

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УСУНЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ЗІ СТАНОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Приведена методика, яка дозволяє на рівні інженерних розрахунків отримати попередні результати щодо економічної ефективності усунення обмеження швидкості руху поїздів

Ключові слова: максимальна швидкість, радіус кривої, обмеження швидкості, експлуатаційні витрати, інвестиційні витрати, економічна ефективність

1. Постановка проблеми

Необхідність скорочення терміну доставки вантажів і пасажирів, усунення постійно діючих і тривалих обмежень швидкості руху поїздів поставила перед практиками і науковцями завдання підвищення ефективності заходів щодо збільшення рівня швидкості руху поїздів і зменшення кількості обмежень.

Наявність бар'єрних місць призводить до зростання часу руху, підвищеного споживання паливно-енергетичних ресурсів. Загальна протяжність обмежень швидкості руху поїздів по Укрзалізниці на 01.10 2011 на головних коліях складала близько 600 км.

Метою роботи є встановлення економічної ефективності усунення обмежень швидкості руху поїздів з тривалими й довгостроковими термінами дії перш за все на напрямках, що готуються до впровадження прискореного й швидкісного руху поїздів.

2. Аналіз досліджень, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Питання усунення постійно діючих і тривалих обмежень швидкості руху є актуальними. В ряді випадках вони можуть бути розглянуті як оптимізаційні задачі. Сформульована таким чином проблема вибору послідовності реконструкції ділянки з метою встановлення максимально допустимих швидкостей руху мала рішення в ряді наукових робіт, наприклад [1–3]. На сьогоднішній день потребує розв'язання задача у більш широкій постановці – визначення рівня раціональних швидкостей для всіх об'єктів, що входять до складу ділянки залізниці.

Для вирішення такої задачі ділянку залізничної колії будемо представляти як множену об'єктів $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_i, \dots, \omega_n\}$. Окремий i -й об'єкт ω_i – це інфраструктура залізничної

колії, рівень швидкості по якій, обмежується одним конкретним фактором, наприклад, стрілочний перевід, ділянка хворого земляного полотна тощо. При такому визначенні об'єкти ω_i можуть бути розташованими як окремо один від іншого, так і накладатися один на інший. Кожен об'єкт ω_i характеризується місцем розташування L_i (пикетажна прив'язка початку та кінця об'єкта), встановленою швидкістю руху $V_{0i} \in [V_{\min i}, V_{\max i}]$, де $V_{\min i}$ і $V_{\max i}$ – відповідно мінімальна і максимальна можливі швидкості руху по об'єкту.

Таким чином, на встановлення відповідних швидкостей $V^* = \{V_{n,1}, V_{n,2}, \dots, V_{n,i}, \dots, V_{n,n}\}$ на всіх об'єктах ділянки треба вирішити задачу

$$V^* \rightarrow \begin{cases} \Delta t(V^*) \geq \Delta T \\ K(V^*) \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

де $\Delta t(V^*)$ – зміна часу руху по ділянці при встановленні швидкостей руху V^* ; ΔT – заплановане скорочення часу руху після реконструкції ділянки.

Вирішення схожої задачі розглянуто в [4]. В цій роботі ставилася задача визначення множини об'єктів $\Omega^* \subseteq \Omega$, які потребують перебудови для забезпечення необхідного скорочення часу руху з мінімальними витратами коштів

$$\Omega^* \subseteq \Omega \rightarrow \begin{cases} \Delta t(\Omega^*) \geq \Delta T \\ K(\Omega^*) \rightarrow \min \end{cases} \quad (2)$$

При цьому кожен об'єкт характеризувався двома станами – швидкістю руху до і після можливої перебудови і відповідно вартістю такої операції.

Задача ускладнюється тим, що функція $\Delta t(V_{ij})$ може бути визначена тільки за результатами тягових розрахунків і не є адитивною, бо на її значення будуть впливати вибрані ста-

ни суміжних об'єктів. Докладно це питання було розглянуто в роботі [5] і запропоновано рішення задачі (2) для неадитивної функції скорочення часу руху з використанням методики оптимізації функцій множини, розробленої проф. А. А. Босовим [6].

Розглянуті підходи до вирішення проблеми потребують застосування складного математичного апарату, відповідних програм, великої кількості вихідних даних.

Для розрахунку економічних характеристик ефективності потрібно визначити тягово-енергетичні показники, точне значення яких може бути встановлено тяговими розрахунками. На конкретних напрямках кількість обмежень швидкості може складати від декількох до десятків. Виконання тягових розрахунків для різних типів локомотивів, маси рухомого скла-

ду, рівня швидкості і комбінацій усунення ділянок з обмеженнями потребує великих витрат часу. А тому постало питання, як провести економічну оцінку на стадії оперативного прийняття інженерного рішення. Авторами запропоновано спрощене вирішення задачі економічної оцінки.

Для різних вихідних даних і умов експлуатації були отримані залежності тягово-енергетичних показників у вигляді таблиць і графіків, що є достатнім для проведення попередньої оцінки економічної ефективності усунення обмеження швидкості. Для прикладу, на рис. 1 показані графіки витрат електроенергії на тягу вантажного поїзда масою 4000 т з локомотивом ДЕ1 при різній довжині $L_{i\dot{a}i}$ з обмеженням швидкості $V_{обм} = 40$ км/год.

