

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 631.358.21

*Проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук;
доц. О.М. Удовиський, канд. техн. наук;
доц. Й.С. Бадера, канд. техн. наук – НЛТУ України, Львів*

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР КОНВЕЄРІВ У ЛІСОВІЙ ТА ДЕРЕВООБРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Запропоновано метод розрахунку найпоширеніших схем залізобетонних опор конвеєрів, який базується на оцінці несучої здатності поперечних балок і стійок. Метод дає змогу обґрунтувати параметри основних елементів опор і підвищити їх несучу здатність, забезпечивши при цьому мінімальну матеріаломісткість і вартість.

*Prof. M.P. Martyntsev; assoc. prof. O.M. Udovitskij;
assoc. prof. Yo.S. Badera – NUFWT of Ukraine, L'viv*

A method of calculation of reinforced-concrete supports of conveyers in forest and woodworking industry

The method of calculation of the most widespread charts of reinforced-concrete supports of conveyers is offered, which is based on the estimation of bearing ability of cross-beams and bars. A method enables to ground the parameters of basic elements of supports and promote them bearing ability, providing the minimum resource-demanding and cost here.

Конвеєри в лісовій та деревообробній промисловості призначені для транспортування вантажів порівняно великої ваги (5-100 кН) [1-3]. Вони встановлюються стаціонарно в цехах та на навантажувально-розвантажувальних майданчиках. Вартість таких конвеєрів часто співрозмірна з вартістю основного обладнання. Тому, з метою їх здешевлення часто встановлюють залізобетонні опори. Однак в даний час відсутні ефективні методи розрахунку таких опор, які мають специфічні схеми, визначені конструкціями конвеєрів.

Експериментальні дослідження згинальних систем до руйнування показали, що для визначення їх міцності можуть бути використані розрахункові моделі, які базуються на каркасно-стрижневій аналогії та розгляді стадії граничної рівноваги [4, 5]. Залізобетонні опори бувають трьох типів, схеми яких наведено на рис. 1, 1, рис. 1, 2 та рис. 1, 3 [3, 5]. Розглянемо згинальні системи з регулярним по довжині нижнім елементом та регулярним або нерегулярним верхнім, чому відповідають характерні епюри вертикальних напружень і розрахункові моделі, показані на рис. 1, 1 та рис. 1, 2.

Модель нижнього елемента – рама з нахиленими стійками, ригелем постійного перерізу і арматурою-затяжкою. Кути нахилу стійок α_1 і α_2 утворені поздовжньою віссю балки та лініями, що з'єднують точки прикладання реакцій опор R_1 і R_2 та рівнодіючих Q_1 і Q_2 лівої та правої частин поперечного навантаження, прикладеного до верхнього елемента ($Q_1=R_1$ і $Q_2=R_2$). Ширина стійок визначається довжиною ділянок опирання нижнього елемента на опори:

$$l_{o1} = l_{o61} \cdot \sin \alpha_1; \quad l_{o2} = l_{o62} \cdot \sin \alpha_2. \quad (1)$$

