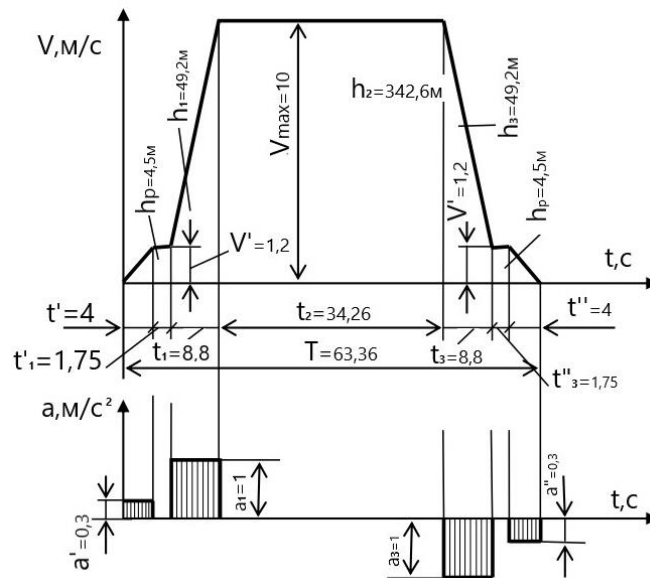


Рис. 3.13.

3.33. Визначити шляхи руху підйомних судин у другий, третій та четвертий періоди п'ятиперіодної діаграми швидкості, якщо $H=520$ м; $V_{max} = 5,5$ м/с; $a_1 = a_3 = 1$ м/с²; $V'=V''=1,5$ м/с; $h_p=2,5$ м.

Рішення. Довжина шляху прискореного руху із прискоренням $a=1$ м/с² на підставі формул (3.56) та (3.58)

$$L_1 = \frac{V_{max}^2 - V'^2}{2a_1} = \frac{5,5^2 - 1,5^2}{2 \cdot 1} = 14 \text{ м.}$$

Те ж саме, уповільненого руху з уповільненням $a_3 = 1$ м/с² на підставі формул (3.57) та (3.59)

$$L_3 = \frac{V_{max}^2 - V''^2}{2a_3} = \frac{5,5^2 - 1,5^2}{2 \cdot 1} = 14 \text{ м.}$$

Те ж саме, рівномірного руху за формулою (3.60)

$$h_2 = 520 - 2 \cdot 2,15 - 14 - 14 = 487,7 \text{ м.}$$

3.34. Визначити тривалість рівномірного руху з максимальною швидкістю підйомних судин при п'ятиперіодній діаграмі швидкості, якщо $H=370$ м; $V_{max} = 9,7$ м/с; $a_1 = 0,75$ м/с²; $a_3 = 0,8$ м/с²; $V'=1,2$ м/с; $V''=1,5$ м/с; $h_p=4$ м.

Рішення. Продовжительность равномерного движения на основании формул (3.56) – (3.61)

$$t_2 = \frac{H - 2h_p}{V_{max}} - \frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) + \frac{1}{2V_{max}} \left(\frac{V'^2}{a_1} + \frac{V''^2}{a_3} \right) = \frac{370 - 2 \cdot 4}{9,7} - \frac{9,7}{2} \left(\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,8} \right) + \frac{1}{2 \cdot 9,7} \left(\frac{1,5^2}{0,75} + \frac{1,2^2}{0,8} \right) = 25,05 \text{ с.}$$

3.35. Визначити повну тривалість однієї підйомної операції при п'ятиперіодній діаграмі швидкості, якщо $H=370$ м; $V_{max} = 9,7$ м/с; $a_1 = 0,75$ м/с²; $a_3 = 0,8$ м/с²; $V'=1,2$ м/с; $V''=1,5$ м/с; $h_p = 4$ м.

Рішення. Тривалість рівномірного руху на підставі формул (3.56) - (3.61)

$$t_2 = \frac{H-2h_p}{V_{max}} - \frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) + \frac{1}{2V_{max}} \left(\frac{V'^2}{a_1} + \frac{V''^2}{a_3} \right) = \frac{370-2 \cdot 4}{9,7} - \frac{9,7}{2} \left(\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,8} \right) + \frac{1}{2 \cdot 9,7} \left(\frac{1,5^2}{0,75} + \frac{1,2^2}{0,8} \right) = 25,05 \text{ с.}$$

3.35. Визначити повну тривалість однієї підйомної операції при п'ятиперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=485 \text{ м}$; $V_{max} = 8,3 \text{ м/с}$; $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$; $a_3 = 0,8 \text{ м/с}^2$; $h_p = 2,45 \text{ м}$; $V'=1,2 \text{ м/с}$; $V''=1,1 \text{ м/с}$; $t_{\pi} = 10 \text{ с}$.

Рішення. Тривалість руху підйомних судин за формулою (3.3)

$$T = \frac{H_0}{V_{max}} + \frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) + V' \left(\frac{1}{a'} - \frac{1}{a_1} \right) + V'' \left(\frac{1}{a''} - \frac{1}{a_3} \right).$$

Попередньо знаходимо a' та a'' за формулою (3.51) та (3.52) та H_0 за формулою (3.50):

$$a' = \frac{1,2^2}{2 \cdot 2,45} = 0,294 \text{ м/с}^2; a'' = \frac{1,1^2}{2 \cdot 2,45} = 0,247 \text{ м/с}^2;$$

$$H_0 = 485 - 2 \cdot 2,45 + \frac{1,2^2}{2 \cdot 1} + \frac{1,1^2}{2 \cdot 0,8} = 481,57 \text{ с.}$$

Підставляючи отримані значення, маємо

$$T = \frac{481,57}{8,3} + \frac{8,3}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{0,8} \right) + 1,2 \left(\frac{1}{0,294} - \frac{1}{1} \right) + 1,1 \left(\frac{1}{0,247} - \frac{1}{0,8} \right) = 73,3 \text{ с.}$$

Повна тривалість однієї підйомної операції

$$T_{\pi} = T + t_{\pi} = 73,3 + 10 = 83,3 \text{ с.}$$

3.36. Визначити висоту підйому H під час роботи за п'ятиперіодною діаграмою швидкості, якщо: $T=85 \text{ с}$; $V_{max} = 7,2 \text{ м/с}$; $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$; $a_3 = 0,9 \text{ м/с}^2$; $h_p = 2,5 \text{ м}$; $V'=1,2 \text{ м/с}$; $V''=1,1 \text{ м/с}$.

Рішення. На підставі формули (3.63)

$$H_0 = TV_{max} - \frac{V_{max}^2}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) - V'V_{max} \left(\frac{1}{a'} - \frac{1}{a_1} \right) - V''V_{max} \left(\frac{1}{a''} - \frac{1}{a_3} \right).$$

Попередньо знаходимо прискорення та уповільнення скіпу на розвантажувальних кривих за формулами (3.51) та (3.52)

$$a' = \frac{1,2^2}{2 \cdot 2,5} = 0,288 \text{ м/с}^2; a'' = \frac{1,1^2}{2 \cdot 2,5} = 0,242 \text{ м/с}^2.$$

Використовуючи отримані дані, знаходимо,

$$H_0 = 85 \cdot 7,2 - \frac{7,2^2}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{0,9} \right) - 1,2 \cdot 7,2 \left(\frac{1}{0,288} - \frac{1}{1} \right) - 1,1 \cdot 7,2 \left(\frac{1}{0,242} - \frac{1}{0,9} \right) = 512 \text{ м.}$$

Далі з формули (3.50)

$$H = H_0 + 2h_p - \frac{V'^2}{2a_1} - \frac{V''^2}{2a_3} = 512 + 2 \cdot 2,5 - \frac{1,2^2}{2 \cdot 1} - \frac{1,1^2}{2 \cdot 0,9} = 515,6 \text{ м.}$$

3.37. Визначити елементи семіперіодної діаграми швидкості та побудувати в масштабі цю діаграму та відповідну їй діаграму прискорень. Шлях підйому $H=450 \text{ м}$, тривалість руху підйомних

судин $T_p = 65$ с, пауза між підйомними операціями $t_{\Pi} = 8$ с, шлях розвантаження перекидних клітей $h_p = 4,5$ м, діаметр барабана $D_6 = 5$ м, коефіцієнт резерву продуктивності установки $C=1,5$.

Рішення. Модуль прискорень за формулою (3.37) за прийнятого $a_1 = a_3 = 1$ м/с²

$$a_1 = \frac{1 \cdot 1}{1+1} = 0,5 \text{ м/с}^2.$$

При прийнятому значенні швидкості входу ролика кліті в розвантажувальні криві та виходу його з них $V'=V''=1,2$ м/с, прискорення та уповільнення $a'=a''=0,3$ м/с² за формулами (3.53), (3.53) тривалість прискореного та уповільненого руху по розвантажувальним кривим

$$t'=t''=1,2/0,3=4 \text{ с.}$$

Те ж саме, рівномірного руху

$$t'_1 = \frac{h_p - V't'/2}{V'}; \quad t''_1 = \frac{h_p - V''t''/2}{V''}. \quad (3.64; 3.65)$$

Виходячи з вищевикладеного, отримуємо

$$t'_1 = t''_1 = \frac{4,5 - 1,2 \cdot 4/2}{1,2} = 1,75 \text{ с.}$$

Далі визначаємо

$$T_o = T_p - t' - t'_1 - t''_1 - t'' + \frac{V'}{a_1} + \frac{V''}{a_3}, \quad (3.66)$$

т.е. $T_o = 65 - 4 - 1,75 - 1,75 - 4 + 1,2/1 + 1,2/1 = 55,9$ с.

За формулою (3.50)

$$V_{p \max} = 0,5 \cdot 55,9 - \sqrt{(0,5 \cdot 55,9)^2 - 2 \cdot 0,5 \cdot 442,44} = 9,6 \text{ м/с.}$$

При діаметрі барабана $D_6 = 5$ м, передаточному числі зубчастого редуктора $i=10,5$ та синхронній частоті обертання асинхронного двигуна $n_{\text{син}} = 425$ об/хв ($n=400$ об/хв) максимальна швидкість

$$V_{\max} = \frac{\pi D_6 n}{i} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 6,67}{10,5} = 10 \text{ м/с.}$$

Визначимо тривалості прискореного та уповільненого рухів при $a_1 = a_3 = 1$ м/с² та довжині шляхів за цей час за формулами (3.56) – (3.59), враховуючи, що $V'=V''$:

$$t_1 = \frac{10-1,2}{1} = 8,8 \text{ с, } t_3 = \frac{10-1,2}{1} = 8,8 \text{ с;}$$

$$h_1 = \frac{1,2+10}{2} 8,8 = 49,2 \text{ м, } h_3 = \frac{1,2+10}{2} 8,8 = 49,2 \text{ м.}$$

Перевірка шляхів розвантаження:

$$h_p = V't'/2 + V't' = 1,2 \cdot 4/2 + 1,2 \cdot 1,75 = 4,5 \text{ м.}$$

Довжина шляху та тривалість рівномірного руху згідно з формулами (3.60) та (3.61)

$$h_2 = 450 - 2 \cdot 4,5 - 49,2 - 49,2 = 342,6 \text{ м;}$$

$$t_2 = 342,6/10 = 34,26 \text{ с.}$$

Тривалість руху підйомних судин

$$T = t' + t'_1 + t_1 + t_2 + t_3 + t''_1 + t''. \quad (3.67)$$

$$\text{т.е. } T = 4 + 1,75 + 8,8 + 34,26 + 8,8 + 1,75 + 4 = 63,36 \text{ с.}$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$T = \frac{H_0}{V_{max}} + \frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) + V' \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a_1} \right) + V'' \left(\frac{1}{2a''} - \frac{1}{a_3} \right) + h_p \left(\frac{1}{V'} + \frac{1}{V''} \right), \quad (3.68)$$

$$\text{т.е. } T = \frac{442,44}{10} + \frac{10}{2} + \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1} \right) + 1,2 \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} - \frac{1}{1} \right) + 1,2 * \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} - \frac{1}{1} \right) + 4,5 \left(\frac{1}{1,2} + \frac{1}{1,2} \right) = 63,36 \text{ с.}$$

Фактичний коефіцієнт резерву продуктивності підйомної установки за формулою (3.47)

$$C_\phi = 1,5 \frac{65+8}{63,36+8} = 1,53.$$

Діаграма швидкості та відповідна їй діаграма прискорень показані на рис. 3.14.

