

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Вагони”

**РОЗРАХУНОК СИЛОВИХ ПРИВОДІВ
ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до курсової роботи
з дисципліни**

***«АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ УСТАТКУВАННЯ
ВАГОНІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»***

Харків 2010

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Вагони» 17 березня 2008 року, протокол № 8.

Укладач
доц. В.В.Бондаренко

Рецензент
доц. Д.І. Волошин

РОЗРАХУНОК СИЛОВИХ ПРИВОДІВ
ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ

МЕТОДИЧНІ вказівки

до курсової роботи
з дисципліни

*«АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ УСТАТКУВАННЯ
ВАГОНІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»*

Відповідальний за випуск Бондаренко В.В.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 25.11.08 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Обл.-вид.арк. 1,75.

Замовлення № Тираж 150. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.

Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майдан Фейербаха, 7

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра «Вагони»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсової роботи з дисципліни
«Автоматика та автоматизація устаткування вагонів
та технологічних процесів»
на тему:
«Розрахунок силових приводів засобів автоматики»

Харків – 2008

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку
на засіданні кафедри “Вагони” _____р., протокол № ____

Укладач:
доцент В.В.Бондаренко

Рецензент
доцент Волошин Д.І.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Опис приводів машин	4
2 Розрахунок потужності двигунів пластинчастих конвеєрів	12
3 Розрахунок потужності двигунів роликкових конвеєрів	14
4 Розрахунок потужності електродвигунів для тягових та візкових конвеєрів	16
5 Розрахунок потужності двигунів і параметрів підйомних механізмів	17
6 Розрахунок потужності електродвигунів і параметрів кантувачів і поворотних кругів	19
7 Електромагнітний силовий привід	21
8 Пневматичний та гідравлічний приводи	23
Список літератури	27

ВСТУП

Одним із шляхів зменшення собіварості ремонту рухомого складу та підвищення його надійності й довговічності є автоматизація устаткування вагонів і технологічних процесів.

Впровадження автоматичних верстатів, машин і механізмів, автоматизованих поточних ліній дозволяє підвищити ефективність виробництва, створює найбільш сприятливі умови для виконання робіт у вагонних депо. Актуальним є удосконалення технологічних процесів ремонту вагонів та їх частин, введення в експлуатацію нових високовиробничих машин і механізмів, підвищення кваліфікації робітників, впровадження найбільш прогресивних методів ремонту вагонів.

Організація ремонту вагонів, їх вузлів і деталей на автоматизованих і механізованих поточно-конвеєрних лініях є одним із головних напрямків прискорення науково-технічного прогресу вагоноремонтного виробництва.

Дані методичні вказівки допоможуть у якісному виконанні курсової роботи на тему «Розрахунок силових приводів засобів автоматики» з дисципліни «Автоматика та автоматизація устаткування вагонів та технологічних процесів» для студентів спеціальності «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту».

Розрахунки та етапи роботи виконувати згідно з виданим викладачем індивідуальним завданням з вихідними даними.

1 Опис приводів машин

Будь-яка сучасна машина має робочі органи та їх приводи. Конструкція і вид робочих органів визначається

цільовим призначенням машини. Структурна схема приводу включає до свого складу двигун і передачу (трансмісію).

Електричний привід. Це частина машинного пристрою, що складається з електродвигуна, апаратури управління і передавального механізму (перетворювача).

Передавальні механізми служать для передачі руху і зусилля від двигуна до робочого органу, перетворення одного виду руху в інший, зміни швидкості та напряму руху.

Дуже часто електродвигуни працюють в поєднанні з муфтами, блоками, зірочками, барабанами, варіаторами, редукторами, ланцюговими або пасовими передачами.

Електричний привід простий і надійний в експлуатації. Найбільш компактним, дешевим, надійним і економічним в експлуатації є асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором. Цей двигун забезпечує приблизно постійну частоту обертання при зміні навантаження в широких межах. Асинхронні електродвигуни з короткозамкнутим ротором серії 4А застосовують у приводах конвеєрів, кантувачів, механізмів обертання колісних пар, насосів, вентиляторів, компресорів та інших механізмів.

Для визначення орієнтовної вартості таких двигунів можна застосовувати таке співвідношення, грн:

$$C_{\partial} \approx c_o P,$$

де c_o – питома вартість електродвигуна, грн/кВт;

P - потужність електродвигуна, кВт.

Електродвигуни постійного струму застосовують у приводах механізмів, що вимагають великих пускових моментів і широкого регулювання частоти обертання, у системах автоматичного регулювання. У системах автоматичного регулювання дуже часто застосовують електродвигуни постійного струму з незалежним збудженням, коли регулювання частоти обертання здійснюють зміною магнітного потоку (струму) збудження. Цей спосіб регулювання вважається найбільш економічним.

