

Stasiuk V.V. Adaptive method of movement UAV in a little known space

The article discusses the development direction of unmanned aerial vehicles (UAVs) of the national aviation. The author notes that unmanned systems are actively used in geodetic, agro, aerospace, at home, etc. UAVs can be implemented on the basis of the program, adaptive or intelligent control systems. Proposes an approach to the modeling of flexible and extensible adaptive navigation systems. The author suggests a model of navigation rules that are implemented in software and hardware.

Keywords: adaptive control system, unmanned aerial vehicles, unmanned systems, UAVs, national aviation, intelligent control system modeling, navigation rules, program control system.

УДК 634.0.3772

Аспір. Р.І. Турянський¹ – НЛТУ України, м. Львів

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДВІСНИХ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І МЕТОДІВ ЙОГО РОЗРАХУНКУ

Наведено схему класифікації монтажного обладнання. Розроблено схему механізму підймання штучної щогли канатної лісотransпортної установки. Проведено аналіз конструктивних особливостей, наведено розрахункові схеми та методи розрахунку монтажних лебідок та натяжних пристроїв. Запропоновано розрахункову схему пневмоприводного модуля для натягування несеного канату.

Ключові слова: монтажний механізм, розрахункова схема, основні параметри, натяжний пристрій, зусилля в елементах механізму, пневмоприводний модуль.

Підвісні канатні лісотransпортні установки є складними інженерними спорудами. Для введення їх в експлуатацію необхідно виконати монтажні роботи, які включають в себе: закріплення лебідки, навішування і натяг несучого канату, підймання і кріплення проміжних та кінцевих опор, облаштування анкерних опор, а також навішування каретки, направляючих блоків, прокладання телефонного зв'язку та ін. Аналогічні роботи тільки в зворотному напрямку проводяться при їх демонтажі. Для проведення монтажних робіт використовують спеціальне обладнання. Проаналізувавши експлуатацію підвісних канатних лісотransпортних установок і наукових розробок щодо монтажних робіт [1-6], проведено класифікацію монтажного обладнання. Схему класифікації наведено на рис. 1. Найбільш трудомісткою операцією є подача тягового та несучого канатів з обладнанням, призначеним для оснащення кінцевих опор, на верхню частину лісосіки. Для виконання цих операцій використовують допоміжні монтажні лебідки [7-10]. Сучасні механізовані лебідки виготовлені на базі бензиномоторних пил. Для механізованого намотування і транспортування тягового та несучого канатів при зміні лісосіки використовують канатно-монтажний барабан. Мотолебідка призначена для механізації окремих операцій, які виконуються під час монтажу канатних установок.

З її допомогою можна виконувати такі операції: подачу канатів та іншого обладнання на лісосіку вгору по схилу, підтягування і встановлення штучних опор, натягування розтяжок під час встановлення опор та інші операції, пов'язані

ні з підйманням і переміщенням допоміжного обладнання. Лебідка складається із рами, на якій встановлені двигун, редуктор та барабан. Знизу рами шарнірно закріплені опорні стійки, які можуть повертатися у вертикальній площині, та опорне колесо на поворотному кронштейні, забезпечуючи поворот колеса в горизонтальній площині. У задній частині встановлені поручні для управління лебідкою. Барабан лебідки, опираючись ребрами на ґрунт, працює як ходове колесо, забезпечуючи переміщення лебідки на горизонтальних площадках. За необхідності проходження крутих підйомів лебідка пересувається методом самозатягування.

