

ОРГАНІЗАЦІЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РУХОМОГО СКЛАДУ З ПРИМУСОВИМ НАХИЛОМ КУЗОВА ВАГОНІВ

Проведений аналіз і визначена сфера застосування рухомого складу з примусовим нахилом кузова вагонів.

Проведен анализ и установлена сфера применения подвижного состава с принудительным наклоном кузова вагонов.

An analysis has been conducted and the scope of usage has been established of rolling stock with a forced car body tilt.

Сучасний стан і перспективи створення вітчизняного рухомого складу

Інтеграція України в європейське співтовариство створює передумови до значного зростання обсягів пасажирських і вантажних перевезень. За цих умов до транспорту пред'являються принципово нові вимоги. Радикальним заходом, що забезпечує внутрішні і міжнародні пасажирські перевезення, є створення швидкісної мережі залізничних магістралей з виходом на європейську мережу і країни СНД [1].

Якщо організація швидкісного руху (161...200 км/год) для України найближча перспектива, то впровадження прискореного руху (140...160 км/год) – це уже минуле. У 2002 р. було відкрито рух денних експресів на напрямку Київ–Харків, у 2003 р. денні експреси були впроваджені на ділянці Київ–Дніпропетровськ, а з 1 серпня 2005 р. між Києвом і Москвою курсує «Столичний експрес». У січні 2006 р. відкрив-

ся рух денних експресів між Кременчугом і Києвом. Найближчим часом з використанням прискорених денних поїздів столиця буде зв'язана з усіма основними регіонами України.

На вищевказаних напрямках найбільша маршрутна швидкість становить 90...92 км/год, що в 1,3...1,5 разу нижче ніж у сусідніх країнах. Досягти більшої маршрутної швидкості тільки за рахунок перерозподілу поїздопотоків на мережі, вдосконалення графіка руху поїздів, раціонального використання наявних технічних засобів (організаційно-технологічні заходи) неможливо, а тому необхідно впроваджувати більш дорогі заходи – модернізацію залізниці, що включає заміну верхньої будови колії, дефектних штучних споруд та інших пристроїв залізниці, перебудову кривих. Вартість таких заходів залежить від рівня встановленої максимальної швидкості та інших характеристик того чи іншого напрямку (рис. 1, 2).

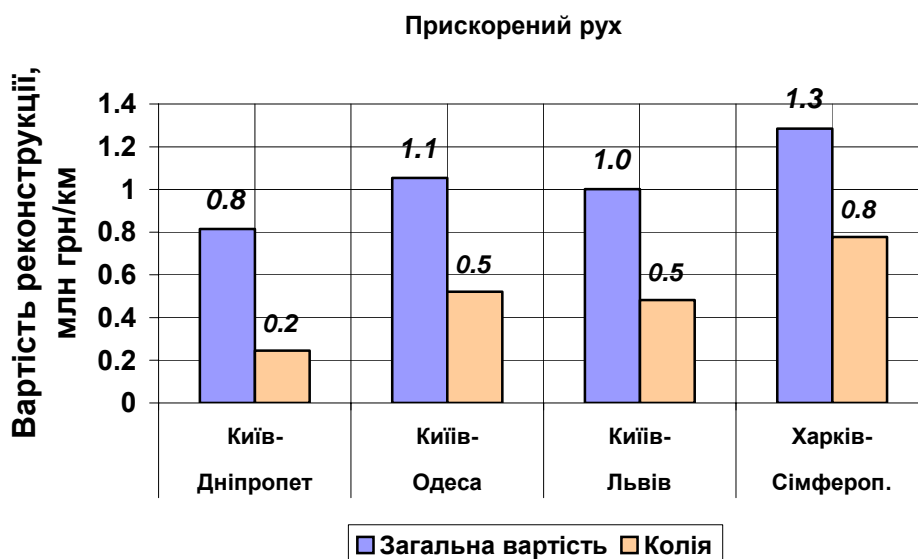


Рис. 1. Вартість реконструкції залізниці для впровадження прискореного руху поїздів

