

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 634.0.377 Проф. М.П. Мартинців¹, д-р техн. наук; викл. І.В. Бичинюк²

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТА РОЗРАХУНОК ШТУЧНИХ ПРОМІЖНИХ ОПОР БАГАТОПРОГОННИХ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК

Розроблено модель для числового розрахунку основних параметрів штучних проміжних опор канатних лісотransпортних установок на базі прикладних програм MathCAD Professional, SolidWorks та системи MSC/NASTRAN for Windows. Виконано аналіз напруженого стану опори, виготовленої у вигляді пірамідальних стояків. Визначено зусилля в основних елементах опори та наведено методику розрахунку їх основних параметрів.

Ключові слова: штучні проміжні опори, моделювання, прикладні програми, внутрішні зусилля і деформації, конструктивні параметри.

Канатні лісотransпортні установки є основним засобом механізації лісосічних робіт під час освоєння гірських лісів [1, 2]. За умов сучасного виробництва, окрім цінових показників, дедалі більшу роль відіграють експлуатаційні характеристики канатних установок, можливість використання їх за різних рельєфних умов. Насамперед необхідно забезпечити надійність роботи окремих елементів і установки загалом, механізацію найбільш трудомістких монтажно-демонтажних робіт, вимоги безпеки та комфорту в процесі експлуатації. Ці питання значною мірою можна вирішити, використовуючи для оснащення багатопробіжних установок штучні проміжні опори багаторазового використання. Автори розробили оригінальні схеми штучних опор, новизну яких захищено патентами України [3, 4].

Внаслідок обмеження бюджету підприємств машинобудування та термінів проведення проектувальних та випробувальних робіт і розрахунку конструкційних параметрів опор доцільно використовувати об'ємне комп'ютерне моделювання з використанням прикладних програм для попереднього аналізу та розрахунку елементів [5]. Для виконання розрахунків та підготовки проектної документації використано пакети прикладних програм MathCAD Professional, SolidWorks, CAD/CAM/CAE/PDM/TDM-системи, T-Flex CAD 3D та Microsoft Office. Для проведення математичного моделювання використано систему MSC/NASTRAN for Windows.

Аналіз поведінки опор починається із досліджень максимальних значень напружень, які виникають у вертикальних стояках і поперечинах, котрі виступають найбільш відповідальними елементами. За попередньо заданих початкових умов напружено-деформований стан просторової конструкції у

момент проходження кареткою проміжної опори характеризується максимальним значенням напружень. При цьому допустимі напруження повинні становити $[\sigma]=170 \times 190$ МПа для матеріалу, з якого зроблено несучий каркас (Сталь 20) [6, 7]. Каркас опор представлено тривимірною стержневою моделлю, яка включає такі елементи: стержні-стійки, поперечини-балки, пластини, вузлові шарнірні опори, кінцеві опори, податливу основу. Кожний елемент конструкції має власну систему координат.

У небезпечних перерізах розглянуто складний напружений стан. За допустимі прийнято напруження: $[\sigma]=200$ МПа, $[\tau]=60$ МПа. Напруження було визначено згідно з гіпотезою міцності Писаренко-Лебедева [8], яка заснована на припущенні про те, що настання граничного стану обумовлене здатністю матеріалу чинити опір як дотичним, так і нормальним напруженням. При цьому критерій міцності можна записати в такому вигляді:

$$\tau_{\text{окт}} + m_1 \cdot \sigma_1 \leq m_2, \quad (1)$$

де: $\tau_{\text{окт}}$ – октаедричні дотичні напруження, σ_1 – еквівалентні нормальні напруження; m_1 ; m_2 – константи, які виражаються через граничні напруження при одноосовому розтягу σ_+^0 та стиску σ_-^0 [8].

Розглянемо проміжну опору канатної установки, виготовленої у вигляді пірамідальних стояків [3]. Схему опори наведено на рис. 1.