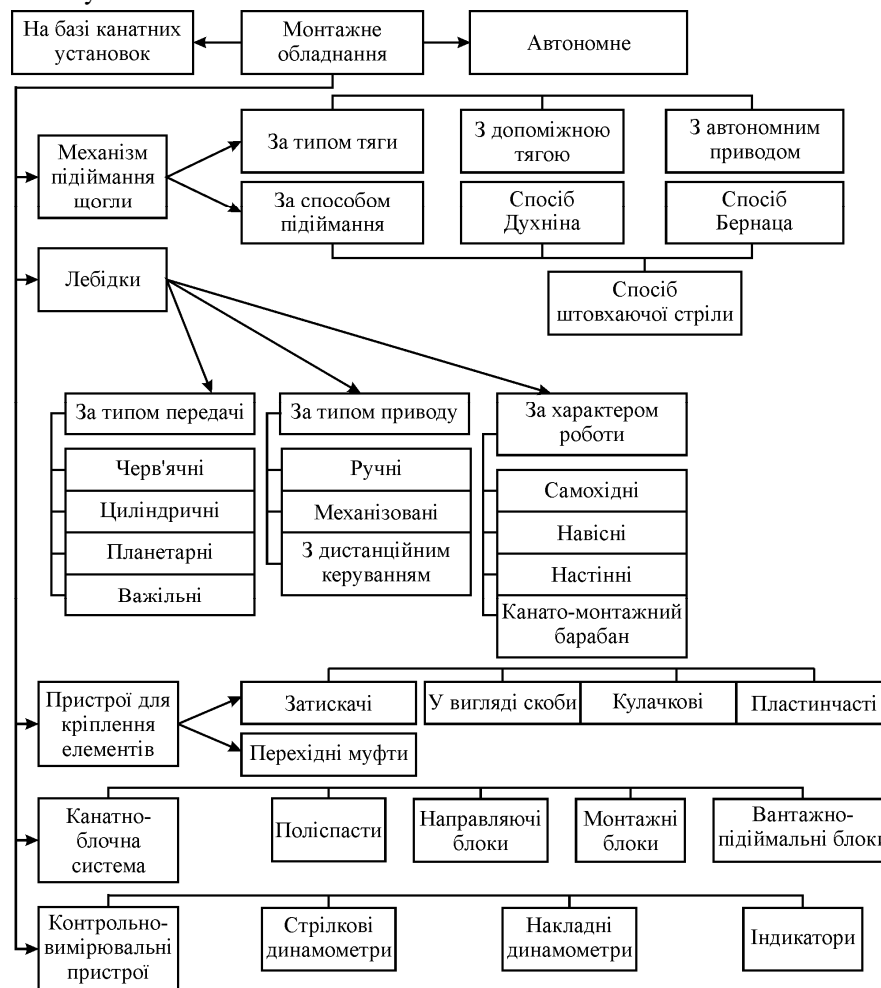


Рис. 1. Схема класифікації монтажних-демонтажних обладнань

Рациональні параметри лебідки можна обґрунтувати за результатами досліджень її роботи. Для проведення таких досліджень необхідно розглянути

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

розрахункову схему та математичну модель у вигляді рівнянь руху. Приклад розрахункової схеми наведено на рис. 2.

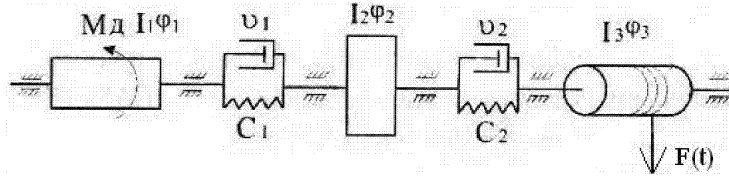


Рис. 2. Розрахункова схема монтажної лебідки: I_i – моменти інерції елементів системи; c_i, v_i – коефіцієнти жорсткості та лінійного опору відповідних ділянок; ϕ_i – кутові координати руху елементів системи; M_d – момент двигуна; x – координата руху вантажу; $F(t)$ – натяг канату

Для вибору основних параметрів монтажної лебідки, рівняння руху її елементів складається на основі принципу Д'Аламбера у формі Коші, що дає змогу використати прикладні програми MathCAD для їх розв'язання. При цьому необхідно врахувати змінний момент інерції барабана лебідки під час намотування каната та змінне зусилля натягу каната. Значення цих величин можна визначити на основі статичного оброблення результатів спостережень за роботою монтажної лебідки. Рівняння руху лебідки можна представити в такому вигляді:

$$\begin{cases} I_1 \frac{d^2 \phi_1}{dt^2} = M_{oe}(\omega_1) - M_{mp}(t); \\ I_2 \frac{d^2 \phi_2}{dt^2} - v_1 \left(\frac{d\phi_1}{dt} - \frac{d\phi_2}{dt} \right) - c_1(\phi_1 - \phi_2) + v_2 \left(\frac{d\phi_2}{dt} - \frac{d\phi_3}{dt} \right) + c_2(\phi_2 - \phi_3) = 0; \\ I_3(t) \frac{d^2 \phi_3}{dt^2} - v_2 \left(\frac{d\phi_2}{dt} - \frac{d\phi_3}{dt} \right) - c_2(\phi_2 - \phi_3) = -M_{on}^T(t). \end{cases} \quad (1)$$

