

УДК 629.424.1:629.423.2

*Фалендиш А.П., д.т.н., професор  
(професор кафедри транспортних технологій підприємств Приазовського державного технічного університету)*  
*Гатченко В.О., к.т.н., доцент  
(доцент кафедри тягового рухомого складу залізниць Державного університету інфраструктури та технологій)*  
*Клецька О.В., к.т.н.  
(доцент кафедри транспортних технологій підприємств Приазовського державного технічного університету)*  
*Кіріцева О.В.  
(асистент кафедри транспортних технологій підприємств Приазовського державного технічного університету)*  
*Барибін М.А.  
(аспірант кафедри теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту Українського державного університету залізничного транспорту)*

## МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМНИХ КАРТ ВЕДЕННЯ ПОЇЗДА

У статті розглянуті питання визначення раціональних підходів до створення режимних карт ведення поїзда, раціональному використанню режимів роботи дизеля та застосування автоматизованої системи комп'ютерного моделювання. Встановлені основні значення та методика розрахунку для конкретних умов експлуатації на базі закону збереження механічної енергії.

**Ключові слова:** автоматична система, тягові розрахунки, режимна карта, математичне моделювання, локомотив.

**Вступ.** Сучасний стан залізничного транспорту характеризується помітним спрацюванням та застарілістю основних фондів. Локомотивне господарство, як одне з найбільших фондомістких та енергоємних структурних підрозділів, вимагає суттєвих фінансових витрат для оновлення тягового рухомого складу (ТРС), засобів для реєстрації та обробки інформації в процесі експлуатації локомотивів. В умовах недофінансування виникає потреба пошуку шляхів зменшення витрат при експлуатації локомотивів та перенаправлення вивільнених резервів на першочергові вимоги локомотивного господарства. Швидкий розвиток мікропроцесорної техніки та обладнання, впровадження методів математичного моделювання параметрів руху поїзда дозволяє виявити резерви в підвищенні економічності експлуатації ТРС, ефективному використанню потужності локомотива та раціональним режимам роботи дизеля. Створення на їх основі рекомендацій з економного використання палива при експлуатації тепловозів та режимних карт ведення поїзда дозволить зменшити витрати на експлуатацію.

**Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми.** Розвиток електронно-обчислювальної техніки відкрив широкі можливості до виконання розрахунків і моделювання процесів у теорії тяги поїздів. Ряд фахівців присвятили свої роботи питанням встановлення: раціональних

DOI:10.32703/2617-9040-2020-36-14

режимів ведення рухомого складу; методів та засобів збору і обробки інформації; способам побудови режимних карт та визначенню основних тягових параметрів. На просторі країн СНД слід відмітити дослідження Міхєєва В.А. [1], що відкривають можливість до засобів збору, аналізу та обробки статистичної інформації. Роботи Осипова С.І. [2], в яких сформовані основні методи для визначення сил що діють на поїзд. В роботах [3, 5, 6] автори приводять приклади методів створення математичних моделей та розробки їх оптимальної структури. В країнах західної півкулі та Азії виділяються праці Юань [4] з побудовою метода нелінійного прогнозування. Сонг [7] в роботах формує стратегію адаптивного управління з віртуальним підходом. Використання новітньої технології нейронних мереж в локомотивному господарстві приведена в дослідженнях Гао [14]. На базі їх праць та ряду інших авторів були розроблені програмні продукти розрахунку тягових параметрів та оптимізації витрати енергоресурсів. Найбільшого поширення набули спеціалізовані комплекси «ІСКРА-ПТР», «ЕРА», «ВЕКТРУМ» та «MoveRW». В них можливо розрахувати основні тягові параметри та побудувати моделі ведення поїзда, адаптувати режими ведення при зміні графіку руху. Проте вони мають ряд недоліків: висока вартість та технічні вимоги до електронно-обчислювальної техніки, недостатня точність впливу колії на рухомий склад і неможливість гнучкого реагування на мінливі технічні характеристики рухомого складу. Важливим недоліком робіт пострадянського простору є вузько направленість математичних моделей для конкретних умов експлуатації, при цьому праці [4, 7-8, 13-15] не відповідають критерію типу рухомого складу наявному в парку Укрзалізниці.