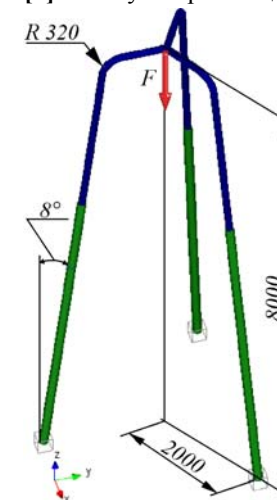


Рис. 1. Схема опори канатної лісотransпортної установки (габаритні розміри)

Вертикальні стояки опори розміщені під кутом 120° один відносно одного. У центральному вузлі сполучення стояків, що виконує функцію модуля підвіски вантажу, прикладено вертикальне навантаження 15 кН з коефіцієнтом динамічності $k_0=2,0$. Тобто активне навантаження становить $F=30$ кН. Для оцінювання міцності конструкції до розрахункової тривимірної моделі накладено в'язі консольного типу (рис. 1), які блокують можливість переміщення та обертання відносно осей x , y , z .

¹ НЛТУ України, м. Львів;

² Львівський ДУВС

Під час аналізу щогли лісотранспортної установки на міцність розрахункову модель подано у вигляді стрижневої конструкції (рис. 2) та вона складається з: 34 вузлів; 3 опор (в'язей); 1 вузлового навантаження $F=30$ кН; 33 стрижнів типу "балка"; 2 сортаментів круглого поперечного січення стрижнів (трубчатої форми) із зовнішнім діаметром $d=150$ мм і товщиною стінки $t=5$ мм та, відповідно, $d=120$ мм; $t=5$ мм. Характеристику матеріалу елементів щогли подана в табл. 1.

Табл. Механічні характеристики матеріалу елементів опори (Сталь 10)

№ з/п	Механічні характеристики	Значення
1	Межа текучості на стиск	205 Н/мм ²
2	Межа текучості на розтяг	205 Н/мм ²
3	Межа текучості на зсув	123 Н/мм ²
4	Модуль Юнга	210000 Н/мм ²
5	Коефіцієнт Пуассона	0,3
6	Густина	7,8e-06 кг/мм ³
7	Межа міцності на стиск	330 Н/мм ²
8	Межа міцності на розтяг	330 Н/мм ²

Для розрахунку проміжної опори використано метод кінцевих елементів. При цьому прийнято таку інформацію про модель:

- маса моделі 434,2, кг;
- центр мас моделі: 0,0; 1000,0; 4156,0, мм;
- моменти інерції моделі: 477672375,7; 911018493,3; 9501751203,0, кг/мм².

Окрім зазначених вище навантажень, у розрахунковій моделі також враховано вплив власної ваги (434,2 g, Н). Для розв'язування поставленої задачі виконано розв'язування матричного рівняння кінцевих елементів. Оскільки матриця жорсткості залежить від переміщень, з умови рівності зовнішньої і внутрішньої робіт отримується нелінійне рівняння, яке доцільно розв'язати ітераційним методом Ньютона-Рафсона [9].

Для здобуття максимально точних результатів імітації натурних випробувань методом кінцевих елементів застосовано нелінійний метод розрахунку, типовий для завдань з визначення переміщень у конструкціях, в яких може виявитися необхідним врахування геометричної нелінійності: навантаження, при якому прогин збільшується, досягається швидше, ніж це передбачається лінійною теорією, і може виникнути ситуація, в якій при деформації, що продовжується, несуча здатність падатиме.

При лінійному статичному розрахунку приймається лінійне співвідношення між деформаціями і переміщеннями всередині елемента:

$$\{\varepsilon\} = [B_0] \cdot \{q\}, \quad (2)$$

де q – вектор вузлових переміщень.