де: $M_{oe}(\omega) = M_e(\omega) -$ обертовий момент двигуна; ω_1 – кутова швидкість обертання вала двигуна; I_1 – зведений момент інерції обертових мас двигуна та муфти з'єднання; I_2 – момент інерції зведених мас механічної передачі; $I_3(t)$ – змінний момент інерції барабана приводу; c_1 і v_1 – зведені коефіцієнти крутильної жорсткості та в'язкого опору демпфера муфти зчеплення та вхідного вала механічної передачі; c_2 і v_2 – зведені коефіцієнти крутильної жорсткості та в'язкого опору лінії передач, динамічної моделі між барабаном та механічною передачею; $M_{mp}(t)$ – момент тертя муфти зчеплення; M_{on}^T – зведений до вала двигуна момент сил опору, що діє на приводний барабан із тяговим канатом.

$$M_{on}^T = F(t) \cdot D_b, \quad (2)$$

де: $F(t)$ – зусилля натягу робочого каната; D_b – діаметр барабана.

До найбільш трудомістких операцій відноситься також оснащення та монтаж проміжних опор. Штучні опори можуть мати висоту понад 20 м, маючи при цьому значну вагу, тому для їх підняття потрібно використовувати спеціальні прийоми та механізми. Якщо штучні опори виготовляють на місці монтажу канатної установки, то їх оснащують на землі перед підняттям. Для цього

в стійку забувають костилі і на відстані 0,5...1,0 м від верху стійки навішують петлі розтяжок. Для прискорення оснащення штучних опор використовують спеціальні наголовники, що насаджують на верх стійки, а до них кріплять розтяжки. Оснащену стійку підіймають від землі і встановлюють трактором або лебідкою, використовуючи допоміжний механізм. Схема такого підняття виглядає подальшим чином. Допоміжний механізм встановлюється біля основи підіймаючої опори, із нахилом в її сторону на 10^0-20^0 або вертикально. Підіймаючу опору монтує на землі так, щоб її кінець знаходився біля місця установки (рис. 3). Верх допоміжного механізму, оснащений направляючим блоком (6), через який проходить підіймальний канат (5), який одним кінцем (стропами) з'єднаний із підіймальною опорою, а другим закріплений через поліспаст (4), на барабані лебідки (3).

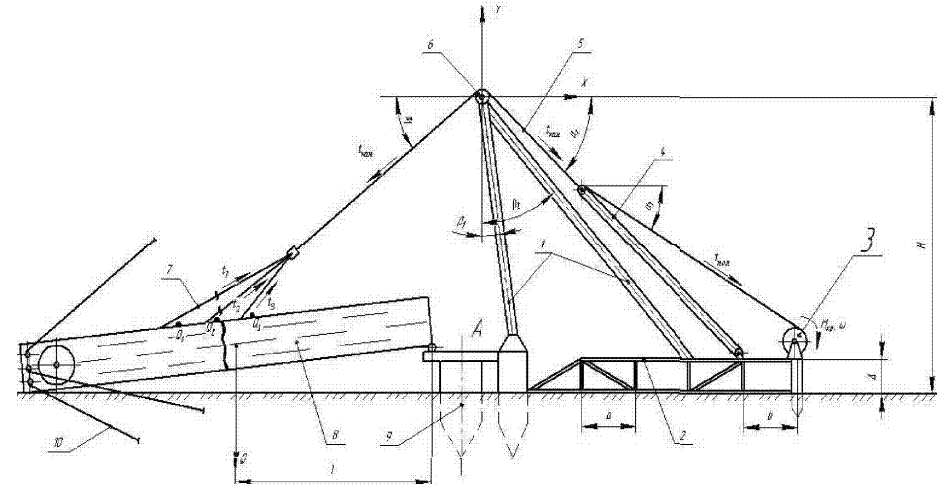


Рис. 3. Розрахункова схема механізму підняття штучної щогли канатної лісотранспортної установки: 1) стріла механізму; 2) рама механізму; 3) лебідка; 4) поліспаст; 5) підіймальний канат; 6) направляючий блок; 7) стропи; 8) щогла; 9) нижня основа щогли; 10) розтяжки