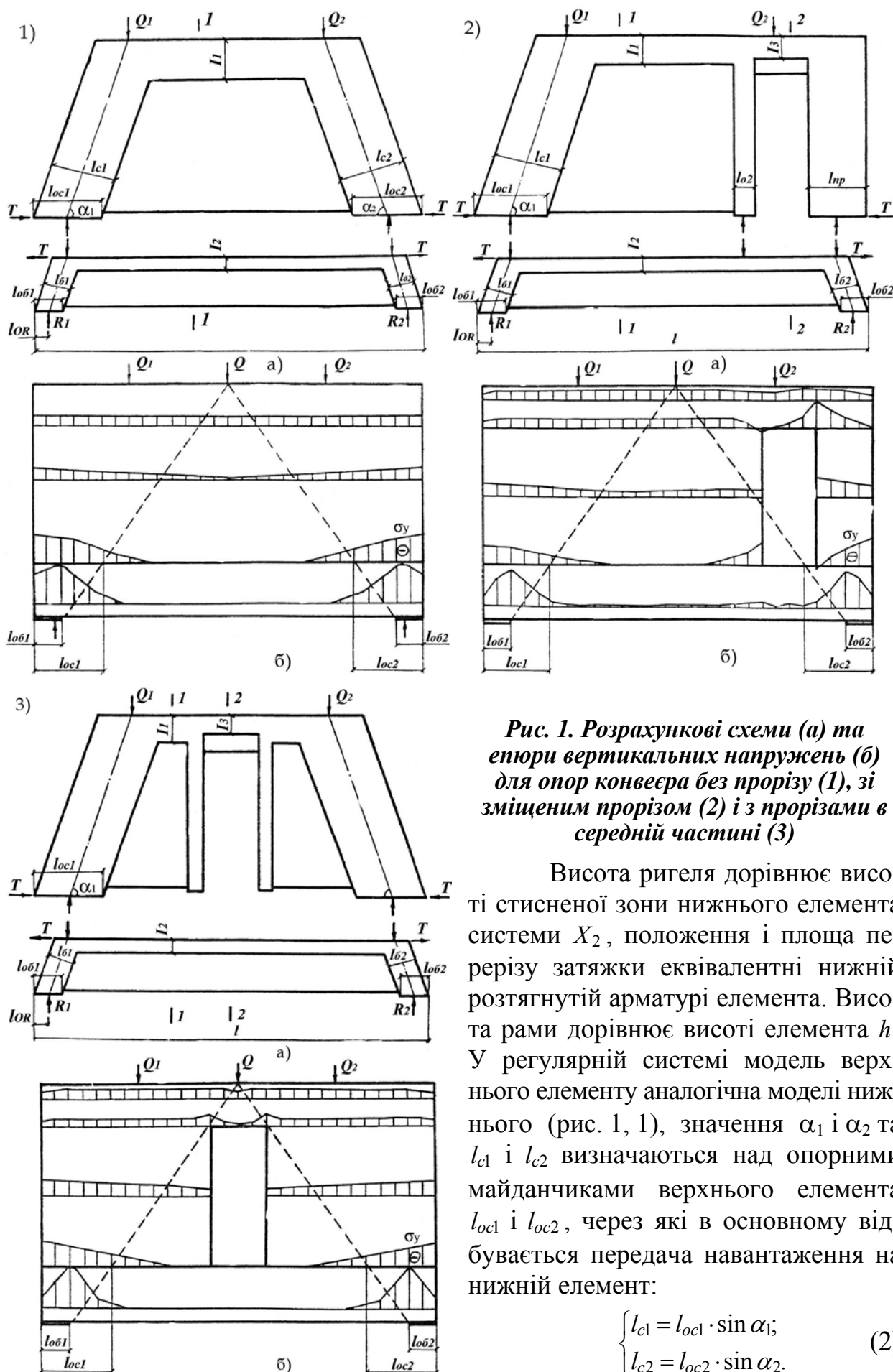


Рис. 1. Розрахункові схеми (а) та епюри вертикальних напружень (б) для опор конвеєра без прорізу (1), зі зміщеним прорізом (2) і з прорізами в середній частині (3)

Висота ригеля дорівнює висоті стисненої зони нижнього елемента системи X_2 , положення і площа перерізу затяжки еквівалентні нижній розтягнутій арматурі елемента. Висота рами дорівнює висоті елемента h . У регулярній системі модель верхнього елемента аналогічна моделі нижнього (рис. 1, 1), значення α_1 і α_2 та l_{c1} і l_{c2} визначаються над опорними майданчиками верхнього елемента l_{oc1} і l_{oc2} , через які в основному відбувається передача навантаження на нижній елемент:

$$\begin{cases} l_{c1} = l_{oc1} \cdot \sin \alpha_1; \\ l_{c2} = l_{oc2} \cdot \sin \alpha_2. \end{cases} \quad (2)$$

Причому:

$$\begin{cases} l_{oc1} = \frac{l_Q(\Delta + h) + l_{o\delta 1} \cdot H}{H + \Delta + h}; \\ l_{oc2} = \frac{(l - l_Q)(\Delta + h) + l_{o\delta 2} \cdot H}{H + \Delta + h}, \end{cases} \quad (3)$$

де l_Q – віддаль до точки прикладання рівнодіючої всього зовнішнього поперечного навантаження ($Q = Q_1 + Q_2$), прикладеного до верхнього елемента.

Ригель рами розрахункової моделі верхнього елемента в загальному випадку має різну висоту, однакову висоту стисненої зони бетону X_1 у глухій частині і X_3 – в зоні прорізу.

Розрахункова модель (рис. 1, 3) відрізняється наявністю двох консольних підвісок, через які не передаються вертикальні зусилля на сторони прорізу. Затяжки опор кріпляться до нахилених сіток і консольних підвісок.