83. ДИНАМІКА ПІДЙОМНИХ СИСТЕМ З ПОСТІЙНИМ РАДІУСОМ НАВИВКИ КАНАТА

84. ОСОБЛИВОСТІ КІНЕМАТИКИ ПІДЙОМНИХ СИСТЕМ ІЗ ПРОВІДНИМИ ШКІВАМИ

85 КІНЕМАТИКА ТА ДИНАМІКА ПІДЙОМНИХ СИСТЕМ З БІЦИЛІНДРОВОКОНІЧНИМИ БАРАБАНАМИ

86. ПОТУЖНІСТЬ ПІДЙОМНОГО ДВИГУНА, ВИТРАТА ЕНЕРГІЇ, К.К.Д. УСТАНОВКИ ТА МАШИНИ

Приклади розрахунку

3.52 За даними рис. 3.21 визначити потужність підйомного двигуна, витрату енергії та к.к.д. клітьової установки та підйомної машини. Відомо також, що $V_{\max} = 10 \text{ м/с}$, $H=730 \text{ м}$, $t_{\Pi} = 50 \text{ с}$, $Q_{\Pi} = 5000 \text{ кг}$, власна маса кліті без маси вагонеток $Q'_c=4700 \text{ кг}$, к.к.д. передачі $\eta_{\Pi} = 0,94$.

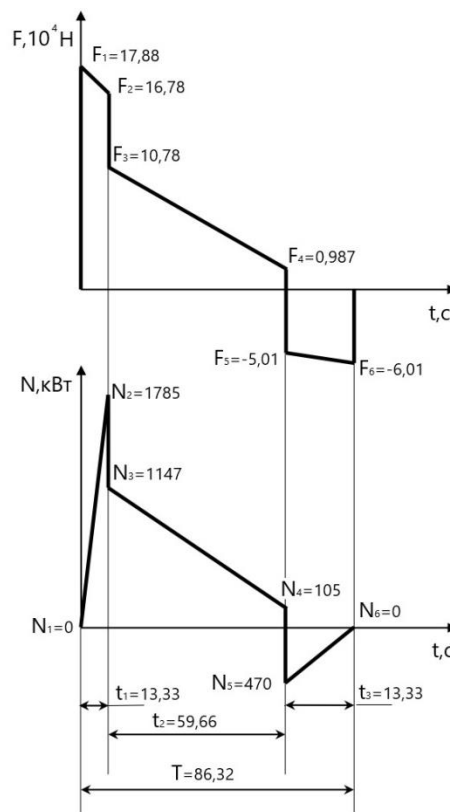


Рис.3.21

Рішення. Еквівалентне рушійне зусилля (Н) – абстрактне зусилля, постійне за значенням, що діє безперервно (включаючи і паузу між рухами) і що викликає такий самий нагрівання двигунів, як і фактичні зусилля, визначається за формулою

$$F_{екв} = \sqrt{\frac{\sum F^2 t}{T_n'}}, \quad (3.92)$$

де $T_n' < T_n$ знаменник підкореного виразу, що враховує погіршення охолодження під час прискореного $t_{y.d}$ та уповільненого $t_{z.d}$ рухів та паузи t_n між рухами

$$T_n' = k_{y.d} \cdot (t_{y.d} + t_{z.d}) + t_2 + k_n t_n. \quad (3.93)$$

За даними акад. М.М. Федорова, за даними Харківського електромеханічного Заводу (ХЕМЗ), $k_{y.d} = 0,5$; $k_n = 0,25$.

На підставі формули (3.92) стосовно рис.3.21

$$F_{екв} = \sqrt{\frac{(F_1^2 + F_1 F_2 + F_2^2) \frac{t_1}{3} + (F_3^2 + F_3 F_4 + F_4^2) \frac{t_2}{3} + (F_5^2 + F_5 F_6 + F_6^2) \frac{t_3}{3}}{T_n}}$$

Негативні рушійні зусилля при механічному гальмуванні в підкорену частину виразу (3.94) не вносяться, оскільки вони не сприяють нагріванню двигуна. При динамічному гальмуванні, яке за ПБ є обов'язковим для людських і вантажолюдських установок, від'ємні зусилля повинні бути винесені в підкорену частину виразу (3.94)

$$F_{екв} = 10^4 \sqrt{\frac{(17,88^2 + 17,88 \cdot 16,78 + 16,78^2) \frac{13,33}{3} + (10,78^2 + 10,78 \cdot 0,987 + 0,987^2) \frac{13,33}{3} + (10,78^2 + 10,78 \cdot 0,987 + 0,987^2) \frac{59,66}{3} + (5,01^2 + 5,01 \cdot 6,01 + 6,01^2) \frac{13,33}{3}}{86,32 + 0,33 \cdot 50}} = 8,22 \cdot 10^4 H.$$

При малій різниці між F_1 і F_2 та порівняно малому значенні t_1 замість $(F_1^2 + F_1 F_2 + F_2^2) \frac{t_1}{3}$ можна приймати $(F_1^2 + F_2^2) \frac{t_1}{2}$.

Коефіцієнт перевантаження двигуна під час підйому

Тому

$$F_{екв} = \frac{F_{max}}{k_{под}} = 17,88 \cdot \frac{10^4}{1,8} = 9,93 \cdot 10^4 H.$$

$$k_{под} = F_{max} / F_{екв} \quad (3.95)$$

$$\text{т.е } k_{под} = \frac{17,88 \cdot 10^4}{8,2 \cdot 10^4} = 2,16,$$

що не допустимо, тому що при асинхронному двигуні $k_{под} \leq 1,8$, при двигуні постійного струму $k_{под} \leq 2$.

Коефіцієнт перевантаження від екстрених зусиль (при маневрах)

$$k_{екс} = F_{екс max} / F_{екв}. \quad (3.96)$$

При асинхронних двигунах $k_{екс} \leq 2$, при двигуні постійного струму $k_{екс} \leq 2,2$.

Значення $F_{екс max}$ залежить від обладнання приймальних майданчиків кулаками або площадками, що коливаються.

При підйомі верхньої навантаженої кліті, коли нижня стоїть на кулаках,

$$F'_{екс} = [Q_c + (1 + \frac{k-1}{2}) Q_n + (q - p) H] g. \quad (3.97)$$

При подовженні каната, коли нижня кліть з порожніми вагонетками піднімається, а верхня стоїть на кулаках,

$$F_{екс}'' = (Q_c + \frac{k-1}{2} Q_n + pH)g. \quad (3.98)$$

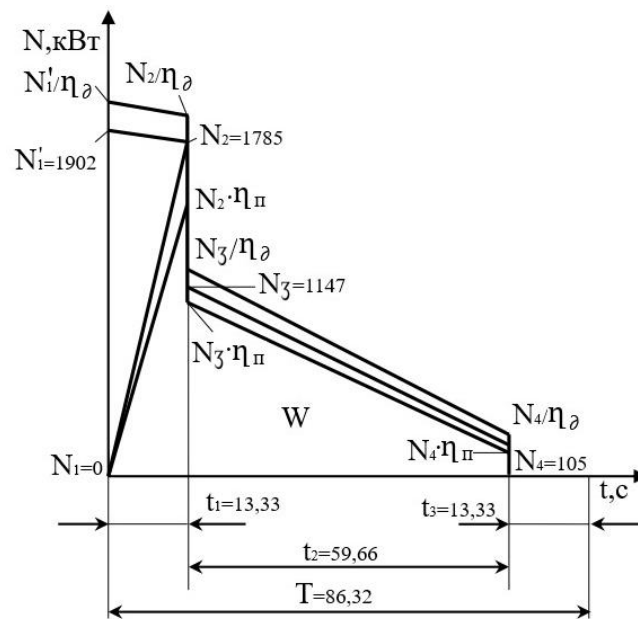


Рис. 3.22

За відсутності або наявності кулаків тільки на верхньому приймальному майданчику, а внизу площадки, що гойдається, і підйомі нижньої кліті масою Q' без вагонеток (при регулюванні канатів)

$$F_{екс} = (Q_c' + \frac{k-1}{2} Q_n + pH)g. \quad (3.99)$$

Для даного прикладу приймаємо встановлення хитних майданчиків, тоді

$$F_{екс} = (4700 + \frac{1,2-1}{2} 5000 + 8,37 \cdot 730) 9,81 = 11,1 \cdot 10^4 H;$$

$$k_{екс} = F_{екс}/F_{екв} = 11,1 \cdot 10^4 / 9,93 \cdot 10^4 = 1,12,$$

що для асинхронного двигуна припустимо.

Потужність підйомного двигуна

$$N = \frac{F_{екв} V_{max}}{1000 \eta_n}, \quad (3.100)$$

$$\text{т.е. } N = \frac{9,93 \cdot 10^4 \cdot 10}{1000 \cdot 0,94} = 1056 \text{ кВт.}$$

Враховуючи важкі умови роботи підйомного двигуна, потужність його вибирають за каталогом на 10-15% більше за розрахункову.

Діаграма витрати енергії для цього прикладу показана на рис.3.22

Потужність, що витрачається в реостаті асинхронного двигуна, на початку підйому

$$N_1' = \frac{F_1 V_{max}}{1000 \eta_n}, \quad (3.101)$$

$$\text{т.е. } N_1' = \frac{17,88 \cdot 10^4 \cdot 10}{1000 \cdot 0,94} = 1902 \text{ кВт.}$$

Те саме, в кінці підйому при позитивному значенні F_6

$$N_6' = \frac{F_6 V_{max}}{1000 \eta_n}. \quad (3.102)$$

Витрата енергії (кВт · год) за одну підйомну операцію при позитивних зусиллях під час уповільненого руху

$$W = \frac{N_1' + N_2}{2} t_1 + \frac{N_3 + N_4}{2} t_2 + \frac{N_5 + N_6'}{2} t_3. \quad (3.103)$$

При негативних зусиллях та механічному гальмуванні витрата енергії двигуном під час уповільненого руху дорівнює нулю, а при динамічному гальмуванні

$$W_{\partial, \epsilon} = N_5 t_3 / 2. \quad (3.104)$$

Витрата енергії при гальмуванні та виконанні маневрів нижче враховується коефіцієнтом $k_{м.т} = 1,03 \div 1,05$.

Витрата енергії без втрат у двигуні

$$W = \frac{1902 + 1785}{2} 13,33 + \frac{1147 + 105}{2} 59,66 = 51920 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

При двигуні постійного струму у зв'язку з відсутністю втрат у реостаті витрати енергії знаходять за площею діаграми потужності на валу барабана і з урахуванням к.к.д. підйомного двигуна ($\eta_{\partial} \approx 0,9$), двигуна перетворювальної групи ($\eta_{\partial, n} \approx 0,9$), збудження ($\eta_{\epsilon} \approx 0,97$), електричної мережі ($\eta_c \approx 0,95$).

