

також до вигляду (3.8), тільки праві частини цих рівнянь визначаються подібно як і для диференціального рівняння (2.1). Саму ж методику можна узагальнити і на деякі інші класи сильно нелінійних консервативних систем із багатьма ступенями вільності, зокрема на системи, математичними моделями руху яких є рівняння

$$\ddot{y}_i + m_i^{-1}(\nu + 2) \sum_{j=0} c_{ij} (y_i^{\nu+1} - y_j^{\nu+1}) = \mathcal{E}_i(y_1, y_2, \dots, y_s) \quad (3.9)$$

при дії на них малих імпульсних сил, що залежить від часу або положення системи. Нормальні форми коливань, які відповідають незбуреним рівнянням (3.9), можна описати також залежностями (3.6), тільки параметри $\tilde{b}_i$ для останнього випадку є розв'язками системи алгебраїчних рівнянь

$$b_i \sum_{j=0} c_{ji} (1 - b_j)^\nu = \sum_{j=0} c_{ij} (b_i - b_j)^\nu. \quad (3.10)$$

Таким чином, дослідження коливальних процесів сильно нелінійних консервативних систем з багатьма ступенями вільності, потенціальна енергія яких є близькою до однорідної функції узагальнених координат, на які діють імпульсні сили, можна проводити на основі методики, яка викладена у пп. 1, 2.

Література

1. Гашук П., Зорій Л. Лінійні моделі дискретно-неперервних механічних систем. – Львів: Українські технології, 1999. – 372 с.
2. Мышкис А.Д., Самойленко А.М. Системы с толчками в заданные моменты времени. – Мат. сб., 1967. – № 2. – С. 202-208.
3. Самойленко А.М., Перестюк Н.П. Периодические решения слабо нелинейных систем с импульсным воздействием// Дифференц. уравнения, 1978. – 14, № 6. – С. 1034-1045.
4. Перестюк Н.П. Периодические и почти-периодические решения дифференциальных уравнений с импульсным воздействием. – IX Междунар. конф. по нелинейным колебаниям. Ч.I. – К.: Наук. думка, 1984. – С. 301-304.
5. Митропольский Ю.А., Мосеенков Б.И. Асимптотические решения уравнений в частных производных. – К.: Вища школа, 1976. – 592 с.
6. Сеник П.М. Обернення неповної Beta-функції// Укр. мат. журн. – 1969. – 21, №3. – С. 325-333.
7. Найфэ А.Х. Методы возмущений. – М.: Мир, 1976. – 456 с.
8. Сеник П.М., Сокіл Б.І. Про застосування $\mathcal{U}$ -методи для одного класу коливних систем// Доп. АН УРСР. – 1977. – А, №1. – С. 12-16.
9. Люстерник Л.А., Шнирельман Л.Г. Топологические методы в вариационных задачах. – М.: ГНТИ, 1939. – 237 с.

УДК 634.31

Аспір. В.В. Баріляк¹ – УкрДЛТУ

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИВОДІВ ЛІСОВИХ МАШИН З КАНАТНОЮ ТЯГОЮ

Зроблено загальний огляд та наведено класифікації існуючих приводів вантажопідіймальних та лісотransпортних машин з канатною тягою, що застосовуються в лісовій промисловості, розглянуто окремі елементи та зроблено класифікацію приво-

¹ Наук. керівник: проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук – УкрДЛТУ

дів лісових машин з канатною тягою на основі їх призначення, конструктивних особливостей та умов роботи.

Doctorate V.V. Barylyak – USUFWT

Classifications of existing dries of jack-lifting and forest-carrying machines

The article provides a general survey and classifications of existing dries of jack-lifting and forest-carrying machines. With cable traction used in the forest industry. It considers some elements of these drives and provides classifications of them based on their purpose as well as on construction of features and conditions of use.

Вантажопідіймальні та транспортуючі машини є невід'ємною часткою сучасного виробництва, оскільки з їх допомогою здійснюється механізація основних технологічних процесів допоміжних робіт. У лісовій промисловості широкого використання набули дані машини та механізми, привод яких включає канатну тягу: трелювальні трактори на лісосіках, сортувальні транспортери на нижніх складах, вантажопідіймальні крани, підвісні лісотранспортні канатні установки тощо. Основними перевагами таких приводів є гнучкість і порівняно невелика вага тягового органу, яким є канат, мінімальна металомісткість, простота конструкції підіймальних засобів та приводів, простий монтаж та експлуатація.