Перемичка над прорізом моделюється стисненим стрижнем і затяжкою. В окремих випадках у нижній частині прорізу може встановлюватися спеціальна затяжка для підсилення опори, що потрібно враховувати під час розрахунків. Якщо проріз зміщений (рис. 1, 3) і перетинає одну з нахилених стійок розрахункової моделі, через яку проходить передача стискних зусиль, то така нахилена стійка відповідно до епюри напружень замінюється двома вертикальними з двох боків прорізу з $l_{oci} = l_{np} + l_{\delta}$ (l_{np} – ширина над опорної зони).

Стиск обмежує переміщення елементів один відносно одного в площині контакту, внаслідок чого виникають зусилля зсуву з рівнодіючою T_i , які забезпечують стиск нижнього ребра опори і розтяг верхнього ребра балки. Величина T_i залежить від конструкції стику, відносної жорсткості системи, її елементів та навантаження.

На рис. 2 показано схеми внутрішніх зусиль в нормальних перерізах опори на ділянках без прорізу і з прорізом. Величини X_1, X_2, X_3 визначаються з умови рівноваги горизонтальних внутрішніх зусиль у стійці і балці з врахуванням сил T :

$$\begin{cases} X_1 = \frac{A_{s1} \cdot R_{s1} + T - A_{s1} \cdot R_{sc1}}{BR_{b1}}; \\ X_2 = \frac{A_{s2} \cdot R_{s2} - T - A'_{s2} \cdot R_{sc2}}{bR_{b2}}; \\ X_3 = \frac{A_{s3} \cdot R_{s4} + T - A'_{s3} \cdot R_{sc3}}{BR_{b1}}, \end{cases} \quad (4)$$

де: R_{b1}, R_{b2} – розрахункові опори бетону відповідно стійки та балки; B – товщина верхнього елемента; b – ширина нижнього елемента.

Розрахунок системи передбачає оцінку міцності перерізів, нормальних до поздовжньої осі; нахилених стійок; горизонтальних ділянок стику. Несній здатності системи відповідає мінімальне значення зовнішнього навантаження, за якого відбувається втрата міцності в одному з перерізів або елементів – $Q_p = \min \{Q_i\}$.