При врахуванні нелінійної поведінки вираз для деформацій можна переписати у вигляді:

$$\{\varepsilon\} = ([B_0] + [B_{NL}(q)]) \cdot \{q\}. \quad (3)$$

Нелінійний член виникає з повного запису тензора деформацій:

$$e_{ij} = (U_{i,j} + U_{j,i} + U_{k,i} \cdot U_{k,j}) / 2. \quad (4)$$

Рішення нелінійної задачі не можна отримати з однократного вирішення матричного рівняння кінцевих елементів $k_x = f$, оскільки тепер матриця жорсткості залежить від переміщень. З умови рівності зовнішньої і внутрішньої робіт виходить нелінійне матричне рівняння, яке можна вирішити ітераційним методом Ньютона-Рафсона. До складу рівняння входить матриця початкового напруження або геометрична матриця, що використовується у розрахунку на початкову стійкість, і матриця великих переміщень.

Кількість ітерацій при розрахунку досліджуваної моделі щогли лісотранспортної установки становила 4, що забезпечило точність оцінних показників до 0,0001. Ключовою умовою виконання вимог щодо статичного навантаження досліджуваної конструкції є поглинання необхідних навантажень з урахуванням коефіцієнта динамічності $k_d=2,0$ та забезпечення запасу міцності за межею текучості матеріалу виготовлення (Сталь 10): рівень зафіксованих внаслідок розрахунку напружень не повинен перевищувати 205 МПа.

Аналіз напружено-деформованого стану опори лісотранспортної установки методом кінцевих елементів дав змогу виявити максимальне напруження на рівні 164,5 МПа (рис. 2).

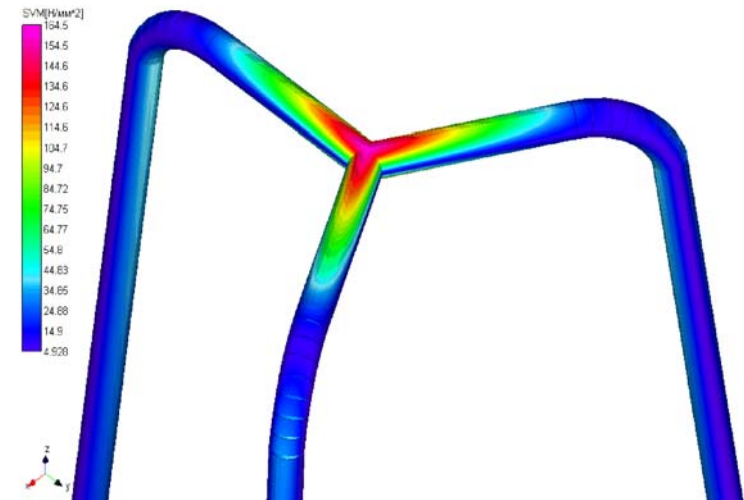


Рис. 2. Карта напружень верхньої частини опори канатної установки (представлення на основі solid-моделі)

Це значення зафіксовано в області сходження опори канатної установки, що є очікуваним результатом, зважаючи, що тут докладено вузлове навантаження ($F=30$ кН). Значення напружень вертикальних стійок не перевищує 50 МПа. Графік розподілу напружень за довжиною зазначених стійок представлено на рис. 3.

На рис. 4 подано напружено-деформовану модель опори канатної установки: тонкими лініями представлено zdeформовану модель опори. Як і у випадку з аналізом розподілу напружень в опорі (рис. 4), максимальне зна-

чення моментів згину у площині xu зафіксовано в області сходження вертикальних стійок конструкції: $8,145 \cdot 10^6$ Нм. Характерно, що рівень напружень у стрижнях біля точок опор (в'язей) зберігається $2,7 \cdot 10^6$ Нм, що забезпечує достатній запас міцності (максимальні напруження не перевищують 20 МПа). Значення осевих зусиль подано на рис. 5.