Швидкісний рух

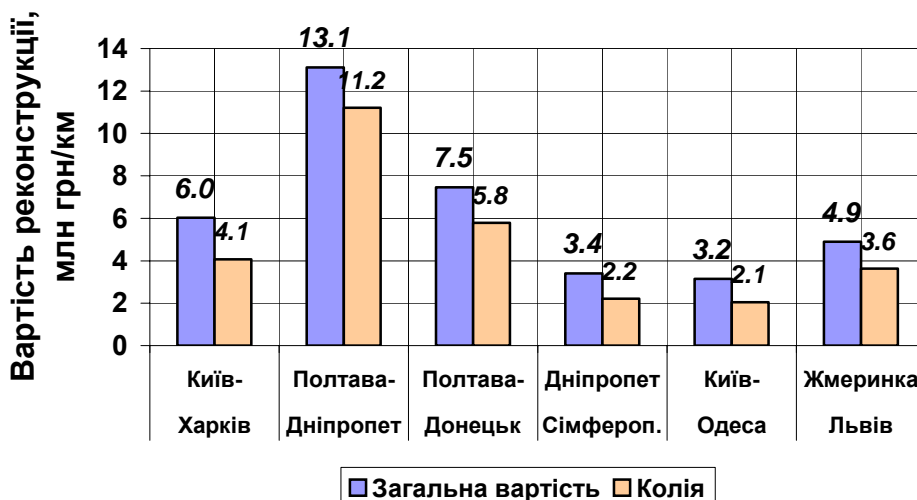


Рис. 2. Вартість реконструкції залізниці для впровадження швидкісного руху поїздів

Як видно з наведених гістограм, що побудовані за даними Укрзалізниці, перехід на швидкісний рух потребує на порядок більших капітальних вкладень.

Серед пріоритетних напрямків модернізації залізниць на наступні роки названі відновлення колійного господарства і рухомого складу [2]. Передбачено у 2006 р. виконати 1 200 км, у 2007 р. – 1 500 км капітально-відновлювального ремонту колії.

Через загальне обмеження інвестицій у розвиток транспортного машинобудування проблема оновлення парку тягового рухомого складу буде вирішуватися за такими основними напрямками: підвищення ефективності використання існуючого рухомого складу, розробка і закупівля рухомого складу нового покоління [3].

Перший напрямок. Передбачається на базі електровоза ДС3 у короткий термін розробити й виготовити універсальний восьмивісний двосистемний (постійно-змінного струму) вантажо-пасажирський електровоз типу ДС4 для експлуатації в складі швидкісних поїздів замість односистемних електровозів типу ЧС7 і ЧС8.

Електровоз ДС4 зможе вести по транспортних коридорах залізниць України пасажирські поїзди далекого прямування (20...24 вагонів) зі швидкістю до 160 км/год, контейнерні й контейнерні – до 140 км/год. При цьому електровоз ДС4 проходитиме увесь транспортний коридор без відчеплення від поїзда й без зупинок на станціях стикування різних систем струму, що дозволить значно збільшити маршрутні швидкості та скоротити час руху поїздів. Завдяки універсальності та можливості роботи на вели-

ких тягових плечах (більше 1 000 км), цей електровоз матиме у 1,5...2 рази вищу продуктивність, ніж односистемні електровози. Це означає, що для заданого обсягу перевезень пасажирів або вантажів буде потрібна менша кількість електровозів. При цьому слід зазначити, що вартість однієї секції електровоза ДС4 буде всього на 3,2 % вища за вартість односистемного електровоза ДС3 (22,8 млн грн). Крім того, кожна секція електровоза ДС4 зможе працювати як самостійний чотиривісний локомотив, а на з'єднання та роз'єднання секцій буде витрачатися всього кілька хвилин.

Використання двосистемного електровоза ДС4 у пасажирському русі в напрямку Київ–Крим дозволить без додаткових витрат вирішити проблему стикування ділянок Київ–П'ятихатки (змінний струм) з П'ятихатки–Дніпропетровськ–Сімферополь (постійний струм), а також на ділянках Київ–Львів (змінний струм) і Львів–Мостиська (постійний) та інших напрямках.

У 2005 р. на «Лугансктепловоз» створено перший вітчизняний тепловоз ТЕП 150, який проходить випробування на ділянці Сімферополь–Інкерман-П і може розвивати швидкість до 160...180 км/год на прямих ділянках колії [4]. Проїшла презентація першого дослідного зразка вантажного електровоза 2ЕЛ5. Цей локомотив розроблений «Лугансктепловозом» разом з Новочеркаським електровозобудівним заводом [5]. Оснащення електровоза сучасною кабіною зменшує опір руху і сприяє підвищенню швидкості до 120 км/год.