Основні параметри цього механізму підняття визначають, скориставшись рівняннями рівноваги статки, яке записують у такому вигляді:

$$\begin{cases} \sum M_A = 0; Q \cdot l - \sum t_i \cdot \sin \Theta_i \cdot l = 0; \\ \sum Y = 0; t_{кан} \cdot \sin \alpha_1 - \sum_{i=1}^3 t_i \cdot \sin \Theta_i = 0; \\ \sum X = 0; \frac{t_{кан} \cdot \cos \alpha_2}{m \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} - t_{пол} \cdot \cos \alpha_3 = 0, \end{cases} \quad (3)$$

де: m – вага щогли; l – відстань від центру ваги щогли до шарніра, відносно якого виконується підняття; t_i – натяги строп; Θ_i – кути нахилу строп до горизонтальної осі; l_i – віддаль від точки кріплення строп до поворотного шарніра; i – число строп, (приймається $i=3$); $t_{кан}$ – натяг підіймального каната; α_1 і α_2 – кути нахилу віток підіймального канату до горизонту; $t_{пол}$ – натяг вітки поліспаста,

що намотується на барабан лебідки; α_3 – кут ухилу вітки поліспасти до горизонту; m – кратність поліспасти; η_1 і η_2 – відповідно коефіцієнти корисної дії направляючого блоку і поліспасти.

Взявши за основу рівняння (3), проводять детальний розрахунок основних елементів конструкції, дають оцінку міцності конструкції з метою забезпечення можливості поглинання активного навантаження в умовах максимального його значення [7].

Одним із найважливіших елементів канатно-блочної системи є поліспаст. Його також використовують під час монтажних робіт, для підймання та опускання проміжних опор, натягування та фіксації канатів. Поліспаст є найпростішим вантажопідіймальним пристроєм. Він складається із двох або більше поліспастних блоків (верхнього та нижнього) і оснащений сталевим канатом, початковий кінець якого кріпиться до одного із блоків, другий кінець каната, проходячи послідовно через ролики блоків у вигляді збіжної вітки, йде на барабан лебідки. Принцип розрахунку поліспасти, зводиться до визначення зусиль, які діють на блоки поліспасти (за ними визначають технічні характеристики блоків); розрахунок каната для оснастки поліспасти з визначенням технічних даних та його довжини; підбір тягового механізму.

Зусилля, яке діє на рухомий блок, можна визначити, скориставшись розрахунковою схемою (рис. 4), тоді:

$$F = F_p,$$

де F_p – розрахункове зусилля, діюче на поліспаст при натягу тягових канатів.

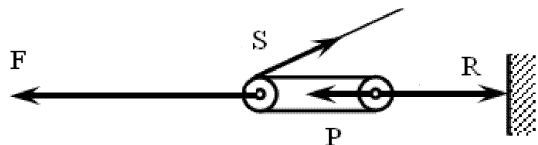


Рис. 4. Розрахункова схема поліспасти

Зусилля, що діє на нерухомий блок поліспасти, складе:

$$P = F - S,$$

де S – зусилля у збіжній вітці поліспасти; визначається орієнтовно залежно від вантажопідіймальності поліспасти:

- до 500 кН, $S = 0,15 F$;
- від 500 до 1500 кН, $S = 0,1 F$;
- більше 1500 кН, $S = 0,08 F$.

Виходячи із значень F і P , підбираємо рухомий і нерухомий блоки [8] та їхні технічні характеристики: вантажопідіймальність, кількість та діаметри роликів, масу, а також довжину поліспасти в стягнутому вигляді. На практиці вибирають обидва блоки з однаковими характеристиками, підбираючи їх за найбільшим зусиллям.

Найбільше навантаження у збіжній вітці поліспасти, складе:

$$S = F / (m\eta),$$

де: m – загальна кількість роликів без урахування відвідних блоків; η – коефіцієнт корисної дії поліспасти [8].

Довжину канату для оснастки поліспасти можна знайти із залежності:

$$L = m(h + \pi d_p) + l_1 + l_2,$$

де: h – довжина поліспасти в повністю розтягнутому вигляді; d_p – діаметр роликів у блоках; l_1 – довжина збіжної вітки від ролика блока до барабана лебідки; l_2 – розрахунковий запас довжини каната, приймається $l_2 = 10$ м.