Напруга на якорі при такому способі регулювання залишається постійною.

Електродвигуни вибирають залежно від потрібної потужності, режимів роботи та особливостей функціонування технологічних машин.

Пневмопривід широко застосовується для автоматизації операцій повороту, штовхання, піднімання, переміщення і затискування. Широке застосування пневмоприводу полягає в його надійності, вибухобезпечності, простоті конструкції й управління, відносній швидкості дії, низькій вартості, невисокої вимогливості до герметичності і точності виготовлення. Основним недоліком пневмоприводів є виробничий шум, що виникає при вихлопі відпрацьованого повітря і динамічній взаємодії мас, що переміщуються.

Гідропривід має ряд переваг в порівнянні з пневмоприводом. Він забезпечує отримання високих зусиль при малих габаритах і масі виконавчих пристроїв, плавне і точне регулювання зусиль, швидкостей та переміщень виконавчих елементів і відрізняється малою інерційністю та безшумністю в роботі. До недоліків гідроприводу належать складність конструкції, вимоги високої точності виготовлення та герметичності, а також залежність його працездатності від температури.

Конвеєри. Конвеєри призначені для горизонтального та похилого переміщення виробів і матеріалів. Вони підрозділяються на стрічкові, пластинчасті, роликові, скребкові та ін.

Пластинчасті конвеєри переміщують вантажі в горизонтальному і похилому положеннях на настилі, утвореному з окремих пластин, як правило, прикріплених до тягового елемента (ГОСТ 22281-76). Кут нахилу пластинчастих конвеєрів не повинен перевищувати 45°.

Конвеєр є транспортувальним пристроєм безперервної дії, змонтованим на опорній металевій конструкції з ходовою частиною, тяговим органом, яким є два пластинчасті ланцюги, що спираються своїми котками по всій довжині конвеєра на рейки, що є на опорній конструкції і огинають на кінцях його приводні і натяжні зірочки. Пластинчасті конвеєри бувають вертикально-замкнуті і горизонтально-замкнуті.

Основні параметри пластинчастих конвеєрів:

ширина настилу B – 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600 мм;

висота борту H – 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 355; 400 і 450 мм;

крок тягового ланцюга t – 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630 і 800 мм;

число зубів зірочок z – 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12 і 13;

швидкість руху ходової частини v – 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 і 1 м/с.

Довжину конвеєра приблизно можна визначити за формулою

$$L \approx \theta(L_u + l) + D_z$$

де θ – число виробів, що одночасно переміщуються;

L_u – розмір виробу уздовж конвеєра, м;

l – відстань між виробами (0,5-2 м);

D_z – діаметр початкового кола зірочки, м, $D_z = \frac{t}{\sin(180/z)}$.

Тривалість переміщення виробу конвеєром можна визначити за формулою

$$t_{\partial} = \frac{L_u + l}{v}$$

де v – швидкість переміщення, м/с.

Роликові конвеєри – транспортувальні пристрої для різноманітних штучних вантажів (прокат, деталі вагонів). Вантажі переміщуються по стаціонарних приводних або неприводних роликах. У неприводних конвеєрів вантаж рухається самоходом при невеликому ухилі роликового настилу під дією сили тяжіння. У приводних конвеєрів вантаж переміщується під дією сил зчеплення з опорними роликами, що обертаються, від групового або індивідуального приводного пристрою. Частіше застосовують циліндрові ролики, які мають циліндрові обичайки із сталевих безшовних зварних труб з нормованими за ГОСТ 8324-82 параметрами.

Основні параметри роликових конвеєрів:

Довжину циліндрових роликів B і крок їх розташування l_p вибирають з таких рядків чисел:

$B = 160, 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800, 100, 1200$ мм;

$l_p = 50, 60, 80, 100, 125, 200, 250, 315, 400, 500, 630$ мм.

Діаметр d_p та вага G_p роликів:

d_p , мм:	40	57	73	105	155
G_p , Н:	11...35	21...53	32...110	80...300	192...460

Швидкість руху деталей v , м/с: 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 та 1.

Крокуючі (крокові) конвеєри. Так називають конвеєри тому, що рухома рама переміщає вантажі на всіх робочих позиціях на один крок вперед через рівні проміжки часу, що відповідають циклу його роботи. Весь цикл руху крокуючого конвеєра протікає в автоматичному, напівавтоматичному і налагоджувальному режимах роботи за чотири послідовні ходи робочого органу конвеєра – підйом, робочий хід, опускання і холостий хід.

Крокуючий конвеєр складається зі станини, нерухомої рами, рухомої рами, встановленої на опорних роликах, підйомників з пневматичним, гідравлічним або електромеханічним приводами, механізму пересування піднімальної рами з пневматичним, гідравлічним або електромеханічним приводами, кінцевих вимикачів.

