

$(r_1 \leq r \leq r_2)$. Підставляючи значення величин, отримаємо, що

$$t_2(r) = -119,889 - 639 \ln r, \quad (0,25 \leq r \leq 0,3).$$

Температура на краях шару, виконаного з піску, дорівнює

$$t_2(0,25) = -119,889 - 639 \cdot \ln 0,25 = 765,96^\circ\text{C} \quad \text{і} \quad t_2(0,3) = 649,45^\circ\text{C}.$$

Розподіл температурного поля в третьому шарі, враховуючи (19), дорівнює

$$t_3(r) = \frac{(t_{p4} - t_{p0}) \left(\ln r_0 + \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{\lambda_y}{\lambda_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{\lambda_y}{\lambda_3} \ln \frac{r}{r_2} \right) + t_{p0} \left(\frac{\lambda_y}{r_4 \alpha_4} + \ln r_4 \right) + t_{p4} \left(\frac{\lambda_y}{r_0 \alpha_0} - \ln r_0 \right)}{\frac{\lambda_y}{r_0 \alpha_0} + \frac{\lambda_y}{r_4 \alpha_4} + \ln \frac{r_4}{r_0}}.$$

Підставляючи дані, отримаємо, що

$$t_3(r) = 648,674 - 0,648 \ln r, \quad (0,3 \leq r \leq 0,35).$$

Температури на краях шару, виконаного з міді, дорівнюють

$$t_3(0,3) = 648,674 - 0,648 \cdot \ln 0,3 = 649,45^\circ\text{C} \quad \text{і} \quad t_3(0,35) = 649,35^\circ\text{C}.$$

Розподіл температурного поля в четвертому шарі, враховуючи формулу (19), дорівнює

$$t_4(r) = -3543,399 - 3993,78 \ln r, \quad (0,35 \leq r \leq 0,4).$$

Температури на краях шару, виконаного з мінеральної вати, дорівнюють

$$t_4(0,35) = -3543,399 - 3993,78 \cdot \ln 0,35 = 649,35^\circ\text{C} \quad \text{і} \quad t_4(0,4) = 116,06^\circ\text{C}.$$

Висновки. Внаслідок виконаних досліджень отримано вирази для визначення стаціонарного температурного поля в багатошаровій циліндричній стінці за ідеального теплового контакту між шарами та наявності граничних умов першого і третього типів. Наведену методику використання теоретичних результатів у розв'язуванні задачі. Показано, що характерною особливістю досліджуваної в роботі циліндричної чотирьохшарової стінки є те, що зміна величини температури в шарі, виконаному з міді, незначна.

Література

1. **Лыков Н.Н.** Теория теплопроводности. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1967. – 559 с.

УДК 634.31

Інж. **І.В. Бичинюк** – НЛТУ України, м. Львів

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ЩОГЛИ ПРОМІЖНОЇ ОПОРИ

Наведено розрахункову схему опори з розтяжками. Визначено зусилля та деформації опори, розв'язано статично-невизначену задачу. Отримано залежність для визначення зусилля, що діє на щоглу та обґрунтовано її основні параметри.

Eng. **I.B. Bychynyuk** – NUFWT of Ukraine, L'viv

Calculation method development of intermediate support mast

The calculation chart of support is resulted with stretching. Certainly efforts and deformations of support considering a statically-indefinite task. Dependence is got for determination of effort, that operates on a mast and grounded its basic parameters.

Підвісні лісотransпортні установки мають обмежений термін експлуатації на одному місці. Тому економічна доцільність їх використання тим більша, чим легша їхня конструкція і чим простіший їхній монтаж, а це значною мірою залежить від конструкції проміжних опор [1, 2].

Опори підвісних канатних лісотransпортних систем призначені для навішування несних канатів. Опорами, зазвичай, слугують стовбури дерев із зрізаними верхівками, оснащені спеціальними блоками і затискачами, а також інвентарні щогли у вигляді зварених ферм та телескопічних труб. Проміжні опори оснащують башмаками для пропускання вантажів з кареткою.

