

де: J_i – момент інерції мас, що здійснюють обертовий рух; ω_i – кутові швидкості відповідних мас; m_j – маси вантажів, що здійснюють поступальний рух; v_j – лінійні швидкості відповідних мас.

Потенціальна енергія системи має вигляд:

$$П = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n C_i (\varphi_i - \varphi_{(i+1)}) + \sum_{j=1}^m C_j (\varphi_j \cdot r_j - X_j) \right], \quad (7)$$

де: C_i, C_j – жорсткості відповідних елементів; φ_i – кути закручування; r_j – радіуси обертання; X_j – координати лінійних переміщень мас.

Дисипативна функція Рилея та узагальнена зовнішня сила визначається для конкретних механізмів, які зведені до розрахункових схем, і умов їх роботи. На основі аналізу отриманих аналітичних залежностей обґрунтовують основні параметри лісових машин.

Література

1. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт. – Львів: Тріада-плюс, 2003. – 352 с.
2. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Бадера Й.С. Підвісні канатні лісотransпортні системи – К.: ІЗМН, 1997. – 156 с.
3. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем. – Київ-Тернопіль: ІЗМН, Нац. техн. університет України "КПІ", 1998. – 310 с.
4. Лютий Є.М., Мартинців М.П., Тисовський Л.О. Елементи теорії технічних систем. – Львів: УкрДІТУ, 2003. – 181 с.
5. Вейц В.Л., Кочура А.Е., Мартыненко А.М. Динамические расчеты приводов машин. – Л.: Машиностроение, 1971. – 353 с.

УДК 630.3.075.8

Доц. Й.С. Бадера, канд. техн. наук – НЛТУ України

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИБОРУ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ОСВОЄННЯ ГІРСЬКИХ ЛІСІВ

Запропоновано схеми систем машин для лісосічних робіт і методику аналізу їх роботи та оптимізації конструктивних, силових і експлуатаційних параметрів.

Doc. Yo.S. Badera – NUFWT of Ukraine

Theoretical bases of choice of the system of machines for mastering of mountain forests

The charts of the systems of machines are offered for cutting areas works and method of analysis of their work and optimization of structural, power and operating parameters.

За останні десятиріччя в гірських лісозаготівельних районах відбуваються значні зміни в технічному оснащенні лісозаготівельних підприємств і технології лісосічних робіт. Підвищуються загальні вимоги до охорони навколишнього середовища, лісозаготівельні вимоги до збереження підросту та ґрунтів, різко зменшуються можливості використання суцільних рубань. Гірські ліси мають важливе значення: джерело цінної деревини для різних галузей народного господарства та еколого-регулювальний фактор. Тому осво-

ення гірських лісів на основі науково-обґрунтованих рекомендацій забезпечить їх стабільне відновлення, не допустить ерозії ґрунтів і дасть можливість отримати цінну сировину. Лісозаготівельна техніка для гірських пнезаготівель вибирається залежно від способів рубання, форм та розмірів лісосік, які визначаються відповідними правилами ведення лісового господарства, рельєфом місцевості та типом насаджень (порода, бонітет та ін.) [1, 2].

Рубання, що проводяться в гірських лісах, можна умовно розділити на три групи: рубання догляду за лісом; рубання санітарії; рубання промислові.

Заключним етапом освоєння лісів є промислові рубання. Вони можуть бути вибірковими, або суцільними. Згідно з "Правилами рубань" [1] суцільні рубання проводяться у виключних випадках, тому створювати для них спеціальну систему машин недоцільно. Ефективніше розробити технологію освоєння лісосік, базуючись на відомих машинах та механізмах.

Тобто, для освоєння гірських лісів Карпат, відповідно до трьох груп рубань, необхідно запропонувати три типи систем машин та обґрунтувати їх основні параметри. Широко розроблена і впроваджена система машин для нижньоскладських робіт [3, 4].