Оскільки в процесі експлуатації постійно відбувається зміна параметрів, що характеризують якість функціонування рухомого складу [10-12], виникає потреба створити адаптивний режим ведення поїзда, пристосування якого включало б зміну величин сил тяги та витрат палива. В [9] представлений програмний продукт оптимізуючи алгоритм якого можливо досягти поставлених цілей. Всі фактори, які впливають на рухомий склад під час руху враховуються в законі збереження енергії. Тому вирішенням проблеми є розробка на базі закону збереження механічної енергії адаптивного режиму ведення поїзда з гнучкою системою корегування з врахуванням вхідних параметрів.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної статті є розробка моделі по визначенню енергоефективного режиму ведення поїзда. Для її досягнення необхідно вирішити наступні задачі. Розробити математичну модель раціоналізації застосування позиції контролера машиніста та втілити її у формі «режиму ведення поїзда» програмного продукту «Тягові розрахунки» на мові програмування «Visual C#». Довести доцільність перегляду режимних карт та навчання локомотивних бригад ефективному управлінню за новою методикою з метою визначення раціональних режимів ведення поїзда та зниження ресурсів на тягу. Графічно побудувати режимну карту ведення поїзда з нанесенням на неї всіх вихідних параметрів розрахунку та отриманих параметрів: кривих часу, швидкості, струму, позиції контролера машиніста та температури в залежності від шляху на плечі обслуговування маневрового тепловозу серії ЧМЕЗ.

**Матеріал та методи дослідження.** Розробка методів встановлення раціональних режимів ведення поїзда базується на математичному моделюванні поїзда, профілю колії та поїзної обстановки. Повнота математичної моделі, як основа для отримання достовірних і найбільш близьких до експериментальних даних, повинна не тільки адекватно відображати картину процесів, що відбуваються, але і представляти можливість вибору шляхів раціоналізації. Тому пропонується не використовувати існуючі підходи створення режимних карт ведення поїзда, а скористатися законом збереження механічної енергії:

$$E = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} + mgh_2 - mgh_1, \quad (1)$$

де  $E$  – значення зміни механічної роботи, Дж;

$V_1, V_2$  – швидкість на початку та в кінці елемента профілю, км/год;

$m$  – маса поїзда, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9.81\text{м/с}^2$   
 $h_1, h_2$  – відповідно висоти на початку та в кінці елемента профілю, м.

Механічна робота яку виконує поїзд, рухаючись по колії, має вигляд:

$$E = F \cdot S, \quad (2)$$

де  $F$  – сила що діє на рухомий склад, Н;  
 $S$  – довжина ділянки переміщення, м.

Відповідно до 2-го закону Ньютона вираз для сили буде мати вигляд:

$$F = m \cdot a, \quad (3)$$

де  $a$  – прискорення руху, км/год<sup>2</sup>.

Згідно з [2] прискорення руху має вираз:

$$a = \xi \cdot (f_k - w - b_T), \quad (4)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт питомого прискорення,  $\xi = 0.00926 \frac{\text{м/с}^2}{\text{Н/кН}}$ ;

$f_k$  – питома сила тяги, Н/кН;

$w$  – питомі сили опору руху, Н/кН;

$b_T$  – питомі гальмівні сили, Н/кН.

Підставимо (2), (3), (4) в вираз (1), тоді він буде мати вигляд:

$$m \cdot \xi \cdot (f_k - w - b_T) \cdot S = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} + mgh_2 - mgh_1 \quad (5)$$

Виконаємо перетворення виразу (5) таким чином, щоб в лівій частині рівняння отримати швидкість в кінці елемента шляху що розглядається, а в правій (для зручності) згрупуємо за логічною концепцією можливості управління. Тобто значення якими може керувати машиніст буде знаходитись в кінці виразу, тоді рівняння буде мати вигляд:

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 - 2 \cdot (g \cdot (h_2 - h_1) + \xi w S) + 2 \xi S \cdot (f_k - b_T)} \quad (6)$$

Витрата палива ТРС визначається особливостями робочого процесу дизеля та регіоном експлуатації локомотива. Оскільки в ході експлуатації на плечах обслуговування силова установка працює в своїй більшості на проміжних режимах, виникає потреба оцінити вплив умов на характер використання режиму роботи. Також слід врахувати той момент, що коефіцієнт корисної дії тепловоза в залежності від швидкості та позиції контролера машиніста переважно в літературних джерелах заданий графічно в габаритах, які не дозволяють повноцінно обрати режим роботи дизеля у всьому діапазоні швидкостей. Розвиток мікропроцесорного обладнання та його інтеграція на модернізованих дизельних локомотивах вимагає точних значень позицій в залежності від швидкості руху поїзда. Тому пропонується для визначення оптимальної позиції контролера машиніста використовувати криві витрати палива та гіперболічні характеристики сили тяги.