Для вибору параметрів щогл розглянемо розрахункову схему, яку представлено на рис. 1.

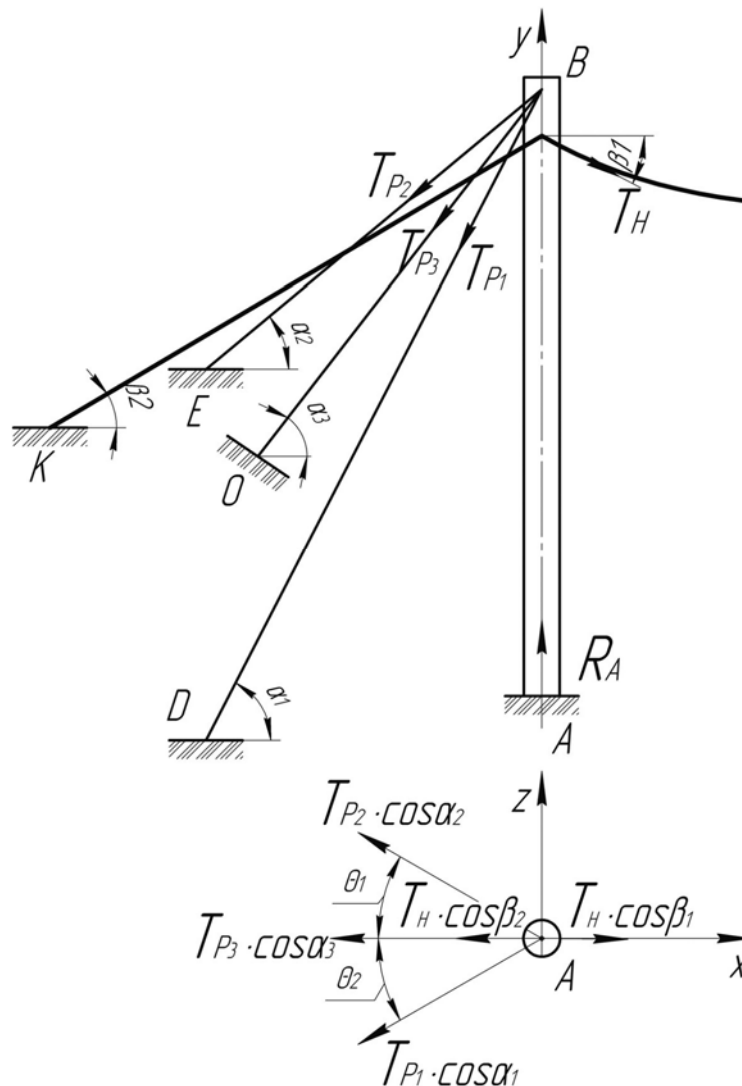


Рис. 1. Схема зусиль, які діють на щоглу проміжної опори

На щоглу опори діють зусилля від розтяжок та несного каната. Щогли повинні працювати в межах пружності, тому для їхнього розрахунку використаємо загальноприйняті допущення [3]:

- деформації щогли і розтяжок порівняно з іншими розмірами малі;
- залежність деформацій і напружень є лінійними і підпорядковуються закону Гука;
- розтяжки встановлено симетрично, вісь середньої розтяжки збігається з віссю несного каната;

- зусилля від несного каната передаються на щоглу тільки вздовж осі у;
- деформації розтяжок рівні між собою.