Для визначення втрат у передачі визначають потужність на валу барабана: для кінця прискореного руху $N_2 \eta_n$, для початку рівномірного руху $N_3 \eta_n$ і т.п.

Для розрахунку втрат у двигуні знаходять споживану потужність на його затисках: під час прискореного руху $\frac{N_1'}{\eta_{\partial}}$ та $\frac{N_2}{\eta_{\partial}}$ для початку рівномірного руху $\frac{N_3}{\eta_{\partial}}$ і т.п.

Отже, під час прискореного руху: пл. $N_1 - N_1' - N_2 - N_1$ - втрати у реостаті; пл. $N_1 - N_2 - N_2 \eta - N_1$ - втрати у передачі; пл. $N_1 - \frac{N_1'}{\eta_{\partial}} - \frac{N_2}{\eta_{\partial}} - N_2 - N_1'$ - втрати у двигуні; під час рівномірного руху в зубчастій передачі – пл. $N_3 - N_4 - N_4 \eta_n - N_3 \eta_n - N_3$, у двигуні – пл. $N_3 - \frac{N_3'}{\eta_{\partial}} - \frac{N_4}{\eta_{\partial}} - N_4 - N_3$.

Витрати енергії (кВт · год/т) підйомної установки на шинах електропідстанції на підйом корисної маси 1 т

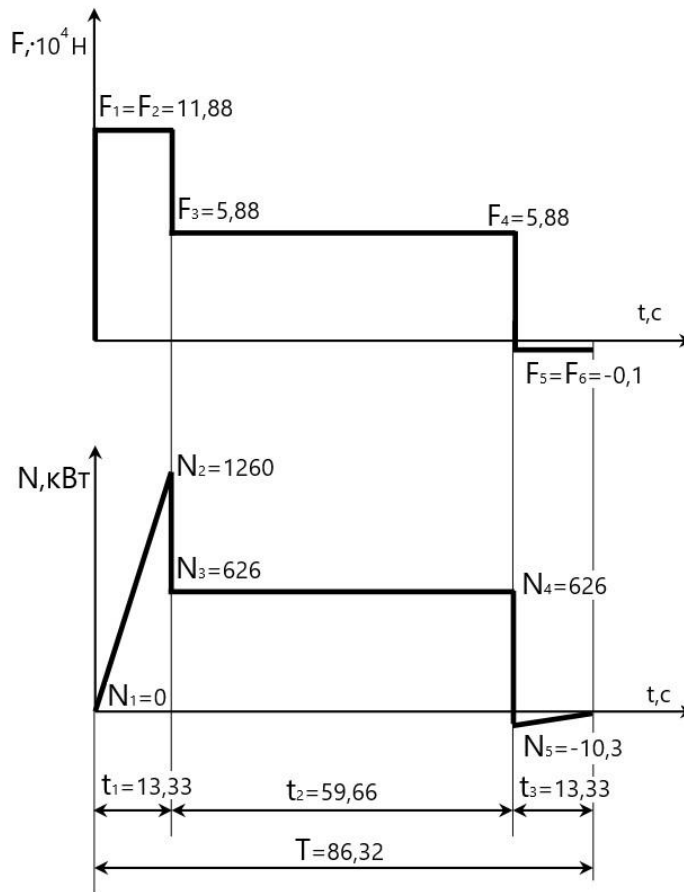


Рис.3.23.

$$W = \frac{k_{m.m} 1000 W}{3600 \eta_{\partial} \eta_c Q_n} = \frac{k_{m.m} W}{3,6 \eta_{\partial} \eta_c Q_n}. \quad (3.105)$$

Застосовуємо коефіцієнт, що враховує витрату енергії на маневри та гальмування, $k_{m.m} = 1,03$, двигуна $\eta_{\partial} = 0,92$, к.к.д. електромережі $\eta_c = 0,95$.

$$W_m = \frac{1,03 \cdot 61920}{3,6 \cdot 0,92 \cdot 0,95 \cdot 5000} = 4,05 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{т}.$$

К.к.д. підйомної установки без урахування втрат в електромережі

$$\eta_y = \frac{0,00272 H}{W \eta_c}, \quad (3.106)$$

$$\text{т.е. } \eta_y = \frac{0,00272 \cdot 730}{4,05 \cdot 0,95} = 0,506.$$

К.к.д. підйомної машини

$$\eta_{\text{маш}} = k \eta_y, \quad (3.107)$$

$$\text{т.е. } \eta_{\text{маш}} = 1,2 \cdot 0,516 = 0,62.$$

3.53. За даними рис.3.23 визначити потужність підйомного двигуна, витрати енергії і к.к.д. кліткової установки та підйомної машини, якщо $V_{\text{max}} = 10 \text{ м/с}$, $H=730\text{м}$, $t_n = 50 \text{ с}$, корисна маса кліті $Q_n = 5000 \text{ кг}$, власна маса кліті та вагонеток $Q_c = 5720 \text{ кг}$, $p=8,37 \text{ кг/м}$. $\eta_n = 0,94$.

Рішення. Еквівалентне рушійне зусилля за формулою (3.92)

$$F_{екв} = \sqrt{\frac{F_1^2 t_1 + F_3^2 t_2 + F_5^2 t_3}{T + 0,33 t_n}} = 10^4 \sqrt{\frac{11,88^2 \cdot 13,33 + 5,88^2 \cdot 59,66 + 0,1^2 \cdot 13,33}{86,32 + 0,33 \cdot 50}} = 6,19 \cdot 10^4 H.$$

Коефіцієнт перевантаження двигуна під час підйому

$$k_{нід} = \frac{F_{max}}{F_{екв}} = \frac{11,88 \cdot 10^4}{6,19 \cdot 10^4} = 1,92,$$

що не допустимо, тому

$$F_{екв} = \frac{F_{max}}{k_{нід}} = 11,88 \cdot \frac{10^4}{1,8} = 6,6 \cdot 10^4 H.$$

Екстрене зусилля (маневри) при кулаках за формулами (3.97) та (3.98).

$$F'_{екс} = \left[Q_c + \left(1 + \frac{k-1}{2} \right) Q_n + (q-p)H \right] g = \left[5720 + \left(1 + \frac{1,2-1}{2} \right) 5000 \right] 81 = 11 \cdot 10^4 H;$$

$$F''_{екс} = \left(Q_c + \frac{k-1}{2} Q_n + pH \right) g = \left(5720 + \frac{1,2-1}{2} 5000 + 8,37 \cdot 730 \right) 9,81 = 12,1 \cdot 10^4 H.$$

Коефіцієнт перевантаження від екстреного зусилля

$$k_{екс} = \frac{1,21 \cdot 10^4}{6,6 \cdot 10^4} = 1,83,$$

що для асинхронного двигуна припустимо.

Потужність підйомного двигуна за формулою (3.100)

$$N = \frac{F_{екв} V_{max}}{1000 \eta_n} = \frac{6,6 \cdot 10^4 \cdot 10}{1000 \cdot 0,94} = 702 \text{ кВт.}$$

Двигун вибирається за каталогом.

Витрата енергії на одну підйомну операцію

$$W = N_2 t_1 + N_3 t_2 = 1260 \cdot 13,33 + 626 \cdot 59,66 = 54140 \text{ кВт.с.}$$

Витрати енергії підйомної установки на шинах електропідстанції на підйом 1 т корисної маси

$$W_m = \frac{k_{м.м} W}{3,6 \eta_\delta \eta_c \eta_n} = \frac{1,03 \cdot 54140}{3,6 \cdot 0,92 \cdot 0,95 \cdot 5000} = 3,54 \text{ кВт} \cdot \text{год/т.}$$

На діаграмі (рис.3.24) витрати енергії для цього прикладу показано, що втрати у реостаті під час прискореного руху – пл. $N_1 - N'_1 - N_2 - N_1$, у зубчастій передачі - пл. $N_1 - N_2 - N_2 \eta_n - N'_1$, у двигуні – пл. $N'_1 - \frac{N'_1}{\eta_\delta} - \frac{N_2}{\eta_\delta} - N_2 - N'_1$, під час рівномірного руху у передачі – пл. $N_3 - N_4 - N_4 \eta_n - N_4 \eta_n - N'_3$, у двигуні – пл. $N_3 - \frac{N_3}{\eta_\delta} - \frac{N_4}{\eta_\delta} - N_4 - N_3$.

К.к.д. установки

$$\eta_y = \frac{0,00272}{W_m \eta_m} = \frac{0,00272 \cdot 730}{3,54 \cdot 0,95} = 0,59.$$

К.к.д. підйомної машини

$$\eta_{\text{маш}} = k\eta_y = 1,2 \cdot 0,59 = 0,708.$$

3.54. За даними рис. 3.25 визначити потужність двигуна, витрата енергії та к.к.д. скіпової установки та підйомної машини, якщо: $V_{\text{max}} = 7,23 \text{ м/с}$; $t_n = 10\text{с}$; $H=550 \text{ м}$; корисна маса скіпу $Q_n = 8500 \text{ кг}$; власна $Q_c = 8460\text{кг}$; $p=8,466 \text{ кг/м}$; $\eta_n = 0,93$; швидкість входу та виходу ролика скіпу з розвантажувальних кривих $V' = V'' = 1,1 \text{ м/с}$.

Рішення. 1. Еквівалентне зусилля за формулою (3.92)

$$F_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{(F_1^2 + F_2^2) \frac{t}{2} + (F_3^2 + F_4^2) \frac{t_1}{2} + (F_5^2 + F_5 F_6 + F_6^2) \frac{t_2}{3} + (F_9^2 + F_{10}^2) \frac{t'}{2}}{T + 0,33 t_n}},$$

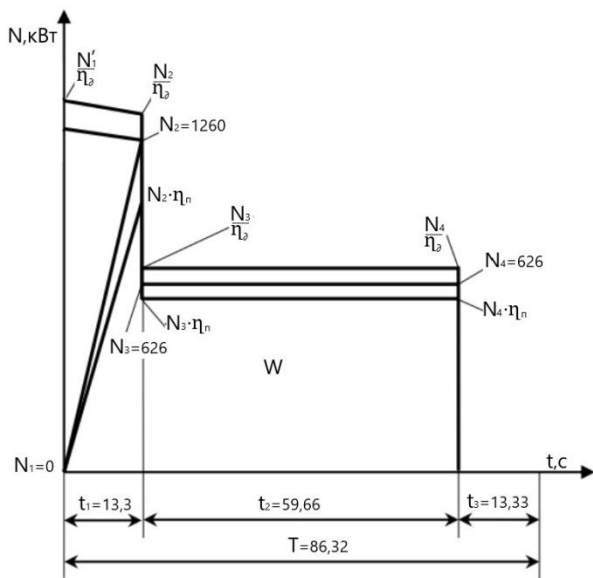


Рис.3.24.

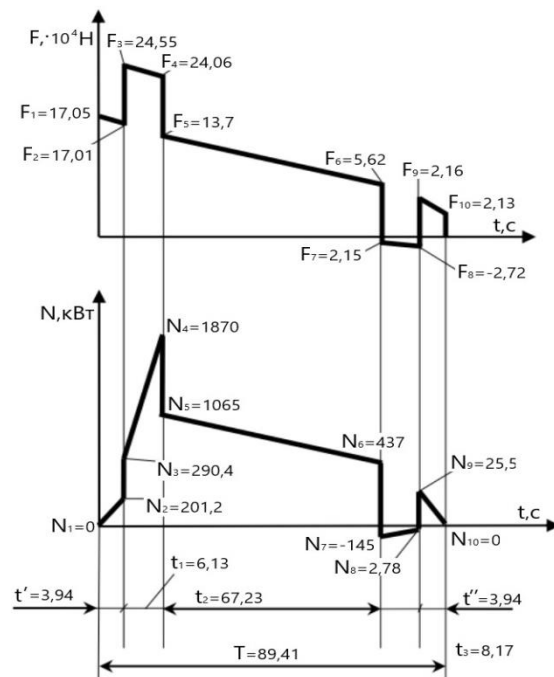


Рис.3.25.