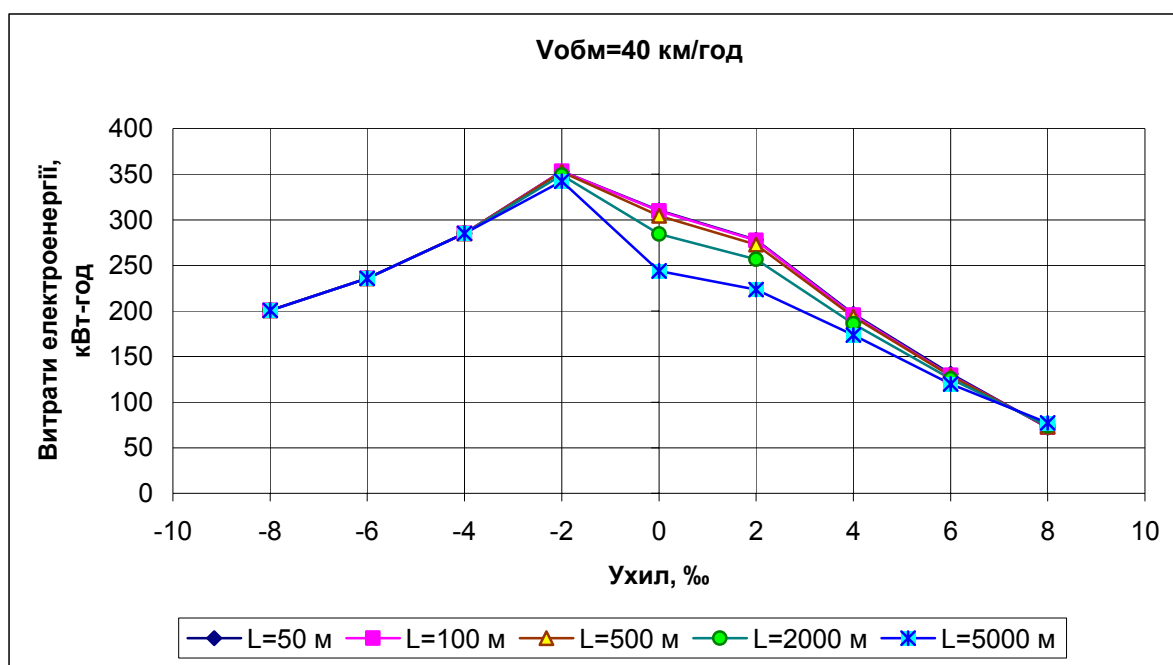


Рис. 1. Витрати електроенергії при наявності обмеження швидкості 40 км/год

На витрати електроенергії крім інших факторів впливає режим руху поїзда, який, в свою чергу, залежить від маси поїзда й профілю колії. Як впливає з рис. 1, на спусках $i > 3$ ‰ і підйомах $i > 7$ ‰ величина витрат електроенергії практично не залежить від довжини ділянки обмеження швидкості.

На рис. 2 і 3 наведені графіки зміни витрат електроенергії і часу руху при різних рівнях обмеження швидкості на ділянці довжиною 500 м.

За результатами розрахунків складені таблиці й побудовані графіки, які враховують різний рівень обмеження швидкості (15, 25, 40, 60

км/год), різну довжину ділянок (50, 100, 500, 2000 і 5000 м), середню крутизну ухилу, де знаходиться обмеження (від -8 до 8 ‰), типи локомотивів (2ТЕ116, ВЛ80, ДЕ1, ДС3, ЧС7, ТЕП70) і масу рухомого складу – від 1000 до 5000 тонн).

3. Методика оцінки економічної ефективності

Для оцінки економічної ефективності визначається інтегральний ефект E_{int} як різниця експлуатаційних витрат за розрахунковий період T_p та інвестиційних витрат K_0 , що приведена до початкового року

$$E_{\text{інт}} = \sum_{t=1}^{T_p} \Delta C_t \eta_t - K_o, \quad (3)$$

де η_t - коефіцієнт дисконтування різночасових витрат.

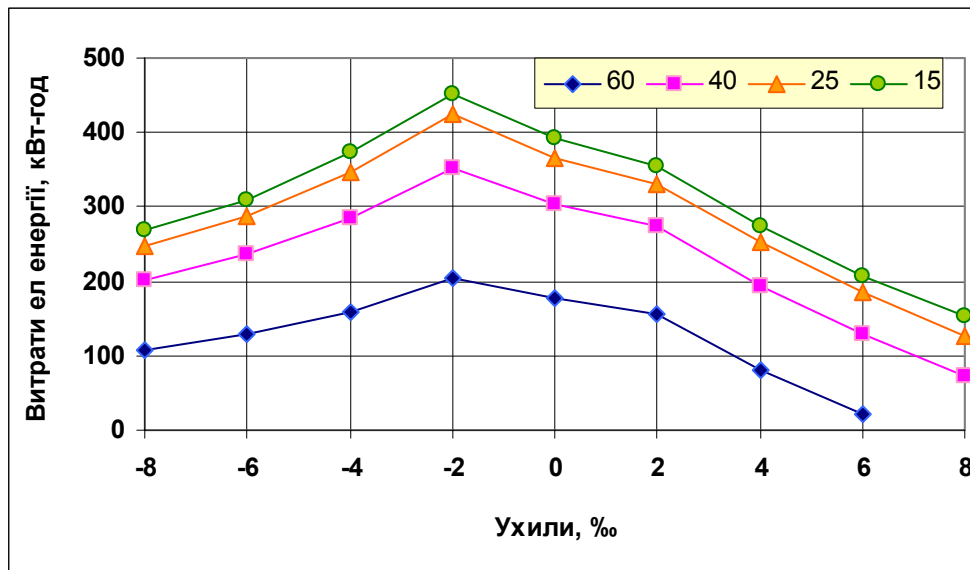


Рис. 2. Витрати електроенергії при різних рівнях обмеження швидкості відносно стану залізниці «без обмеження»