Переваги крокуючих конвеєрів: велика надійність, низька вартість, простота конструкції і плавність ходу, можливість роботи при великих швидкостях руху (до 0,5 м/с), проста синхронізація руху, відносно велика вантажопідйомність.

Візкові конвеєри (технологічні візки). Візковими називають конвеєри, що переміщують вантажі на візках, які рухаються по напрямних коліях (замкнених або розімкнених). Візкові конвеєри виготовляють з візками, що мають широкий діапазон вантажопідйомності (10...10000 кг). У широких межах коливається і ширина платформ (настилу) візків – 200...1600 мм. Довжину платформ візків звичайно приймають в 1,5...2 рази більше за їх ширину. Швидкість руху 0,02...0,125 м/с.

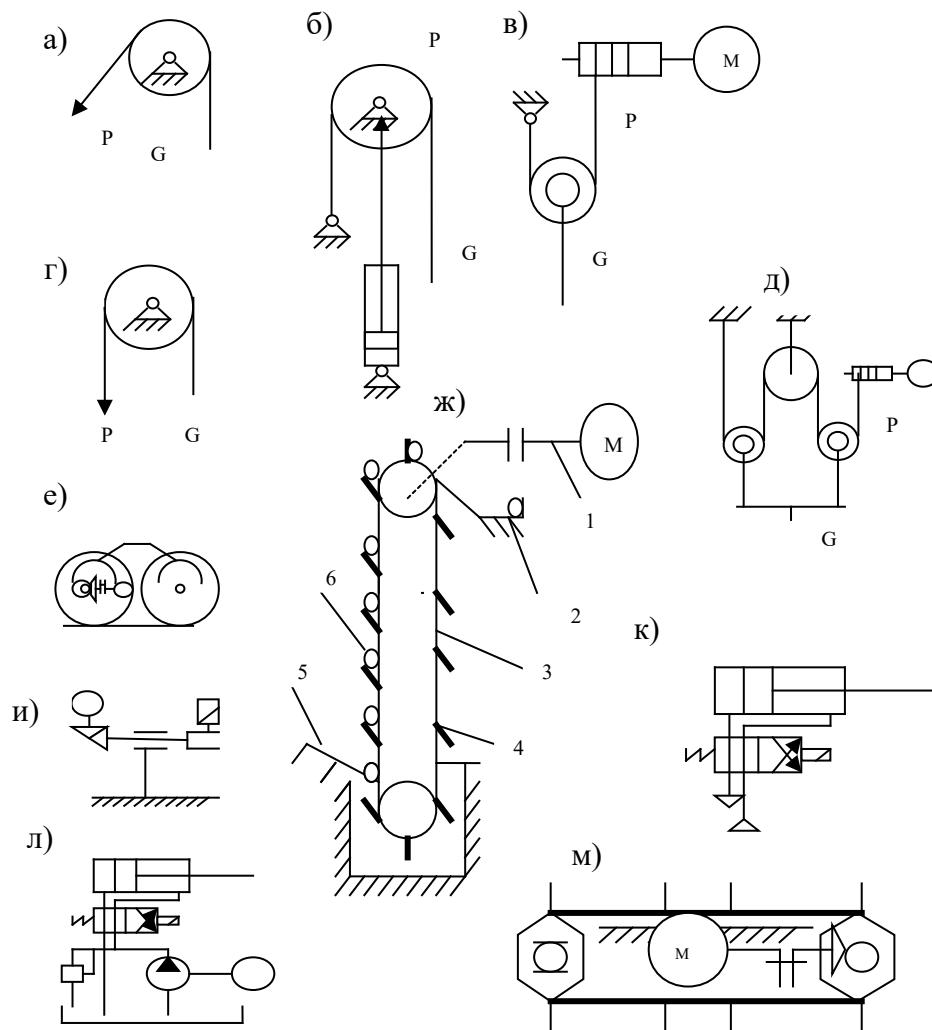
Візкові конвеєри пульсуючої дії застосовують у машинах для обмивання рам, сполучних балок візків, контейнерів та ін. Візкові конвеєри пульсуючої дії включають до свого складу один самохідний технологічний візок та пов'язаний з ним жорстким зв'язком опорний візок (або декілька візків), а також механізми підйому виробів, які можуть встановлюватися на візках або окремо від них (збоку від конвеєра). Цикл роботи пульсуючого конвеєра: установа виробу на самохідний (завантажувальний) візок, переміщення самохідного та опорного візків з вантажем, зняття виробу з опорного візка, піднімання виробу над самохідним візком, повернення візків у вихідну позицію, опускання виробу на опорний візок.