Загальна маса поліспасти становить:

$$G_n = G_o + G_k,$$

де: G_o – маса обох блоків поліспасти; G_k – маса каната для оснастки поліспасти; $G_k = L g_k / 1000$; g_k – маса 1000 м каната [8].

Визначаємо зусилля, яке діє на нерухомий блок поліспасти з виразу:

$$R = F_p + 10G_n - S.$$

Згідно з навантаженням R розраховуємо канат для кріплення нерухомого блоку, а за зусиллям у збіжній вітці поліспасти S підбираємо тяговий механізм – лебідку [8]. Однак у процесі роботи необхідно перекріплювати щок поліспасти, що забирає багато часу і є трудомною операцією. Тому доцільно традиційний поліспаст замінити спеціальним натяжним пристроєм, який можна розробити, скориставшись відомими схемами компенсаторів натягу. Аналіз роботи компенсаторів натягу показав, що розрахункову схему пристрою для натягування несного каната можна представити у вигляді пневмоприводного модуля (рис. 5).

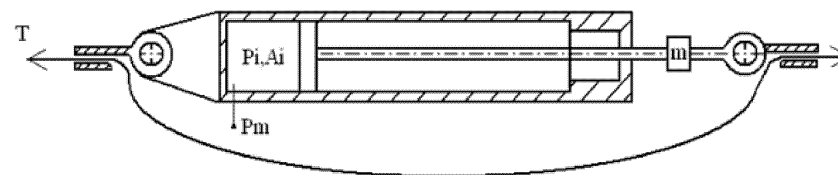


Рис. 5. Розрахункова схема пневмоприводного модулятора

Рівняння руху елементів пневмоприводного модуля можна представити у такому вигляді, [12]:

$$\left(m + \frac{T}{g} \right) \frac{d^2 x}{dt^2} = p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2 - F_m - c(x_2 - x_1) - \beta \left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} \right),$$

де: m – зведена маса елементів пневмоприводного модуля; T – натяг робочого каната; g – прискорення вільного падіння; p_1 і p_2 – тиски відповідно в робочій та холостій порожнинах поршня; A_1 і A_2 – площі відповідно робочої та холостої порожнин поршня; F_m – зведена сила тертя в рухомих з'єднаннях пневмоприводного модуля; c – жорсткість рухомих елементів; β – коефіцієнт розсіювання енергії елементів; x – координата руху.

Величина монтажного натягу несучого каната встановлюють у процесі монтажу. Від забезпечення відповідності заданого й дійсного монтажного натя-

гу залежить безпека робіт і термін служби несучого каната. Саме тому під час монтажу та періодично під час експлуатації установки необхідно перевіряти величину монтажного натягу. На практиці визначення монтажного натягу виконують за допомогою накладного динамометра (рис. 6). Він складається із двох пластин, на кінцях яких встановлені опори 2. У середній частині пластин закріплена верхня опора 3, на бокових виступах якої встановлена скоба 4. На кінцях пластин закріплені також механічний трансформатор 5, який забезпечує підвищену чутливість динамометра. Між пластинами і трансформатором у гнізді спеціального держака встановлюється індикаторна головка 6. Верхній кінець рухомого штоку кріпиться в отвір механічного трансформатора. Динамометр повинен бути протарований, і за даними тарування складається графік переведу показників шкали індикатора.

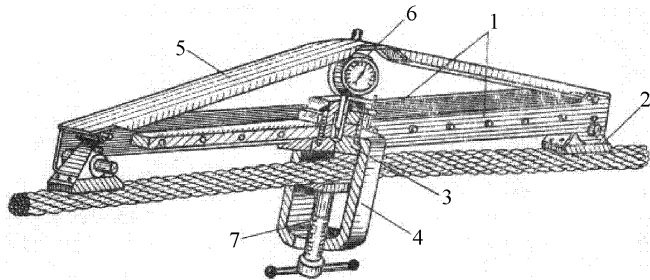


Рис. 6. Накладний динамометр: 1) пластини; 2) кінцеві опори; 3) верхня опора; 4) скоба; 5) механічний трансформатор; 6) індикаторна головка; 7) натяжний гвинт

Для визначення натягу каната на динамометрі закріплюють індикаторну головку, знімають скоби і потім встановлюють динамометр на канат. Після цього ставлять скобу і натяжним гвинтом 7 віджимають канат до верхнього упору. За шкалою індикатора беруть відлік і за тарувальним графіком визначають натяг каната. Оскільки вимірювати натяг високопідвішеного несучого каната незручно, то заміри проводяться біля анкерних опор (якорів), за межами робочої зони установки. При цьому необхідно робити поправку, додаючи до результату силу тертя на опори.