Негативні зусилля $F_1 = -2,15 \cdot 10^4 \text{ Н}$ та $F_8 = -2,72 \cdot 10^4 \text{ Н}$ в підкореному виразі не поставлені, оскільки при механічному гальмуванні, що передбачається для даного скіпового підйому, вони не сприяють нагріванню двигуна, тому

$$F_{\text{екв}} = 10^4 \sqrt{\frac{(17,05^2 + 17,01^2) \frac{3,94}{2} + (24,55^2 + 24,06^2) \frac{6,13}{2} + (13,7^2 + 13,7 \cdot 5,62 + 5,62^2) \frac{67,23}{3} + (2,16^2 + 2,13^2) \frac{3,94}{2}}{89,41 + 0,33 \cdot 10}} = 1,1 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт перевантаження двигуна під час підйому за формулою (3.95)

$$k_{\text{нiд}} = \frac{24,55 \cdot 10^4}{11,1 \cdot 10^4} = 2,21,$$

що не допустимо, тому що при асинхронному двигуні $k_{\text{нiд}} \leq 1,8$. Тому приймаємо

$$F_{\text{экв}} = F_{\text{max}}/1,8 = 24,55 \cdot 10^4/1,8 = 13,64 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт перевантаження від екстреного зусилля, що виникає при регулюванні довжини каната, за формулою (3.96)

$$k_{екс} = \frac{13,49 \cdot 10^4}{13,64 \cdot 10^4} = 0,99,$$

а за формулою (3.99)

$$F_{екс} = \left(8460 + \frac{1,15-1}{2} 8500 + 8,466 \cdot 550 \right) 9,81 = 13,49 \cdot 10^4 H.$$

Потужності, що споживаються з мережі, без урахування втрат у двигуні:

$$N'_1 = \frac{17,05 \cdot 10^4 \cdot 7,23}{1000 \cdot 0,93} = 1326 \text{ кВт};$$

$$N'_2 = \frac{17,01 \cdot 10^4 \cdot 7,23}{1000 \cdot 0,93} = 1322 \text{ кВт};$$

$$N'_3 = \frac{24,55 \cdot 10^4 \cdot 7,23}{1000 \cdot 0,93} = 1909 \text{ кВт};$$

$$N'_9 = \frac{2,16 \cdot 10^4 \cdot 7,23}{1000 \cdot 0,93} = 168 \text{ кВт};$$

$$N'_{10} = \frac{2,13 \cdot 10^4 \cdot 7,23}{1000 \cdot 0,93} = 166 \text{ кВт}.$$

Витрата енергії на одну підйомну операцію на підставі формули (3.103)

$$W = \frac{N'_1 + N'_2}{2} t' + \frac{N'_3 + N'_4}{2} t' + \frac{N_5 + N_6}{2} t_2 + \frac{N'_9 + N'_{10}}{2} t'' = \frac{1326 + 1322}{2} 3,94 + \frac{1909 + 1870}{2} 6,13 + \frac{1065 + 437}{2} 67,23 + \frac{168 + 166}{2} 3,94 = 67947 \text{ кВт} \cdot \text{с}.$$

Витрата енергії на 1 т вантажу за формулою (3.105)

$$W_m = \frac{1,03 \cdot 67947}{3,6 \cdot 0,92 \cdot 0,95 \cdot 8500} = 2,62 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}.$$

К.к.д. установки за формулою (3.106)

$$\eta_y = \frac{0,00273 \cdot 550}{2,62 \cdot 0,95} = 0,6.$$

К.к.д. машини за формулою (3.107)

$$\eta_{маш} = 1,15 \cdot 0,6 = 0,69.$$

Діаграма витрати енергії для цього прикладу показано на рис. 3.26.

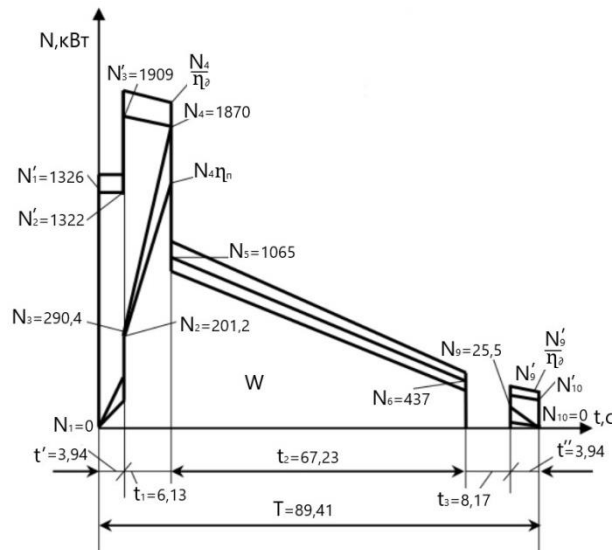


Рис. 3.26.

Задачи

3.46. Визначити середню та орієнтовну максимальну швидкість підйому для скіпу 1СН15-1, якщо: $A_z = 1\,200\,000$ т вугілля; $Q_n = 13\,000$ кг вугілля; $H=700$ м; $t_n = 11$ с; $a_c = 1,35$.

3.47. Визначити середню та орієнтовну максимальну швидкість підйому для скіпу 3СН9,5-1, якщо: $A_z = 1\,500\,000$ т; $Q_n = 8500$ кг; $H=750$ м; $t_n = 12$ с; $a_c = 1,3$.

3.48. Визначити коефіцієнт резерву похідності скіпової установки, якщо: $Q_n = 9300$ кг; $\eta_{n.ч} = 35$ п/ч; $\eta_d = 300$ д; $\eta_q = 18$ ч; $A_z = 1\,200\,000$ т.

3.49. Визначити Q_n , якщо: $A_z = 1\,000\,000$ т; $\eta_d = 300$ д; $\eta_{n.ч} = 30$ н; $\eta_q = 18$ ч; $C=1,5$.

3.50. Розрахувати елементи триперіодної діаграми швидкості та побудувати її та відповідну їй діаграму прискорень, якщо: $H=483$ м; $T_p = 87$ с; $D_0 = 5$ м; $i=11,5$; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с².

3.51. Розрахувати елементи триперіодної діаграми швидкості та побудувати її та відповідну їй діаграму прискорень, якщо: $H=610$ м; $T_p = 83$ с; $D_0 = 5$ м; $i=10,5$; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с².

3.52. Розрахувати елементи триперіодної діаграми швидкості та побудувати її та відповідну їй діаграму прискорень, якщо: $H=345$ м; $T_p = 75$ с; $D_0 = 4$ м; $i=11,5$; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с².

3.53. Розрахувати елементи триперіодної діаграми швидкості та побудувати її та відповідну їй діаграму прискорень за умови роботи установки з однаковою максимальною швидкістю з двох горизонтів, якщо: $H=630$ м; $H=730$ м; $T_p = 90$ с; $D_0 = 6$ м; $i=11,5$; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с².

3.54. Розрахувати елементи триперіодної діаграми швидкості та побудувати її та відповідну їй діаграму прискорень за умови роботи установки з однаковою максимальною швидкістю з двох горизонтів, якщо: $H=250$ м; $H=350$ м; $T_p = 50$ с; $D_0 = 4$ м; $i=10,5$; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с².

3.55. Визначити елементи п'ятиперіодної діаграми швидкості та побудувати цю діаграму та відповідну їй діаграму прискорень, якщо: $H=517$ м; $T_p = 108$ с; $t_n = 10$ с; $h_p = 2,33$ м; $D_6 = 5$ м; $C=1,5$; $V'=V''=1,2$ м/с; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $i=11,5$.

3.56. Визначити елементи п'ятиперіодної діаграми швидкості та побудувати її та відповідну їй діаграму прискорень, якщо: $H=711$ м; $T_p = 134$ с; $t_n = 8$ с; $h_p = 2,15$ м; $D_6 = 5$ м; $C=1,5$; $V'=V''=1$ м/с; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $i=10,5$.

3.57. Визначити довжини шляхів h_1, h_2 та h_3 при п'ятиперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=480$ м; $V_{max} = 7,25$ м/с; $a_1 = 0,8$ м/с²; $a_3 = 0,7$ м/с²; $V'=V''=1,2$ м/с; $h_p = 2,8$ м.

3.58. Визначити тривалість рівномірного руху при п'ятиперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=250$ м; $V_{max} = 6,35$ м/с; ; $a_1 = a_3 = 0,7$ м/с²; $V'=V''=1,2$ м/с; $h_p = 2,5$ м.

3.59. Визначити повну тривалість однієї паузи при п'ятиперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=535$ м; $V_{max} = 9,1$ м/с; ; $a_1 = a_3 = 1$ м/с²; $h_p = 2,4$ м; $V'=V''=1,2$ м/с; $t_n = 10$ с.

3.60. Визначити висоту підйому, якщо: $T=50$ с; $V_{max} = 8,75$ м/с; ; $a_1 = 0,9$ м/с²; $a_3 = 0,8$ м/с²; $h_p = 2,5$ м; $V''=1$ м/с; $V'=1,2$ м/с;

3.61. Визначити елементи семіперіодної діаграми швидкості та побудувати в масштабі цю діаграму та відповідну їй діаграму прискорень, якщо: $H=397$ м; $T_p = 112$ с; $h_p = 5,8$ м; $D_6 = 4$ м; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $V'=V''=1,2$ м/с; $a'=a''=0,3$ м/с².

3.62. Визначити зусилля та потужності в характерних точках триперіодної діаграми швидкості та побудувати їх діаграми для кліткової установки без врівноважувального каната ($k=1,2$; $q=0$), якщо: $Q_n = 4000$ кг; $H=298$ м; $t_1 = 7,34$ с; $t_2 = 46,84$ с; $t_3 = 7,34$ с; $h_1 = 20,1$ м; $h_2 = 257,8$ м; $h_3 = 20,1$ м; $p=6,349$ кг/м; $m_n = 61800$ кг; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $V_{max} = 5,5$ м/с; $\eta_n = 0,94$.

3.63. Визначити зусилля та потужності в характерних точках триперіодної діаграми швидкості та побудувати їх діаграми для кліткової установки з рівноважним врівноважуючим канатом ($k=1,2$; $q=p$), якщо: $Q_n = 4000$ кг; $t_1 = t_3 = 17,7$ с; $t_2 = 24,5$ с; $m_n = 69550$ кг; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $V_{max} = 13,3$ м/с; $\eta_n = 0,94$.

3.64. Визначити зусилля та потужності в характерних точках триперіодної діаграми швидкості та побудувати їх діаграми для кліткової установки з рівноважним врівноважуючим канатом ($k=1,2$; $q=p$), якщо: $Q_n = 4000$ кг; $t_1 = t_3 = 7,34$ с; $t_2 = 47$ с; $m_n = 65730$ кг; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $V_{max} = 5,5$ м/с; $\eta_n = 0,94$.

3.65. Визначити зусилля та потужності в характерних точках п'ятиперіодної діаграми швидкості та побудувати їх діаграми для кліткової установки з рівноважним врівноважуючим канатом ($k=1,15$; $q=p$), якщо: $Q_n = 8000$ кг; $m_n = 131450$ кг; $t'=t''=4,08$ с; $t_1 = t_3 = 5,73$ с; $t_2 = 91,76$ с; $a'=a''=0,294$ м/с²; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $V'=V''=1,2$ м/с; $V_{max} = 5,5$ м/с; $\eta_n = 0,94$.