Переваги: можливість транспортування різноманітних штучних вантажів, включаючи гарячі, важкі та великогабаритні, поєднання процесу переміщення з

технологічними операціями (нагрівання, охолодження, сушіння, обмивання, складання та ін.). Недоліки: складність конструкції, висока вартість. Висока вартість обумовлена тим, що візкові конвеєри є машинами індивідуального призначення та виготовляються дрібними серіями.

Елеватори. Елеватори мають гнучкі тягові елементи (ланцюги, стрічки, канат), що огинають приводні і натяжні елементи (зірочки, барабани, блоки). До гнучких тягових елементів кріплять вантажні елементи: ковші, полиці, люльки. Крім того, елеватори включають до свого складу привід, завантажувальні і розвантажувальні пристрої, а також кожух, що закриває рухомі частини. Приводи оснащують стопорними пристроями для усунення небезпеки зворотного руху тягового елемента під дією сили тяжіння вантажу, що піднімається, при вимкненні двигуна. Основними параметрами елеватора є продуктивність, висота елеватора, швидкість гнучкого тягового елемента, потужність приводного двигуна. Переваги: збереження вантажу, що транспортується, простота конструкції, надійність при експлуатації, можливість подачі вантажу на значну висоту (до 60...90 м), великий діапазон продуктивності до 1000 т/год. Недоліки: можливість відривання ковшів або полиць при перенавантаженнях.

Механізми зміни положення деталей: поворотні столи (круги) і кантувачі. Поворотні столи і круги служать для повороту виробів навколо вертикальної осі з визначеною швидкістю (столи) та на кут 90° (круги). Кантувачі служать для повороту виробу навколо горизонтальної осі на будь-який кут. Кантувачі бувають одностійкові, двостійкові, вилкоподібні, роликові, ланцюгові та ін. (рисунок 1).



а – блок ($P=G$); б – блок з пневмо- або гідроприводом ($P=2G$); в – блок з електроприводом ($P=0.5 G$); г - блок ($P=G$); д – поліспаст ($m=4$) з електроприводом; е – технологічний візок з електроприводом і конічною передачею; ж- елеватор: 1- приводна зірочка; 2- розвантажувальний пристрій; 3 – гнучкий орган (ланцюг); 4 – полиця; 5 – завантажувальний пристрій; 6 – виріб; и – привідна стійка кантувача (обертача) із затискним електромагнітним приводом; к – пневмопривід з пневмоциліндром двосторонньої дії і розподільником з електромагнітним управлінням і пружинним поверненням; л – гідропривід з гідроциліндром двосторонньої дії та розподільником з електромагнітним управлінням і пружинним поверненням; м – конвеєр вертикально-замкнутий (має натяжну і привідну станції, що спрямовує настил або каретки для переміщення важких вантажів)

Рисунок 1 - Блоки, поліспасти, технологічні візки, приводні стійки кантувачів, елеватори, пневмоприводи, гідроприводи, конвеєри

2 Розрахунок потужності двигунів пластинчастих конвеєрів

Вихідні дані для розрахунку занести у таблицю 1.

Таблиця 1

v , м/с	θ , шт	G_u , Н	t , м	q , Н/м ²	B , м
l , м	L_u , м	w	η_n	z	

Основні параметри пластинчастих конвеєрів:

ширина настилу B – 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600 мм;

висота борту – 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 355; 400 та 450 мм;

крок тягового ланцюга t – 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630 і 800 мм;

число зубів зірочок z – 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12 та 13;

швидкість руху ходової частини v – 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 та 1 м/с.

У таблиці 1 прийняті такі позначення:

v - швидкість руху; м/с;

θ - кількість одночасно переміщуваних виробів, шт.;

G_u - вага виробу;

t - крок тягового ланцюга, м;

q - умовна вага настилу для пластинчастого конвеєра (130; 160; 210), Н/м²;

B – ширина настилу пластинчастого конвеєра, м;

l – відстань між виробами на конвеєрі (0,5...2), м;

L_u - довжина виробу, м;

w – коефіцієнт опору руху: 0,3÷0,4 при ковзанні тягового ланцюга по спрямовуючих; 0,12÷0,16 при переміщенні тягового органу по роликах з підшипниками ковзання; 0,05÷0,08 при переміщенні тягового органу по роликах з підшипниками кочення;
 η_n – ККД. передачі або поліспасти;
 Z - число зубців зірочок.

