

## МЕХАНІЗМИ ПІДЙОМУ

Добровольський В.К., Пічкур А.В., здобувачі вищої освіти гр. М4/2

Миколаївський національний аграрний університет  
Наукові керівники к.т.н., доц. Іванов Г.О., к.е.н., доц. Полянський П.М.

*Анотація*

Наведено типи приводів, їх класифікація та вимоги до вибору приводу. Розглянути схеми з'єднання барабана з редуктором. Дана методика вибору електродвигуна механізму підйому. Приведена формула для визначення часу пуску в різні періоди роботи механізму.

*Annotation*

The types of drives, their classification and requirements to drive selection are given. Consider the connection diagrams of the drum with the gearbox. This method of selecting an electric motor of the lifting mechanism. The formula for determining the start time in different periods of the mechanism is given.

Залежно від типу, призначення та характеру роботи вантажопідіймних машин (ВПМ) механізми їх можуть мати два приводи: ручний та машинний. Машинний привід включає в себе електричний, паровий, від двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), гідравлічний і пневматичний.

Найбільше розповсюдження в ВПМ дістав електропривід, що має такі переваги: постійна готовність до роботи; можливість установки самостійного двигуна до кожного механізму; висока економічність; легке регулювання швидкості в значних межах та зручність пересування; безпечність роботи, простота та надійність; можливість роботи зі значними перевантаженнями.

Паровий привод – низький ККД, великі габарити та вага, велика витрата пального і т.д.

Двигуни внутрішнього згорання – постійна готовність до роботи, відносно невеликі габарити та вага, високий ККД і економічність, можливість регулювання швидкості.

Недоліки: неможливість пуску під навантаженням і роботи з великими перевантаженнями та реверсування без допоміжних пристроїв.

Гідравлічний привод – забезпечує широкий діапазон регулювання швидкості, плавність руху елементів машини, відсутність динамічних навантажень, простота запобіжних пристроїв, компактність.

Недоліки: низька економічність, складність подачі робочої рідини до приводу пересувного пристрою, погіршення роботи за низьких температур, великий гідравлічний опір.

Пневматичний привод – плавність роботи, простота конструкції, зручність та легкість управління, простота обслуговування та ремонту.

Недоліки: обмеженість радіуса дії, зниження ККД при роботі з вантажами меншими номінальних.

Визначення границі раціонального застосування різних типів приводів слід проводити на основі аналізу економічних та конструкційно-експлуатаційних показників, із яких основними є собівартість транспортування, енергетичні показники, надійність роботи в будь-яку пору року, зручність управління, технологічність конструкції.

Механізми підйому ВПМ за типом їх приводу можна розподілити на такі групи: з ручним приводом (рис. 1); з індивідуальним машинним приводом (рис. 2); з груповим машинним приводом.

Зусилля робітника, що прикладене до рукоятки визначається:

$$P = \frac{Q \cdot D_a}{2\varphi \cdot n \cdot l \cdot u_n \cdot \eta_0}, \quad (1)$$

де  $i_n$  – передаточне число зубчастих передач;  $\eta_0$  – ККД механізму підйому;  $\varphi$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність прикладання навантаження при  $n = 2$   $\varphi = 0,8$ ; при  $n = 4$   $\varphi = 0,7$ .

Швидкість підйому вантажу

$$v_{\dot{a}} = \frac{v_{\delta} \cdot D_{\dot{a}}}{2l \cdot u_n \cdot m} \quad (2)$$

Тут  $v_{\delta}$  – окружна швидкість рукоятки.  $\eta_0 = \eta_n \cdot \eta_{\dot{a}} \cdot \eta_{\zeta,i}$ .