Логічна інтерпретація вказаного твердження базується на потребі визначення величини сили тяги яку ми отримаємо при вказаній витраті палива. Отримане значення назвемо коефіцієнтом тягових витрат  $\eta_{ТВ}$ , математичне відображення якого пропонується визначати за допомогою виразу:

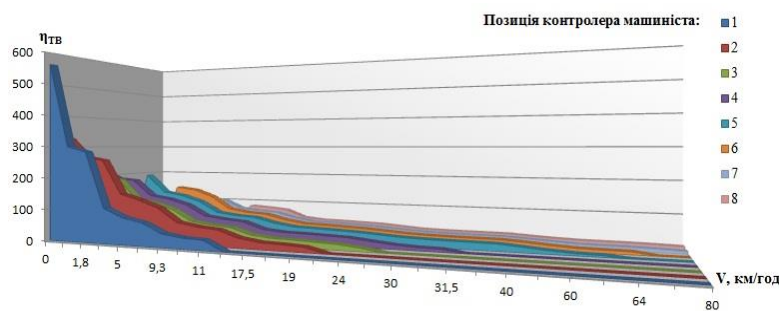
$$\eta_{ТВ} = \frac{F_{k_v}}{G_v}, \quad (7)$$

де  $F_{k_v}$  – сила тяги тепловоза  $i$ -ої позиції на  $j$ -й швидкості руху, кН;

$G_v$  – витрата палива тепловоза  $i$ -ої позиції на  $j$ -й швидкості руху, кг/хв.

Розглянемо для прикладу роботу тепловозу серії ЧМЕЗ приписки локомотивного депо «Харків-Сортувальний» та розрахуємо коефіцієнт тягових витрат. Вхідні дані сили тяги та витрат палива взяті з [2]. Отримані розрахунки представимо в графічному вигляді та наведемо на рис. 1.

Як видно з рис. 1 раціональність використання режиму роботи дизеля базується на аксонометричному проєцюванні на вісь аплікат коефіцієнта тягових витрат та визначення піків виступів під час перекриття площинами криволінійних фігур.



**Рис. 1. Графічне відображення коефіцієнта тягових витрат тепловоза ЧМЕЗ залежно від швидкості та позиції контролера машиніста**

За допомогою метода Крамера знайдемо точки перетину та побудуємо діаграму залежності позиції контролера машиніста відносно швидкості руху з урахуванням паливної економічності та зобразимо на рис. 2.

Наступним кроком вирішення поставленої мети є аналіз тягових властивостей реальних поїзних обставин. Для прикладу візьмемо плече обслуговування «Харків-Сортувальний – Белгород» тепловозом ЧМЕЗ з відправленням поїзду зі станції Козача Лопань. Згідно [11] та «Журналу руху поїздів дільничної станції Козача Лопань (ДУ-3)» побудуємо полігон зміни величини основного опору рухомого складу [2, 10] в залежності від кількості та типу вагонів, які формуються станцією протягом року, графічне відображення якого подано на рис. 3.

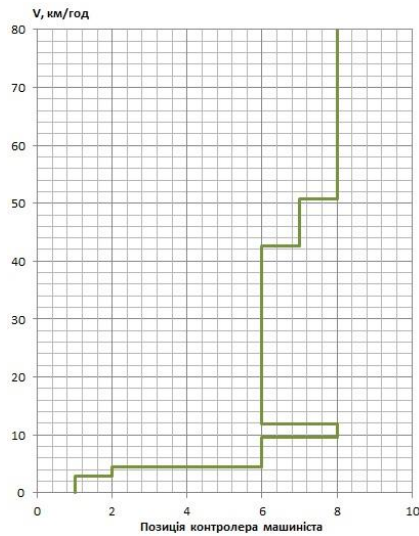


Рис. 2. Залежність позиції контролера машиніста відносно швидкості руху з урахуванням паливної економічності

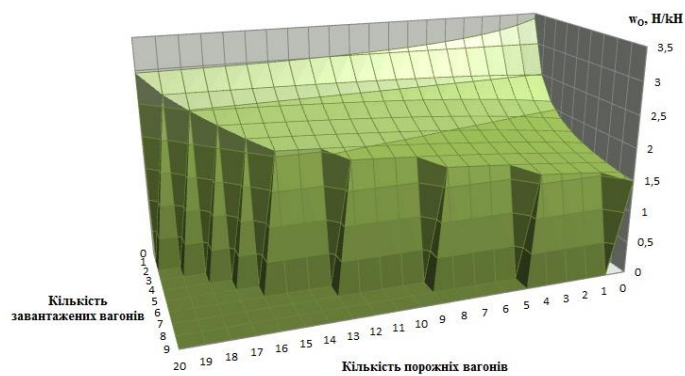


Рис. 3. Зміна величини основного опору залежно від типу вагонів у сформованому складі

Відокремимо згідно з маршрутним листом сформований склад вагою 783 тони та використавши графік руху поїздів (в частині встановлення часу перегінного ходу вантажного поїзда, та як наслідок швидкості – 46,95 км/год) побудуємо зміну основного опору на швидкісному діапазоні для встановлення величини коливань швидкості, графічно зобразивши на рис. 4.

