

Табл. 3. Параметри електромеханічної системи експериментальної установки

|                                                                                                |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Момент інерції статора $J_0$ , кг·м <sup>2</sup>                                               | 0,12                |
| Зведений момент інерції ротора і півмуфти з пальцями до вала двигуна $J_1$ , кг·м <sup>2</sup> | $4 \cdot 10^{-3}$   |
| Зведений момент інерції редуктора, шків та півмуфти до вала двигуна $J_2$ , кг·м <sup>2</sup>  | $1,5 \cdot 10^{-3}$ |
| Жорсткість муфти $c_\phi$ , Н·м/рад                                                            | $2 \cdot 10^3$      |
| Коефіцієнт лінійного опору муфти $\mu$ , Н·м·с/рад                                             | 40                  |
| Жорсткість плоскої пружини $c_0$ , Н·м/рад                                                     | $0,75 \cdot 10^3$   |
| Коефіцієнт лінійного опору пружини $\mu_0$ , Н·м·с/рад                                         | 1                   |
| Кутова швидкість обертання поля статора двигуна $\omega_0$ , рад/с                             | 157                 |
| Індуктивність розсіювання статора $L_s$ , Гн                                                   | 0,027               |
| Індуктивність розсіювання ротора $L_r$ , Гн                                                    | 0,039               |
| Взаємна індуктивність $L_m$ , Гн                                                               | 0,97                |
| Активний опір фаз статора $R_s$ , Ом                                                           | 15,144              |
| Активний опір фаз ротора $R_r$ , Ом                                                            | 10,91               |
| Амплітуда напруги живильної мережі $U_m$ , В                                                   | 310,5               |
| Число пар магнітних полюсів двигуна $p_0$                                                      | 2                   |

Результати розрахунків перехідних процесів холостого пуску двигуна АО-31-4, холостого пуску експериментальної установки та пуску установки під навантаженнями наведені в табл. 4. В табл. 5 наведені додаткові результати математичного моделювання процесів пуску експериментальної установки, де  $M_{\phi max}$  – максимальний момент сил пружності муфти;  $M_{E max}$  – максимальний електромагнітний момент двигуна;  $\kappa_n$  – коефіцієнт динамічності електромагнітного моменту двигуна;  $\kappa_{\phi n}$  – коефіцієнт динамічності сил пружності муфти.

Табл. 4. Результати теоретичних досліджень пускових режимів роботи привідної установки

| № п/п | Найменування задіяних пристроїв установки | $c_\phi$ , Н·м/рад | $t$ , с | $n$ , хв <sup>-1</sup> | $M_{S, max}$ , Н·м | $M_{E, H}$ , Н·м | $\kappa_{sn} = M_{S, max} / M_{E, H}$ |
|-------|-------------------------------------------|--------------------|---------|------------------------|--------------------|------------------|---------------------------------------|
| 1     | двигун з півмуфтою                        | —                  | 0,085   | 1500                   | 17,1               | —                | 4,5                                   |
| 2     | двигун, муфта, редуктор                   | 2000               | 0,09    | 1500                   | 17,4               | —                | 4,58                                  |
| 3     | двигун, муфта, редуктор, гальмо           | 2000               | 0,1     | 1480                   | 17,4               | 0,93             | 4,58                                  |
|       |                                           |                    | 0,1     | 1480                   | 17,4               | 1,1              | 4,58                                  |
|       |                                           |                    | 0,105   | 1470                   | 17,45              | 1,5              | 4,59                                  |
|       |                                           |                    | 0,11    | 1468                   | 17,5               | 1,66             | 4,6                                   |
|       |                                           |                    | 0,112   | 1461                   | 17,6               | 1,88             | 4,63                                  |
|       |                                           |                    | 0,113   | 1461                   | 17,6               | 1,984            | 4,63                                  |

Виходячи з наведених диференціальних рівнянь руху механічних ланок власні частоти системи, утвореної ротором з редуктором  $f$  і системи статора  $f_0$ , будуть визначатися за такими формулами:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c(J_1 + J_2)}{J_1 \cdot J_2}}; f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_0}{J_0}}. \quad (3)$$