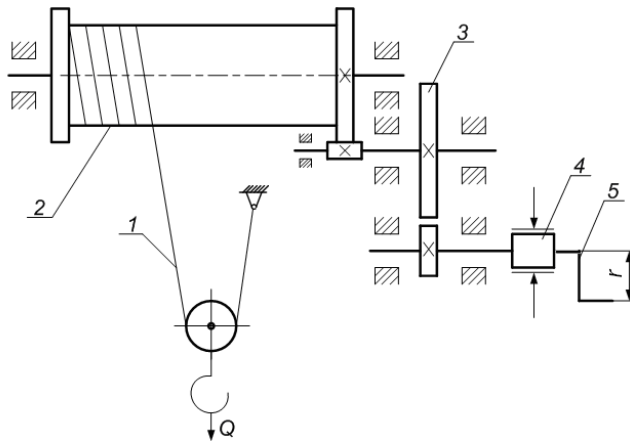


Рис. 1. Механізми підйому ВПМ з ручним приводом:

1–гнучкий робочий орган; 2–барабан; 3–передачі;  
4–гальмо; 5–приводна рукоятка;  
6–вантажозахватний пристрій

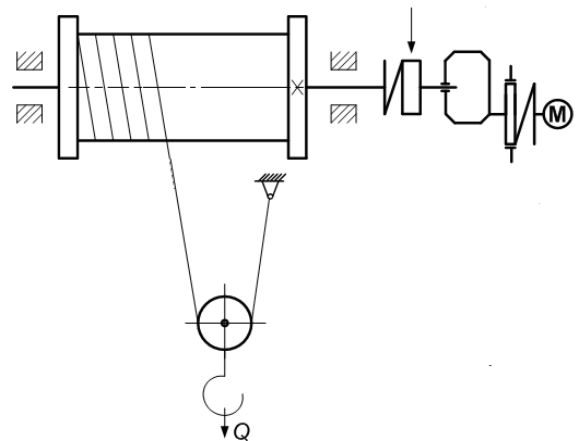


Рис. 2. Механізми підйому ВПМ з машинним приводом

На вибір схеми механізму підйому впливає багато факторів: тип вантажозахватного пристрою; вага вантажу, що піднімається; висота підйому; кількість необхідних швидкостей підйому або спуску; спеціальні вимоги обумовлені особливостями технологічних процесів використання кранів або характеру вантажу.

Підйомні механізми, що мають одну і ту ж принципову схему, виконуються конструктивно по-різному, залежно від вимог, які необхідні в тій чи іншій ВПМ. Ці вимоги зводяться до раціонального компоновання, його компактності, надійності в роботі та економічності. Враховуючи велику кількість конструктивних рішень, розглянемо тільки деякі їх різновидності механізмів підйому. В основному різновидність спостерігається в конструктивних рішеннях з'єднання вала двигуна з редуктором, і редуктора з барабаном (рис. 3).

Схема механізму а) характеризується зручністю монтажу, обслуговування, але має великі габарити. Зменшення габаритів можливе при застосуванні дво і трипарних валів механізму (рис. 3, б, в), в якому вал барабана є одночасно вихідним валом редуктора. Двоопорний вал виходить дуже важким, а триопорний – чутливий до неточності монтажу. У деяких конструкціях (рис. 3, д) застосовують відкриту зубчасту пару.

Для отримання блочної і компактної конструкції найбільш раціональна установка однієї із опор осі барабана всередині консолі вихідного вала редуктора (рис. 3, е). Крутний момент передається безпосередньо з редуктора на барабан за допомогою зубчастої муфти, минаючи вісь барабана. При цьому і вал редуктора, і вісь барабана встановлені на двох опорах. Вісь барабана працює тільки на згин.

Вибір електродвигуна механізму підйому роблять в такому порядку:

1. Визначають статичну потужність при підйомі номінального вантажу за формулою:

$$P_{\text{н0}} = \frac{G \cdot v_{\dot{a}}}{102 \cdot \eta_0}, \quad (3)$$

де  $G$  – номінальна маса вантажу, кг;  $v_{\dot{a}}$  – швидкість вантажу, м/с;  $\eta_0$  – ККД усього механізму, що включає ККД механізму і поліспасти:  $\eta_0 = \eta_m \eta_p$ .