Аналіз конструктивних особливостей монтажних механізмів показав, що необхідно вдосконалити існуючі та створити досконалі механізми, а особливо пристосування для підймання і монтажу штучних опор, розтягування несучого каната, та вимірювання зусилля натягу.

Розроблення схем зазначених механізмів та обґрунтування їх основних параметрів значно знизить затрати на виконання монтажно-демонтажних робіт і дасть змогу підвищити ефективність використання підвісних канатних лісотранспортних систем загалом.

Література

1. Тиберій Шкіря. Технологія і машини лісосічних робіт / Шкіря Тиберій. – Львів : Вид-во "Триада плюс", 2003. – 352 с.
2. Адамовський М.Г. Підвісні канатні лісотранспортні системи / М.Г. Адамовський, М.П. Мартинців, Й.С. Бадера. – К. : Вид-во ІЗМН, 1997. – 156 с.

3. Ливанов А.П. Эксплуатация горных лесов / А.П. Ливанов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1983. – 224 с.
4. Белая Н.М. Канатные лесотранспортные установки / Н.М. Белая, А.Г. Прохоренко. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1964. – 299 с.
5. Патент України на корисну модель № 37289 В61В12/00 "Канатна установка", автори: Й.С. Бадера, М.П. Мартинців, Б.В. Сологуб, А.В. Кий, опубл. 25.11.2008 р. Бюл. № 22.
6. Патент України на корисну модель № 48067 В61В7/00 "Проміжна шогла підвісної канатної установки", автори: М.П. Мартинців, І.В. Бичинюк, Б.В. Сологуб, опубл. 10.03.2010 р. Бюл. № 5.
7. Мартинців М.П. Вибір схеми та основи розрахунку монтажного механізму канатної лісотранспортної установки / М.П. Мартинців, Р.І. Турянський, І.Ф. Солтис // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.15. – С. 155-160.
8. Яцков А.Д. Методика расчета монтажной и ремонтной оснастки : учебн. пособ. / А.Д. Яцков, Н.Ю. Холодиллин, О.А. Холодилина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 116 с.
9. Мартинців М.П., Сологуб Б.В., Матішин М.В. Динаміка та надійність підвісних канатних систем. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2011. – 188 с.
10. Берг Л.В. Монтаж и эксплуатация кабельных кранов / Л.В. Берг, Г.К. Матвеев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1968. – 104 с.
11. Матишин Н.В. О возможности регулирования натяжения несущих канатов подвесных канатных дорог / Н.В. Матишин, И.В. Турчин // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. – К. : Изд-во "Будівельник", 1987. – Вып. 18. – С. 47-50.
12. Матішин М.В. Дослідження параметрів компенсаторів натягу несучих канатів / М.В. Матішин // Проблеми трибології (Problems of Tribology) : наук. журнал. – Хмельницький : Вид-во ХНУ. – 2002. – № 3. – С. 47-50.

Турянский Р.И. Анализ конструктивных особенностей монтажно-демонتاжного оборудования подвесных канатных лесотранспортных систем и методов его расчета

Приведена схема классификации монтажного оборудования. Разработана схема механизма подъема искусственной мачты канатной лесотранспортной установки. Проведен анализ конструктивных особенностей, приведены расчетные схемы и методы расчета монтажных лебедок и натяжных устройств. Предложена расчетная схема пневмоприводного модуля для натяжения несущего каната.

Ключевые слова: монтажный механизм, расчетная схема, основные параметры, зажимы, усилия в элементах механизма, пневмоприводной модуль.

Turiansky R.I. Analysis of the structural features of assembly and disassembly of equipment hanging rope Logging Systems and methods for calculating

Present classification scheme mounting hardware. The developed scheme of the mechanism of artificial lifting mast cable Logging settings. The analysis of the design features, the calculated scheme and calculation methods of mounting winches and tensioners. Proposed design scheme module for tension of the cable.

Keywords: mounting mechanism design scheme, the main parameters, clamp, efforts in the elements of the mechanism.