Для ефективного використання лісових машин з канатною тягою слід вирішити проблему їх надійності та зручності в експлуатації, безпеки роботи та підвищення продуктивності за рахунок збільшення швидкостей руху канату та вантажу. Конструкція приводу, в основному, визначає функціональні можливості машини. На сьогодні актуальною є задача розробки нових приводів, що покращать експлуатаційні показники лісових машин, та теоретичного обґрунтування параметрів таких приводів. Першим етапом на шляху вирішення цієї задачі є узагальнений огляд конструкцій та класифікація приводів існуючих лісових машин з канатною тягою. Особливу увагу при цьому необхідно приділити унікальним машинам з оригінальною конструкцією та високими технологічними показниками.

У всьому великому комплексі техніки для механізації лісового виробництва підіймальні машини посідають одне з перших місць, вони є основою комплексної механізації виробничих процесів будь-якої галузі промисловості. Існує багато типів підіймальних машин, конструкція яких залежить від виду вантажу, місця та умов встановлення, ступеня складності. Головною класифікаційною ознакою машин необхідно вважати загальність конструкцій і методів їх розрахунку [1].

До основних типів підіймальних машин з приводом канатною тягою, залежно від призначення, галузі виробництва та здійснюваних функцій належать (рис. 1):

- підіймальні механізми;
- крани;
- підйомники;
- маніпулятори;

Класифікація таких машин наведена на рис. 1.