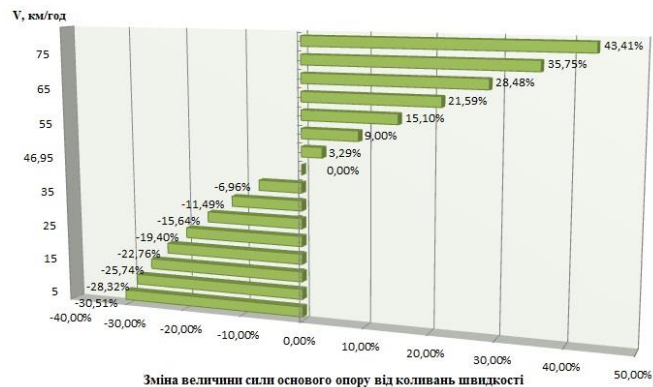


Рис. 4. Зміна величини основного опору залежно від зміни швидкості

Як видно з рис. 4 сили основного опору найбільш близькі чисельно до лінійного виразу з кутом нахилу кривої в  $45^\circ$  діапазон швидкостей в 30...60 км/год, що відповідно є значення мінімальної шкідливої роботи сил опору. При чому раціоналізація твердження знаходить свою економічну доцільність на кінцях швидкісної дистанції, а в середині пропонується мінімізувати час руху. Використання вказаного інтервалу обумовлено неможливістю роботи ТРС у вузькому діапазоні швидкостей в силу специфіки дизельного двигуна.

Наступним кроком визначення величини впливу профілю колії є формалізація колійних обставин. Для цього сили додаткового опору від уклонів та кривих переведемо з тисячних долей (промиле) в висоти (метри), та використавши формулу (5) з підстановкою основного опору для графікової швидкості руху, на заданому плечі обслуговування, побудуємо криві зміни висот в залежності від шляху та шляху і опору. Оскільки дана модель є формальною то слід вважати сили тяги та гальмівні сили рівні нулю, а кінетична енергія на всьому плечі є незмінною. Графічне відображення зображено на рис. 5.

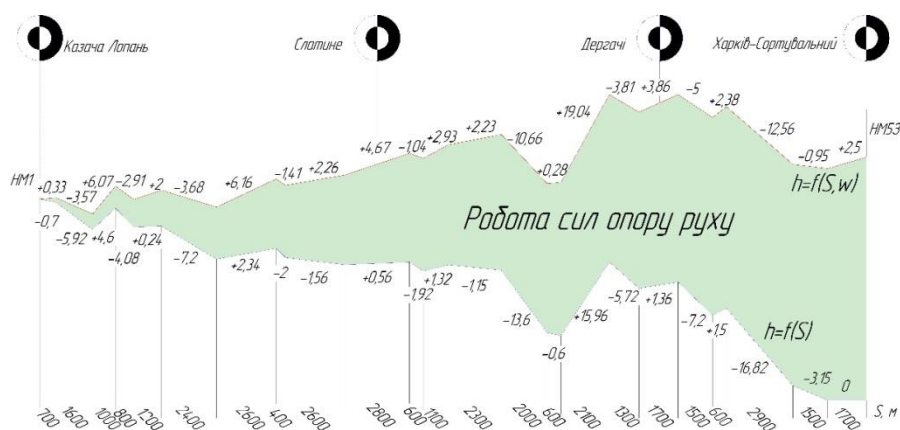


Рис. 5. Вплив поїзних обставин і профілю колії на рухомий склад в залежності від пройденого шляху