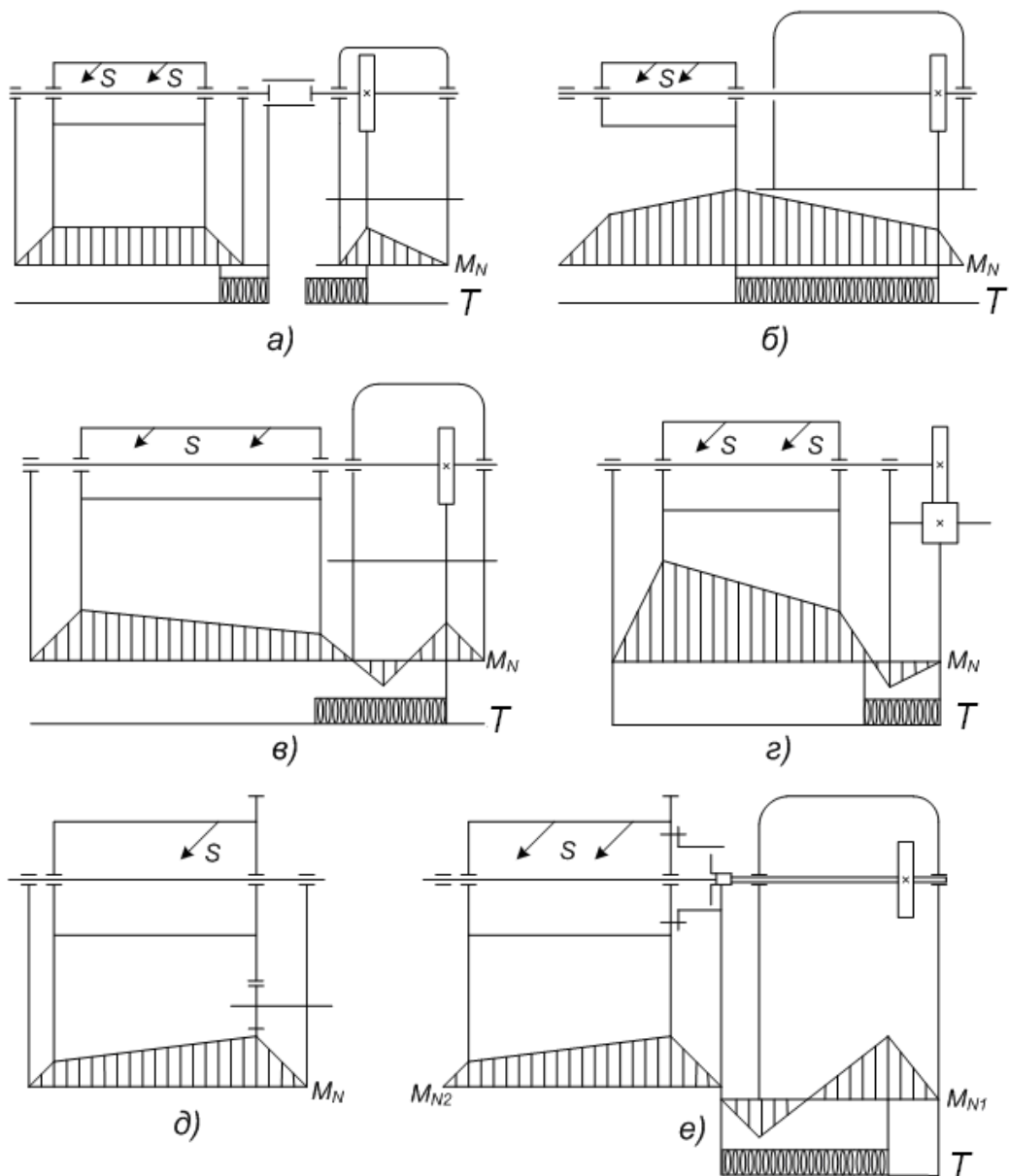


Рис. 3. Схеми з'єднання барабана з редуктором

2. За каталогом вибирають двигун з урахуванням заданої групи режиму роботи так, щоб його номінальна потужність була рівною або дещо меншою статичної. Якщо дійсне значення відповідної величини відносної тривалості включення (ПВ) не відповідає величині, вказаній у каталозі, то статична потужність перераховується за формулою:

$$P_{\text{м}} = N_{\text{о}} \sqrt{\frac{\hat{I} \hat{A}_{\text{о}}}{\hat{I} \hat{A}_{\text{м}}}}, \quad (4)$$

на найближчу номінальну величину ПВ і за нею роблять вибір двигуна.