Однак при розробці системи машин враховувався тільки характер робіт, що виконуються на місцевості (валка, обрізання сучків, розкрязування) і необхідність забезпечення вивезення деревинної сировини у стовбурах чи сортиментах. При цьому не було враховано можливість оптимізації параметричного ряду машин і механізмів і не оцінено приведені затрати на виконання операцій.

У гірських умовах вивезення деревини проводиться виключно у сортиментах. Тому на основі аналізу виробничої діяльності підприємств, характеру ведення лісозаготівельних та лісогосподарських робіт у гірських умовах запропоновано такі параметричні ряди систем машин для лісосічних робіт (СМЛР). Схеми таких систем наведені на рис. 1.

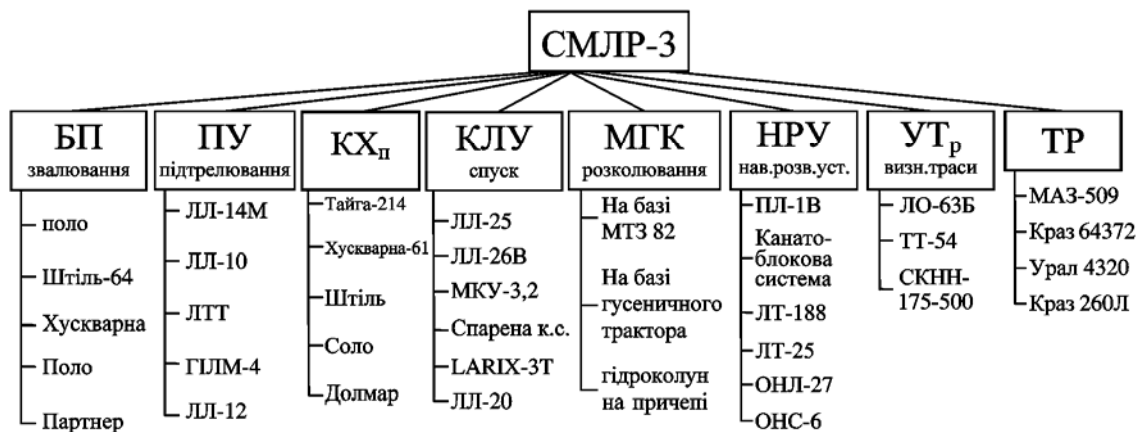
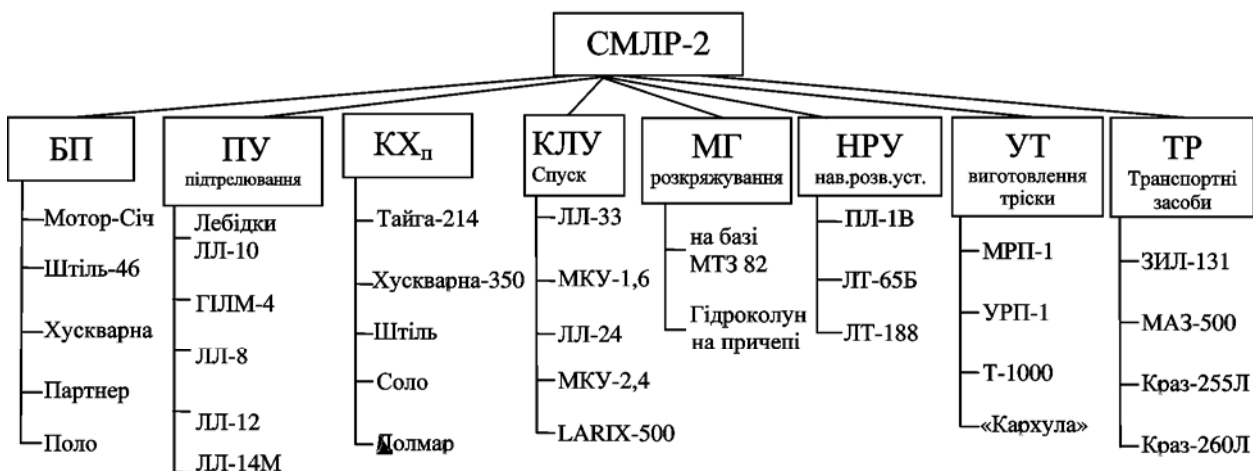
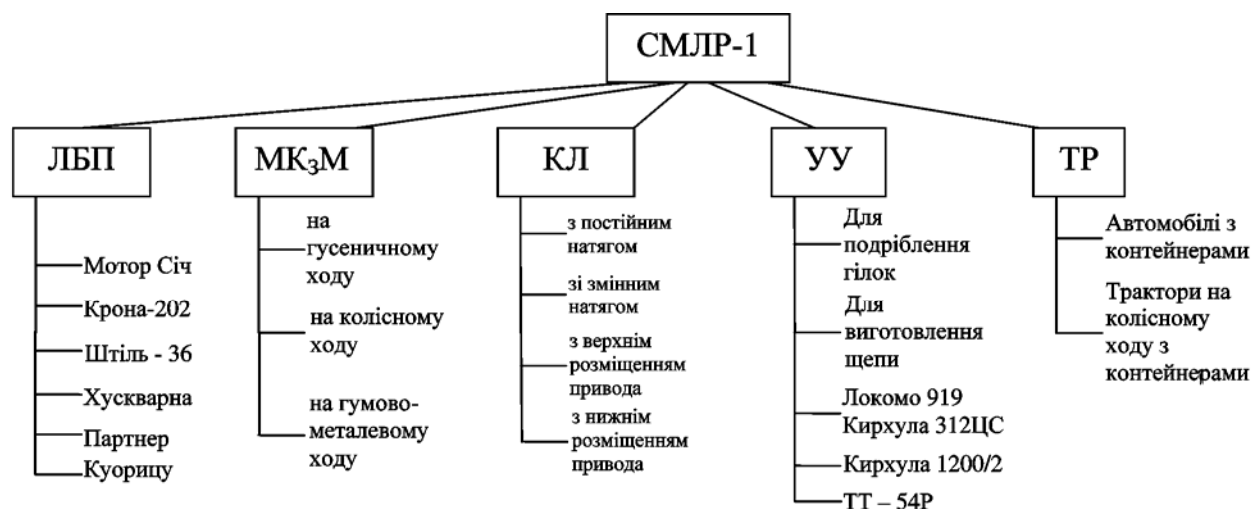
Систему машин необхідно вибирати з умови забезпечення мінімальних затрат на виконання робіт, створення машин, організацію їх виготовлення і експлуатацію, а також забезпечення збереження екосистем, особливо в гірських умовах.