Табл. 5. Розрахункові максимальні значення і коефіцієнти динамічності електромагнітного моменту двигуна та моменту сил пружності муфти

| № п/п | Найменування задіяних пристроїв установки | $M_{E max}$ , Н·м | $\kappa_n = M_{E max} / M_{E n}$ | $M_{\phi max}$ , Н·м | $\kappa_{\phi n} = M_{\phi max} / M_{\phi n}$ |
|-------|-------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|
| 1     | двигун з півмуфтою                        | 18                | 4,73                             | —                    | —                                             |
| 2     | двигун, муфта, редуктор                   | 18,5              | 4,87                             | 5,03                 | 0,16                                          |
| 3     | двигун, муфта, редуктор, гальмо           | 18,5              | 4,87                             | 5,76                 | 0,18                                          |
|       |                                           | 18,5              | 4,87                             | 5,88                 | 0,187                                         |
|       |                                           | 18,57             | 4,88                             | 6,18                 | 0,196                                         |
|       |                                           | 18,6              | 4,89                             | 6,3                  | 0,2                                           |
|       |                                           | 18,7              | 4,92                             | 6,45                 | 0,204                                         |
|       |                                           | 18,7              | 4,92                             | 6,55                 | 0,208                                         |

Підставляючи в дані формули значення жорсткостей і моментів інерції елементів привідної системи, отримуємо значення власних частот  $f=215,5$  Гц;  $f_0 = 12,6$  Гц. Порівнюючи одержані розрахункові значення частот з осцилограмами (рис. 2), бачимо, що частота коливання моменту  $M_S$  майже збігається з частотою вільних коливань статора.

Порівнюючи дані, наведені в табл. 2 і 4, можна зауважити, що розбіжність максимальних значень моменту, що передається статором на основу, одержаних теоретичним та експериментальним шляхом, не перевищує 3 %, а розбіжність відповідних значень часу розгону установки – 15 %. Це свідчить про достатню для інженерної практики точність математичного моделювання перехідних процесів в електромеханічних привідних системах з пружними муфтами.

## Література

1. Харченко Є.В., Колесник К.К. Розрахунок динамічних процесів в електромеханічній привідній системі з пружною муфтою // Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ, 2001, вип. 11.1. – С. 124–129.
2. Харченко Є.В., Гаршинс Ю.Г., Колесник К.К. Вплив нелінійних жорсткісних властивостей муфти на перехідні режими роботи привідного модуля // Technologia i automatyzacja montażu/Dodatek specjalny do Nr 4/1999: Modułowe technologie i konstrukcje w budowie maszyn. II Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna. Warszawa: Tekoma, 1999. S. 17-19.
3. Чабан В.И. Основы теории переходных процессов электромашинных систем. Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1980. – 200 с.

УДК 634.0377.2

Проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук;  
інж. І.М. Рудько – УкрДЛТУ; доц. М.В. Матійшин, канд. техн. наук –  
Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

## ПРО ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ НЕСУЧИХ КАНАТІВ БАГАТОПРОЛЬОТНИХ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК В ЗОНІ ОПОРНОГО БАШМАКА

Розглянуто особливості роботи несучих канатів багатопрольотних установок в зоні опорного башмака. Отримано залежності для визначення зусиль та напружень, що виникають в несучому канаті при русі вантажної каретки. На основі аналізу аналітичних залежностей розроблено рекомендації для вибору основних параметрів башмака і ходових частин вантажної каретки.

*Prof. M.P. Martyntsyv, Eng. I.M. Rud'ko – USUFWT;  
Ass. Prof. Matiishyn – Technological University Podillya*

### Peculiarities of operation of upper ropes of multispan systems in the zone of a supporting shoe

Peculiarities of the upper rope operation of multispan systems in the zone of a supporting shoe have been considered. Dependencies for the determination of forces and stresses taking place in an upper rope during the motion of a carriage have been obtained. On the basis of the analysis of analytic dependencies recommendations for the choice of main parameters of a shoe and running gear of a carriage have been worked out.

Багаторічні дослідження лісоводів і лісозаготівельників показали, що найбільш ефективним, а в деяких випадках і єдино можливим первинним транспортом деревини є підвісні канатні установки [1, 2]. Для освоєння лісів Українських Карпат, де недостатньо розвинута сітка доріг, перевагу віддають багатопрольотним канатним установкам. Ефективність роботи канатних установок значною мірою визначається довговічністю їх основного елемента – несучого каната. Експериментальні дослідження довговічності несучих канатів і виробничі випробування показали, що несучий канат багатопрольотних лісотransпортних установок найбільш інтенсивно зношується в зоні опорного башмака проміжної опори [3]. Однією з причин низької довговічності каната в зоні опорного башмака є знакозмінні згинальні напруження. Результати експериментальних досліджень величини згинальних напружень наведено в роботі [4].