Оновлення парку вагонів та локомотивів дозволить здійснити пріоритетну програму Укрзалізниці з розвитку швидкісного руху.

Другий напрямок – це закупівля чи виробництво в Україні рухомого складу з примусовим нахилом кузовів вагонів. Перевага таких поїздів полягає в тому, що за рахунок конструктивної особливості вони здатні з більш високими швидкостями, ніж звичайний рухомий склад, проходити криві ділянки.

З досвідом впровадження швидкісного руху з застосуванням поїздів типу Pendolino на залізницях Фінляндії представники Укрзалізниці ознайомились ще в 2003 р. і надали пропозиції провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження на залізницях України поїздів з вагонами, що обладнані пристроями нахилу кузова. У тому ж році в нашу країну прибули італійські фахівці з метою вивчити можливість експлуатації поїздів з нахилом кузовів вагонів на залізницях України. Пізніше, у 2005 р. була поставлена конкретна задача – проаналізувати можливість впровадження швидкісних поїздів типу Pendolino на ділянках Київ–Полтава–Харків і Київ–Дніпропетровськ–Донецьк.

Італійський поїзд Pendolino має в складі вагони першого класу, бізнес-класу і вагон для перевезення інвалідів. Бортовий комп'ютер керує рухом поїзда, швидкістю, зупиняє його і т. д., а на машиністів покладений контроль. Такий поїзд коштує до 25 млн євро. Якщо ж буде налагоджене аналогічне виробництво в Україні, то коштуватимуть вони значно менше. Ство-

рення проекту фінансується двома державами – Італією й Україною. Якщо цей проект буде реалізовано на практиці, то щоб доїхати з Харків до Києва знадобиться всього три години вважає представник італійських залізничних компаній NB Progetti і ICQSE Луіджі Джуліані [6].

Щоб підтвердити чи спростувати наведені вище дані, необхідно визначити ефект від застосування поїздів з примусовим нахилом кузовів вагонів. У роботі [7] наводяться дані щодо можливості збільшення швидкості (ΔV) на напрямку Берлін–Мюнхен: на ділянках Ерланген–Ліхтенфельс $\Delta V = 0$, Ліхтенфельс–Хохштадт–Марктцойльн $\Delta V = 10$ км/год, Хохштадт–Марктцойльн–Заальфельд – $\Delta V = 40$ км/год. З цього прикладу видно, що висновки щодо збільшення швидкості руху поїздів типу Pendolino і скорочення часу руху можна робити тільки після детальних досліджень конкретних ділянок.

Аналіз залізничних напрямків

У процесі вирішення поставленої задачі був досліджений вплив параметрів плану і типу рухомого складу (українського й закордонного) на рівень маршрутної швидкості. У даній роботі оцінюються дві різних, але з точки зору кінцевих пунктів однакових ділянок: Київ–Полтава–Дніпропетровськ (північний напрямок) і Київ–П'ятихатки–Дніпропетровськ (південний напрямок), рис. 3.