Із рис. 1. видно, що конструкція опори становить статично невизначену систему, для її розв'язку необхідно розглянути три сторони задачі: статичну, геометричну і фізичну [3]. Статичну сторону задачі запишемо у вигляді залежностей:

$$\sum Y = 0; T_{p1} \cdot \sin \alpha_1 + T_{p2} \cdot \sin \alpha_2 + T_{p3} \cdot \sin \alpha_3 + T_H \cdot \sin \beta_1 + T_H \cdot \sin \beta_2 = R_A; \quad (1)$$

$$\sum X = 0; T_H \cdot \cos \beta_2 + T_{p2} \cdot \cos \alpha_2 \cdot \cos \theta_1 + T_{p1} \cdot \cos \alpha_1 \cdot \cos \theta_2 + T_{p3} \cdot \cos \alpha_3 - T_H \cdot \cos \beta_1 = 0; \quad (2)$$

$$\sum Z = 0; T_{p2} \cdot \cos \alpha_2 \cdot \sin \theta_1 - T_{p1} \cdot \cos \alpha_1 \cdot \sin \theta_2 = 0, \quad (3)$$

де: T_{p1} ; T_{p2} ; T_{p3} – натяг розтяжок; T_H – натяг несного каната; α_1 ; α_2 ; α_3 – кути нахилу розтяжок до горизонту; β_1 ; β_2 – кути нахилу гілок несного каната до горизонту; θ_1 ; θ_2 – кути відхилення розтяжок від осі несного каната.

Під час монтажу проміжних опор розтяжки ставлять симетрично, тобто кути $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ і $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$. Тоді з рівняння (3) виходить, що зусилля в розтяжках однакові, тобто $T_{p1} = T_{p2} = T_p$; відповідно рівняння (1) та (2) можна записати у вигляді

$$\left. \begin{aligned} 2T_p \cdot \sin \alpha + T_{p3} \cdot \sin \alpha + T_H \cdot (\sin \beta_1 + \sin \beta_2) &= R_A; \\ 2T_p \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta + T_{p3} \cdot \cos \alpha - T_H \cdot (\cos \beta_1 - \cos \beta_2) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Розглянемо геометричну сторону задачі (рис. 2).

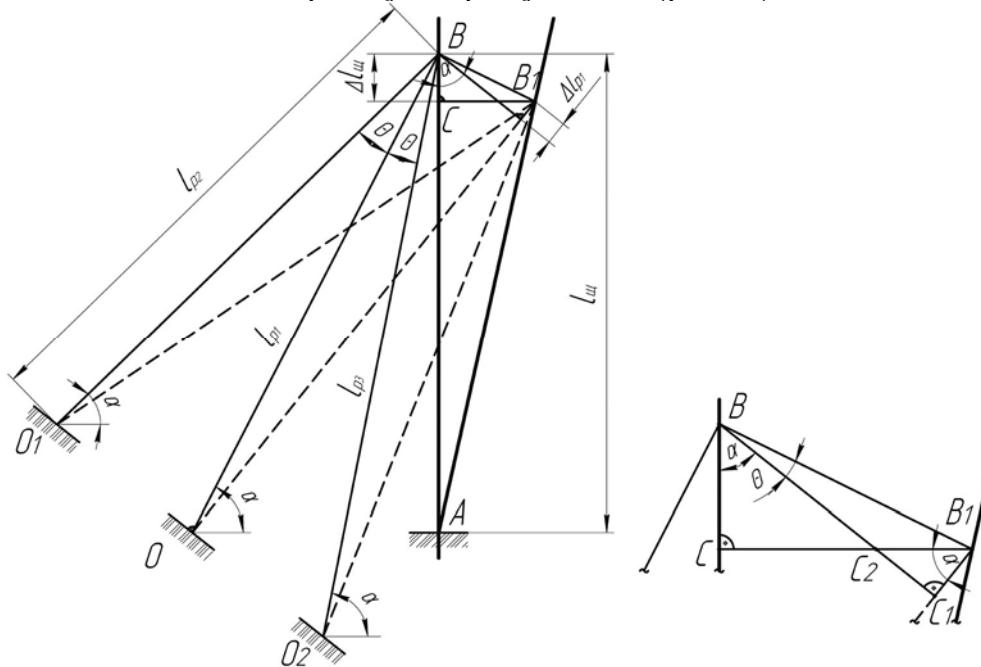


Рис. 2. Схема деформацій щогли та розтяжок

У зв'язку з тим, що деформації малі порівняно з довжиною розтяжок і висотою щогл [3], на схемі рис. 2 $\triangle BCB_1$ є прямокутним.