Отримані значення кривої  $h=f(S,w)$ , наведеної на рис. 5, використовуємо підставивши в формулу (6). При цьому початкова швидкість  $V_1$  дорівнює кінцевому значенню елемента профілю шляху; залишкові сили тяги та гальмівні, як ті якими може керувати машиніст, при правильно підібраних їх значеннях та величини шляху, протягом якого вони діють, дозволять отримати приблизні значення  $V_2$ . Оскільки наближення формалізованої моделі на даному етапі є аналітичне, тобто таке яке дасть картину зміни швидкості при сталому основному опорі складу, то будемо вважати результати слабо достовірними. З метою підвищення точності розрахунку використаємо дані рис.4 та врахуємо коефіцієнти зміни основного опору в середній швидкості розглянутого елемента профілю. Як результат корегування отримані швидкості будуть мати достатні довірчі значення. Реальний профіль шляху встановлює обмеження швидкості та місця перевірки гальм, що в свою чергу підвищить час на їх проходження. Для виконання графіку руху вантажних поїздів обраного плеча обслуговування використаємо кумулятивний метод підрахунку часу проходження елемента дільниці. Тобто рух відбувається з запасом часу на початку перегону, але в рамках значень отриманих на рис. 4, що є дзеркальним відображенням нелінійної залежності основного опору руху. Це дає можливість машиністу оперативно реагувати на мінливу поїзну обстановку або інші фактори. Вказані твердження втілено в програмний комплекс «Тягові розрахунки» [9] на мові програмування «Visual C#» у вигляді «енергоефективного» режиму ведення поїзда. Вхідні дані розрахунку наведені на рис. 6.

За результатами виконаних обчислень була побудована режимна карта ведення поїзда та встановлена економія палива на 9,53% у порівнянні з [12]. Графічне відображення режимної карти зображено на рис. 7.

Використання енергоефективного режиму розроблення режимних карт ведення поїзда з аналого-цифровими пристроями знімання основних параметрів руху дозволить підвищити точність, виконувати графік руху та зменшити витрату паливно-енергетичних ресурсів на тягу поїздів. Проте це потребує діагностичного обладнання та масової практичної апробації на виробництві.

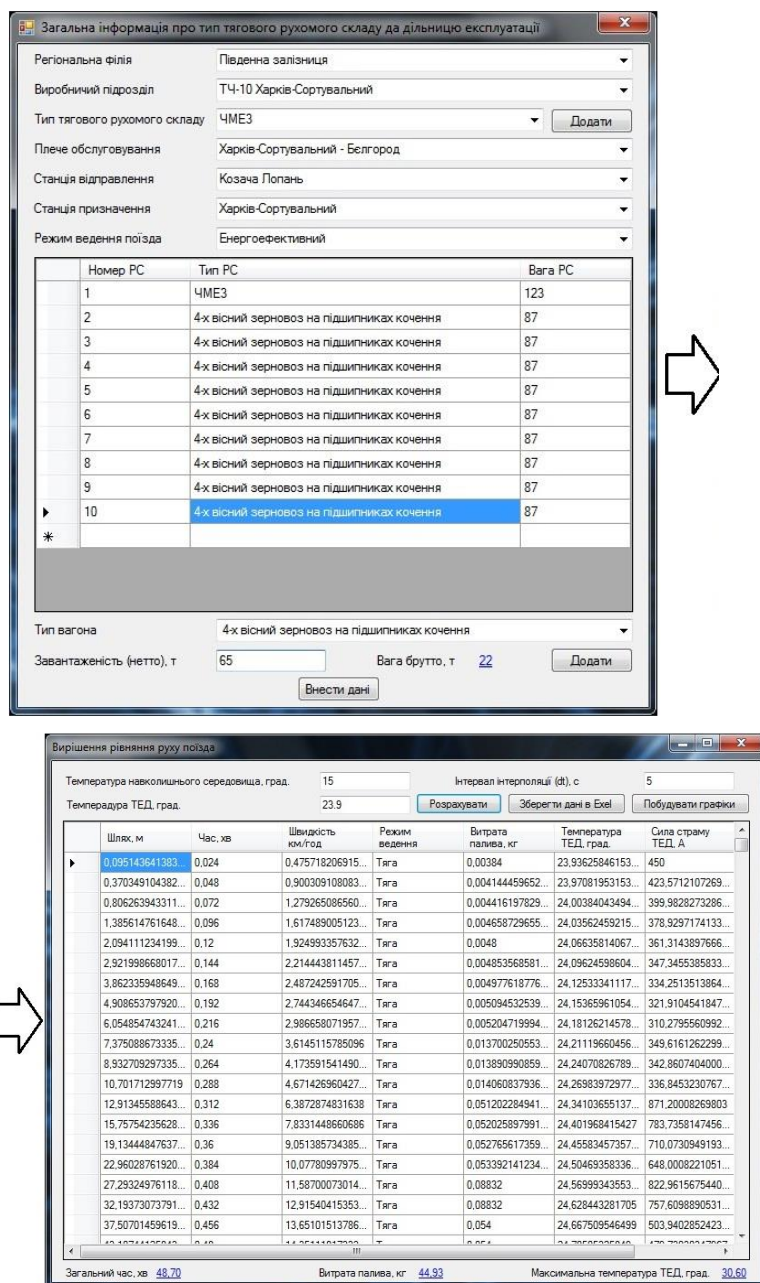


Рис. 6. Інтерактивне контекстне меню введення необхідних даних та вікно для тягових розрахунків