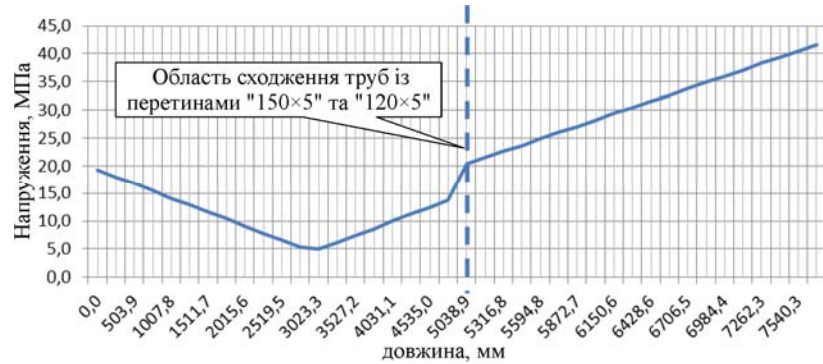


Рис. 3. Розподіл напружень за довжиною вертикальних стійок опори канатної установки

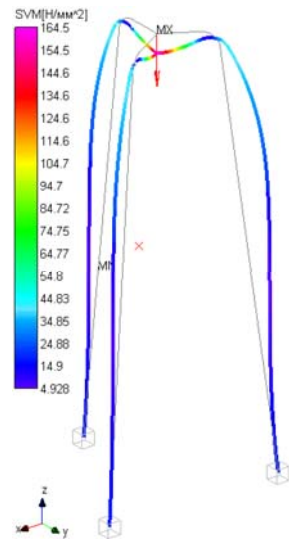


Рис. 4. Карта напружень опори канатної установки: стрижневе представлення моделі

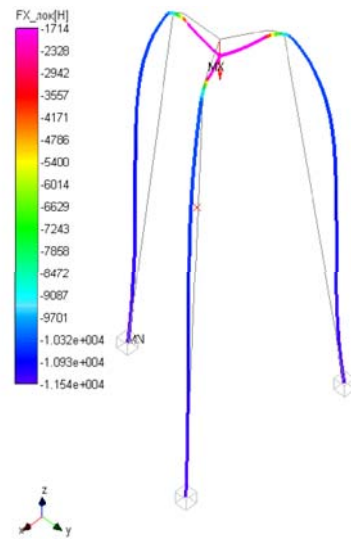


Рис. 5. Карта осевих сил розрахункової моделі опори канатної лісотransпортної установки

Досліджуючи значення осевих сил у стрижнях, необхідно зазначити, що вся конструкція працює на розтяг за умов прикладеного до неї активного навантаження: максимальне значення $F_{x_лок}$ становило 1714 Н, а мінімальне $1,154 \cdot 10^4$ Н. Використовуючи наведену методику, можна отримати детальні

значення осевих зусиль по кожному елементу розрахункової моделі опори канатної установки.

Значення реакцій та моментів згину в опорах (в'язях консольного типу) опори канатної лісотransпортної установки дає змогу за необхідності продовжити розрахунки в напрямку несної здатності ґрунту та відповідної основи встановлення установки. За результатами розрахунків можна визначити оптимальні розміри поперечних перерізів стійок опор, а також проектувати їх основні розміри залежно від рельєфу місцевості та вантажопідймальності установки.

Результати наведених розрахунків показали, що при цій стрижневій конфігурації (поперечні перерізи, метод сполучення стрижнів у вузли, довжина стрижнів) досліджувана модель проміжної опори канатної лісотransпортної установки відповідає вимогам запасу міцності, що дає змогу її нормальну експлуатацію за умов пікових навантажень з коефіцієнтом динамічності $k_d=2,0$.

Аналітичні дослідження, використовуючи розроблену модель, можна виконати і для опор інших типів, наприклад Г-подібної [4].