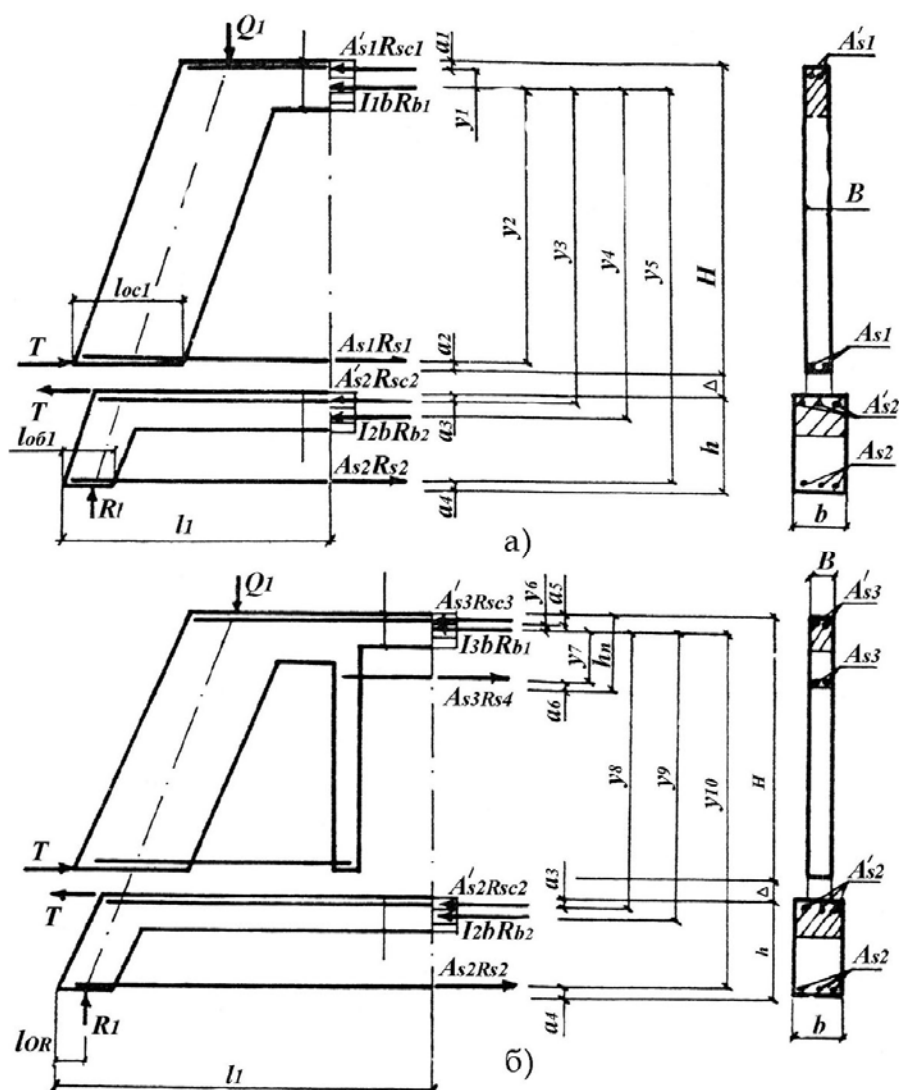


Рис. 2. Схеми внутрішніх зусиль в нормальних перерізах I-I та 2-2

У загальному виді, коли зовнішні зусилля Q і P прикладені до верхніх ребер елементів, можуть включати розподілену q і зосереджену P частини, умова міцності системи за нормальним перерізом буде мати вигляд:

$$Q_i \leq \frac{\sum M_i}{z_1} - \frac{P_i \cdot z_2}{z_1}, \quad (5)$$

де: $Q_i = \sum q_i \cdot l_i + P_i$; M_i – моменти граничних внутрішніх зусиль в розрахунковому перерізі системи; P_i – рівнодіюча зовнішнього навантаження, прикладена до розрахункової частини верхньої межі балки; z_1 , z_2 – плечі пар сил, відповідно: Q_i та R_i ; P_i та R_i .

Зовнішнє навантаження P в більшості випадків значно менше і може бути заданим, тоді несуча здатність буде визначатись величиною навантаження Q . Але можливі нетрадиційні конструкції опор, наприклад із в'язівним каркасом, коли основне навантаження передається на балку і для підвищення несучої здатності стійка та балка з'єднуються в'язями зсуву і спільно працюють на згин, тоді $P_i \gg Q_i$ і

$$P_i \leq \frac{\sum M_i}{z_2} - \frac{Q_i \cdot z_1}{z_2}. \quad (6)$$

Розрахунок нахилених перерізів систем охоплює перевірку умов міцності стиснених нахилених стійок елементів за формулами:

$$\begin{cases} Q_i \leq m\varphi_{W2} \cdot R_{b1} \cdot Bl_{ci} \cdot \sin \alpha_i; \\ Q_i \leq m\varphi_{W2} \cdot R_{b2} \cdot bl_{\delta i} \cdot \sin \alpha_i. \end{cases} \quad (7)$$

Кут α_i може бути визначений за допомогою залежності:

$$\alpha_i = \arctg \frac{H + \Delta + h}{z_1}. \quad (8)$$

Перевірку міцності стику елементів виконують на основі того, що головний потік стиснених зусиль Q_i передається на смуги шириною l_{oci} .

При проектуванні вертикальне навантаження, що діє на систему, часто може бути прийняте рівномірно розподіленим. Навантаження q_i , прикладене до верхньої грані системи, знаходиться з умови рівноваги моментів зовнішніх сил та внутрішніх зусиль в нормальному перерізі, положення якого визначається параметром l_i . Умова міцності (5) для перерізу стійки опори має вигляд:

$$q_i \leq \frac{2(A'_{s1} R_{sc1} y_1 - A'_{s2} R_{sc2} y_3 - X_2 b R_{b2} y_4 + A_{s1} R_{s1} y_2 + A_{s2} R_{s2} y_5)}{l \cdot l_1 - l_1^2 - l \cdot l_{OR}} - P, \quad (9)$$

а для перерізу в зоні прорізу виразиться такою формулою:

$$q_i \leq \frac{2(A'_{s3} R_{sc3} y_6 - A'_{s2} R_{sc2} y_8 - X_2 b R_{b2} y_9 + A_{s2} R_{s2} y_{10} + A_{s3} R_{s4} y_2)}{l \cdot l_1 - l_1^2 - l \cdot l_{OR}} - P, \quad (10)$$

де: $y_1 = \frac{x_1}{2} - a_1$; $y_2 = H - \frac{x_1}{2} - a_2$; $y_3 = H - \frac{x_1}{2} + \Delta + a_3$; $y_4 = H - \frac{x_1}{2} + \Delta + \frac{x_2}{2}$;

$$y_5 = H - \frac{x_1}{2} + \Delta + h - a_4$$
; $y_6 = \frac{x_3}{2} - a_5$; $y_7 = h_n - \frac{x_3}{2} - a_6$;

$$y_8 = H - \frac{x_3}{2} + \Delta + a_3$$
; $y_9 = H - \frac{x_3}{2} + \Delta + \frac{x_2}{2}$; $y_{10} = H - \frac{x_3}{2} + \Delta + h - a_4$.