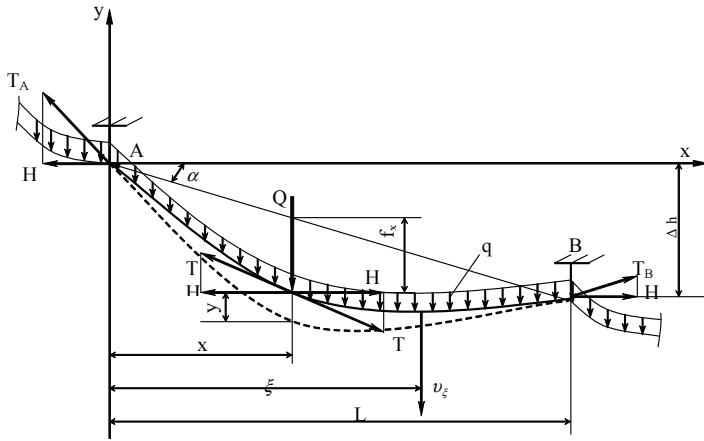


Рис. 1. Розрахункова схема несучого каната

При русі каретки на несучому канаті з закріпленими кінцями величина його натягу змінюється від максимального – при положенні каретки в середині прольоту до монтажного – при положенні каретки в башмаку проміжної опори. Отже, натяг несучого каната при проходженні кареткою проміжної опори буде дорівнювати монтажному. Розрахункова схема несучого каната наведена на рис. 1.

У загальному випадку рівняння осі каната є рівнянням ланцюгової лінії [5], тобто

$$y = C_1 \cdot \operatorname{ch} \frac{\xi - C_2}{C_1} - C_3, \quad (2)$$

де  $C_1, C_2, C_3$  – константи, які визначаються з умов:

$$y(x_a) = y_a \text{ (в даному випадку } y(0) = 0);$$

$$y(x_b) = y_b \text{ (в даному випадку } y(L) = h)$$

$$L = C_1 \left( \operatorname{sh} \frac{x_b - C_2}{C_1} - \operatorname{sh} \frac{x_a - C_2}{C_1} \right), \quad (3)$$

де  $L$  – довжина каната і є розв'язком системи трьох трансцендентних рівнянь:

$$\begin{aligned} y' &= \operatorname{sh} \frac{\xi - C_2}{C_1}; \sqrt{1 + y'^2} = \sqrt{1 + \operatorname{sh}^2 \frac{\xi - C_2}{C_1}} = \operatorname{ch} \frac{\xi - C_2}{C_1}; \\ \int_0^{x(f)} \xi^2 \operatorname{ch} \frac{\xi - C_2}{C_1} d\xi &= \left. \begin{aligned} \frac{\xi - C_2}{C_1} &= t \\ \xi &= C_2 + C_1 \cdot t \\ d\xi &= C_1 \cdot dt \\ \xi = 0, t &= -\frac{C_2}{C_1} \\ \xi = x, t &= \frac{x - C_2}{C_1} \end{aligned} \right| = \int_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}} (C_2 + C_1 \cdot t)^2 \cdot \operatorname{cht} C_1 \cdot dt = \quad (3) \\ &= C_1 \cdot C_2^2 \int_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}} \operatorname{cht} t \, dt + 2 C_1^2 \cdot C_2 \int_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}} t \cdot \operatorname{cht} t \, dt + C_1^3 \int_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}} t^2 \operatorname{cht} t \, dt = \\ &= C_1 \cdot C_2^2 \operatorname{sht} \cdot \left. \frac{t}{C_1} \right|_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}} + 2 C_1^2 \cdot C_2 \left( t \cdot \operatorname{sht} t - \operatorname{cht} t \right) \cdot \left. \frac{t}{C_1} \right|_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}} + C_1^3 \left( (t^2 + 2) \operatorname{sht} t - 2 t \cdot \operatorname{cht} t \right) \cdot \left. \frac{t}{C_1} \right|_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}} = \\ &= \left[ C_1 \cdot C_2^2 \cdot \operatorname{sht} t + 2 C_1^2 \cdot C_2 (t \cdot \operatorname{sht} t - \operatorname{cht} t) + C_1^3 \cdot ((t^2 + 2) \operatorname{sht} t - 2 t \operatorname{cht} t) \right] \cdot \left. \frac{t}{C_1} \right|_{-\frac{C_2}{C_1}}^{\frac{x - C_2}{C_1}}. \end{aligned}$$