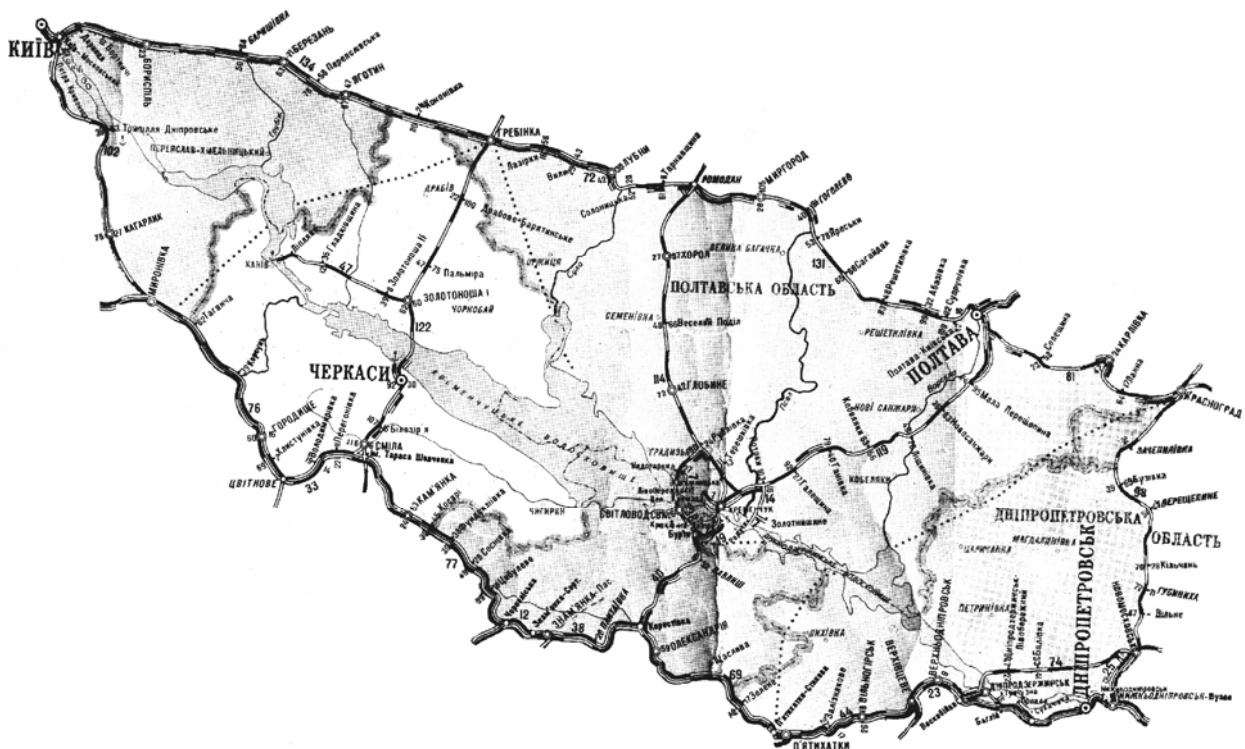


Рис. 3. Схеми північного Київ–Полтава–Дніпропетровськ і південного Київ–П'ятихатки–Дніпропетровськ напрямків

Частки одноколіїних, двоколіїних і електрифікованих ділянок від експлуатаційної довжини напрямків наведені в табл. 1.

Щоб урахувати частоту розташування кривих, їхні параметри і взаємний вплив, а також крутизну підйомів на поздовжньому профілі,

напрямки, що досліджуються, були розбиті на окремі ділянки. Гістограми розподілу уклонів поздовжнього профілю і радіусів кривих для північного напрямку наведені на рис. 4 і 5, а для південного напрямку – відповідно на рис. 6 і 7.

Таблиця 1

Технічне оснащення напрямків

Ділянка	Довжина, км	Частка від експлуатаційної довжини, %		
		одноколіїних	двоколіїних	електрифікованих
Північний напрямок				
Київ–Полтава	338,0	31,9	68,1	100,0
Полтава–Красноград–Дніпропетровськ	207,8	59,0	41,0	16,2
Південний напрямок				
Київ–Миронівна–Дніпропетровськ	531,0	20,3	79,7	100,0

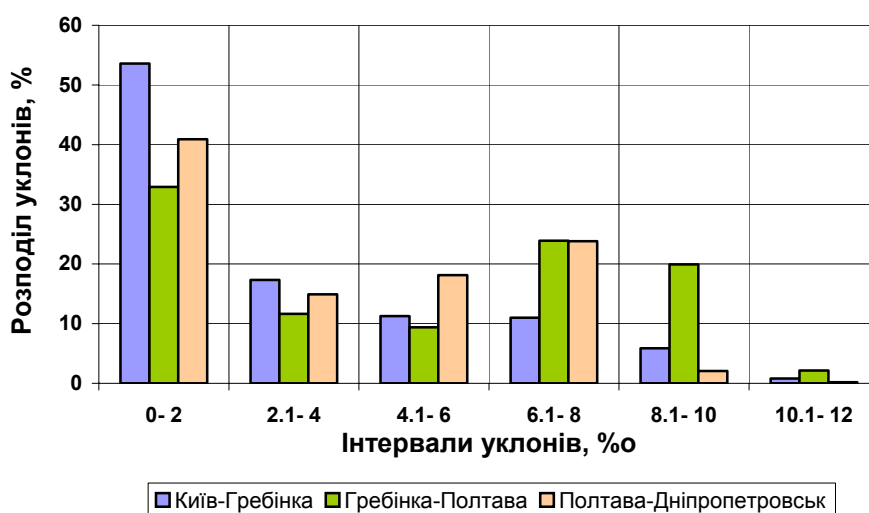


Рис. 4. Гістограма розподілу уклонів поздовжнього профілю на напрямку Київ–Полтава–Дніпропетровськ