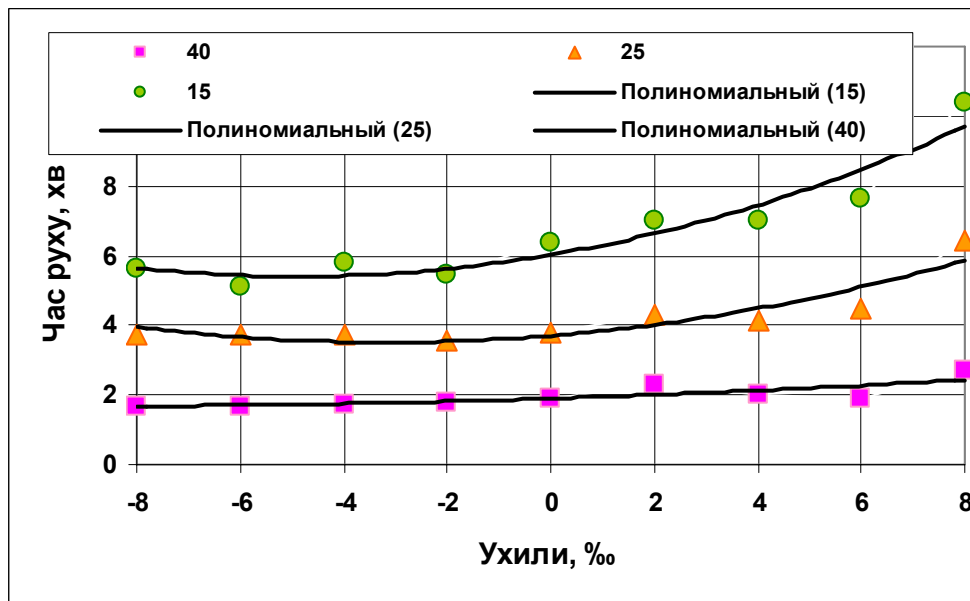


Рис. 3. Зміна часу руху при різних рівнях обмеження швидкості відносно стану залізниці «без обмеження»

Одноразові інвестиційні витрати K_o приймаються як сумарні капітальні вкладення приурочені до проведення відповідних ремонтних робіт з усунення обмеження швидкості. Скорочення експлуатаційних витрат ΔC_t визначається як різниця

$$\Delta C_t = C_o(t) - C_{\text{пр}}(t),$$

де $C_o(t)$, $C_{\text{пр}}(t)$ – експлуатаційні витрати за

рік t , відповідно, у тому випадку, якщо усунення обмеження швидкості не проводиться, і у випадку виконання відповідних заходів.

При наявності декількох бар'єрних місць черговість їх усунення може визначатись за таким показником як відношення вартості робіт K_i до економії механічної роботи сили тяги локомотива ΔR_i за рахунок усунення обмеження швидкості, тобто

$$q_1 = \frac{K_1}{\Delta R_1}, q_2 = \frac{K_2}{\Delta R_2}, \dots, q_n = \frac{K_n}{\Delta R_n}; \quad (4)$$

причому $q_1 < q_2 < \dots < q_n$.

На пасажирських ходах, де переважають пасажирські перевезеннями, аналогічно вище викладеному може розглядатись відношення вартості робіт K_i до скорочення часу руху Δt_i

$$p_1 = \frac{K_1}{\Delta t_1}, p_2 = \frac{K_2}{\Delta t_2}, \dots, p_n = \frac{K_n}{\Delta t_n}; \quad (5)$$

причому $p_1 < p_2 < \dots < p_n$.

Послідовність виконання розрахунків.

1. Для ділянки залізниці з обмеженням швидкості руху поїздів встановлюються такі вихідні дані як вантажонапруженість, швидкість руху до і після усунення бар'єрного місця, що викликає обмеження швидкості, та тривалість дії обмеження.

2. Вибираються тип локомотива і маса рухомого складу.

3. Визначається економія електроенергії (кВт-год) чи дизельного палива (кг) – ΔA за рахунок усунення бар'єрного місця, окремо для парного й непарного напрямків. Величину економії енергоносіїв для умов конкретної ділянки можна отримати з допустимою для інженерних розрахунків похибкою за таблицями чи графіками. Складені таблиці враховують різний рівень обмеження швидкості довжину ділянок, середню крутизну ухилу, тип локомотивів і масу рухомого складу. При інших вихідних даних економія електроенергії визначається інтегруванням.

4. Визначається скорочення часу знаходження поїздів (кожної категорії окремо) на ділянці при знятті обмеження швидкості – Δt (хв.). Для різних варіантів вихідних даних скорочення часу руху наведено в таблицях.

5. Задаються середньодобові розміру руху, окремо для вантажних, пасажирських, приміських поїздів.

6. Відповідно до розташування ділянки обмеження швидкості приймаються укрупнені витратні ставки, а також питомі витрати на 1 км при виконанні ремонтних робіт для конкретної залізниці:

E_{nc} – укрупнена витратна ставка 1 поїздо-год. (грн),

E_e – вартість 1 кВт-год електроенергії (1 кг

палива), грн.

C_{op} – вартість 1000 тонно-кілометрів брутто (грн),

C_{ny} – вартість поточного утримання 1 км колії за рік (тис грн).