Література

1. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт / Т.М. Шкіря. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, "Тріада плюс", 2003. – 352 с.
2. Адамовський М.Г. Підвісні канатні лісотransпортні системи / М.Г. Адамовський, М.П. Мартинців, Й.С. Балера. – К. : Вид-во ІЗМН, 1997. – 156 с.
3. Патент на корисну модель UA 24654 U, МПК B61B 7/00. Проміжна щогла багаторазового використання для канатної лісотransпортної установки / М.П. Мартинців, Б.В. Сологуб, І.В. Бичинюк; заявник і власник патенту НЛТУ України. – № u200701770. – Заявл. 20.02.2007. – Опубл. 10.07.2007. – Бюл. № 10. – 6 с.
4. Патент на корисну модель UA 48067 U, МПК B61B 7/00. Проміжна щогла підвісної канатної установки / М.П. Мартинців, І.В. Бичинюк, Б.В. Сологуб; заявник і власник патенту НЛТУ України. – № u200907889. – Заявл. 27.07.2009. – Опубл. 10.03.2010. – Бюл. № 5. – 4 с.
5. Соломенцев О.Ю. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении / О.Ю. Соломенцев, В.Г. Митрофанова. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1986. – 254 с.
6. Павлице В.Т. Основы конструирования та розрахунок деталей машин / В.Т. Павлице. – Львів : Афіша, 2003. – 558 с.
7. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1985. – 360 с.
8. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.Г. Яковлев, В.В. Матвеев. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1988. – 734 с.
9. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows / Д.Г. Шимкович. – М. : Вид-во "ДМК Пресс", 2001. – 448 с.

Мартинців М.П., Бичинюк І.В. Моделирование работы и расчет искусственных промежуточных опор многопролетных канатных лесотransпортных установок

Разработана модель для численного расчета основных параметров искусственных промежуточных опор канатных лесотransпортных установок на базе приложения MathCAD Professional, SolidWorks и системы MSC / NASTRAN for Windows. Выполнен анализ напряженного состояния опоры, изготовленной в виде пирамидальных стоек. Определены усилия в основных элементах опоры и приведена методика расчета их основных параметров.

Ключевые слова: искусственные промежуточные опоры; моделирование; приложения; внутренние усилия и деформации, конструктивные параметры.

Martynciv M.P., Bychynyuk I.V. Modeling of work and calculation of artificial intermediate supports of multispans rope timber-transporting systems

A model for numerical calculation of basic parameters of artificial intermediate supports of rope timber-transporting systems based on such applications as MathCAD Professional, SolidWorks and systems MSC/NASTRAN for Windows was developed. Performed the analysis of the tension state of supports, manufactured in the form of pyramid risers. Determined efforts in key elements of support and showed the method of calculation of their main parameters.

Keywords: artificial intermediate; modelling, applications, internal forces and deformation; design parameters.

УДК 658.14/17

Проф. О.Б. Жихор, д-р екон. наук;

магістрант А.Ю. Олейнікова – Харківський інститут банківської справи
Університету банківської справи НБУ

**МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ РУХУ КАПІТАЛУ ПІДПРИЄМСТВА
В СИСТЕМІ ФІНАНСОВОЇ ЙОГО БЕЗПЕКИ**

Висвітлено методичний підхід щодо забезпечення підвищення ефективності руху капіталу підприємства в розрізі фінансової безпеки підприємства, що дасть змогу розробляти заходи зі зниження ризикованості фінансово-господарської діяльності підприємства, підвищення її ефективності та забезпечення фінансового розвитку.

Ключові слова: рух капіталу, фінансова безпека, коефіцієнт рентабельності капіталу, парна кореляція, регресійна модель.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку перехід України до ринкової економіки значно вплинув на умови діяльності вітчизняних підприємств. Цей перехід насамперед вплинув на конкурентоспроможність підприємств між собою, що негативно своєю чергою впливає на фінансовий стан підприємства. Тому є необхідною своєчасне оцінювання фінансової безпеки підприємства, яке допоможе своєчасно виявити загрози, які є перешкодою для функціонування підприємства на належному рівні. За умов фінансової кризи, яка характеризується значним коливанням факторів внутрішнього і зовнішнього середовища підприємства, загрозами його фінансових інтересів з боку окремих суб'єктів господарювання, високим рівнем фінансових ризиків, одним з актуальних напрямів управлінської діяльності підприємства є забезпечення його життєдіяльності. Однією зі складових останньої є фінансова безпека підприємства.