Із $\triangle BCB_1$

$$BB_1 = \frac{BC}{\cos \alpha} = \frac{\Delta l_{uh}}{\cos \alpha}. \quad (5)$$

Оскільки деформації малі порівняно з розмірами щогли та розтяжок, приймаємо, що $BB_1 = BC_1$, тобто ΔBB_1C_1 – рівнобедрений.

$$\text{Тоді} \quad \sin \frac{\theta}{2} = \frac{\Delta l_p}{2 \cdot BB_1} = \frac{\Delta l_p \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \Delta l_{щ}}; \quad (6)$$

$$\theta = 2 \arcsin \frac{\Delta l_p \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \Delta l_{щ}}; \quad (7)$$

$$\text{або:} \quad \frac{\Delta l_p}{2} = BB_1 \cdot \sin \left[2 \arcsin \frac{\Delta l_p \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \Delta l_{щ}} \right]; \quad (8)$$

$$\Delta l_p = \frac{2 \Delta l_{щ}}{\cos \alpha} \cdot \sin \left[2 \arcsin \frac{\Delta l_p \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \Delta l_{щ}} \right]. \quad (9)$$

Для визначення взаємозв'язку між Δl_p та $\Delta l_{щ}$ потрібно отримати розв'язок рівняння (9). Розв'язок можна отримати числовими методами розрахунку за допомогою ЕОМ. Для розв'язку цього рівняння використано програму Wolfram Mathematica 6.

Фізичну сторону задачі можемо представити рівняннями для визначення деформації щогли і розтяжок, прийнявши, що вони працюють в межах пружності [1].

$$\text{Тоді:} \quad \Delta l_{щ} = \frac{R_A \cdot h_{щ}}{E_d \cdot A_{щ}}; \quad (10)$$

$$\Delta l_p = \frac{T_p \cdot h_p}{E_k \cdot A_p}, \quad (11)$$

де: $h_{щ}$ – висота щогли; l_p – довжина розтяжки; E_d – модуль пружності щогли (дерева); E_k – модуль пружності каната; $A_{щ}$; A_p – відповідно площа поперечного перерізу щогли і каната розтяжки.

Для вибору розмірів щогли здійснимо графічний аналіз залежності (4; 9; 10; 11). Натяг каната T_H – визначаємо за відомою методикою [1, 2], як для трьохпрогінної установки. Площу поперечного перерізу розтяжки і щогли перевіримо з умови міцності за центрального розтягу-стиску, [1].

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} \leq [\sigma];$$

$$A \geq \frac{F_{\max}}{[\sigma]}, \quad (12)$$

де: $F_{\max}$ – максимальне зусилля, яке діє на розтяжку або щоглу; $[\sigma]$ – допустимі напруження для елемента опори; A – площа поперечного перерізу елемента опори.

Під час проектування щогли потрібно перевірити на стійкість [1]. Для вибору параметрів щогли запропоновано графіки (рис. 3).

Аналіз зроблено для випадку: висота щогли $h = 15$ м; допустимі напруження стиску для щогли $[\sigma] = 10$ МПа; модуль пружності деревини $E_d =$

$0,1 \cdot 10^5$ МПа; канати розтяжок прийнято згідно з ГОСТ 2688, зведений модуль пружності каната $E_{зв} = 1,1 \cdot 10^5$ МПа, запас міцності для розтяжок $n = 2,0$; прийнято три розтяжки, кути їх ухилу до горизонту $\alpha = 45^\circ$. Кут ухилу напрямника зусилля несного каната $\beta_1 = 10^\circ$; $\beta_1 = 30^\circ$. Діаметр щогли змінювався в межах $d_{щ} = 20 \times 50$ см (брався на висоті 1,3 м від рівня землі). Діаметр розтяжок $d = 8 \times 18$ мм.