7. Розраховується загальний ефект від скорочення витрат на паливо-енергетичні ресурси для потоку поїздів окремо для непарного й парного напрямків

$$C_1 = \sum_{i=1}^{i=k} (\Delta A_i \cdot n_i \cdot T_o \cdot E_e), \quad (6)$$

де ΔA_i – скорочення витрат електроенергії (палива) від зняття обмеження для кожної категорії поїздів;

n_i – кількість пар поїздів i категорії за добу;

T_o – тривалість дії обмеження швидкості, діб;

E_e – вартість 1 кВт-год електроенергії (1 кг палива), грн.

8. Розраховується економія витрат від скорочення часу знаходження поїздів на ділянці окремо для непарного й парного напрямків

$$C_2 = \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{\Delta t_i}{60} \cdot n_i \cdot T_o \cdot E_{ir} \right), \quad (7)$$

де Δt_i – скорочення часу руху поїздів i категорії від зняття обмеження швидкості (див. п.3).

n_i – кількість пар поїздів i категорії за добу;

T_o – тривалість дії обмеження швидкості, діб;

E_{ir} – укрупнена витратна ставка 1 поїздо-год, грн.

9. Розраховується економія витрат, пов'язаних з покращенням стану колії від усунення обмеження швидкості окремо для непарного й парного напрямків за формулою

$$C_3 = \frac{2,88 C_{op} \cdot B^2 \cdot L_{обм} \cdot m}{T_o \cdot [T]}, \quad (8)$$

де C_{op} – витратна ставка на 1000 тонно-кілометрів брутто, грн;

B – вантажонапруженість ділянки, млн ткм/км брутто за рік;

$L_{обм}$ – довжина обмеження швидкості, км;

T_o – тривалість дії обмеження швидкості, діб;

$m, [T]$ – відповідно пропущений тоннаж і норматив призначення капітального ремонту чи модернізації колії, млн тонн.

10. Визначається загальний ефект від усунення обмеження швидкості руху, який складається із економії витрат на паливно-енергетичні ресурси (C_1), економії витрат від скорочення часу знаходження поїздів на дільницях, та в зв'язку з цим, скорочення витрат на утримання локомотивів та вагонів (C_2) та скорочення витрат, що пов'язані зі станом колії (у випадках коли не виконано своєчасно капітальний ремонт або модернізацію) (C_3), тобто

$$C = C_1 + C_2 + C_3. \quad (9)$$

Для визначення економічної ефективності за викладеною методикою була розроблена програма розрахунків для ПЕОМ. На рис. 4 показано вікно програми (меню) для введення вихідних даних.

Для виконання розрахунків, додатково до вищеназваних, необхідно ввести вантажонапруженість ділянки, типи локомотивів і масу поїздів, кількість пар поїздів на добу: вантажних, пасажирських і приміських (див. рис. 4).

Величина витратних ставок суттєво впливає на результат, тому для конкретних розрахунків необхідно приймати витратні ставки притаманні тій чи іншій залізниці. Для Придніпровської залізниці прийнято значення 1 поїздо-години у русі тепловозною тягою $E_{nz} = 8451$ грн для вантажного поїзду, $E_{nz} = 2994$ грн для пасажирського, $E_{nz} = 920$ грн для дизель-поїздів; вартість 1000 тонно-кілометрів брутто $C_{op} = 22,92$ грн; вартість поточного утримання 1 км колії за рік $C_{ny} = 37,5$. З урахуванням запланованої в перспективі електрифікації напрямку прийнято: $E_{nz} = 6462$ грн для вантажного поїзду, $E_{nz} = 3741$ грн для пасажирського, $E_{nz} = 853$ грн для електропоїздів.

Загальний ефект від скорочення витрат на паливно-енергетичні ресурси для потоку поїздів розраховано окремо для непарного й парного напрямків за програмою, в якій реалізовано методику (див. п. 3).

Аналіз отриманих даних показав, що основними чинниками, які впливають на економічний ефект від усунення бар'єрного місця є рівень обмеження швидкості і довжина ділянки, що підтверджується висновками, наведеними в роботах [7-9]. На рис. 5 і табл. 1 показано залежності економічного ефекту від зазначених факторів.

Таблиця 1

Ефект від усунення обмеження швидкості на 1 поїзд, віднесений до 1 км підвищення швидкості

Тип поїзда	Довжина обмеження, м	Ефект, грн, при збільшенні швидкості, км/год		
		з 15 до 25	з 25 до 40	з 40 до 60
Вантажний	100	14,0	8,5	5,9
	2000	34,4	15,5	9,0
	5000	65,6	27,7	13,4
Пасажирський	100	6,8	2,9	2,4
	2000	16,8	7,3	4,3
	5000	34,8	14,1	7,3

Для перерахунку результатів до конкретного поїздопотокоту отримані результати слід помножити на кількість поїздів кожної категорії.

4. Капітальні витрати на роботи, що пов'язані з усуненням обмеження швидкості

На напрямках, що готуються для впровадження прискореного й швидкісного руху поїздів особливо гостро стоїть питання підвищення швидкості за рахунок усунення обмежень швидкості при проведенні тих чи інших ремонтних робіт.

Для усунення причин обмеження швидкостей руху (бар'єрних місць) і отримання відповідного економічного ефекту за рахунок збільшення швидкості руху поїздів і усунення ділянок гальмування та розгону, необхідно проведення ремонтних робіт, що потребує певних витрат (капітальних вкладень). Слід враховувати, що капітальні вкладення носять одноразовий характер, а зменшення витрат буде мати місце протягом тривалого часу. Тому, в ряді випадків, для правильної оцінки економічного ефекту слід говорити о терміні окупності капітальних витрат, а не о миттєвій ефективності.