Для системи з розтвірними швами у стик горизонтальне зусилля T визначають за формулою:

$$T = k \cdot q_i \cdot l, \quad (11)$$

де k – коефіцієнт, рівний співвідношенню зусиль зсуву в стик до поперечного навантаження і залежить від податливості стику та жорсткісних характеристик елементів.

Для стиків з розтвірними швами марок М100 і М200 і балок з $l/h \leq 8$ та системи з прорізами (рис. 1, 3) $k = 0,1 \div 0,15$; для балок з $l/h > 8$ – $k = 0,2 \div 0,25$ [5].

Запропонована методика дає змогу здійснювати раціональне конструювання залізобетонних опор конвеєрів, регулювати несучу здатність зміною окремих конструктивних параметрів. Ефективним засобом підвищення несучої здатності системи можна вважати підсилення зв'язків зсуву стику та поперечного армування низу опори. Змінюючи тільки зв'язки зсуву, можна в ши-

рокому діапазоні змінювати несучу здатність системи від мінімальної при $T = 0$, коли жорсткістю зв'язків зсуву можна нехтувати, до максимальної, що відповідає несучій здатності монолітної системи. Рациональна кількість (n) зв'язків зсуву в стику обмежується залежностями:

$$n \leq \frac{l_2(M - M_c - M_\delta)}{t \cdot l_1(l - l_1)(H - X_1 + X_2)}; T \leq n \cdot t, \quad (12)$$

де: M – граничний момент, що сприймається монолітним перерізом системи з висотою, рівною сумарній висоті системи; M_c, M_δ – граничні моменти, що сприймаються відповідно стійкою та балкою; t – середнє зусилля, що сприймається одним зв'язком зсуву.

Надлишкова кількість зв'язків зсуву істотно не вплине на підвищення несучої здатності, а тільки призведе до підвищення матеріаломісткості та економічних витрат.

Площа рационального перерізу поздовжньої арматури в нижній зоні опори повинна задовольняти умову:

$$A_{S1} \leq \frac{ql_1(l - l_1)}{2(H - X_1) \cdot R_{S1}} - \frac{M_\delta}{(H - X_1) \cdot R_{S1}}. \quad (13)$$

Запропонований метод дає змогу розв'язувати прямі та зворотні задачі проектування несучих конструкцій не тільки опор конвеєрів, а також аналогічних залізобетонних систем, що використовуються в різних спорудах.

Література

1. Шкіря Т.М. Машины та обладнання лісосічних і лісоскладських робіт. – Львів: Тріада Плюс, 2005. – 436 с.
2. Лютий Є.М., Нахаєв П.П., Бадера Й.С., Удовиський О.М. Підйимально-транспортвальні машини і пневмотранспорт підприємств лісового комплексу. Частина I. Транспортвальні машини: Навч. пос. – Львів: НЛТУУ, 2006. – 154 с.
3. Карамышев В.Р. Расчет конвейеров. Учеб. пос. – Воронеж: Гос. Лесотех. Акад., 1998. – 199 с.
4. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. – К.: Вища шк., 1988. – 424 с.
5. Чайка Б.С. Розрахунки будівель та їх конструкцій. – Львів: Край, 1995. – 454 с.

УДК 629.113.001

Доц. Р.В. Зінько, канд. техн. наук –

НУ "Львівська політехніка"; О.М. Маковейчук, пров. інж.-прогр. ТЗОВ "БІТ"; бакалавр М.С. Михалюк – НУ "Львівська політехніка"

ЗНАХОДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ АВТОПОТЯГА, ЩО Є ОПТИМАЛЬНОЮ ЗА КРИТЕРІЄМ ПАЛИВНОЇ ОЩАДЛИВОСТІ

Запропонована методика знаходження швидкості автопотяга, що є оптимальною за критерієм паливної ощадливості. Методика ґрунтується на основі аналізу тахограм і сумарної витрати палива автопоїздом на заданій ділянці маршруту.

Ключові слова: паливна ощадливість, оптимальна швидкість руху, тахограми.