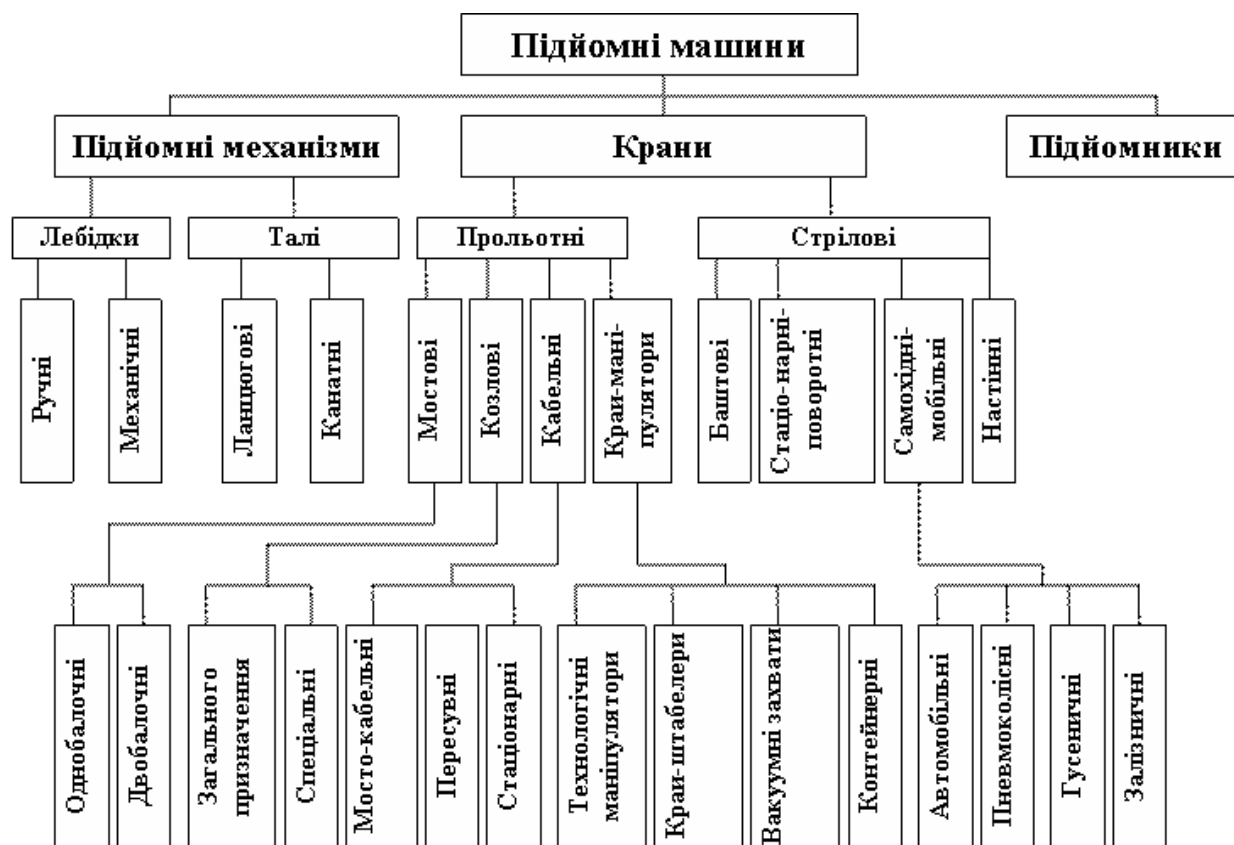


Рис. 1. Схема класифікації підіймальних машин

Приводи з канатною тягою використовуються також для оснащення підвісних лісотransпортних установок, які є найбільш ефективним засобом транспортування деревини в гірських умовах є підвісні канатні лісотransпортні установки. Залежно від умов роботи і технологічної схеми освоєння лісо-сіки вибирається тип установки: трелювально-транспортна; транспортна; спарена установка для збору деревини з площі лісо-сіки тощо; [2]. Класифікацію підвісних канатних лісотransпортних систем наведено на рис. 2. Кожний тип канатної установки має свій специфічний привод, який відрізняється особливими конструктивними та експлуатаційними параметрами.

Класифікація приводів таких систем наведена в роботах [3], [4].

Багатоманітність виробничих умов висуває різні вимоги до конструкцій приводів лісових машин з канатною тягою. Вони відрізняються кількістю барабанів та їх канатомісткістю, тягово-швидкісними параметрами, вагою та габаритами. Переміщення вантажу за допомогою канатів великої довжини (350-1100 м) і значний діапазон швидкостей руху канатів (0,3-10,0 м/с), тривалі цикли навантажень обумовлюють наявність відмінних ознак лебідок канатних установок від інших вантажопідіймальних машин.

Правильний вибір конструктивних вузлів, їх динамічне поєднання визначає надійність, безпеку та ефективність роботи привода. Основними елементами привода є: трансмісія, канатні барабани, двигун, передачі (гідро-передачі). Як проміжний елемент часто використовують гідропривід.



Рис. 2. Схема класифікації підвісних канатних лісотransпортних систем

Трансмсія є одним із відповідальних вузлів приводів канатних установок та підймальних машин. За кінематичними схемами розрізняють два основних типи:

- з жорсткою кінематичною схемою (у переважній більшості підйально-транспортних машин);
- з фрикційним приводом – канатоведучим шківом (застосовуються у підйомниках та на ряді самохідних лебідкових механізмів ЛС-1Б, ЛЛ-25);

Канатні барабани. Кількість барабанів залежить від типу машини і може бути від 1 до 6. Збільшення їх кількості значно ускладнює конструкцію привода, але розширює діапазон його можливостей. У лебідках та механізмах підймання застосовують такі типи барабанів (рис. 3): з нарізаною та гладенькою поверхнями; звичайної конструкції і фрикційні; циліндричні, конічні та криволінійні. У більшості машин використовують барабани з гвинтовими канавками для намотування каната в один шар. Призначення канавок – зменшити напруження зминання, усунути тертя між сусідніми витками, а, отже, зменшити спрацювання і підвищити довговічність канатів. Багатошарова навивка каната дає змогу скоротити довжину барабана, хоча при цьому збіль-

шується спрацювання каната і, крім того, швидкість навивання стає змінною; барабани з такою навивкою застосовуються обмежено.

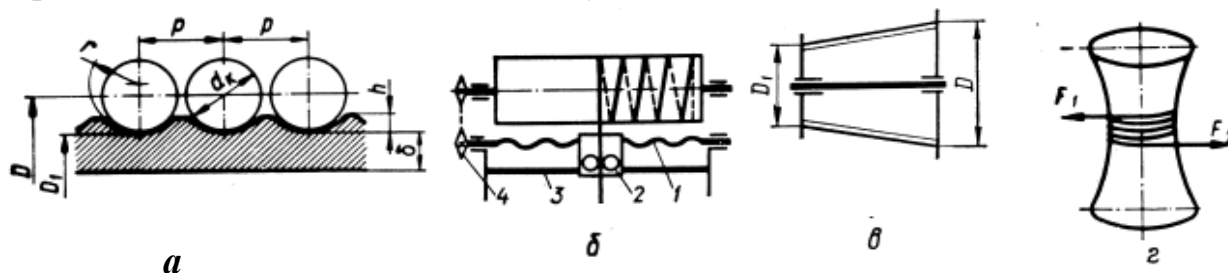


Рис. 3. Основні елементи канатних барабанів: а – циліндричний барабан з нарізною поверхнею; б – канатоукладальник; в – барабан конічної форми г – фрикційний барабан.