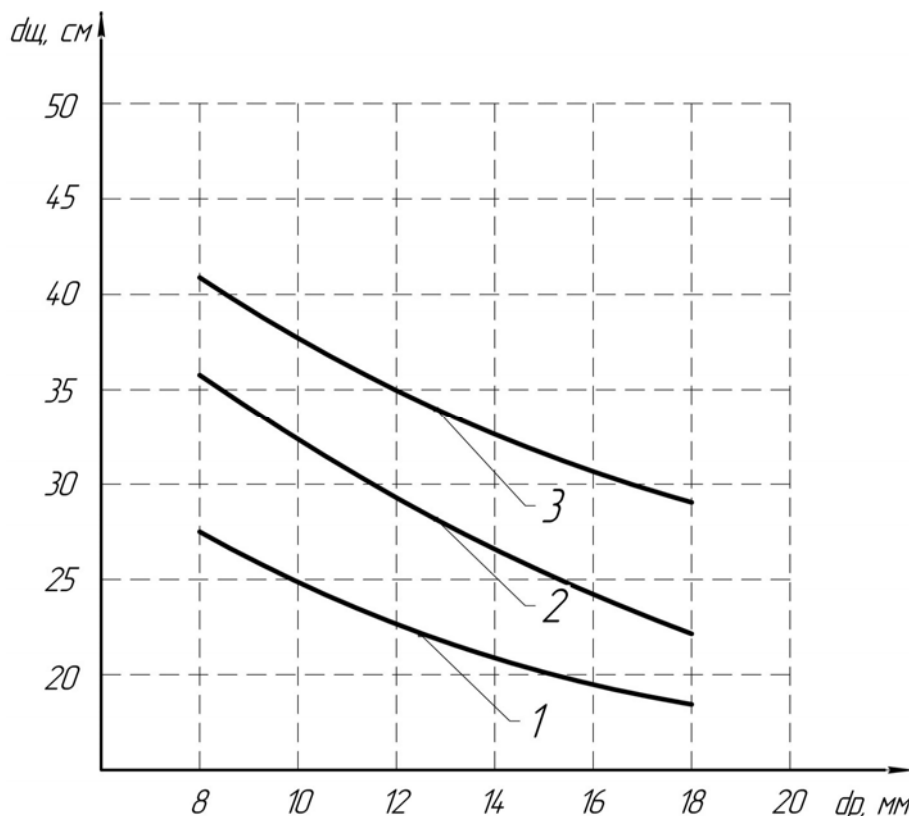


Рис. 3. Графіки для вибору діаметрів розтяжок залежно від діаметра щогли:
1 – за $T_H = 100$ кН; 2 – за $T_H = 150$ кН; 3 – за $T_H = 200$ кН

Наведений метод розрахунку дасть змогу обґрунтувати основні параметри щогл і підвищити надійність їх роботи.

Література

1. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів : підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський / за ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид. [допов. і переробл.]. – К. : Изд-во "Вища шк.", 2004. – 655 с.
2. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Бадера Й.С. Підвісні канатні лісотransпортні системи. – Львів : Вид-во ІЗМН, 1997. – 156 с.
8. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотransпортних установок. – К. : Вид-во "Ясмина", 1996. – 175 с.

УДК 519.863

Доц. М.В. Дацко, канд. техн. наук; студ. М.П. Головатюк –
Львівський НУ ім. Івана Франка

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ПРОМІЖНИМ РОЗВАНТАЖЕННЯМ

Розглянуто наявні підходи до побудови маршрутів руху транспортних засобів, проаналізовано матричний підхід до побудови всіх можливих маршрутів руху тран-