3. Роблять перевірку вибраного двигуна на нагрівання за середньоквадратичною потужністю. Для цього визначають моменти:

а) що розвиваються електродвигуном за сталого руху при підйомі і спуску різних вантажів.

За встановленого руху момент на валу електродвигуна при підйманні вантажу визначають за формулою:

$$T_{\text{сб}} = \frac{S_{\text{max}} \cdot m \cdot D_{\text{а}}}{2 \cdot i_0 \cdot \eta_0} = \frac{G \cdot D_{\text{а}}}{2 \cdot a \cdot i_1 \cdot \eta_0}, \quad (5)$$

де  $D_6$  – діаметр барабана, м;  $S_{\max}$  – натягнення каната на барабані, визначене при підйомі номінального вантажу  $G$ ;

$$S_{\max} = \frac{G}{a \cdot m \cdot \eta} \quad (6)$$

Тут  $a$  – кратність поліспасти;  $m$  – число канатів;  $i_0$  – передавальне число механізму.

При підйомі вантажу, що відрізняється від номінального, в цю формулу підставляють замість  $S_{\max}$  натягнення каната  $S$ , створюване вагою вантажу, що піднімається, і замість номінального значення ККД  $\eta_m$  – значення ККД механізму.

При гальмівному спуску вантажу електродвигун розвиває момент

$$T_{\text{ст}} = \frac{S_a \cdot D_a \cdot m}{2 \cdot u_i} \eta_i, \quad (7)$$

де  $S_6$  – натягнення каната на барабані при спуску вантажу;  $t$  – число канатів, що намотуються на барабан;

б) середній пусковий момент електродвигуна в процесі пуску.

Для електродвигунів змінного струму з короткозамкненим ротором середній пусковий момент визначається за формулою:

$$T_{\text{пуск}} = 0,85^2 T_{\text{ном}} K_{\text{ср}} \quad (8)$$

Тут  $T_{\text{ном}}$  – номінальний момент двигуна;  $K_{\text{ср}}$  – кратність середнього момента за період пуску:

$$K_{\text{ср}} \approx \frac{1}{2}(K_{\text{пуск}} + K_m) \quad (9)$$

Для електродвигунів змінного струму з фазним ротором і для двигунів постійного струму середній пусковий момент визначається за формулою:

$$T_{\text{іоніє}} = \frac{T_{\text{max іоніє}} + T_{\text{min іоніє}}}{2}, \quad (10)$$

де  $T_{\text{maxпуск}}$  – максимальний пусковий момент, приймається ( $T_{\text{maxпуск}}/T_n = 1,8 - 3,2$ );  $T_{\text{тп пуск}}$  – мінімальний пусковий момент, з метою забезпечення розгону механізму пропонується приймати  $T_{\text{тп пуск}} \geq 1,25T_n$ .  $T_{\text{пуск}} \geq 1,5P_{\text{ст}}$

Значення номінального моменту двигуна (Н·м) визначається залежністю:

$$T_m = 9550 \frac{P_{\text{дв}}}{n}, \quad (11)$$

де  $P_{\text{дв}}$  – потужність дигуна, кВт;  $n$  – частота обертання двигуна, об/хв.

Пусковий момент вибраного двигуна є постійною величиною, що визначається його характеристиками. При зміні навантаження і характеру роботи механізму підйому (підйом – опускання) за постійної величини пускового моменту час розгону змінюється. Так, наприклад, при підйомі вантажу із зменшенням навантаження зменшується момент статичного опору і велика частина пускового моменту двигуна йде на розгін рухомих мас, що призводить до зменшення часу розгону. При опусканні вантажу, навпаки, час розгону зменшується за збільшення маси вантажу;

в) час пуску в різні періоди роботи механізму.