За способом виготовлення барабани бувають: литі з чавуну (СЧ15) або сталі (25Л); зварні з тонколистової сталі з накатаними канавками (для легких умов праці) або з тонкостінних труб з нарізними канавками, а також зварно-литі. У нарізних барабанах на обох кінцях передбачено реборди; барабани для здвоєних поліспаств реборд не мають. Для зменшення розмірів приводів використовуються барабани з редуктором. Для правильного укладання каната на барабан встановлюють канатоукладальники (рис. 3, в). Барабани, як правило, мають циліндричну форму, але якщо необхідно змінювати натяг намотуваного канату за певним законом (у механізмах зміни вильоту стріли) застосовують барабани конічної (рис. 3, в) або іншої форми, які забезпечують постійний обертальний момент привода. У тягових лебідках використовуються фрикційні барабани (рис. 3, г).

На ряді самохідних лебідкових механізмів (ЛС-1Б, ЛЛ-25) встановлений канатоведучий шків. Він має ряд переваг, але при цьому трелювання відбувається напівпідвісним способом та ускладнюються демонтажні роботи.

Двигуни. Для оснащення лебідкових механізмів використовуються електродвигуни та двигуни внутрішнього згоряння. Електродвигуни знайшли широке застосування у приводах механізмів підймальних машин. Застосування їх для приводів лебідок канатних установок обмежується віддаленістю місць роботи від джерел енергії. Переваги електродвигуна порівняно з іншими: високий ККД, простота конструкції та керування, надійність, економічність, можливість виготовлення на будь-яку потужність. У приводах лісових машин з канатною тягою застосовують різні типи електродвигунів.

Для підймальних машин знайшли використання також лінійні електродвигуни, які дають змогу перетворювати електроенергію безпосередньо в механічну поступальну руху без проміжних механізмів. Це спрощує конструкцію механізмів, виключає трансмісії, зменшує витрати електроенергії та підвищує надійність машин.

До переваг двигунів внутрішнього згоряння належать: незалежність від джерел зовнішнього живлення, незначна маса на одиницю потужності; до недоліків: висока вартість експлуатації, складність приводу, неможливість реверсування двигуном, шум та забруднення навколишнього середовища під час роботи. Дизельні двигуни повніше відповідають вимогам лісозаготівлі,

оскільки більш стійкі в роботі, порівняно з карбюраторними, а також завдяки зменшених на 30-40 % витрат пального.

Передачі. До передач ставлять такі основні вимоги: компактність, мінімальна металомісткість, високий ККД, зручність в експлуатації. Основний тип передач для підймальних машин – циліндричні редуктори розгорненого виконання (Ц2, Ц2У, Ц3у, РЦ, ЦУ). Крім того, застосовують конічно-циліндричні редуктори (КЦ1, КЦ2, ВК, ВКУ). З точки зору компактності, перспективними можна вважати черв'ячні, планетарні та гвинтові передачі. У підймальних машинах дедалі частіше застосовуються такі компактні приводи: мотор-редуктори, мотор-колеса, вертикальні двигуни з планетарними та хвильовими редукторами тощо. У канатних установках зміна швидкостей і реверсування руху канату на барабанах лебідок здійснюється за допомогою коробок передач (ЛЛ-8, ЛЛ-14, ЛЛ12А) та механізмів реверсу (ЛЛ-8). Передача крутного моменту з редуктора до муфти барабанів майже в усіх лебідках здійснюється за допомогою відкритих зубчастих передач, хоча поряд з ними використовується також пасові (ЛЛ-26, ЛЛ-8) та ланцюгові передачі (ЛЛ-30).

Гідропередачі знайшли застосування в трелювальних дизельних лебідках, а також у стрілових мобільних кранах та маніпуляторах, їхніми перевагами є: простота у конструкції, легкість управління, порівняно високе використання потужності двигуна, безступенева зміна крутного моменту, зменшення динамічних навантажень на окремі вузли, а, отже, і підвищення довговічності машини в цілому.