3.66. Визначити зусилля та потужності в характерних точках п'ятиперіодної діаграми швидкості та побудувати їх діаграми для кліткової установки з рівноважним врівноважуючим канатом ($k=1,15$; $q=p$), якщо: $Q_n = 8000$ кг; $m_n = 103690$ кг; $t'=t''=7,35$ с; $t_1 = t_3 = 5,75$ с; $t_2 = 79,25$ с; $a'=a''=0,204$ м/с²; $a_1 = a_3 = 1$ м/с²; $V'=V''=1,5$ м/с; $V_{max} = 7,25$ м/с; $\eta_n = 0,94$.

3.67. Визначити зусилля та потужності в характерних точках п'ятиперіодної діаграми швидкості та побудувати їх діаграми для кліткової установки з рівноважним врівноважуючим канатом ($k=1,15$; $q=p$), якщо: $Q_{\Pi} = 6000$ кг; $m_{\Pi} = 100310$ кг; $t' = t'' = 3,9$ с; $t_1 = t_3 = 4,3$ с; $t_2 = 89$ с; $a' = a'' = 0,308$ м/с²; $a_1 = a_3 = 1$ м/с²; $V' = V'' = 1,2$ м/с; $V_{max} = 5,5$ м/с; $\eta_{\Pi} = 0,94$.

3.68. Визначити шляхи прискореного, уповільненого та рівномірного рухів при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=500$ м; $V_{max} = 10$ м/с; $a_1 = 0,75$ м/с²; $a_3 = 0,65$ м/с².

3.69. Визначити тривалість рівномірного руху при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=290$ м; $V_{max} = 5,6$ м/с; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с².

3.70. Визначити тривалість руху підйомних судин та однієї підйомної операції при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=510$ м; $V_{max} = 13,3$ м/с; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $t_{\Pi} = 30$ с.

3.71. Визначити висоту підйому при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $T=70$ с; $V_{max} = 14,4$ м/с; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²;

3.72. Визначити прискорення та уповільнення при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=460$ м; $T=65$ с; $V_{max} = 8,75$ м/с; $a_1 = a_3$.

3.73. Визначити прискорення при триперіодній діаграмі швидкості, якщо: $H=342$ м; $T=72$ с; $V_{max} = 5,3$ м/с; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с².

3.74. Визначити зусилля та потужності в характерних точках семіперіодної діаграми швидкості та побудувати їх діаграми для встановлення з перекидними клітьми та з рівноважним врівноважуючим канатом, якщо: $Q_{\Pi} = 2000$ кг; $Q_c = 8310$ кг; $m_{\Pi} = 43165$ кг; $t' = t'' = 4$ с; $t'_1 = t''_1 = 2,83$ с; $t_1 = t_3 = 3,85$ с; $t_2 = 93,2$ с; $a' = a'' = 0,3$ м/с²; $a_1 = a_3 = 0,75$ м/с²; $k_y = 0,35$; $V' = V'' = 1,2$ м/с; $V_{max} = 4,08$ м/с; $\eta_{\Pi} = 0,94$.

3.75. Визначити наведену масу кліткової установки, якщо: $F_1 = 10 \cdot 10^4$ Н; $Q_{\Pi} = 4000$ кг; $k = 1,2$; $H=200$ м; $q=0$; $p=7,397$ кг/м; $a_1 = 0,7$ м/с².

3.76. Визначити прискорення при прискореному та уповільненому рухах скіпу на розвантажувальних кривих, якщо: зусилля на початку підйомної операції $F_1 = 5,64 \cdot 10^4$ Н; в кінці $F_{10} = 3,36 \cdot 10^4$ Н; $Q_{\Pi} = 4000$ кг; $k = 1,15$; $q=p$; $m_{\Pi} = 52000$ кг.

3.77. Визначити коефіцієнт опорів, якщо: діаграма швидкості триперіодна; $q=p$; $F_1 = 9,94 \cdot 10^4$ Н; $m_{\Pi} = 69600$ кг; $a_1 = 0,75$ м/с²; $Q_{\Pi} = 4$.

3.78. Визначити прискорення та уповільнення з умови нековзання каната по провідному шківу тертя, якщо: $p=q=7,51$ кг/м; $Q_{\Pi} = 4000$ кг; $Q_c = 9620$ кг; $H=350$ м; $k = 1,2$; $D_{н.ш} = 5$ м; $m_{н.ш} = 1000$ кг; $L_{в.ш} = 73$ м; $f=0,2$.

3.79. Визначити прискорення та уповільнення клітей при навивці каната на конус та звивці з конуса під час рівномірного обертання барабана з максимальною кутовою швидкістю $\omega_{max} = 4$ с⁻¹, якщо: тривалість навивки $t_{\text{кв}} = 20$ с, а радіуси малого та великого циліндрів барабана відповідно $R_{\text{м.ц}} = 2,5$ м та $R_{\text{б.ц}} = 4,5$ м.

3.80. Визначити шляхи кліті, що піднімається і опускається, за час обертання біциліндроконічного барабана з прискоренням $\epsilon_1 = 0,234 \text{ c}^{-2}$ при навивці каната на малий циліндр радіусом $R_{м.ц} = 5 \text{ м}$ і звивці з великого циліндра радіусом $R_{б.ц} = 9 \text{ м}$, якщо максимальна кутова швидкістю барабана $\omega_{max} = 2,97 \text{ c}^{-1}$.

3.81. Визначити еквівалентне зусилля та витрату енергії за одну підйомну операцію при використанні підйомної установки без врівноважувального каната, асинхронного двигуна та триперіодної діаграми швидкості, якщо задані: діаграма рушійних зусиль на колі навивки та потужності на валу підйомного двигуна (рис.3.27), максимально $V_{max} = 4,45 \text{ м/с}$; $t_{п} = 12 \text{ с}$; $\eta_{п} = 0,94$.

3.82. Визначити еквівалентне зусилля та витрату енергії при триперіодній діаграмі швидкості та асинхронному двигуні, якщо: $q=0$; $F_1 = 11,13 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $F_2 = 10,89 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $F_3 = 6,26 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $F_4 = 3,17 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $F_5 = -1,47 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $F_6 = -1,71 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $N_1 = 0$; $N_2 = 637 \text{ кВт}$; $N_3 = 366 \text{ кВт}$; $N_4 = 185 \text{ кВт}$; $N_5 = -76 \text{ кВт}$; $N_6 = 0$; $t_1 = 7,34 \text{ с}$; $t_2 = 46,8 \text{ с}$; $t_3 = 7,34 \text{ с}$; $t_{п} = 30 \text{ с}$; $\eta_{п} = 0,94$; $V_{max} = 5,5 \text{ м/с}$.

3.83. Визначити еквівалентне зусилля і витрата енергії на одну підйомну операцію для підйомної кліткової установки з рівноважним врівноважуючим канатом ($q=p$), асинхронним двигуном і триперіодною діаграмою швидкості, якщо задана діаграма рушійних зусиль на колі навивки і потужності на валу двигуна (рис.3.28); $t_{п} = 30 \text{ с}$.

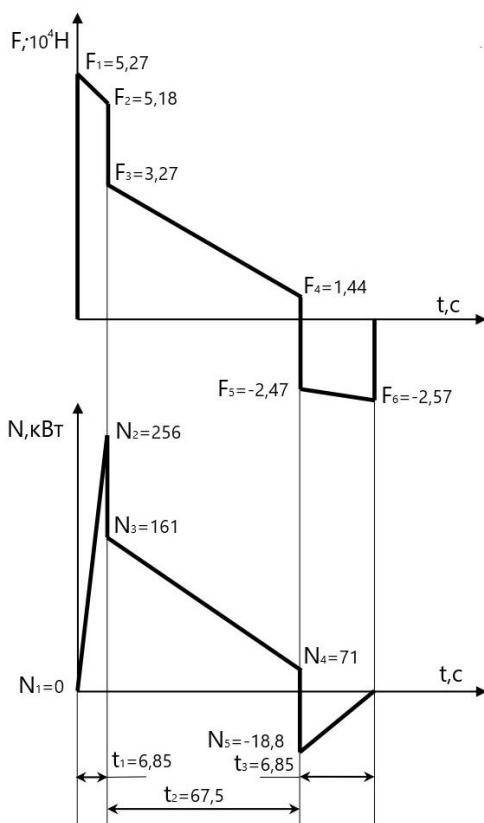


Рис.3.27.

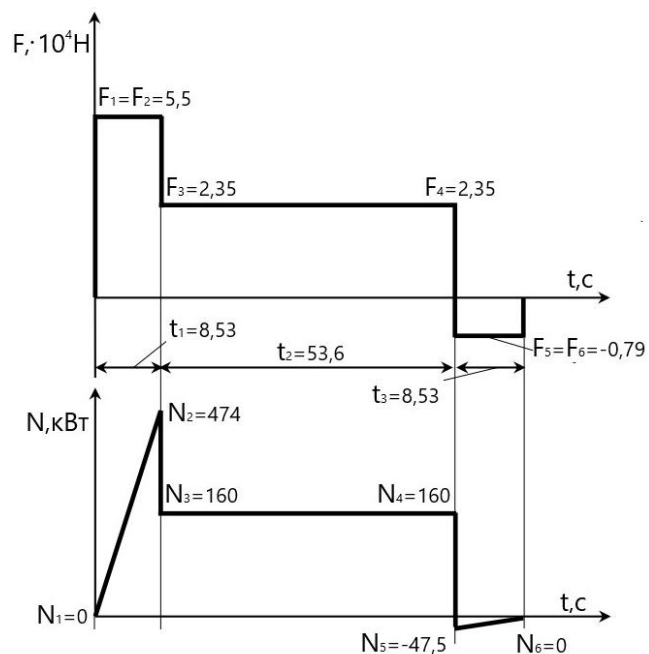


Рис.3.28.