Вихідні дані до розрахунку				
Ділянка	Зачепилівка - Перещепине			напрямок парний
Вантажонапруженість ділянки	B	млн. ткм бр/км за рік	10	
Швидкість руху до обмеження швидкості руху поїздів	V1	км/год	120/80	
Встановлення обмеження швидкості	V2	км/год	40	
Тривалість дії обмеження швидкості	T	дїб	365	
Збільшення витрат електроенергії (палива) при дії обмеження шидкості	ΔA			
- вантажних	ΔA_v	кВт-год	170,1	
- пасажирських	$\Delta A_{пас}$	кВт-год	147,8	
- приміських	$\Delta A_{пр}$	кВт-год	44,5	
Збільшення часу руху поїздів при дії обмеження швидкості руху	Δt			
- вантажних	Δt_v	хв.	3,0	
- пасажирських	$\Delta t_{пас}$	хв.	3,5	
- приміських	$\Delta t_{пр}$	хв.	3,0	
Середньодобові розміри руху поїздів:	n			
- вантажних	n _v	пар поїздів	3	
- пасажирських	n _{пас}	пар поїздів	8	
- приміських	n _{пр}	пар поїздів	2	
Тип, маса локомотива та маса поїзда:				
ДЕ 1	P	184	Q	4000
ЧС 7	P	164	Q	1000
ДР1			P+Q	454
Довжина обмеження швидкості	L _{обм}	км	2	
Вартість 1 кВт-год електроенергії (1 кг палива)	E _e	грн	0,8	
Укрупнена витратна ставка 1 поїздо-год.	E _{пг}			
- вантажного	E _{пг вант}	грн	6462	
- пасажирського	E _{пг пас}	грн	3742	
- приміського	E _{пг пр}	грн	853	
Якщо на ділянці обмеження швидкості прострочено модернізацію чи капітальний ремонт, то необхідно про це вказати відповідним знаком у віконці				<input checked="" type="checkbox"/>
Вартість 1000 тонно-кілометрів бруто вантажних поїздів	C _{оп}	грн	22,92	
Пропущений по ділянці тоннаж	m	млн т	745	
Вартість поточного утримання 1 км колії за рік	C _{пу}	тис. грн	37,5	

Рис. 4. Вікно програми для введення вихідних даних

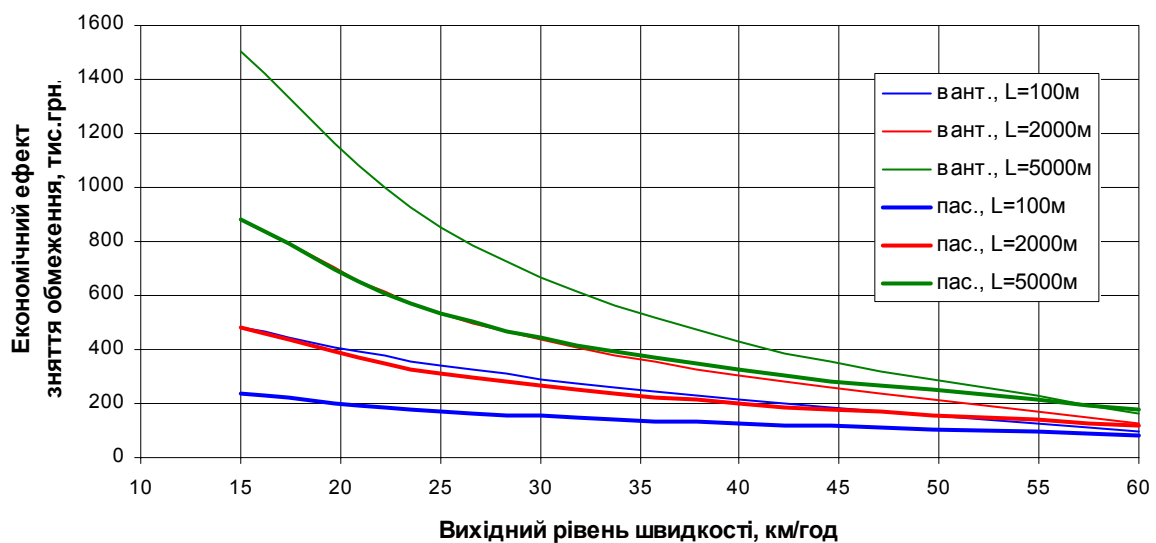


Рис. 5. Залежність економічного ефекту від швидкості і довжини ділянки обмеження для 1 пари вантажного і пасажирського поїзда за рік

Точне значення капітальних витрат на усунення того чи іншого бар'єрного місця може бути визначено тільки шляхом складання калькуляції за проектом на виконання робіт для конкретної ділянки залізниці, з урахуванням потрібного переліку операцій, вартості й об'ємів матеріалів, наявності робочої сили, механізмів тощо. Однак, можна зазначити, що більшість бар'єрних місць – це довготривалі обмеження швидкості, які доцільно ліквідувати під час проведення планових ремонтів. Тому для попередньої оцінки можна приймати в якості витрат на усунення бар'єрного місця вартість ремонту, під час якого будуть проводитись відповідні роботи, з урахуванням довжини ділянки, що обмежує швидкість руху.

Так, при комплексно-оздоровчому ремонті можуть бути усунені бар'єрні місця пов'язані з виправкою і рихтуванням колії машинними комплексами, ліквідацією місць виплесків, заміною дефектних рейок і непридатних шпал, очищенням водовідвідних споруд тощо.

При середньому ремонті можна планувати усунення бар'єрних місць, які потребують ви-

конання робіт з очищення забрудненого баласту, заміни непридатних шпал, брусів і скріплення, виправлення кривих, ремонту переїздів, водовідвідних і укріпних споруд тощо.