При виборі системи машин для лісозаготівель в гірських умовах необхідно знати розміри лісосіки, їх запаси, віддалі до лісовозних доріг, ухили траси. Тобто необхідно спочатку виконати аналіз об'єкту експлуатації.

Після вибору системи машин необхідно оптимізувати їх конструктивні параметри за вибраними критеріями якості і ефективності.

Згідно з рекомендаціями проф. П.В. Аляб'єва [4], складну систему, у загальному виді, можна характеризувати трьома групами параметрів:

- параметри стану системи $X_1, X_2, \dots, X_n$, які можна представити у вигляді вектора стану X ;
- параметри керування (вхідні) $U_1, U_2, \dots, U_n$ вектора керування U (вектор входу);
- параметри ефективності (вихідні) $y_1, y_2, \dots, y_k$, які також можна представити у виді вихідного вектора Y (вектора результату).



ЛБП – легкі бензиномоторні пилки;

МК₃М – механічний кін з маніпулятором, на гумово-металевому ході;

КЛ – канатний лісоспуск, вантажопідіймальністю $Q = 5 \div 8$ км з постійним чи змінним натягом каната;

УУ – універсальна установка для подрібнення гілок і навантаження їх на автомобілі;

ТР – транспортні засоби;

БП – бензиномоторна пилка;

ПУ – підтрелювальна установка;

ЛТТ – легкий трелювальний трактор;

МКУ – мобільна канатна установка;

МГК – мобільний гідроколун з маніпулятором;

НРУ – навантажувально-розвантажувальна установка;

УТ – установка для виготовлення тріски;

КЛУ – канатна лісотранспортна установка.

Для отримання заданих вихідних параметрів систему вибраних машин розглядають, як параметричний ряд.

Задача оптимізації параметричного ряду полягає в тому, щоб, при високій продуктивності праці, науково обґрунтувати такий склад машин при якому певний обсяг робіт буде виконуватись з найменшими приведеними затратами і включає наступні етапи:

Визначення кількості лісосік і обсягів робіт на них за певний період часу, визначення характеристик робіт та об'єктів праці. Визначення кількості машин з певними параметрами для виконання робіт, тобто стан функції попиту:

$$M = \varphi(x, t). \quad (1)$$

Складання рівняння затрат на розроблення машин ряду, організацію виготовлення, виготовлення та експлуатацію з приведенням різночасових затрат до одного часу. Приведені затрати на виготовлення виробничих операцій, включаючи і затрати на створення та експлуатацію машин, можна представити у вигляді суми інтегральних функціоналів [4]:

$$3_{\Pi R} = \sum_{s=1}^n \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^r \sum_{e=1}^z \left[\int_a^b \int_0^t 3_0(x, u) dQ \cdot dt \right]_{sije}, \quad (2)$$

де: n – кількість пунктів, на яких здійснюється захід, тобто кількість лісосік, які одночасно розробляються; Q – обсяг робіт на всіх пунктах; t – час, протягом якого розглядається захід; b – кількість, що враховує операції на кожному пункті; r – кількість типів машин, що виконують операції; z – кількість типорозмірів машин кожного типу; 3_0 – елементарні умовно-зведені затрати на здійснення певного виробничого процесу або виконання операції машинами одного типу, одного типорозміру на одному пункті, віднесені до певного об'єму робіт і часу.

Визначення параметрів, що характеризують ряд машин, який виконує необхідний обсяг робіт при мінімумі приведених затрат, тобто при якому функціонал (2) приймає мінімальне значення.

$$R = \Phi(x, u, t) = \min 3. \quad (3)$$

Функція мети для однотипних машин і однорідних об'єктів має наступний вигляд, [4]:

$$R = 3_{\Pi} = \frac{(3_3 + 3_n)n}{U_1 U_2} + \left(\frac{CE_n}{U_1 U_2} + C_T \right) m_c + 3_6. \quad (4)$$

Для однотипних машин і відмінних об'єктів обслуговування функція мети ускладнюється:

$$R = 3_n = \frac{(3_3 + 3_n)n}{U_1 U_2} + \sum_{v=1}^{\theta} \left[\left(\frac{CE_R}{U_1 U_2} + C_T \right) m_c + 3_6 \right], \quad (5)$$

де: 3_3 – річні затрати на експлуатацію однієї машини або одиниці обладнання; 3_n – річні затрати на утримання машини або одиниці обладнання; n – кількість машин або одиниць обладнання; U_1 – кількість робочих днів у році;