3.84. Визначити еквівалентне зусилля та витрату енергії для підйомної кліткової установки з триперіодною діаграмою швидкості та асинхронним двигуном, якщо: $q=p$; $F_1 = F_2 = 11,95 \cdot 10^4 \text{ Н}$;

$F_3 = F_4 = 4,71 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_5 = F_6 = -2,53 \cdot 10^4 \text{ Н}; N_1 = 0; N_2 = 920 \text{ кВт}; N_3 = N_4 = 363 \text{ кВт}; N_5 = -172 \text{ кВт}; N_6 = 0; t_1 = 7,25 \text{ с}; t_2 = 62,8 \text{ с}; t_3 = 7,25 \text{ с}; t_{\text{п}} = 30 \text{ с}; T = 77,3 \text{ с}.$

3.85. Визначити зусилля та витрату енергії для встановлення з триперіодною діаграмою швидкості та асинхронним двигуном, якщо: $q=p; F_1 = F_2 = 9,96 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_3 = F_4 = 4,71 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_5 = F_6 = -0,54 \cdot 10^4 \text{ Н}; N_1 = 0; N_2 = 705 \text{ кВт}; N_3 = N_4 = 332 \text{ кВт}; N_5 = -34 \text{ кВт}; N_6 = 0; t_1 = 8,8 \text{ с}; t_2 = 63,8 \text{ с}; t_3 = 8,8 \text{ с}; t_{\text{п}} = 30 \text{ с}; T = 81,4 \text{ с}.$

3.86. Визначити зусилля та витрату енергії скіпової установки за заданими діаграмами рушійних зусиль на колі навивки та потужності на валу двигуна (рис.3.29), якщо: двигун асинхронний; $t_{\text{п}} = 10 \text{ с}; \eta_{\text{п}} = 0,94; V_{\text{max}} = 7,25 \text{ м/с}.$

3.87. Визначити зусилля та витрату енергії при п'ятиперіодній діаграмі швидкості та асинхронному підйомному двигуні, якщо: $q=p; F_1 = F_2 = 9,38 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_3 = F_4 = 15,19 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_5 = F_6 = 6,77 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_7 = F_8 = -1,65 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_9 = F_{10} = 4,24 \cdot 10^4 \text{ Н}; N_1 = 0; N_2 = 110 \text{ кВт}; N_3 = 193 \text{ кВт}; N_4 = 886 \text{ кВт}; N_5 = N_6 = 396 \text{ кВт}; N_7 = -97 \text{ кВт}; N_8 = -21 \text{ кВт}; N_9 = 50 \text{ кВт}; N_{10} = 0; t' = t'' = 4 \text{ с}; t_1 = t_3 = 4,3 \text{ с}; t_2 = 87 \text{ с}; T = 103,6 \text{ с}; t_{\text{п}} = 10 \text{ с}; \eta_{\text{п}} = 0,94; V_{\text{max}} = 5,5 \text{ м/с}.$

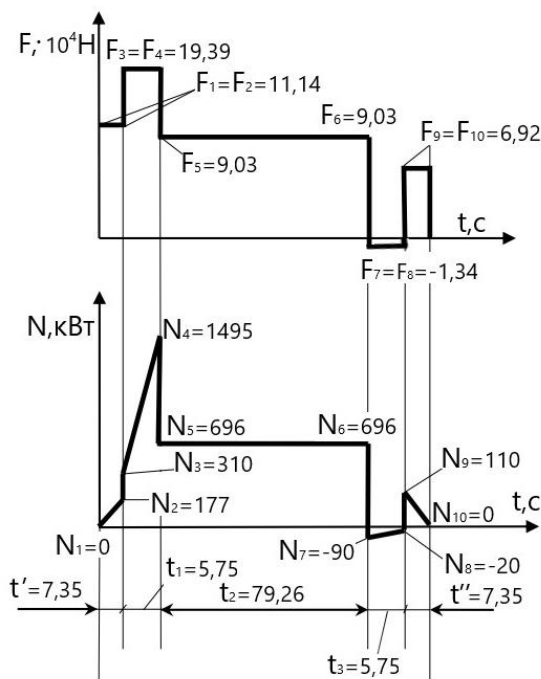


Рис.3.29

3.87. Визначити зусилля та витрату енергії при п'ятиперіодній діаграмі швидкості та асинхронному підйомному двигуні, якщо: $q=p; F_1 = F_2 = 9,38 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_3 = F_4 = 15,19 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_5 = F_6 = 6,77 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_7 = F_8 = -1,65 \cdot 10^4 \text{ Н}; F_9 = F_{10} = 4,24 \cdot 10^4 \text{ Н}; N_1 = 0; N_2 = 110 \text{ кВт}; N_3 = 193 \text{ кВт}; N_4 = 886 \text{ кВт}; N_5 = N_6 = 396 \text{ кВт}; N_7 = -97 \text{ кВт}; N_8 = -21 \text{ кВт}; N_9 = 50 \text{ кВт}; N_{10} = 0; t' = t'' = 4 \text{ с}; t_1 = t_3 = 4,3 \text{ с}; t_2 = 87 \text{ с}; T = 103,6 \text{ с}; t_{\text{п}} = 10 \text{ с}; \eta_{\text{п}} = 0,94; V_{\text{max}} = 5,5 \text{ м/с}.$

3. ГАЛЬМА ПІДЙОМНИХ МАШИН

Приклади розрахунку

3.55. Для двобарабанної машини НКМЗ з вантажопневматичним гальмом (рис.3.30) визначити гальмівні моменти, коефіцієнти статичної надійності робочого і запобіжного гальм, уповільнення при спуску і підйомі вантажу в процесі запобіжного гальмування, необхідний тиск в циліндрах запобіжного та робочого гальмування при невірноваженій підйомній системі та двоскіповому підйомі. Дано: діаметр барабана $D=4$ м; вантажопідйомність скіпу $Q_{\Pi} = 8500$ кг; його власна маса $Q_c = 8500$ кг; лінійна маса каната $p=7,37$ кг/м; висота підйому $H=500$ м; довжина схилу каната $H_K = 520$ м; наведена маса підйомної системи $m_{\Pi} = 105000$ кг. Гальмівні колодки прес-масові, радіус гальмівного обода $R_T = 1985$ мм. Довжина важелів гальмівної системи (див. рис. 3.34): $a=164$ м; $b=0,4$ м; $c=1,3$ м; $d=0,26$ м. Кількість набірних плит гальмівного вантажу на одному приводі $n=10$, маса кожної $m=100$ кг. Діаметри циліндрів робочого гальмування $d_p = 360$ мм, запобіжного $d_{\Pi} = 180$ мм при діаметрі штока $d_{\text{шт}} = 45$ мм. Тиск стисненого повітря $p_b = 0,5$ МПа.

Рішення. Статичні зусилля підйомної системи. Максимальна статична напруга навантаженої гілки каната в найбільш загальному вигляді для кліткового підйому при числі вагонеток у кліті n_b та масі порожньої вагонетки m_b :

$$T_{\text{ст}} = (Q_{\Pi} + Q_c + n_b m_b + p H_K) g, \quad (3.109)$$

у нашому випадку

$$T_{\text{ст}} = (Q_{\Pi} + Q_c + n_b m_b + p H_K) g = (8500 + 460 + 7,37 \cdot 520) 9,81 = 204\,000 \text{ Н} = 204 \text{ кН}.$$

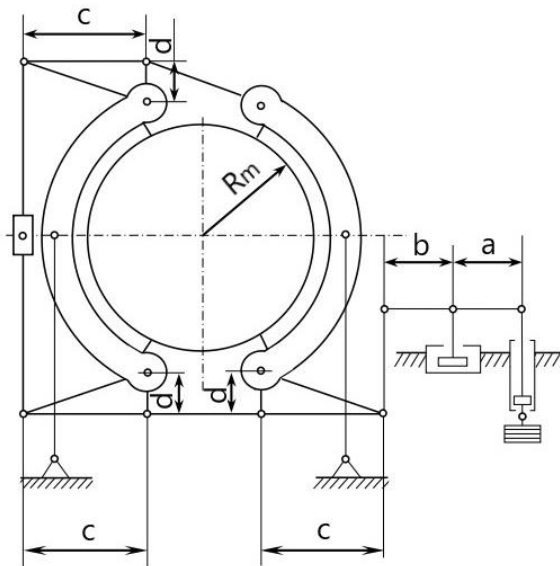


Рис.3.30.

Максимальні різниці статичних натягів (Н) для невірноваженої системи при $q=0$ визначаються за формулою (3.16):

для системи з противагою

$$F_{\text{ст}} = [0,5(Q_{\text{п}} + n_{\text{в}}m_{\text{в}}) + pH]g; \quad (3.110)$$

для двосудинної системи з рівноважним врівноважуючим канатом

$$F_{\text{ст}} = Q_{\text{п}}g; \quad (3.111)$$

для системи з противагою

$$F_{\text{ст}} = [0,5(Q_{\text{п}} + n_{\text{в}}m_{\text{в}})]g. \quad (3.112)$$

Для заданих умов за формулою (3.16)

$$F_{\text{ст}} = (Q_{\text{п}} + pH) = (8500 + 7,37 \cdot 500)9,81 = 119500\text{Н} = 119,5 \text{ кН}.$$

Для двобарабанних машин та машин з розрізним барабаном максимальний статичний натяг (Н) каната при перестановці

$$T'_{\text{ст}} = (Q_{\text{с}} + pH_{\text{к}})g, \quad (3.113)$$

$$\text{або } T'_{\text{ст}} = (8460 + 7,37 \cdot 520)9,81 = 120600 \text{ Н} = 120,6 \text{ кН}.$$

Те ж саме, для системи з противагою

$$T'_{\text{ст}} = (Q_{\text{с}} + pH_{\text{к}})g. \quad (3.114)$$

2. Максимальні статичні моменти підйомної системи: при навантаженні

$$M_{\text{ст}} = F_{\text{ст}}R_{\text{б}} \quad (3.115)$$

$$\text{т.е. } M_{\text{ст}} = 119,5 \cdot 2 = 239,0 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

при перестановці барабанів

$$M'_{\text{ст}} = T'_{\text{ст}}R_{\text{б}} \quad (3.116)$$

$$\text{т.е. } M'_{\text{ст}} = 120,6 \cdot 2 = 241,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

при обриві одного з канатів

$$M''_{\text{ст}} = T_{\text{ст}}R_{\text{б}} \quad (3.117)$$

$$\text{т.е. } M''_{\text{ст}} = 204 \cdot 2 = 408 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

3. Визначення гальмівних моментів. Передавальне число важільного механізму гальма

$$i = 4ac/(bd), \quad (3.118)$$

підставивши значення, отримаємо

$$i = \frac{4 \cdot 1,4 \cdot 1,3}{(0,4 \cdot 0,26)} = 70.$$

Гальмівний момент (Н·м) запобіжного гальма

$$M_{\text{т}} = 2mngif_{\text{т}}\eta R_{\text{т}}, \quad (3.119)$$

де f_T – Коефіцієнт тертя гальмівних колодок об обід (для дерева 0,35; для прес-маси 0,3); $\eta=0,95$
 - Коефіцієнт корисної дії важільної системи гальма.

За наших даних

$$M_T = 10^{-3} \cdot 2 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 9,81 \cdot 70 \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 1,985 = 777 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Гальмівний момент запобіжного гальма на одному гальмівному обіді при перестановці барабанів

$$M'_T = 0,5M_T \quad (3.120)$$

т.е. $M'_T = 0,5 \cdot 777 = 388,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

Максимальний момент, що створюється робочим гальмом на заклиненому барабані,

$$M'_{T,p} = \frac{\pi a c f_T \eta R_T d_p^2 p_B}{(a+b)d}, \quad (3.121)$$

т.е. $M'_{T,p} = \frac{3,14 \cdot 1,4 \cdot 1,3 \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 1,985 \cdot 0,36^2 \cdot 0,5 \cdot 10^6}{10^3(1,4+0,4)0,26} = 447,6 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

$$M_{T,p} = 2M'_{T,p} \quad (3.122)$$

т.е. $M_{T,p} = 2 \cdot 447,6 = 895,2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

4. Коефіцієнти статичної надійності гальма. Гальмівний момент запобіжного гальма має задовольняти умові

$$M_T \geq 3M_{CT}. \quad (3.123)$$

В інших можливих випадках коефіцієнт статичної надійності при робочому та запобіжному гальмуванні $k > 1,2$.

Коефіцієнти статичної надійності:

запобіжного гальма за формулою (3.123)

$$K = M_T / M_{CT} = 777 / 239 = 3,25 > 3;$$

запобіжного гальма при перестановці барабанів

$$K' = M'_T / M'_{CT} = 388,5 / 241,2 = 1,61 > 1,2; \quad (3.124)$$

робочого гальма при перестановці барабанів

$$K'_p = M'_{T,p} / M'_{CT} = 447,6 / 241,2 = 1,86 > 1,2; \quad (3.125)$$

запобіжного гальма при обриві одного з канатів

$$K'' = M_T / M''_{CT} = 777 / 408 = 1,9 > 1,2. \quad (3.126)$$

5. Уповільнення при запобіжному гальмуванні. Уповільнення (м/с²) у процесі запобіжного торіювання під час спуску та підйому вантажу

$$a = \frac{M_T \pm M_{CT}}{m_n R_6}. \quad (3.127)$$

Знак “+” ставиться під час підйому вантажу, знак “-” під час його спуску. При спуску вантажу уповільнення має відповідати умові $a_c \geq 1,5 \text{ м/с}^2$, при підйомі вантажу $a_n \leq 5 \text{ м/с}^2$.