Під час проведення модернізації або капітального ремонту можуть бути проведені роботи для усунення обмеження швидкості пов'язані з очищенням щебеневого баластного шару і плануванням баластної призми, виправлення з постановкою колії у проектне положення в профілі, виправлення кривих в плані з відновленням проектних радіусів, збільшення радіусів кривих до передбачених проектом з відповідним перевлаштуванням земляного полотна та штучних споруд, приведення розмірів земляного полотна у відповідність до встановлених нормативів, ремонт водовідвідних і зміцнювальних споруд, реконструкція горловин станцій, ремонт або перевлаштування переїздів тощо.

На рис. 6 показано вартості усунення бар'єрного місця для різної довжини ділянки в залежності від виду ремонту, за рахунок якого будуть виконуватися роботи.

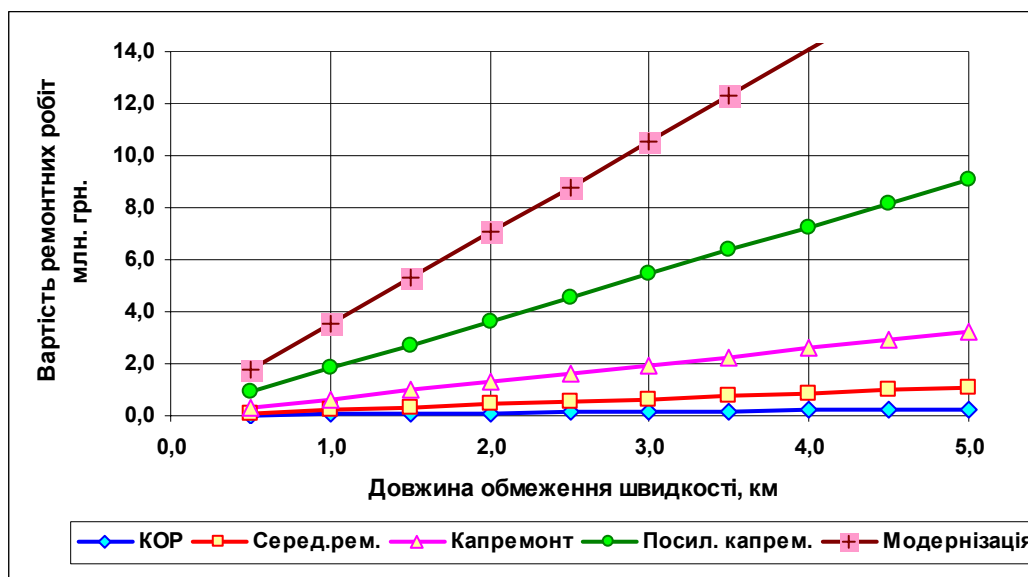


Рис.6. Вартість ремонтних робіт

5. Обґрунтування отриманих результатів

Для прикладу в роботі наведено результати розрахунків на одному з перегонів ділянки Красноград-Новомосковськ. Згідно перспективного плану електрифікації залізниць України на 2011-2016 рр. на цій ділянці планується введення електричної тяги для впровадження швидкісного руху на напрямку Київ-Дніпропетровськ.

У теперішній час на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ.

встановлена швидкість 40 км/год. Відповідно до пропозицій Придніпровської залізниці [10] на вказаних станціях (крім ст. Новомосковськ) може бути підвищена швидкість до 120 у пасажирському русі і до 80 км/год у вантажному за рахунок проведення модернізації чи капітального ремонту колії. На рис. 7 показано криву швидкості руху вантажного поїзда через ст. Бузівка в прямому напрямку при наявності обмеження швидкості.

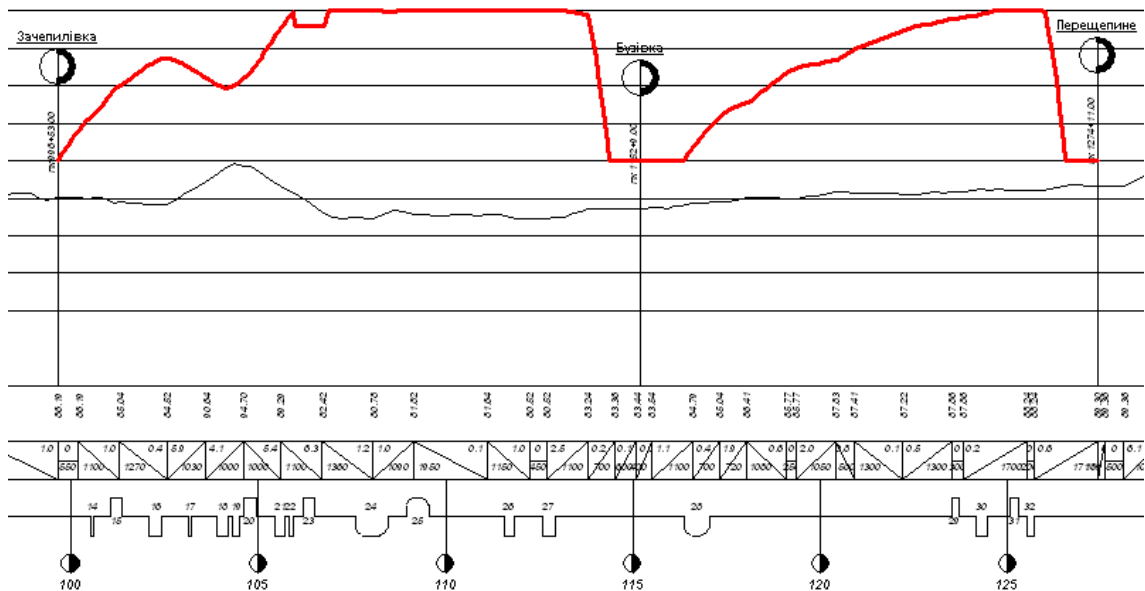


Рис.7. Крива швидкості руху при наявності обмеження по станції

Розрахунки виконано для тепловозної й електричної тяги. Загальний ефект від усунення обмеження швидкості на ст. Бузівка визначається за формулою (9). Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків економічного ефекту, млн грн