Необхідно визначити час пуску при підйомі й опусканні порожнього вантажозахватного пристосування, а також час пуску при підйомі і опусканні вантажу заданої величини. Час пуску для цих випадків визначається за формулою:

$$T_{\text{іоніє}} = T_{\text{п0}} + (1,1 - 1,2) \frac{J_1 n_1}{95,5 \tau_i} + \frac{QD_a^2 n_1}{382 \cdot i_1^2 \cdot a^2 \cdot \tau_i \cdot \eta_0} \quad (12)$$

при підстановці в неї значень моментів опору, моментів інерції маси вантажу, ККД і т.п., що відповідають тому вантажу, час пуску для якого визначається.

У практичних розрахунках час пуску на опускання номінального вантажу приймається рівним нулю через дію великого рушійного моменту, рівний сумі максимального моменту двигуна і моменту від вантажу;

г) час руху зі сталою швидкістю.

Час роботи механізму в періоди сталого руху визначають за рівнянням сталого руху:

$$\tau_{\delta} = \frac{H}{v}, \quad (13)$$

де  $H$  – висота підйому (спуску) вантажу для цих умов роботи;  $v$  – швидкість сталого руху.

Зазвичай повна висота підйому вантажу  $H$  використовується рідко. Залежно від характеру виконуваної роботи величина  $H$  може бути дуже невеликою і тоді час  $\tau_y$  також невеликий. При малій висоті підйому двигун може не встигати розганятися до сталої швидкості й практично працює тільки в пусковому режимі;

д) середньоквадратичний момент, еквівалентний дійсному змінному навантаженню.

Його визначають за формулою:

$$T_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{T_i^2 \cdot \Sigma \tau_i + \Sigma T_c^2 \cdot \tau_{\delta}}{\Sigma \tau}}, \quad (14)$$

де  $T_{\text{п}}$  – середній пусковий момент двигуна,  $\Sigma \tau_{\text{п}}$  – сума часу пуску механізму в різні періоди роботи і з різним навантаженням;  $\Sigma \tau$  – загальна сума часу увімкнення електродвигуна за один повний цикл;  $\Sigma T_c^2 \cdot \tau_y$  – сума продуктивності квадрата моменту статичного опору за даного навантаження на час руху, що встановився.

Середньоквадратичну потужність визначають за рівнянням:

$$P_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{ср}} \cdot n}{9550}.$$

У разі, якщо номінальна потужність вибраного двигуна є рівною або більшою знайденої середньоквадратичної потужності, якщо  $P_{\text{ср}} < P_{\text{н}}$  перегрівання двигуна не відбувається і вибір його можна вважати закінченим. Якщо ж виявиться, що номінальна потужність вибраного двигуна менша середньоквадратичної потужності, то, виходячи з умов нагрівання, для цього приводу приймають двигун більшої, потужності.

4. За рівнянням рівномірно прискореного руху визначають фактичне прискорення номінального вантажу при підйомі:

$$j = \frac{v_{\text{н}}}{\tau_i}, \quad (15)$$

де  $v_{\text{н}}$  – номінальна швидкість вантажу;  $\tau_{\text{н}}$  – час розгону номінального вантажу на підйом:

$$\tau_{\text{н}} = \frac{1}{T_i - T_{\text{н}}} \left( \delta \frac{G \cdot D_1^2 \cdot n_1}{375} + \frac{Q \cdot D_{\text{а}}^2 \cdot n_1}{375 \cdot i_0^2 \cdot m^2 \cdot \eta_0} \right). \quad (16)$$

*Література:*

1. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний посібник. Навчально-методичний комплекс / І. М. Бендера, О. Я. Стрельчук, В. В. Підлісний, Г. О. Іванов. – Кам'янець-Подільський, ФОП Сисин О.В., Абетка, 2014. – 368 с.

**УДК 629**

## **РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ КРАНА**

Толгаренко М.О., Фролова Н.В., здобувачі вищої освіти гр. М4/3

Миколаївський національний аграрний університет

Наукові керівники к.т.н., доц. Іванов Г.О., к.е.н., доц. Полянський П.М.