Алгоритм розрахунку

Визначаємо:

1 Діаметр початкового кола зірочки, м,

$$D_3 = \frac{t}{\sin\left(\frac{180}{z}\right)}.$$

2 Довжину конвеєра за формулою, м,

$$L \approx \theta(L_u + l) + D_3.$$

3 Силу опори руху при обгинанні тяговим органом зірочок, Н,

$$W_k = 180B + 1,2L.$$

4 Сумарний опір руху, Н,

$$W = (\theta G_u + qBL)w + W_k.$$

5 Розрахунок потужності електродвигунів усіх конвеєрів, транспортних і технологічних візків, підйомних механізмів виконують за формулою

$$P = \frac{Wv}{1000\eta_n},$$

де W – сумарний опір руху, Н;
 v – швидкість переміщення, м/с.

6 Вибираємо тип двигуна з умови перевищення його номінальної потужності над розрахунковою

$$P_n \geq P .$$

7 Тривалість переміщення об'єкта за формулою, с,

$$t_{\partial} = \frac{L_u + l}{v} .$$

3 Розрахунок потужності двигунів роликів конвеєрів

Вихідні дані для розрахунку занести у таблицю 2.

Таблиця 2

v м/с	θ шт	G_u Н	d_p м	G_p Н	B , м
l , м	L_u м	w	η_n	Z	

Основні параметри роликів конвеєрів:

Довжину циліндрових роликів B та крок їх розташування l_p обирають з таких рядів чисел:

$B = 160, 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200$ мм;

$l_p = 50, 60, 80, 100, 125, 200, 250, 315, 400, 500, 630$ мм.

Діаметр d_p і вага G_p роликів:

d_p , мм: 40 57 73 105 155

G_p , Н: 11...35 21...53 32...110 80...300 192...460

Швидкість руху деталей, м/с: 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25;
0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 та 1.

Алгоритм розрахунку

1 Приймаємо $D_3 \approx d_p$.

2 Крок ланцюга, що з'єднує ролики за допомогою зірочок, насаджених на їх вали, м,

$$t \approx d_p \sin\left(\frac{180}{z}\right).$$

3 Приймаємо стандартне значення кроку, близьке до розрахункового.

4 Довжина конвеєра, м,

$$L \approx \theta(L_u + l) + d_p.$$

5 Крок розташування роликів, м,

$$l_p \approx 2d_p.$$

6 Приймаємо стандартне значення кроку, близьке до розрахункового.

7 Число роликів

$$n_p = \frac{L - d_p}{l_p}.$$

8 Сила опору руху при огинанні тяговим органом зірочок, Н,

$$W_k = 180B + 1,2L.$$

9 Сумарний опір руху, Н,

$$W = (n_p G_p + \frac{G_u l_p \theta}{L_u})w + W_k.$$

10 Потужність електродвигуна, кВт,

$$P = \frac{Wv}{1000\eta_n}.$$

11 Обираємо тип двигуна з умови перевищення його номінальної потужності над розрахунковою

$$P_H \geq P.$$

12 Тривалість переміщення об'єкта за формулою, с,

$$t_{\partial} = \frac{L_u + l}{v}.$$

4 Розрахунок потужності електродвигунів для тягових та візкових конвеєрів

Сумарний опір руху визначаємо за формулою:

$$W = k_T \theta m_u,$$

де k_T - тягове зусилля, необхідне на кожну тонну маси об'єкта, що переміщується (для тягових конвеєрів 250...300; для візкових 500...800), Н/т;

m_u - маса об'єкта, що переміщується, т.

Витрати часу на переміщення об'єкта та потужність електродвигуна визначаються за формулами, вказаними вище.

Швидкість руху приймають $v = 0,1 \dots 0,25$ м/с.

5 Розрахунок потужності двигунів і параметрів підйомних механізмів

Вихідні дані для розрахунку занести у таблицю 3.

Таблиця 3

v , м/с	G_u , Н	G_{Σ} , Н	m	K_1	K_2	η_n	l_n , м
-----------	-----------	------------------	-----	-------	-------	----------	-----------

--	--	--	--	--	--	--	--

У таблиці 3 прийняті такі позначення:

v - швидкість переміщення вантажу (0,105...0,333), м/с;
 G_u - вага виробу (приймається за даними таблиці 3) або для кожухів і дверей мийних машин визначається за формулою

$$G_u = V\rho_c g,$$

де V – об'єм металу кожуха, м³, $V = (3L * H + 2B * H)h$;

L - довжина кожуха упоперек колії, м;

H - висота кожуха, м;

B - ширина кожуха уздовж шляху, м;

h - приведена товщина металу (0,002...0,003), м;

ρ_c – щільність сталі (7850 кг/м³); розміри приймаються за даними таблиці 3;

G_3 - вага захоплювального пристрою (50...500), Н;

m – кратність поліспасти;

K_1 – коефіцієнт запасу міцності каната (4...6);

K_2 – коефіцієнт, залежний від типу вантажопідійомної машини і режиму її роботи (16...35);

η_n - ККД передачі;

l_n - висота піднімання вантажу (кожуха, дверей), м.