Вид тяги	Парний напрямок	Непарний напрямок	Сумарно
тепловозна	1,400	1,670	3,070
електрична	1,234	1,218	2,452

Для прийнятих вихідних даних отримано загальний річний економічний ефект від зняття

обмеження швидкості руху у сумі 3,070 млн грн при тепловозній і 2,452 млн грн при електричній тязі.

Якщо виконання робіт з реконструкції станції буде відбуватися під час запланованої модернізації колії, то за рис. 4 при довжині ділянки 2 км вартість робіт складе 7,1 млн грн.

Далі розрахунки зручно виконувати у табличній формі. При постійних обсягах перевезень економія від зняття обмеження швидкості з урахуванням коефіцієнту дисконтування визначається за формулою (3). Результати розрахунку наведені в табл. 3.

За даними табл. 3 побудовано графік (рис. 8), аналіз якого дозволяє встановити термін окупності капітальних вкладень.

Таблиця 3

Ефективність від зняття обмеження швидкості

Роки	Γ_t , млн т	K_t , млн грн	C_t , млн грн	η_t	Ефект, млн грн	Наростаючий підсумок
1	10,0	7,1	2,683	0,9091	-4,02	-4,0
2	10,0	0	2,683	0,8264	2,22	-1,8
3	10,0	0	2,683	0,7513	2,02	0,2
4	10,0	0	2,683	0,6830	1,83	2,1
5	10,0	0	2,683	0,6209	1,67	3,7
6	10,0	0	2,683	0,5645	1,51	5,2
7	10,0	0	2,683	0,5132	1,38	6,6
8	10,0	0	2,683	0,4665	1,25	7,9
9	10,0	0	2,683	0,4241	1,14	9,0
10	10,0	0	2,683	0,3855	1,03	10,0

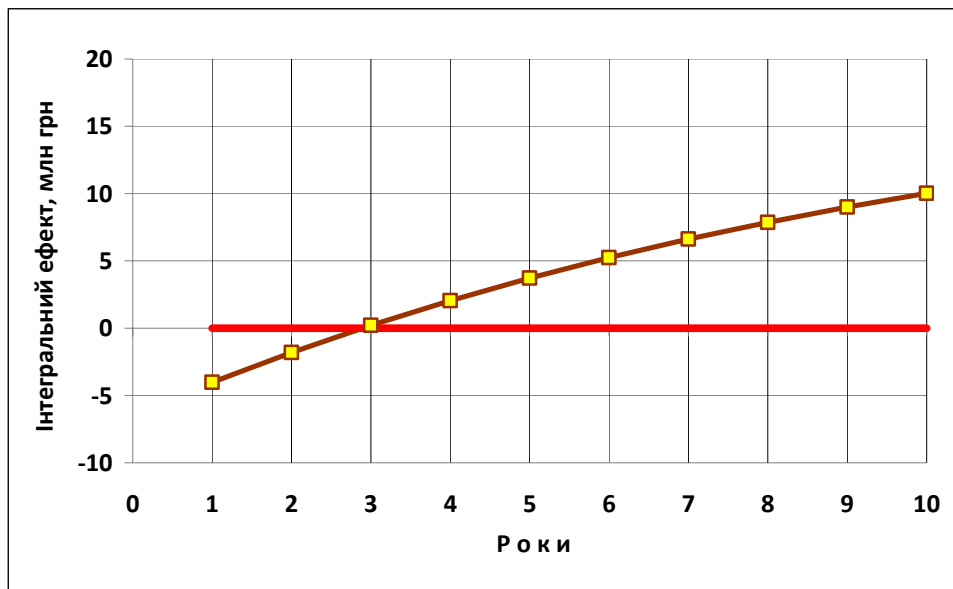


Рис. 8. Термін окупності капітальних вкладень при постійних щорічних обсягах перевезень

Як випливає з рис. 8, до 3-го року витрати залізниці є від'ємними, а після цього терміну за рахунок зняття обмеження швидкості спостерігається зростання ефекту в протязі тому, якщо б бар'єрне місце залишалось (швидкість 40 км/год по станції) і залізниця щорічно несла втрати від додаткових витрат електроенергії, а також витрат, пов'язаних з часом руху і на утримання колійної інфраструктури.

Враховуючи, що всі витрати залізниці, пов'язані з наявністю ділянок на яких встановлено обмеження швидкості, зростають пропорційно кількості поїздів, можна вважати, що економічний ефект буде пропорційний обсягам перевезень. У такому випадку, якщо прогноз росту вантажонапруженості змінюється за лінійним законом $\Gamma_t = \Gamma_o + \Delta\Gamma \cdot t$, можна спрогнозувати зростання величини економічного ефекту за виразом

$$C_t = k \cdot \Gamma_t, \quad (10)$$

де k – коефіцієнт пропорційності $k = \frac{C_o}{\Gamma_o}$.