Середнє значення уповільнення у процесі запобіжного гальмування за формулою (3.127):

при спуску вантажу

$$a_c = \frac{777-239}{10^{-3} \cdot 105000 \cdot 2} = 2,56 > 1,5 \text{ м/с}^2.$$

при підйомі вантажу

$$a_n = \frac{777+239}{10^{-3} \cdot 105000 \cdot 2} = 4,84 < 5 \text{ м/с}^2.$$

6. Необхідні тиски повітря в циліндрах гальма. Необхідний тиск (Па) повітря в циліндрах запобіжного гальмування за умови утримання гальмівного вантажу

$$P_n = \frac{4gmn}{\pi(d_n^2 - d_{ш}^2)\eta_n}, \quad (3.128)$$

Де $\eta_n=0,9$ – коефіцієнт корисної дії циліндра запобіжного гальмування

За наших даних

$$P_n = \frac{4 \cdot 9,81 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{3,14(0,18^2 - 0,045^2)0,9} \approx 0,46 \text{ МПа}.$$

Необхідний тиск (Па) повітря в циліндрі робочого гальмування для повного гальмування з умови підйому гальмівних вантажів при «зарядці»

$$P_p = \frac{4gmn(a+b)}{\pi d_p^2 b \eta_p}, \quad (3.129)$$

де η_p - коефіцієнт корисної дії циліндра робочого гальмування (для вантажопневматичних приводів $\eta_p = 0,7$).

В даному випадку

$$P_p = \frac{4 \cdot 9,81 \cdot 100 \cdot 10(1,4+0,4)}{3,14 \cdot 0,36^2 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 10^6} \approx 0,62 \text{ МПа}.$$

Визначити допустимі уповільнення в процесі запобіжного та робочого гальмування при спуску та підйомі вантажу, перегоні порожньої судини; гальмівні моменти та основні параметри гальмівного приводу для чотирикранної ($n_k=4$) підйомної машини з діаметром канатоведущого шківів $D_{ш}=4 \text{ м}$. Гальмо має пружинно-пневматичний вантажний привід (рис.3.31).

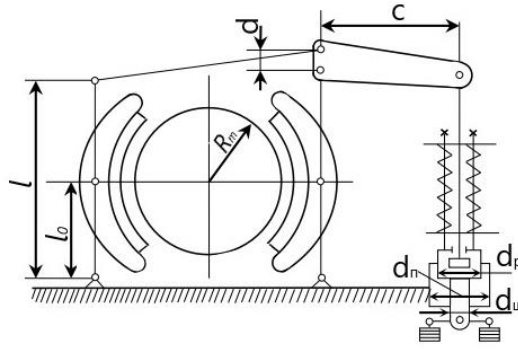


Рис. 3.31

Однокипова підйомна система з відхиляючими шківів та противагою врівноважена двома плоскими канатами. Кут охоплення канатоведучого шківів підйомними канатами $\alpha=180^\circ$. Висота підйому $H=835$ м, копра $h_k = 90$ м, рівня кромки бункера над землею $h_b = 25$ м; довжина схилу каната $H_k = 900$ м. Вантажопідйомність скіпу $Q_{\Pi} = 13$ т, власна маса $Q_c = 16,7$ т. Маса противаги, розташованої з боку шківів, що відхиляють $Q_{\Pi p} = 23,2$ т. Лінійні маси підйомного каната $p=4,54$ кг/м, що врівноважує $q=9,43$ кг/м. Наведена маса підйомної системи $m_{\Pi} = 120000$ кг.

Радіус гальмівного обода $R_T = 1910$ мм гальмівні колодки прес-масові. Розміри важелів важеля гальма (див. рис. 3.31): $c=1,5$ м; $d=0,35$ м, $f=3,08$ м, $l=1,18$ м. Циліндр робочого гальмування має діаметр $d_p = 440$ мм і хід поршня $S=100$ мм. Жорсткість пружинного блоку $Z=166,6$ Н/мм. Діаметр циліндра запобіжного гальмування $d_{\Pi} = 500$ мм, штока $d_{\Pi} = 200$ мм. Маса однієї наборної плити гальмівного вантажу $m=58$ кг; рухомих деталей, що беруть участь у робочому гальмуванні, $m_{\Pi p} = 630$ кг; те ж саме, запобіжного $m_{\Pi \Pi} = 1000$ кг.

Рішення. Статичні натяги гілок канатів. Статичні натяги більш навантажені T_1 і менш навантажені T_2 гілок канатів визначають для моменту, коли судини перебувають у положенні, у якому виникає максимальна статична неуврівноваженість підйомної системи.

При підйомі вантажу, враховуючи, що найбільша різниця статичних напруг буде в момент знаходження навантаженої судини на верхньому приймальному майданчику. Для загального випадку клітьового підйому

$$T_{1\Pi} = [Q_{\Pi} + Q_c + n_b m_b + n_{y.k} q H + n_k p (h_k - h_b)] g. \quad (3.130)$$

Для заданих умов

$$T_{1\Pi} = [13000 + 16700 + 2 \cdot 9,43 \cdot 835 + 4 \cdot 4,54(90 - 25)] 9,81 = 457400 \text{ Н} = 457,4 \text{ кН}.$$

Якщо $n_{y.k} q \leq n_k p$, то найбільше натяг (Н) матиме ця ж гілка при завантаженій посудині на нижньому приймальному майданчику:

$$T_{1\Pi} = (Q_{\Pi} + Q_c + n_b m_b + n_k p H_k) g. \quad (3.131)$$

З боку противаги:

$$\text{при } n_{y.k} q > n_k p$$

$$T_{2п} = (Q_{пр} + n_{кр}H_{кр})g, \quad (3.132)$$

для заданих умов

$$T_{2п} = (23200 + 4 \cdot 4,54 \cdot 900)9,81 = 388000 \text{ Н} = 388 \text{ кН.}$$

при $n_{у.к}q \leq n_{кр}$

$$T_{2п} = [Q_{пр} + n_{у.к}qH + n_{кр}p(h_{кр} - h_{в})]g. \quad (3.133)$$

При двосудинному підйомі формули (3.132) і (3.133) замість $Q_{пр}$ підставляють у загальному випадку клітинного підйому $(Q_c + n_{в}m_{в})...$

Статистичні натяги (Н) при спуску вантажу в заданих умовах

$$T_{1с} = T_{1п} \text{ і } T_{2с} = T_{2п}.$$

Те саме при перегоні порожньої судини в умовах підйому противаги:

за формулою (3.132) $T_{1пер} = 388 \text{ кН};$

$$T_{2пер} = [Q_c + n_{у.к}qH + n_{кр}p(h_{кр} - h_{в})]g. \quad (3.134)$$

за наших даних

$$T_{2пер} = [16700 + 2 \cdot 9,43 \cdot 835 + 4 \cdot 4,54(90 - 25)] \cdot 9,81 = 324600 \text{ Н} = 324,6 \text{ кН}$$

Те саме при спуску противаги:

за формулою (3.133)

$$T'_{1пер} = [23200 + 2 \cdot 9,43 \cdot 835 + 4 \cdot 4,54(90 - 25)]9,81 = 393700 \text{ Н} = 393,7 \text{ кН};$$

$$T'_{2пер} = (Q_c + n_{кр}pH_{кр})g, \quad (3.135)$$

за наших даних

$$T'_{2пер} = (16700 + 4 \cdot 4,54 \cdot 900)9,81 = 324200 \text{ Н} = 324,2 \text{ кН.}$$

Для двосудинного підйому при $n_{у.к}q > n_{кр}$ $T_{1пер}$ і $T_{2пер}$ визначають відповідно за формулами (3.133) і (3.132); при $n_{у.к}q < n_{кр}$ - за формулами (3.132) та (3.133); при $n_{у.к}q = n_{кр}$ $T_{1пер} = T_{2пер}$ - за формулою (3.132), причому замість $Q_{пр}$ цих формулах підставляють Q_c .

З усіх розглянутих режимів максимальна різниця статичних натягів має місце у режимі перегону порожньої судини при спуску противаги:

$$F'_{ст} = T'_{1пер} - T'_{2пер} = 393,7 - 324,2 = 69,5 \text{ кН.}$$

2. Допустимі уповільнення при гальмуванні. У розглянутих вище режимах роботи найбільші допустимі уповільнення при запобіжному та робочому гальмуванні повинні забезпечити коефіцієнт безпеки проти ковзання канатів по футеровці канатоведучого шківів $K_c \geq 1,25$.

Уповільнення (м/с^2) під час підйому вантажу

$$a_{\text{п}} = \frac{g(e^{fa} \frac{T_{1\text{п}}}{T_{2\text{п}}} - 1)}{K_c(e^{fa} \frac{T_{1\text{п}}}{T_{2\text{п}}} + 1)}, \quad (3.136)$$

де $e=2,72$ – основа натурального логарифму; f - коефіцієнт тертя підйомних канатів про футерування канатоведучого шківів (для пластику ПП-45 $f=0,25$, для канатів з круглими фасонними пасмами; 0,2 для канатів закритої конструкції).

Для заданих умов при куті охоплення $\alpha=188^\circ$ $F=0,25$ і $e^{af} = 2,271$.

$$a_{\text{п}} = \frac{9,81(2,271 \frac{457,4}{388} - 1)}{1,25(2,271 \frac{457,4}{388} + 1)} = 3,58 \text{ м/с}^2.$$

При спуску вантажу

$$a_{\text{с}} = \frac{g(e^{fa} \frac{T_{1\text{с}}}{T_{2\text{с}}} - 1)}{K_c(e^{fa} \frac{T_{1\text{с}}}{T_{2\text{с}}} + 1)}, \quad (3.137)$$

за наших даних

$$a_{\text{с}} = \frac{9,81(2,271 - 457,4/388)}{1,25(2,271 + 457,4/388)} = 2,48 \text{ м/с}^2.$$

В умовах перегону порожньої судини під час підйому противаги за формулою (3.136)

$$a_{\text{пер}} = \frac{9,81(2,271 \cdot 388/324,6 - 1)}{1,25(2,271 \cdot 388/324,6 + 1)} = 3,62 \text{ м/с}^2.$$

При спуску противаги за формулою (3.137)

$$a'_{\text{пер}} = \frac{9,81(2,271 - 393,7/324,2)}{1,25(2,271 + 393,7/324,2)} = 2,38 \text{ м/с}^2.$$

Для двосудинного підйому визначають уповільнення спуску і підйому болем важкої гілки, тобто. для випадків перегону порожніх судин в обох напрямках.

3. Гальмівні моменти. Максимальний статичний момент підйомної системи за формулою (3.115)

$$M_{\text{ст}} = F_{\text{ст}} R_{\text{ш}} = 69,5 \cdot 2 = 139 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

де $R_{\text{ш}}$ - діаметр канатоведучого шківів тертя, м.