Алгоритм розрахунку

1 Сумарний опір руху залежно від обраної схеми підйомного механізму (у розрахунках вага блока прийнята рівною вазі захоплювального пристрою):

схеми 1 та 4 рисунок 1:

$$W = G_u + G_3,$$

схема 3:

$$W = 0,5(G_u + 2G_3),$$

схема 5:
$$W = \frac{G_u + 3G_3}{m\eta_n} .$$

2 Розривне зусилля, Н,

$$P_{раз} = K_1 W .$$

3 Діаметр каната, мм,

$$d_k \approx 0,0016 P_{раз} .$$

4 Діаметр блока (барабана), мм,

$$D_{\sigma} \approx K_2 d_k .$$

5 Потужність електродвигуна, кВт,

$$P = \frac{Wv}{1000\eta_n} .$$

6 Обираємо тип двигуна з умови перевищення його номінальної потужності над розрахунковою

$$P_H \geq P .$$

7 Тривалість переміщення об'єкта за формулою, с,

$$t_{\partial} = \frac{2l}{v} .$$

6 Розрахунок потужності електродвигунів і параметрів кантувачів і поворотних кругів

Кантувачі і поворотні круги служать для зміни напрямку руху деталей і вузлів вагонів у процесі їх обробки. Кантувачі обертають вироби навколо горизонтальної осі на необхідний кут для виконання ремонтних операцій. Вони бувають одностійкові (схема 7 рисунок 1), двостійкові, вилкоподібні та ін. Поворотні круги (столи) обертають вироби навколо вертикальної осі. Як правило, поворот візків, колісних пар або інших вузлів здійснюється на кут 90° . При зварювальних роботах стіл обертається із зварювальною швидкістю протягом всього процесу наплавлення або зварювання.

Потужність, кВт, електродвигуна кантувача або поворотного круга визначається за формулою

$$P = \frac{M_{\partial} n_{\partial}}{9570},$$

де M_{∂} – момент, який повинен розвивати електродвигун, Н*м;
 n_{∂} – номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв.

Вихідні дані для розрахунку занести у таблицю 4.

Таблиця 4

μ_u	u_p	η_n	f_T	$r_n, \text{ м}$	$\rho_u, \text{ м}$	$G_u, \text{ Н}$
$G_z, \text{ Н}$	$\rho_z, \text{ м}$	$n_{\partial} \text{ об/хв}$	$G_c, \text{ Н}$	$r_k, \text{ м}$	$\delta_o, \text{ м}$	$A, \text{ м}$

У таблиці 4 прийняті такі позначення:

μ_u - коефіцієнт, що враховує інерційні сили (1,1...1,3);

u_p - передавальне число редуктора (у таких пристроях повинні застосовуватися двоступеневі циліндрові редуктори або черв'ячні редуктори);

η_n - ККД передачі;

f_T - коефіцієнт тертя кочення (0,05...0,08);

r_n - відстань від осі обертання до зовнішньої поверхні внутрішнього кільця підшипника (0,029...0,0695), м;

ρ_u - відстань від осі обертання до центру тяжіння виробу (0,1...0,3 для двостійкових кантувачів та $\rho_u \approx B/2 + 0,1$ – вилкоподібних кантувачів);

B – розмір виробу уздовж вилкоподібного захоплювача, м;

G_u - вага виробу, Н;

$G_z \approx 0,05G_u$ - вага захоплювального пристрою, Н;

ρ_z - відстань від осі обертання до центру тяжіння вилкоподібного захоплювача ($\rho_z \approx B/3 + 0,1$), м;

n_{∂} - частота обертання двигуна (750...1000), об/хв;

G_c - вага поворотного столу круга ($G_c \approx 0,05G_u$), Н;

r_k - відстань від осі поворотного круга до роlikової опори ($r_k \approx 1,25$), м;

- δ_o - відстань від центру тяжіння виробу до вертикальної осі поворотного круга ($\delta_o \approx 0...0,1$), м;
 A - відстань між підшипниками уздовж вала поворотного круга ($A \approx 0,2...0,6$), м.