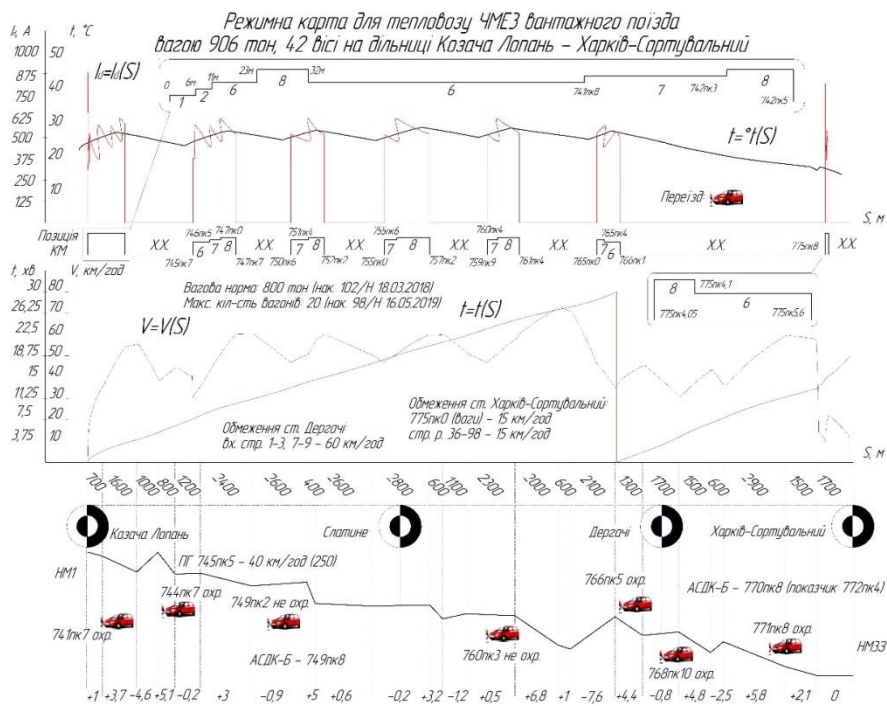


Рис. 7. Режимна карта

**Висновки.** В результаті проведеної роботи була розроблена модель визначення раціональних параметрів режимних карт ведення поїзда. Запропоновано енергоефективний режим ведення поїзда який втілено в формі «енергоефективного режиму» програмного продукту «Тягові розрахунки» на мові програмування «Visual C#». Сформована необхідність застосування засобів комп'ютерного моделювання. Обґрунтовано доцільність перегляду застарілих режимних карт та методів навчання локомотивних бригад економічному веденню ТРС. Графічно побудована режимна карта ведення поїзда з нанесенням на неї всіх вихідних параметрів розрахунку: кривих часу, швидкості, струму, позиції контролера машиніста та температури в залежності від шляху на плечі обслуговування. В подальшому доцільно впровадити запропоновані математичні моделі та програмний продукт в локомотивне господарство з метою встановлення раціональних режимів ведення поїзда, зниження ресурсів на тягу поїздів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Михеев В.А. Оценка эксплуатационной экономичности дизельных локомотивов на заданом участке обслуживания. *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2015., №1(41). С.91-96.
2. Осипов С.И., Осипов С.С. Основы тяги поездов: учебник для студентов техникумов и колледжей жеззнодорожного транспорта. Москва: УМК МПС России, 2010. 592 с.
3. Тартаковский Э.Д., Фалендыш А.П., Калабухин Ю.Е., Грищенко С.Г. Оценка жизненного цикла. *Локомотив-информ: научный журнал*. 2013, №2 (80). С.56-60.
4. Yuan L., Zhao H., Chen H., Ren B. Nonlinear MPC-based slip control for electric vehicles with vehicle safety constraints. *Mechatronics*. Volume 38, December 2016, pp. 1-15.
5. Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Артеменко О.В. Програмний комплекс вибору системи технічної експлуатації маневрового тепловоза. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2016., №1. С.54-61.
6. Черемисин В.Т. Роль информационных технологий в обеспечении надежности локомотива. *Локомотив*. 2017, № 9 с. 2-4.
7. Song H., Schnieder E. Evaluating Fault Tree by means of Colored Petri nets to analyze the railway system dependability. *Safety Science*. Volume 110, December 2018, pp 313-323.
8. Navas M.A., Sancho C., Carpio J. Reliability analysis in railway repairable systems. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 2017, №34 (8). pp 1373-1398.
9. Фалендиш А.П., Гатченко В.О., Возненко С.В., Клецька О.В., Барибін М.А. Математичне моделювання

основних параметрів у тягових розрахунках. *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. 2020., №35. С.102-112.