Порівняльний аналіз виконаних розрахунків за точною методикою з використанням тягових розрахунків і за спрощеною, викладеною в даній роботі, показали що похибка в розрахунках знаходиться в допустимому діапазоні.

Висновки

1. При наявності обмежень швидкості приблизно з однаковими показниками (рівень швидкості, довжина, ухил поздовжнього про-

філю тощо) перевагу в плануванні робіт слід віддавати тим бар'єрним місцям, які розташовані на вантажонапружених напрямках. Це пояснюється тим, що ефект від зняття обмеження пропорційний кількості поїздів.

2. На напрямках суміщеного вантажного й пасажирського руху перевага при виконанні робіт повинна належати тим ділянкам, де більші розміри вантажних перевезень, так як ефект від зняття обмежень швидкості в середньому вдвічі більший для вантажного поїзда у порівнянні з пасажирським.

3. При наявності бар'єрних місць з різним рівнем обмеження швидкості й довжини перевагу слід віддавати при інших рівних умовах усуненню ділянок з рівнем обмеження 15 км/год, потім 25 і 40 км/год., так як ефект на 1 км/год зростання швидкості збільшується при підвищенні з 15 до 25 км/год в 2-2,5 рази у порівнянні з підвищенням швидкості з 25 до 40 км/год, та приблизно в 1,5 рази при підвищенні з 40 до 60 км/год у порівнянні з діапазоном швидкостей з 25 до 40 км/год.

4. При наявності ділянок обмеження швидкості різної довжини при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які мають більшу довжину ділянок. Так, при знятті обмеження довжиною 5000 м у порівнянні з 2000 м збільшується в середньому в 1.5...2,5 рази, причому більше значення відноситься до діапазону швидкостей 15-25 км/год, менше в діапазоні 40-60 км/год.

5. При наявності ділянок обмеження швидкості, що розташовані на різних ухилах поздовжнього профілю при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які розташовані на

ухилах $\pm 3\%$, тобто поїзд проходить ділянку в тяговому режимі. Якщо ділянка знаходиться на крутих підйомах, то ефект знижується, так як поїзд може не вийти на максимальну допустиму швидкість, на крутих спусках поїзд рухається в режимі регульовального гальмування і ефект також знижується.

6. Розроблена методика на рівні інженерно-го розрахунку дозволяє отримати попередні висновки щодо економічного ефекту від усунення обмеження швидкості з урахуванням необхідних вихідних даних

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Иоаннисян, А. И. Улучшение трассы существующих железных дорог. [Текст] / А. И. Иоаннисян. – М. : Транспорт, 1972. – 176 с.
2. Гавриленков, А. В. Оптимальная стратегия повышения скорости движения поездов [Текст] / А. В. Гавриленков, Г. Г. Иванов, Е. А. Макушкина // Межвуз. сб. науч. тр. – М. : Изд-во МИИТ, 1986. – Вып. 771. – С. 9–12.
3. Скутин, А. И. Определение времени хода поезда с учетом состояния пути [Текст] / А. И. Скутин // Межвуз. сб. науч. тр. – Д. : ДИИТ. – 1989. – С. 50–54.
4. Босов, А. А. Назначение этапности мероприятий в путевом хозяйстве по повышению скоростей движения поездов [Текст] / А. А. Босов, В. В. Рыбкин, Н. Б. Курган, В. И. Харлан // Вестник Белорусского Государственного Университета Транспорта / Науч.-производ. журнал «Наука и транспорт». – 2002, № 2 (5). – С. 32–38.
5. Курган, М. Б. Розробка метода оптимальної перебудови ділянки залізниці для організації швидкісного руху поїздів [Текст] / М. Б. Курган // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2003. – Вип.1. – С. 66–73.
6. Босов, А. А. Применение функций множества в инженерных и экономических задачах [Текст] / А. А. Босов // Транспорт. Зб. наук. праць ДПТУ. Вип. 9 – Д., 2002.
7. Курган, М. Б. Вплив обмеження швидкості на енергетичні показники руху поїздів [Текст] / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 29–36.
8. Курган, М. Б. Втрати часу руху поїздів на ділянках обмеження швидкості [Текст] / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – С. 54–61.
9. Курган, М. Б. Вплив пропущеного тоннажу та плану лінії на витрати при поточному утриманні колії [Текст] / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2008. – Вип. 24. – С. 88–90.
10. Пропозиції ДП «Придніпровська залізниця» по організації швидкісного руху Київ–Дніпропетровськ. Дільниця Дніпропетровськ–Новомосковськ–Куми [Текст]. – Д., 2011. – 35 с.

Надійшла до редколегії 28.11.2011.

Прийнята до друку 30.11.2011.

А. А. БОСОВ, Н. Б. КУРГАН, Д. Н. КУРГАН, С. Ю. БАЙДАК

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРАНЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ, СВЯЗАННЫХ ИЗ СОСТОЯНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Приведена методика, которая позволяет на уровне инженерных расчетов получить предварительные результаты экономической эффективности от устранения ограничений скорости движения поездов.

Ключевые слова: максимальная скорость, радиус кривой, ограничение скорости, эксплуатационные расходы, инвестиционные расходы, экономическая эффективность

A. A. BOSOV, M. B. KURGAN, D. M. KURGAN, S. Y. BAYDAK

ESTIMATION OF ECONOMIC EFFICIENCY FROM RESTRICTIONS ELIMINATION OF SPEED MOVEMENT OF TRAINS

The technique which allows to receive at level of engineering calculations preliminary results of economic efficiency from elimination of restrictions for speed movement of trains is resulted.

Keywords: maximum speed, curve radius, restriction of speed, working costs, investment expenses, economic efficiency