Алгоритм розрахунку

- 1 Визначаємо момент, який повинен розвивати електродвигун залежно від схеми кантувача або поворотного круга для двостійкових кантувачів

$$M_{\partial} = \frac{\mu_u [(G_z + G_u) f_T r_n + G_u \rho_u]}{u p \eta_n},$$

для вилкоподібних кантувачів

$$M_{\partial} = \frac{1,1 \mu_u [G_z \rho_z + G_u \rho_u]}{u p \eta_n},$$

для поворотних кругів, поворотні столи яких спираються на опорні ролики, що розміщені по периметру стола

$$M_{\partial} = \frac{\mu_u [G_c + G_u] f_T r_k}{u p \eta_n},$$

для поворотних кругів, вертикальний вал яких змонтований на підшипниках

$$M_{\partial} = \frac{\mu_u [(G_c + G_u) f_T r_n + \frac{2G_u \delta_o}{A}]}{u p \eta_n}.$$

- 2 Визначаємо потужність електродвигуна, кВт.
- 3 Визначаємо тривалість операції кантування або повороту виробу на заданий кут

$$t_{\partial} = \frac{60\alpha u_p}{360n_{\partial}}$$

де α – кут повороту (для кантувачів $\alpha = 360^{\circ}$, для поворотних пристроїв $\alpha = 180^{\circ}$).

7 Електромагнітний силовий привід

Електромагніти змінного та постійного струму знайшли широке застосування для здійснення швидких прямолінійних переміщень.

Вихідні дані для розрахунку занести у таблицю 5.

Таблиця 5

D, м	d, м	d_n , м	l_k , м	μ_o , Н/м ²	ρ_m , Ом*м	U, В	δ_e , м

У таблиці 5 прийняті такі позначення:

D – зовнішній діаметр котушки, м;

d – внутрішній діаметр котушки (діаметр сердечника), м;

d_n - діаметр мідного дроту (0,001...0,007), м;

l_k - довжина котушки електромагніта, м;

μ_o - магнітна проникність повітряного зазору ($12,56 \cdot 10^{-7}$), Н/м²;

ρ_m - питомий опір мідного дроту ($0,0175 \cdot 10^{-6}$), Ом*м;

U - напруга живлення електромагніту, В;

δ_e - висота повітряного зазору (хід сердечника), м.

Алгоритм розрахунку

1 Необхідне число витків котушки

$$w = (0,85) \frac{l_k (D - d)}{2d_n^2} \cdot$$

2 Опір котушки, Ом,

$$R = \frac{4\rho_m (D + d)w}{2d_n^2} \cdot$$

3. Тягове зусилля електромагніту, Н,

$$P_M = \frac{U^2 w^2 \mu_o \pi d^2}{8R^2 \delta_g^2} > P_T,$$

де P_T - технологічне зусилля (зусилля корисної роботи), Н.
 4 Тривалість спрацьовування (прямий та зворотний хід) електромагніта, с,

$$t_{\partial} \approx \frac{\pi w^2 d^2 \mu_o}{2\delta_g R}.$$

8 Пневматичний та гідравлічний приводи

Вихідні дані для розрахунку занести у таблицю 6.

Таблиця 6

D , м	d_{um} , м	P , Н/м ²	P_c , Н/м ²	f_o	μ_u	ρ_c , кг/м ³
S , м	m	σ , Н/м ²	μ	$\rho_{жс}$, кг/м ³	P_T , Н	

Основні стандартні параметри циліндрів:

D , м: 0,045; 0,050; 0,065; 0,075; 0,090; 0,105; 0,120; 0,150; 0,165; 0,175; 0,200; 0,225; 0,250; 0,300; 0,350; 0,400; 0,500;
 d_{um} , м ($d_{um} \approx 0,3D$): 0,004; 0,005; 0,006; 0,008; 0,01; 0,012; 0,016; 0,020; 0,025; 0,032; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080; 0,1; 0,125; 0,160; 0,200; 0,320.

Хід поршня S приймається конструктивно залежно від характеру роботи, що виконується (для поворотних пристроїв $S = \frac{2\pi r \alpha}{360}$, де α – кут повороту).

У таблиці 6 прийняті такі позначення:

D - внутрішній діаметр циліндра (головний параметр), м;
 d_{um} - діаметр штока, м;

- p - робочий тиск стислого повітря або рідини (для пневмоприводів $p = 4 \cdot 10^5$, Н/м²; для гідроприводів $p = (6,3; 10; 16; 25; 63; 100; 160; 200; 250; 320; 400; 500) \cdot 10^5$ Н/м²);
- p_c - протитиск у вихлопній або зливній камерах (для пневмоприводів $p_c = 0,3 \cdot p$; для гідроприводів $p_c = 0,1 \cdot p$);
- f_o - коефіцієнт, що враховує тертя в пристроях ущільнювачів (0,8...0,9);
- μ_u - коефіцієнт, що враховує інерційні сили (1,1...1,3);
- ρ_c - щільність сталі, кг/м³;
- S - хід поршня, м;
- m - коефіцієнт запасу міцності (1,1...1,3);
- σ - напруга, що допускається (для вуглецевих сталей (1000...1200) * 10⁵, Н/м²; для легованих сталей (1100...4000) * 10⁵ Н/м²);
- μ - коефіцієнт витрати через отвір (0,4...0,9);
- $\rho_{ж}$ - щільність мастила (800...950 кг/м³);
- P_T - технологічне зусилля (зусилля корисної роботи), Н.