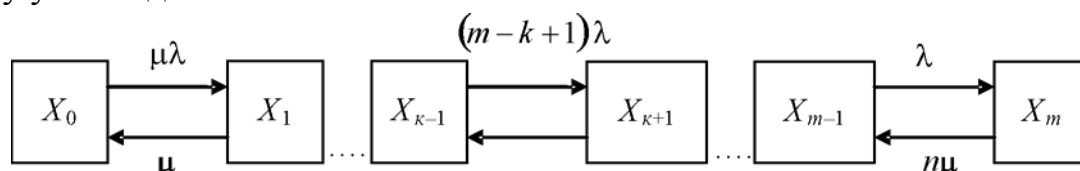
U_2 – кількість робочих змін за добу; C – балансова вартість об'єктів, які обслуговуються; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; C_T – собівартість утримання об'єктів, які обслуговуються за зміну; m_c – середня кількість об'єктів, які знаходяться в черзі і на обслуговуванні; Z_6 – умовні затрати за зміну від невідповідності параметрів машин виробничим умовам; θ – кількість типів об'єктів, які обслуговуються ($v = 1, 2, \dots, \theta$).

Після вибору оптимальних параметрів параметричного ряду для аналізу і керування процесом лісозаготівель на даному підприємстві необхідно розробити математичну модель даного виробничого процесу.

Математична модель системи включає рівняння стану системи. Ці рівняння виражають зв'язки між параметрами стану, керування і ефективності системи. Модель включає також функцію мети і різного роду обмеження на параметри системи, обмеження і функції мети є нелінійними.

Взаємодію машин, що працюють на лісосіці можна представити у вигляді системи машин масового обслуговування з простими потоками [4, 5]. У такому випадку аналіз ефективності роботи і вибір оптимальних параметрів можна здійснити, використавши аналітичні методи теорії масового обслуговування. Завданням масового обслуговування є пошук функціональних залежностей величин, що характеризують ефективність системи, від характеристик вхідного потоку, параметрів, що визначають можливість обслуговування об'єктів і від способів організації обслуговуючої системи в цілому, а також від способів керування системою.

Процес зміни стану системи зручно аналізувати, маючи її графічну схему у вигляді:



де: X_0 – стан системи; λ – інтенсивність першого вхідного потоку вимог; $\lambda_1 = \beta \cdot \lambda \cdot m$ – інтенсивність другого потоку вимог; μ_1 – інтенсивність обслуговування об'єктів першого потоку; μ_2 – інтенсивність обслуговування об'єктів другого потоку; m – кількість об'єктів; k – кількість об'єктів, що обслуговуються.

Для процесу лісозаготівель така схема представлена на рис. 2.

Показники імовірності стану системи, графік якої зображено на рис. 2, можна визначити за допомогою рівняння Колмогорова типу:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda(t) \cdot P_0(t) + \mu(t) \cdot P_1(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= -\mu(t) \cdot P_1(t) + \lambda(t) \cdot P_0(t). \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