10. Приказ №867р. Правила тяговых расчетов для поездной работы. Утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 12.05.2016 р. М.: 510 с.

11. Наказ №98-Н. Положення про особливості утримання та експлуатації автоматичних гальм рухомого складу у філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця». - Введ. 2019-05-16. – Харків:, 2019. - 49 с.

12. Наказ №204-Ц. Положення про інспекцію з контролю ефективності використання енергоресурсів Укрзалізниці. - Введ. 2014-05-16. – Київ:, 2014. - 10 с.

13. Safna F., SunnyR. Artificial Neural Network Based Data Mining. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. Volume 5(4), June 2015, pp 240-245.

14. Gao R.Z., Wang Y.J., Lai J.F., Gao H. Neuro-adaptive faulttolerant control of high speed trains under traction-braking failures using self-structuring neural networks. *Information Sciences*. Volume 367, May 2016., pp. 449-462.

15. Uyulan C., Gokasan M., Bogosyan S. Readhesion control strategy based on the optimal slip velocity seeking method *Journal of Modern Transportation*. Volume 26(1), April 2018, pp. 36-48.

## REFERENCES

1. Mikheyev V.A. (2015). *Otsenka ekspluatatsionnoy ekonomichnosti dizel'nykh lokomotivov na zadanom uchastke obsluzhivaniya [Estimation of the diesel locomotives operational efficiency at the given service area.]*. Vesnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii - Vesnik of the Siberian State Automobile and Road Academy. №1(41), 91-96 [in Russia].

2. Osipov S.I., & Osipov S.S. (2010) *Osnovy tyagi poyezdov [Principles of traction]*. Moscow: UMC MPS of Russia [in Russia]

3. Tartakovsky, E.D., Falendysh, A.P., Kalabukhin, Y.E., & Grishchenko, S.G. (2013). *Otsenka zhiznennogo tsikla [Life cycle assessment]*. Lokomotiv-inform: nauchnyiy zhurnal - Lokomotiv-inform: a scientific journal, 2, 80, 56-60 [in Russian].

4. Yuan L., Zhao H., Chen H., Ren B. (2016). *Nonlinear MPC-based slip control for electric vehicles with vehicle safety constraints*. Mechatronics. Volume 38, 1-15 [in China].

5. Falendish A.P., Sumtsov A.L., & Artemenko O.V. (2016). *Proqramnyy kompleks vyboru systemy tekhnichnoy ekspluatatsiyi manevrovoho teplovozu [Program complex for the system and technical operation of a shunting diesel locomotive]*. Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti - Information system-test system on a railway transport, 1, 54-61 [in Ukraine].

6. Cheremisin V.T. (2017). *Rol informatsionnykh tehnologiy v obespechenii nadezhnosti lokomotiva [The role of information technology in ensuring the reliability of the locomotive]*. Locomotiv - Locomotive, 9, 2-4 [in Russian].

7. Songs H., Schnieder E. (2018). *Evaluating the Fence Tree to analyze the railway system dependability*. Safety Science Volume 110, 313-323 [in United Kingdom].

8. Navas M.A., Sancho C., Carpio J. (2017). *Reliability analysis in railway repairable systems*. International Journal of Quality and Reliability Management, 34, 8, 1373-1398 [in United Kingdom].

9. Falendysh A.P., Gatchenko V.O., Voznenko S.V., Kletska O.V., & Barybin M.A. (2020). *Matematychni modelyuvannya osnovnykh parametriv u tyahovykh rozrakhunkakh [Mathematical modeling of basic parameters in traction calculations]*. Zbirnyk naukovykh prats' DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnolohiyi» - Collection of scientific works of DUIT. Transport Systems and Technologies Series, 35, 102-112 [in Ukraine].

10. Pravila tyagovykh raschetov dlya poyezdnoy raboty. [Rules for traction calculations for train work]. (2016). *Order 867 from 12.05.2016*. Moscow: JSC Russian Railways [in Russia].