Алгоритм розрахунку

- 1 Підбираємо внутрішній діаметр D циліндра і діаметр штока d_{um} методом ітерацій з умови рівноваги поршня, задаючись їх стандартними значеннями:

$$\frac{\pi p D^2 f_o}{4 \mu_u} - \frac{\pi \rho_c (D^2 - d_{um}^2)}{4} - P_T = 0.$$

Визначаємо:

- 2 Товщину стінки днища (кришки) циліндра, м,

$$\delta \approx \sqrt{\frac{6 p D^2}{32 \sigma}}.$$

3. Зовнішній діаметр циліндра, м,

$$D_n = m D \sqrt{\frac{\sigma + p}{\sigma - p}}.$$

- 4 Довжину корпусу циліндра (приймаємо висоту поршня $B = 0,75D$), м,

$$L_k = 2\delta + 0,75D + S.$$

5 Вагу корпусу циліндра, Н,

$$G_k \approx \rho_c g \left(L_k \frac{\pi(D_H^2 - D^2)}{4} + \frac{2\pi D^2 \delta}{4} \right).$$

6 Вагу плунжерної пари (шток і поршень; довжину штока приймаємо $l_{um} = 1,5S$), Н,

$$G_{nu} \approx \frac{\pi \rho_c g}{4} (0,75D^3 + 1,5Sd^2).$$

Підпрограма розрахунку особливих параметрів пневмоприводу

1 Безрозмірне навантаження на привід

$$\chi = \frac{1,58P_T}{(p + 1.10^5)D^2}.$$

2 Безрозмірний конструктивний параметр

$$N_k = \frac{275,14\mu d^2}{D^3} \sqrt{\frac{G}{(p + 1.10^5)S}},$$

де G – вага корпусу або плунжерної пари (приймається залежно від конструкції приводу (якщо рухомий корпус, то замість G підставляють G_k , якщо рухома плунжерна пара, то замість G підставляють G_{nu});

d – діаметр отворів, м, $d \approx (0,06...0,15)D$.

3 Відносний час переміщення поршня

$$\tau = \frac{4,7}{1 - 0,9\chi}, \quad 0 < N_k < 1,$$

$$\tau = \frac{2,48N_k + 7,1}{2 - 1,8\chi}, \quad 1 < N_k < 5.$$

4 Тривалість переміщення поршня, с,

$$t_3 = \frac{1,31SD^2\tau}{1000\mu d^2}.$$

Підпрограма розрахунку особливих параметрів гідроприводу

1 Тривалість переміщення поршня, с,

$$t_3 \approx \frac{SD^2}{\mu d^2 \sqrt{\frac{2p}{\rho_{ж}}}}.$$

2 Розрахункова подача, м³/с,

$$Q = \frac{\pi D^2 S}{4 t_3}.$$

3 Всі параметри гідросистеми за алгоритмом розрахунку гідросистем мийних машин.

7 Тривалість руху поршня, с,

$$t_{\partial} \approx 1,9 t_3.$$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Болотин М.М. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов. Методические указания по выполнению лабораторных работ в среде электронных таблиц Excel. – М.: МИИТ, 2001. – 60 с.
- 2 Болотин М.М. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов» для

- студентов специальности «Вагоны». – М.: МИИТ, 2002. – 51 с.
- 3** Технология производства и ремонта вагонов: Учеб. для вузов ж.-д. трансп / К.В. Мотовилов, В.С. Лукашук, В.Ф. Криворудченко, А.А. Петров; Под ред. К.В. Мотовилова. – М.: Маршрут, 2003. – 382 с.
 - 4** Болотин М.М. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов. Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2002. – 132 с.
 - 5** Болотин М.М., Осинковский Л.Л. Автоматизация производственных процессов при изготовлении и ремонте вагонов: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1989.
 - 6** Зенков Р.Л. Машины непрерывного транспорта: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов, - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
 - 7** Чернега В.И., Мазуренко И.Я. Краткий справочник по грузоподъемным машинам. – К.: Техника, 1981. – 360 с.
 - 8** Муха Т.И., Януш Б.В., Цупиков А.П. Приводы машин: Справочник; Под ред. В.В. Длоугого. – Л., Машиностроение, 1975. – 344 с.
 - 9** Бояршинов С.В. Основы строительной механики машин: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.

 - 10** Болотин М.М. Устройство и расчет гидравлических поглощающих аппаратов автосцепки. – М.: МИИТ, 1976. – 38 с.
 - 11** Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик и др. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.