Виходячи із гіпотези про лінійний закон розподілу швидкостей каната, можна визначити швидкість  $v_\xi$  каната в довільній точці із залежності

$$v_\xi = a + b \xi. \quad (4)$$

Для визначення двох невідомих  $a$  та  $b$  складаємо умови:

- на ділянці AC:  $\xi = 0$ ;  $v_\xi = 0$ ;  $\xi = x(t)$ ;  $v_\xi = \dot{y}$ ;
- на ділянці CB:  $\xi = x(t)$ ;  $v_\xi = \dot{y}$ ;  $\xi = L$ ;  $v_\xi = 0$ .

Отже, на ділянці АС

$$v_{\xi} = \frac{\dot{\xi}}{x}; \quad (5)$$

на ділянці СВ

$$v_{\xi} = \frac{\dot{\xi}}{x-L}(\xi-L). \quad (6)$$

Рівняння руху для вільних поперечних коливань каната можна записати в наступному виді [6]

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + A^2 \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0, \quad (7)$$

де:  $A = H \cdot \cos \alpha / m_k$  – параметр несучого каната;  $H$  – горизонтальна складова натягу несучого каната;  $\alpha$  – кут нахилу хорди прольоту несучого каната до горизонту;  $m_k$  – маса погонного метра каната.

При визначенні максимальних прогинів каната можна допустити, що він здійснює одне з головних коливань. Тоді частоти коливань та ординати змінюються за косинусоподібним законом [6], тобто

$$y = X_{(z)} \cdot \cos pt \quad (8)$$

де:  $X_{(z)}$  – функція, що визначає форму кривої, за якою прогинається канат при коливаннях;  $p$  – частота коливань каната, визначається за формулою  $p = i^2 \cdot \pi \cdot a / \ell$ ;  $\ell$  – довжина прольоту установки.

Якщо вираз (8) підставити в рівняння (7) отримаємо диференціальне рівняння четвертого порядку:

$$\frac{d^4 X}{dX^4} = \frac{p^2}{a^2} \cdot X. \quad (9)$$

Загальний інтеграл цього рівняння буде включати чотири довільних постійних і може бути представлений в такому вигляді

$$X = C_1 \cdot \left( \cos \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X + \operatorname{ch} \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X \right) + C_2 \cdot \left( \cos \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X - \operatorname{ch} \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X \right) + C_3 \cdot \left( \sin \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X + \operatorname{sh} \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X \right) + C_4 \cdot \left( \sin \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X - \operatorname{sh} \sqrt{\frac{p}{A}} \cdot X \right), \quad (10)$$

де  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – постійні інтегрування, що залежать від умов закріплення кінців несучого каната, його жорсткості і податливості проміжних та кінцевих опор.

При підході каретки до проміжної опори для визначення траєкторії руху каретки розглянемо розрахункову схему (рис. 2).

Для визначення стрілок прогину і кутів  $\alpha$  необхідно розглянути геометричну сторону задачі (рис. 2):

$$\alpha_1 = 90^\circ - \Theta - \gamma, \quad (11)$$

$$\Theta = \arctg \frac{x}{f_1 - x \cdot \operatorname{tg} \beta}; \quad \gamma = \alpha_1 - (\alpha_2 + \alpha_2'); \quad \alpha_2 + \alpha_2' = \arctg \left( \frac{f_2 - f_1}{C} - \operatorname{tg} \beta \right).$$

Підставляючи значення величин  $\Theta$  і  $\gamma$  в формулу (11), отримаємо:

$$\alpha_1 = 45^\circ - \frac{1}{2} \left[ \arctg \frac{x}{f_1 - x \cdot \operatorname{tg} \beta} - \arctg \left( \frac{f_2 - f_1}{a} - \operatorname{tg} \beta \right) \right]. \quad (12)$$