Актуальність проблеми. Існує багато визначень поняття "фінансова безпека підприємства", виходячи з досліджених літературних джерел, можна помітити, що фінансова безпека підприємства безпосередньо залежить від ефективності руху капіталу підприємства. Таким чином, актуальність нашої роботи як методичне забезпечення ефективності руху капіталу підприємства в розрізі фінансової безпеки підприємства не викликає сумнівів.

Аналіз останніх наукових джерел. Оцінка фінансової безпеки підприємства на сьогодні є дуже актуальною, а саме тому досліджували цю тему як вітчизняні, так і зарубіжні науковці, зокрема: А.О. Азаров [1], А.І. Гин-

збург [6], Ю.О. Колісник [8] та ін. Однак за межами розгляду цієї теми залишаються питання, які потребують більш детального вивчення ефективності руху капіталу підприємства як однієї із складових фінансової безпеки і потребують подальшого вивчення.

Мета дослідження – розроблення методичних рекомендацій щодо підвищення ефективності руху капіталу підприємства в системі фінансової його безпеки.

Результати дослідження. Підвищення ефективності будь-якого процесу потребує з'ясування цільової функції [2, 3]. Аналіз економічної літератури [4, 5] дав змогу обрати як цільову функцію при вирішенні завдання щодо підвищення ефективності руху капіталу підприємства в розрізі фінансової безпеки підприємства коефіцієнт рентабельності капіталу. Це пояснюють такими положеннями: господарська діяльність підприємства характеризується постійним кругообігом капіталу; метою функціонування підприємства є одержання відповідного прибутку; прибуток є абсолютним показником ефективності формування, розподілу та використання капіталу впродовж певного періоду, відносним є коефіцієнт його рентабельності; коефіцієнт рентабельності капіталу має чітко окреслену оптимальну тенденцію до зміни в часі – прагне до максимуму.

Оскільки показники фінансової безпеки підприємства описують особливості формування, розподілу та використання капіталу впродовж певного періоду, то можна висунути гіпотезу, що вони знаходяться в тісній залежності з коефіцієнтом рентабельності капіталу. Для підтвердження цієї гіпотези конструктивним видається застосування методу кореляційно-регресійного аналізу. На наш погляд, він є найбільш доречним, оскільки дає змогу установити не тільки тісноту, а й напрям та аналітичний вираз зв'язку між рентабельністю капіталу та показниками фінансової безпеки підприємства.

Для проведення дослідження було розраховано показники фінансової безпеки (показники формування капіталу, показники розподілу капіталу та показники використання капіталу) Державного підприємства "Харківський релейний завод Радіореле" та використано для подальших розрахунків. За результатами розрахунку коефіцієнтів рентабельності капіталу підприємства та введення їх значень, та значень показників фінансової безпеки у програму Statistica було отримано таке рівняння лінійної множинної регресії:

$$Y = -0,072 + 0,962 x_{1,2} - 0,058 x_{2,4} + 0,109 x_{3,1} + 0,005 x_{3,2}, \quad (1)$$

де: Y – коефіцієнт рентабельності капіталу; $x_{1,2}$ – забезпечення подальших витрат і платежів; $x_{2,4}$ – дебіторська заборгованість; $x_{3,1}$ – дохідність операційної діяльності; $x_{3,2}$ – дохідність інвестиційної та фінансової діяльності.

Обрані показники фінансової безпеки практично повністю описують варіацію рентабельності капіталу, оскільки сукупний коефіцієнт множинної детермінації $R^2 = 0,76$. Однак процедура покрокової регресії дає змогу зменшити кількість показників, залишаючи найбільш істотні факторні ознаки. Після проведення покрокової регресії було отримано регресійну модель коефіцієнта рентабельності капіталу за трьома найвагомішими показниками:

$$Y = 0,692 x_{1,2} - 0,056 x_{2,4} + 0,071 x_{3,1} - 0,023. \quad (2)$$