Гальмівний момент повинен задовольняти умові (3.123), що забезпечує необхідний коефіцієнт статичної надійності гальма:

$$M_{\text{т}} \geq 3M_{\text{ст}},$$

$$\text{т.е. } M_{\text{т}} = 3M_{\text{ст}} = 3 \cdot 139 = 417 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Гальмівні моменти:

за умов забезпечення уповільнення не менше $1,5 \text{ м/с}^2$ у процесі запобіжного гальмування при спуску вантажу

$$M_T \geq M_{\text{ст}} + m_{\text{п}} R_{\text{ш}} 10^{-3}, \quad (3.138)$$

т.е. $139 + 1,5 \cdot 120000 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 499 > 417 \text{ кН} \cdot \text{м}$;

за умов забезпечення уповільнення не більше $a_{\text{п}} = 3,58 \text{ м/с}^2$ у процесі запобіжного та робочого гальмування під час підйому вантажу

$$M_T \leq (a_{\text{п}} m_{\text{п}} 10^{-3} - T_{1\text{п}} + T_{2\text{п}}) R_{\text{ш}}, \quad (3.139)$$

або $(3,58 \cdot 120000 \cdot 10^{-3} - 457,4 + 388) \cdot 2 = 720 > 417 \text{ кН} \cdot \text{м}$;

за умов забезпечення уповільнення не більше $a_{\text{с}} = 2,48 \text{ м/с}^2$ у процесі запобіжного та робочого гальмування під час підйому вантажу

$$M_T \leq (a_{\text{с}} m_{\text{п}} 10^{-3} + T_{1\text{с}} - T_{2\text{с}}) R_{\text{ш}}, \quad (3.140)$$

або $(2 \cdot 48 \cdot 120000 \cdot 10^{-3} + 457,4 - 388) \cdot 2 = 734 > 417 \text{ кН} \cdot \text{м}$;

за умов забезпечення уповільнення не більше $a_{\text{пер}} = 3,62 \text{ м/с}^2$ у процесі запобіжного та робочого гальмування під час перегону порожніх судин у разі підйому більш навантаженої гілки канатів (противаги)

$$M_T \leq (a_{\text{пер}} m_{\text{п.пер}} 10^{-3} - T_{1\text{пер}} + T_{2\text{пер}}) R_{\text{ш}}, \quad (3.141)$$

де $m_{\text{п.пер}}$ – наведена маса підйомної системи без урахування корисного вантажу (для системи з противагою $m_{\text{п.пер}} = m_{\text{п}}$).

За наших даних

$$(3,62 \cdot 12000 \cdot 10^{-3} - 399 + 324,6) \cdot 2 = 742 > 417 \text{ кН} \cdot \text{м}:$$

за умов забезпечення уповільнення не більше $a'_{\text{пер}} = 2,38 \text{ м/с}^2$ у процесі запобіжного та робочого гальмування при перегоні порожніх судин у разі спуску більш навантаженої гілки канатів (противаги)

$$M_T \leq (a'_{\text{пер}} m_{\text{п.пер}} 10^{-3} - T'_{1\text{пер}} - T'_{2\text{пер}}) R_{\text{ш}}, \quad (3.142)$$

т.к. $(2,38 \cdot 120000 \cdot 10^{-3} + 393,7 - 324,2) \cdot 2 = 710,2 > 417 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Якщо гальмівний момент, визначений за умовою (3.123), не суперечить іншим умовам, приймають одноступінчасте гальмування. У цьому випадку затяжку пружинного блоку та масу гальмівного вантажу визначають виходячи з моменту M_T .

При недотриманні умови (3.138) приймають двоступінчасте гальмування. Гальмівний момент M_1 першого ступеня гальмування приймають із умови (3.138), а другий – з умови (3.123). По моменту M_1 затягують пружинний блок, а по M_T визначають масу гальмівного вантажу.

Аналогічне рішення приймають за недотримання умов (3.139)-(3.142).

За результатами розрахунків приймають двоступінчасте гальмування. Гальмівний момент першого ступеня гальмування $M_1 = 499 \text{ кН} \cdot \text{м}$, другий - $M_T = 417 \text{ еН} \cdot \text{м}$.

4. Параметри гальмівних приводів. Передавальне число важільного механізму гальма

$$i = \frac{2cl}{dl_0}, \quad (3.143)$$

$$\text{т.е. } i = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 3,08}{0,35 \cdot 1,18} = 22,37.$$

Розрахункова маса гальмівного вантажу одного приводу за формулою (3.119)

$$m_{\text{гр}} = \frac{10^3 M_T}{2g i f_T \eta R_T} = \frac{10^3 \cdot 417}{2 \cdot 9,81 \cdot 22,37 \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 1,91} = 1745 \text{ кг}$$

При масі однієї набірної плити $= 58 \text{ кг}$ кількість набірних плит гальмівного вантажу одного приводу

$$n = \frac{m_{\text{гр}}}{m} = \frac{1745}{58} = 30,09.$$

Приймаємо $n=32$, тоді фактична маса гальмівного вантажу

$$m_{\text{гр}} = 58 \cdot 32 = 1856 \text{ кг}.$$

Розрахункове зусилля в тязі, що з'єднує привід гальма з виконавчим органом, що забезпечує створення гальмівного моменту M_1 першого ступеня гальмування,

$$Q_1 = \frac{M_1}{2i f_T \eta R_T}, \quad (3.144)$$

$$\text{т.е. } Q_1 = \frac{499}{2 \cdot 22,37 \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 1,91} = 20,5 \text{ кН}.$$

Необхідна затяжка (мм) пружинного блоку

$$F = \frac{10^3 Q_1 - g m_{\text{п.р}}}{Z}, \quad (3.145)$$

де $m_{\text{п.р}}$ - маса рухомих частин приводу гальма, що беруть участь у робочому гальмуванні, кг; Z - жорсткість пружинного блоку, Н/мм.

Тоді

$$F = \frac{10^3 \cdot 20,5 - 9,81 \cdot 630}{166,6} = 86 \text{ мм}.$$

Необхідний тиск повітря в циліндрах запобіжного гальмування

$$P_{\text{п}} = \frac{4g(mn + m)}{10^6 \pi (d_{\text{п}}^2 - d_{\text{ш}}^2) \eta_{\text{п}}}, \quad (3.146)$$

$$\text{т.е. } P_{\text{п}} = \frac{4 \cdot 9,81 (58 \cdot 32 + 1000)}{10^6 \cdot 3,14 (0,5^2 - 0,2^2) 0,9} = 0,19 \text{ МПа}.$$

Необхідний тиск (МПа) повітря в циліндрах робочого гальмування

$$P_p = \frac{4[gm_{п.р} + Z(F+S)]}{10^6 \pi d_p^2 \eta_p}, \quad (3.147)$$

де S – хід поршня циліндра робочого гальмування, мм.

За наших даних

$$P_p = \frac{4[9,81 \cdot 630 + 166,6(86 + 100)]}{10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,44^2 \cdot 0,7} = 0,35 \text{ МПа.}$$

Завдання

3.88. Визначити коефіцієнти статичної надійності запобіжного гальма для підйомної машини з розрізним барабаном та вантажопневматичним гальмом при перестановці барабана на K' та обриві одного з канатів K'' , якщо дана підйомна односкіпова система з противагою та параметрами: $D_6 = 5$ м; $Q_{\Pi} = 9300$ кг; $Q_c = 8900$ кг; $Q_{пр} = 13750$ кг; $p = 8,47$ кг/м; $H = 550$ м; $H_k = 570$ м; $a = 1,4$ м; $b = 0,4$ м; $c = 1,5$ м; $d = 0,3$ м (см. рис. 3.34); $n = 13$, $m = 100$ кг, радіус гальмівного обода $R_T = 2480$ мм. Гальмівні колодки прес-масові.

3.89. Для умови попереднього завдання визначити уповільнення при спуску та підйомі вантажу в процесі запобіжного гальмування, а також необхідні тиску стисненого повітря в циліндрах запобіжного та робочого гальмування, якщо: $m_{\Pi} = 150000$ кг; $d_p = 400$ мм; $d_{\Pi} = 200$ мм; $d_{ш} = 45$ мм.

3.90. Для підйомної машини визначити масу гальмівного вантажу та кількість набірних плит на одному приводі при мінімально допустимому значенні коефіцієнта статичної надійності $K = 3$ запобіжного гальма при нормальній роботі підйому. Чи буде забезпечений коефіцієнт статичної надійності запобіжного гальма при перестановці барабанів, якщо дана двоклітьова підйомна система з рівноважним врівноважуючим канатом і параметрами: $D_6 = 6$ м; $Q_c = 9600$ кг; $Q_{\Pi} = 12600$ кг; $p = 13$ кг/м; $H_k = 600$ м; $m = 100$ кг; $a = 1,4$ м; $b = 0,4$ м; $c = 1,8$ м; $d = 0,36$ м (см.рис. 3.34) $R_T = 2990$ мм. Гальмівні колодки прес-масові?

3.91. Для умови попередньої задачі визначити коефіцієнт статичної надійності робочого гальма при перестановці барабанів, а також значення уповільнень під час спуску та підйому вантажу в процесі запобіжного гальмування, якщо: $m_{\Pi} = 160000$ кг; $d_p = 450$ мм; $P_B = 0,5$ МПа.

3.92. Для чотириканатної ($n_k = 4$) підйомної машини з діаметром канатоведучого шківів $D_{ш} = 3,25$ м визначити допустимі уповільнення в процесі запобіжного та робочого гальмування при спуску та підйомі вантажу, а також перегоні порожніх судин, гальмівні моменти та основні параметри гальмівного приводу. Гальмо має пружинно-пневматичний вантажний привід (див. рис. 3.35).

Двоскипова підйомна система без відхиляючих шківів урівноважена двома плоскими канатами. Дано: $H = 900$ м; $h_k = 80$ м; $h_b = 25$; $H_k = 955$ м; $Q_{\Pi} = 9,3$ т; $Q_c = 13,9$ т; $p = 3,75$ кг/м; $q = 7,69$ кг/м; $m_{\Pi} = 90000$ кг; $R_T = 1540$ мм; Гальмівні колодки прес-масові; $c = 1,3$ м; $d = 0,2$ м; $/ = 2,3$ м; $/\circ = 0,8$ м; $d_p = 300$ мм; $d_{ш} = 100$ мм; $m = 25$ кг; $m_{п.р} = 250$ кг; $m_{п.л} = 250$ кг.

3.93. Визначити для багатоканатної машини гальмівний момент, зтяжку пружинного блоку, необхідні тиску в циліндрах запобіжного та робочого гальмування, якщо гальмування одноступінчасте, гальмівні колодки прес-масові, при: $R_T = 1,2$ м; $c = 1,2$ м; $d = 0,2$ м; $/ = 2,075$ м; $/\circ =$

0,825 м; $Z=65,3$ Н/мм; $d_p = 240$ мм; $S=105$ мм; $m_{п.р} = 150$ кг; $d_{п} = 280$ мм; $d_{ш} = 90$ мм; $m_{п.л} = 150$ кг; $m=25$ кг; $n=3$.

3.94. Визначити статичну напругу гілок канатів та допустимі умови нековзання канатів прискорення в режимах підйому та спуску вантажу, перегону підйомних судин. Одноклітинна багатоканатна ($n_k = 4$) підйомна установка з противагою без відхиляючих шківів. Дано: $D_{ш} = 3,25$ м; $H=1050$ м; $h_k = 50$ м; $h_b = 0$; $H_k = 1100$ м. Кліть двоповерхова $Q_c = 8500$ кг; $Q_{п} = 9000$ кг; $m_b = 1150$ кг; $Q_{п.р} = 14200$ кг; $p=4,54$ кг/м; $q=9,43$ кг/м; $m_{п} = 100000$ кг.

3.95. Використовуючи результати та умови завдання 3.159, розрахувати моменти, за якими буде зроблена затяжка пружинного блоку та визначено масу гальмівного вантажу.