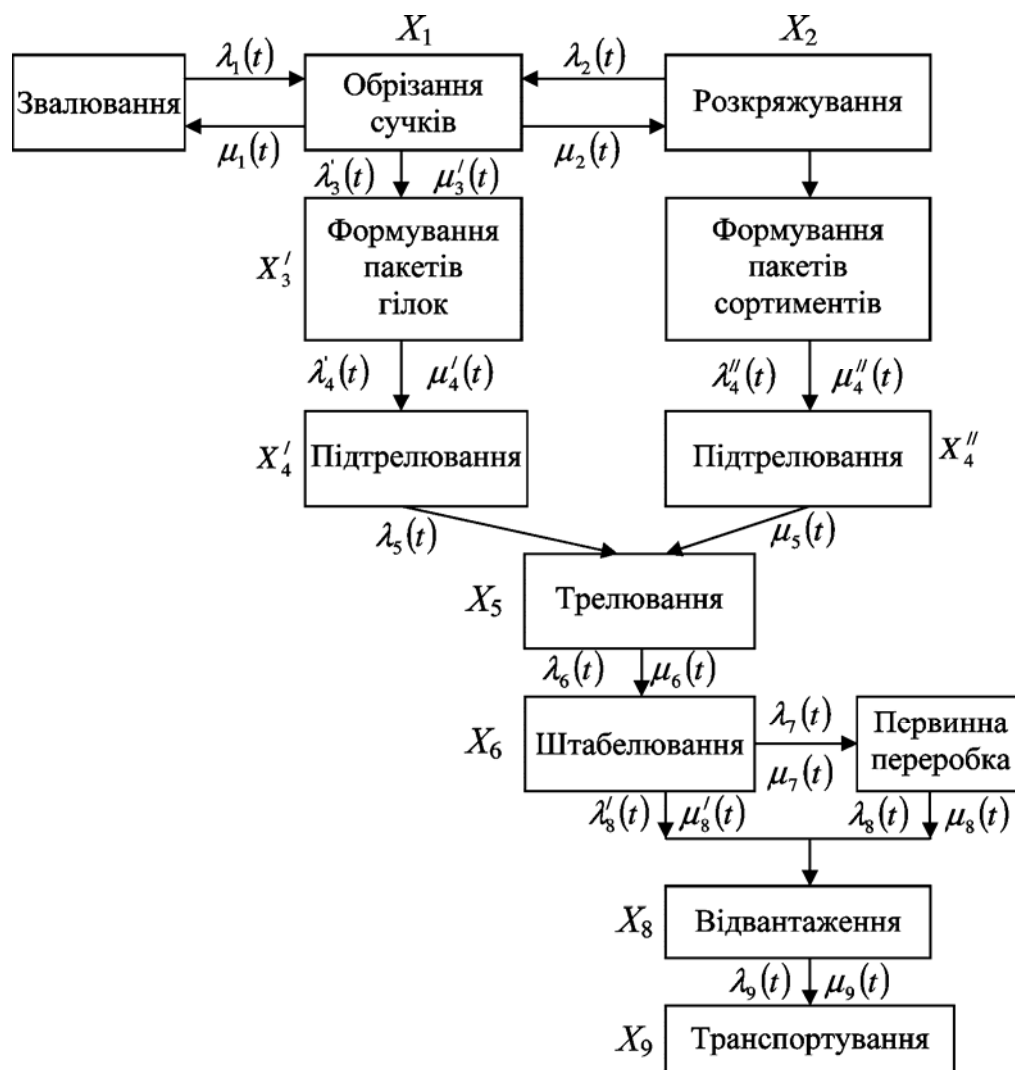


Рис. 2. Графічна схема процесу зміни стану системи на лісозаготівлях

Стан заданої системи не обмежується кількістю вимог, що одночасно знаходяться у системі, тобто вона є розімкнутою. При цьому інтенсивність вхідного потоку характеризує загальна кількість вимог, які поступають у систему.

Для лісозаготівель імовірність настання k події простого потоку інтенсивністю λ за час t розподілено за законом Пуассона [4, 5], тоді:

$$P_k = \frac{(\lambda t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (7)$$

із якого виходить, що імовірність того, що за час t не виникає ні одної події, ($k = 0$), дорівнює:

$$P_{k=0}(t) = e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

а імовірність того, що проміжок часу між сусідніми подіями буде рівний t , має показниковий розподіл

$$P(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (9)$$

На основі рівнянь Колмогорова (6), виразів (7-9) можна отримати залежності для характеристики процесу роботи системи машин на лісозаготівлях і для конкретних умов експлуатації оптимізувати їх конструктивні, силові, та експлуатаційні параметри.

Література

1. **Правила** рубань в гірських лісах Українських Карпат. – К.: Дерком. лісов. госп., 2003. – 24 с.
 2. **Шкіря Т.М.** Технологія і машини лісосічних робіт. – Львів: Тріада плюс, 2003. – 352 с.
 3. **Редькин А.К.** Основы моделирования производственных процессов на лесозаготовках – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 232 с.
 4. **Алябьев В.И.** Математическое моделирование и оптимизация производственных процессов на лесозаготовках. – М.: МЛТИ, 1982. – 67 с.
-
-