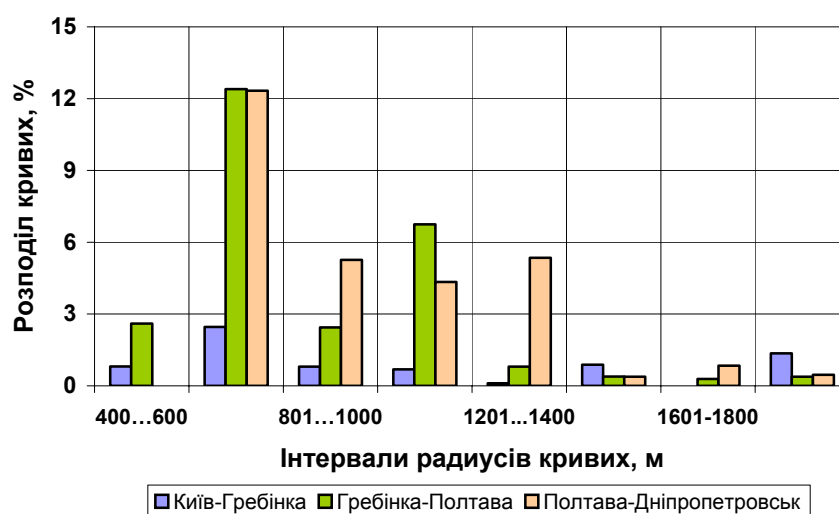


Рис. 5. Гістограма розподілу радіусів кривих на напрямку Київ–Полтава–Дніпропетровськ

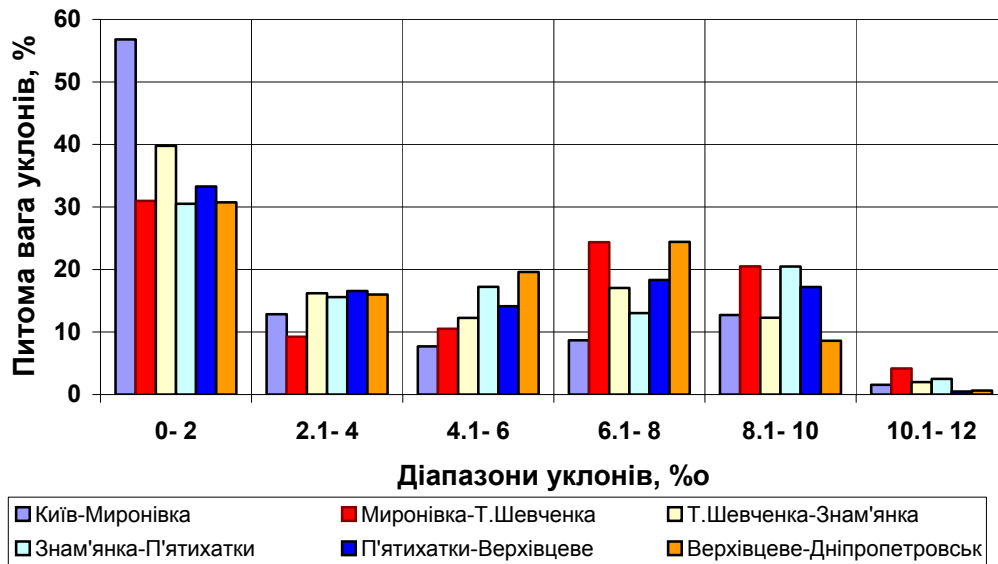


Рис. 6. Гістограма розподілу уклонів поздовжнього профілю на напрямку Київ–П'ятихатки–Дніпропетровськ