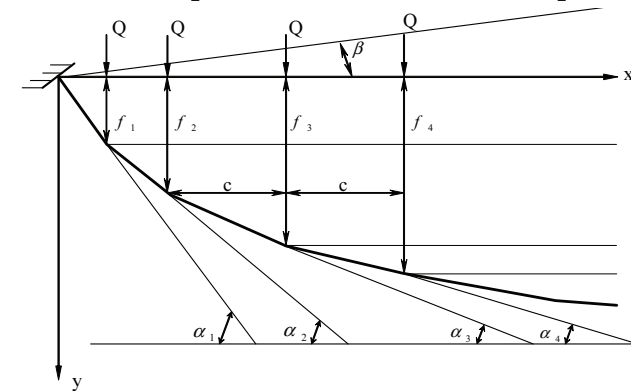


Рис. 2. Схема деформації несучого каната

Із схеми (рис. 2) отримаємо

$$\left. \begin{aligned} \alpha_2 &= \arctg \left( \frac{f_3 - f_1}{2C} - \operatorname{tg} \beta \right); \\ \alpha_3 &= \arctg \left( \frac{f_4 - f_2}{2C} - \operatorname{tg} \beta \right); \\ \alpha_4 &= \arctg \left( \frac{f_5 - f_3}{2C} - \operatorname{tg} \beta \right), \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

де  $\beta$  – кут нахилу хорди прольоту установки до горизонту.

Величини прогинів  $f_1, f_2, f_3, f_4$  можна визначити, розв'язавши рівняння (8). Для розв'язування вказаного рівняння використано програми "MATHEMATIKA VOR WINDOWS".

На рис. 3, для прикладу, показано траєкторію руху коліс чотириколісної каретки при  $T=68.5$  кН;  $Q=4.8$  кН;  $c=0.25$  м;  $l=600$  м;  $b=10^\circ$ ;  $q_k=22.3$  Н/м.

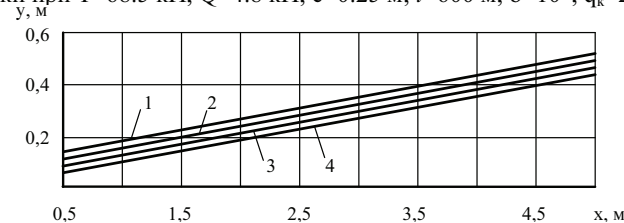


Рис. 3. Траєкторія руху коліс чотириколісної каретки при підході до башмака: 1 – першого; 2 – другого; 3 – третього; 4 – четвертого

Для конкретної схеми установки, знаючи прогин під колесами вантажної каретки, можна визначити напруження, що виникають в канаті, оцінити його напружений стан і вибрати конструктивні та експлуатаційні параметри, які забезпечать максимальну довговічність каната.

### Література

1. Генсирук С.А. Комплексное хозяйство в горных условиях. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 248 с.
2. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Бадера Й.С. Підвісні канатні лісотransпортні системи. – К.: ІЗМН, 1997. – 156 с.
3. Белая Н.М., Прохоренко А.Г., Матигин Н.В. Исследование выносливости несущих канатов с учетом влияния башмака промежуточных опор// Лесн., бум. и деревообаб. пром-сть. – К.: Будівельник. – 1975, вып. 5. – С. 77 – 81.
4. Матигин Н.В. Исследование напряжений от изгиба в несущих канатах подвесных лесотransпортных установок в зоне башмаков промежуточных опор// Лесн. журн. – 1982, № 5. – с. 54 – 57.
5. Качурин В.К. Теория висячих систем. – М.-Л.: Гостехиздат, 1962. – 224 с.
6. Тимошенко С.П., Дж. Гудер. Теория упругости. – М.: Наука, 1972. – 575 с.

УДК 647.093.04.

Аспір. О.Б. Новаківський\* – УкрДЛТУ

### ЛАКОФАРБОВІ ПОКРИТТЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ НАСТИЛІВ ПІДЛОГ

Розглянуто основні вимоги до якісних характеристик дерев'яних настилів підлоги та коротко охарактеризовано лакофарбові матеріали, які використовуються для створення захисно-декоративних покриттів.