Пневмопривод характеризується простотою конструкції, широким регулюванням швидкості, невеликими габаритними розмірами і масою, плавністю роботи, легкістю керування, необмеженою тривалістю вмикання. Проте його використання обмежене внаслідок низького ККД, високої вартості, неможливістю застосування у пересувних кранах. Пневматичний привод монтується у підвісних підйомниках, лебідках і талях з малою висотою підіймання, а також в окремих агрегатах (муфти, гальмівні системи) лісозаготівельних та лісосплавних лебідок (ЛЛ-8, ЛЛ12А, Л71А).

Утримання вантажу у підвішеному стані, гальмування у кінці підіймання, спуску і зупинки каретки з вантажем здійснюється введенням великих сил тертя між обертовим шківом, дисками та нерухожими елементами (колодками, стрічками, дисками). Гальма, що використовуються в лісових машинах з канатною тягою, можна класифікувати за такими ознаками:

- за напрямком дії сил натиску на гальмовий елемент – з радіальним та осьовим замиканням;
- за конструкцією робочого елемента – колодкові, стрічкові, дискові, конусні;
- за джерелом замикаючої сили – ручні, пружинні вантажні гідравлічні;
- за призначенням – стопорні та обмежуючі швидкість;
- за принципом дії – автоматичні та керовані;
- за характером приводного зусилля – закритого типу, відкритого типу, комбіновані.

Особливий вплив на характер наростання навантаження в елементах механізму створює тип використовуваного управління фрикційними муфтами та гальмами. Так, наприклад, в лебідці ТЛ-4М та багатьох інших застосова-

не механічне важільне управління, при якому величина передаваного необхідного моменту регулюється безпосередньо самим оператором з врахуванням змінних факторів. Таке управління найпростіше у виготовленні, але не забезпечує достатньої гнучкості у керуванні робочими органами. Дистанційне управління дозволяє покращити управління та підвищити безпеку праці. Електричне управління електромагнітними муфтами зчеплення відрізняється добрими експлуатаційними технічними та економічними показниками.

У підймальних механізмах лісових машин конструкційні особливості приводів залежать від їхнього призначення та місця в технологічному процесі. Щодо підвісних канатних установок, то вивчення та аналіз досвіду роботи показує, що найбільш вигідним для них є використання самохідних приводів із двигунами базової машини, оскільки вони вимагають мінімум затрат на монтажні-демонтажні роботи, відрізняються мобільністю та маневреністю.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє класифікувати приводи лісових машин з канатною тягою на основі їх призначення, конструктивних особливостей та умов роботи [2]. Розроблена класифікація враховує конструктивні особливості нових типів приводу і представлена на рис. 4. Аналіз конструктивних особливостей приводів канатних систем та їхня класифікація служить основою для вибору розрахункових схем та проектування нових конструкцій приводів.



Рис. 4. Схема класифікації приводів лісових машин з канатною тягою

Розроблена класифікація дає змогу систематизувати приводи і використати ЕОМ для обґрунтування основних параметрів окремих класів приводів. Нові типи приводів і методики розрахунку їх параметрів наведено в роботі [5].

Література

1. Иванченко Ф.К. и др. Расчёты грузоподъемных и транспортирующих машин. – К.: Вища школа, 1975. – 518 с.

2. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Бадера Й.С. Підвісні канатні лісотранспортні системи. К.: ІЗМН, 1997. – 156 с.

3. Тарасюк С.А. Выбор конструкции приводов подвесных канатных лесотранспортных установок.// Сб. Лесное хозяйство, лесная, бумажная и д/о промышленность. – Будівельник. – 1989. – Вип.20. – С.Н. – 95.

4. Мартинців М.П. Удовиський О.М. Вибір основних параметрів приводів канатних лісотранспортних систем.// Науковий вісник. Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. 1997. – Вип.7. – С. 75-82.

5. Лютий Є.М., Мартинців М.П., Бариляк В. В та ін. Створення типорозмірного ряду та обґрунтування основних параметрів приводів підвісних канатних лісотранспортних установок.// Звіт про науково-дослідну роботу. ДБ 35.01 – 99.Інв. № 0202V002407. – Львів: УкрДЛТУ. – 113 с.