11. Polozhennya pro osoblyvosti utrymannya ta ekspluatatsiyi avtomatychnykh hal'm rukhomoho skladu u filiyi «Pivdenna zaliznytsya» АТ «Ukrzaliznytsya» [Regulations on the peculiarities of maintenance and operation of automatic brakes of rolling stock in the branch of "Southern Railway" JSC "Ukrzaliznytsia"]. (2019). *Order 98-N from 16.05.2019* Kharkiv: Joint-Stock Company Ukrzaliznytsia [in Ukraine].

12. Polozhennya pro inspektsiyu z kontrolyu efektyvnosti vykorystannya enerhoresursiv Ukrzaliznytsi [Regulations on inspection of energy efficiency control of Ukrzaliznytsia]. (2014). *Order 204-C from 16.05.2014* Kiev: Joint-Stock Company Ukrzaliznytsia [in Ukraine].

13. Safna F., SunnyR. (2015) *Artificial Neural Network Based Data Mining*. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology. Volume №5(4), 240-245 [in United Kingdom].

14. Gao R.Z., Wang Y.J., Lai J.F., Gao H. (2016) *Neuro-adaptive faulttolerant control of high speed trains under traction-braking failures using self-structuring neural networks*. Information Sciences. Volume 367, 449-462 [in China].

15. Uyulan C., Gokasan M., Bogosyan S. (2018) *Readhesion control strategy based on the optimal slip velocity seeking method*. Journal of Modern Transportation. Volume 26(1), 36-48 [in United Kingdom].

*Фалендыш А.П., д.т.н., професор  
(професор кафедри транспортних технологій підприємств Приазовського державного технічного університета)*

*Гатченко В.А., к.т.н., доцент  
(доцент кафедри тягового подвижного состава железных дорог Государственного университета инфраструктуры и технологий)*

*Клецкая О.В., к.т.н.  
(доцент кафедры транспортных технологий предприятий Приазовского государственного технического университета)*

*Кирицева Е.В.  
(ассистент кафедры транспортных технологий предприятий Приазовского государственного технического университета)*

*Барыбин Н.А.  
(аспирант кафедры теплотехники, тепловых двигателей и энергетического менеджмента Украинского государственного университета железнодорожного транспорта)*

### МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМНЫХ КАРТ ВЕДЕНИЯ ПОЕЗДА

*В статье рассмотрены вопросы определения рациональных подходов к созданию режимных карт ведения поезда, рациональному использованию режимов работы дизеля и применения автоматизированной системы компьютерного моделирования. Установлены основные значения и методика расчета для конкретных условий эксплуатации на базе закона сохранения механической энергии.*

*Ключевые слова:* автоматическая система, тяговые расчеты, режимная карта, математическое моделирование, локомотив.

*A. Falendysh, Doctor of sciences, Professor  
(Professor, Head of the Department of Industrial transportation technologies of the Pryazovskyi State Technical University)*

*V. Gatchenko, Ph.D., Associate Professor  
(Associate Professor, Department of Traction Rolling Stock Railways of the State University of Infrastructure and Technology)*

*O. Kletska Ph.D.  
(Associate Professor, Department of Industrial transportation technologies of the Pryazovskyi State Technical University)*

*E. Kiritseva  
(Assistant Professor, Department of Industrial transportation technologies of the Pryazovskyi State Technical University)*

*M. Barybin  
(Postgraduate student of the Department of Thermal Engineering, Heat Engines and Energy Management of the Ukrainian State University of Railway Transport)*

### MODEL FOR DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF RAILWAY TRAIN REGIME MAPS

*The article considers the issues of determining rational approaches to the creation of train maps, the rational use of diesel modes and the use of automated computer simulation system. Based on the obtained results, an energy-efficient mode of train driving is proposed and a mathematical model of the locomotive operation character is created. There is a need to review obsolete regime and train*

*locomotive crews in the latest methods of operation. The basic values and methods of calculation for specific operating conditions on the basis of the law of conservation of mechanical energy are established. It is proposed to create a passport of each locomotive to determine the rational weight norms on the existing service shoulders. After all, overloading or underutilization of the locomotive's resource is associated with loss of profit or the emergence of emergencies. The necessity of the offered methods within the limits of ecological requirements to traction rolling stock is proved. The possibility of forming a rational system of mileage between technical inspections and repairs for each locomotive as a whole on the basis of forecasting and statistics is determined. It is recommended to further implement mathematical modeling and digital means of monitoring the technical condition after repairs to achieve economic efficiency of railway transport.*

**Keywords:** *automatic system, traction calculations, mode map, mathematical modeling, locomotive.*