Doctorate O.B. Novakiv's'kyj – USUFWT

### Lacquer coats of floorings wooden floors

The basic requirements to qualitative characteristics of wooden floor and varnish materials, which are used for creation of protective and decorative coverings, are considered in article.

У житлових та громадських приміщеннях будівель важливе значення надається створенню підлоги.

Якість підлоги відіграє важливу роль у внутрішньому влаштуванні приміщень, оскільки підлоги не тільки прикрашають житло, але й стають важливим конструкційним елементом, тобто повинні володіти міцністю, надійністю і довговічністю. Окрім того, підлоги повинні відповідати таким вимогам: безшумності, опору до стирання і удару, мати допустиму гігроскопічність і шорсткість. Незважаючи на широке застосування для влаштування підлоги найрізноманітніших полімерних матеріалів, найкращими залишаються підлоги з деревини. Вони гігієнічні, довговічні, мають добрі якісні та декоративні показники.

Виходячи із цього, однією з найважливіших проблем підвищення якісних характеристик підлог є створення захисних покриттів з метою підвищення довговічності і декоративності.

\* Наук керівник: доц. Л.А. Яремчук, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

Поверхня підлоги при експлуатації зношується, головним чином, під впливом механічних навантажень, які виникають при ході. Термін експлуатації підлоги залежить в основному від інтенсивності, механічних впливів, стійкості до зношування лицьового шару паркету та паркетних щитів. Водночас з перевагами, паркетні щити мають істотні недоліки, без усунення яких неможлива експлуатація підлоги, а саме:

- низька механічна міцність, під впливом вологи чи води (при атмосферних змінах) щити розбухають і змінюють свою форму;
- художній паркет нерівномірно працює на стирання. Отож, покриття підлоги виконані з паркетних щитів, потребують більшого захисту.

Щитовий паркет та паркетні щити широко застосовуються для обладнання підлоги у житлових будинках. Вони задовольняють вимоги, які ставляться до підлоги житлових будинків, та мають хороші естетичні характеристики.

Для захисту підлоги обладнаної паркетом, щитовими паркетом чи паркетними щитами від забруднення, безпосереднього впливу для підвищення еластичності, стійкості до стирання, вогнетривкості, світла, вологи, повітря, механічних пошкоджень для підвищення декоративних властивостей підлоги використовуються лаки на основі карбамідних, поліуретанових та алкідних смол.

Карбамідні смоли (лаки кислотного затвердіння) отримали широке застосування для опорядження паркету (МЧ-26, МЧ-52, МЧ-22) завдяки хорошій якості лакового покриття, а також високому вмісту сухого залишку (45 %). Однак вміст кислотного затверджувача різко знижує його використання через токсичність отверджувача до затвердіння плівки.

Алкідні смоли є складеними поліефірами з розгалуженою структурою макромолекул. Для опорядження паркету, паркетних щитів і щитового паркету використовують лаки на основі пентафталевих смол (ПФ-283, ПФ-284, ПФ-232), які отримують в результаті реакції поліконденсації фталевої кислоти з чотирьохатомним спиртом пентаеритритом.

Властивості алкідних смол і покриттів, які вони утворюють, значною мірою залежать від вмісту в них олії чи жирних кислот. Час висихання покриттів залежно від жирності смол змінюється при 18-20 °С від 6-8 год. (для пісних) до 48 год. (для жирних). Алкідні ЛФМ наділені стійкістю до вологи, еластичністю, мають понижено токсичність, однак їх використання для опорядження підлоги також є обмежене з огляду на великий термін переходу плівки із рідкого в твердий стан.

Поліуретанові (УР) смоли утворюються в результаті взаємодії поліізоціанатів із сполуками, що містять гідроксильні групи. УР-покриття мають високу адгезію до деревини, металів і інших матеріалів, добре заповнюють пори деревини. Щільність їх 1260 кг/м<sup>3</sup>, питомі витрати при нанесенні валками 30-50 г/м<sup>2</sup>. ЛФМ на основі поліуретанів інертні до хімічного складу деревини і ці покриття однаково добре висихають на будь-яких породах деревини.

Поліуретанові покриття характеризуються високою твердістю, та наближаються до твердості скла, і в той же час еластичні і стійкі до стирання, водо-, тепло-, і атмосферостійкі, мають хороші діелектричні властивості. До недоліків УР-лаків на основі ароматичних ізоціанатів належить низька світ-