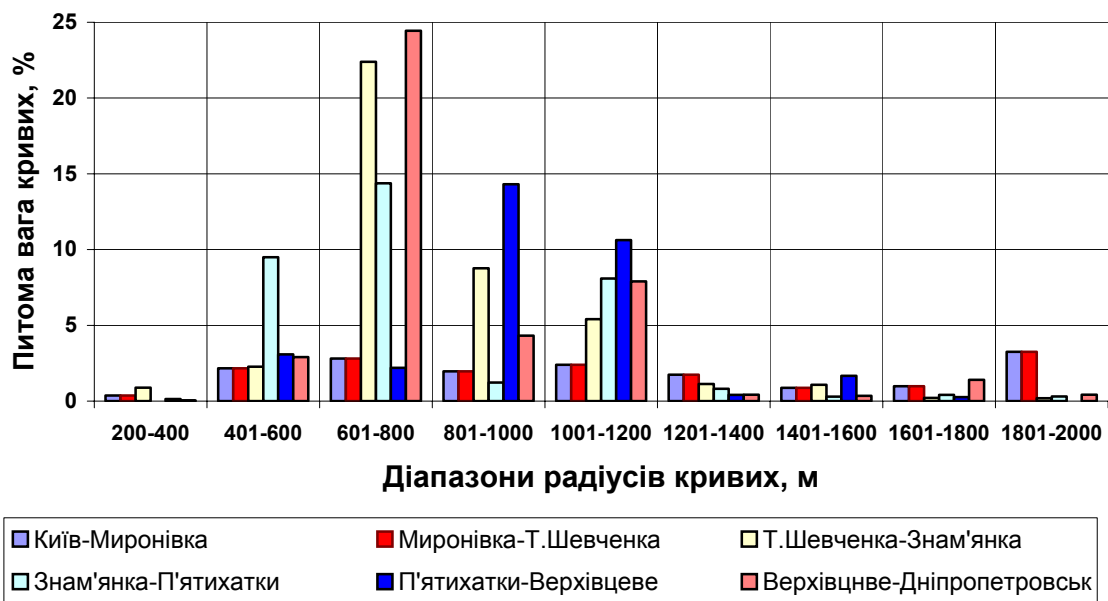


Рис. 7. Гістограма розподілу радіусів кривих на напрямку Київ–П'ятихатки–Дніпропетровськ

Аналіз параметрів профілю показав, що при рухомому складі масою, що прийнята для поїздів типу Pendolino – до 500 т, круті уклони практично не обмежують максимальну швидкість руху ($V = 160$ км/год забезпечується на підйомах до 10 %, $V = 200$ км/год – на підйомах до 5 %).

Оскільки переваги таких поїздів найбільше проявляються в кривих, то для дослідження цього питання були визначені основні харак-

теристики плану лінії (табл. 2). З рис. 5, 6 і табл. 2 випливає, що за параметрами плану ділянки Київ–Гребінка і Київ–Миронівка можна віднести до найбільш придатних для організації швидкісного руху. Сумарна протяжність кривих становить відповідно 10,0 і 17,5 %. Інші ділянки є досить складними. Наприклад, на ділянці Миронівка–Т. Шевченка сумарна протяжність кривих 48,2 %, у т. ч. радіусом до 1 600 м – 42,1 %.

Характеристики плану ділянок, що досліджуються

Ділянки	$\sum K$, км	$\sum \alpha$ / км, град.	$R_{сер}$, м	$\gamma_{R<1600}$, %
Північний напрямок				
Київ–Гребінка	14,9	4,95	1 162	5,8
Гребінка–Полтава	59,2	21,00	867	25,4
Полтава–Дніпропетровськ	42,7	16,68	688	20,0
Південний напрямок				
Київ–Миронівка	18,9	7,86	1 280	12,3
Миронівка–Т. Шевченка	52,3	22,98	1 202	42,1
Т. Шевченка–Знам'янка	41,0	27,63	926	41,9
Знам'янка–П'ятихатки	36,9	22,23	924	34,3
П'ятихатки–Верхівцеве	17,8	18,65	1 118	32,4
Верхівцеве–Дніпропетровськ	33,0	28,12	946	40,4

Методика дослідження

Методика дослідження полягає в застосуванні розробленої на кафедрі «Проектування і будівництво доріг» ДШТУ тягово-експлуатаційної моделі. Така модель дозволяє встановлювати підвищення зовнішньої рейки в кривих і відповідну довжину

перехідних кривих, визначати допустиму швидкість руху, виконувати тягові розрахунки, а також оцінювати комфортабельність їзди (табл. 3).

В табл. 4 наведені результати, що були отримані з використанням тягово-експлуатаційної моделі.

Таблиця 3

Структурна схема тягово-експлуатаційної моделі

Виконання операцій	Пояснення
1. Розрахунки підвищення зовнішньої рейки і корегування довжини перехідних кривих	Може бути змінено підвищення зовнішньої рейки відносно існуючого і відкоригована довжина перехідних кривих залежно від швидкості, яку необхідно забезпечити після реконструкції ділянки залізниці (перехідні криві подовжуються, якщо достатня довжина прямих ділянок колії, що примикають)
2. Розрахунки допустимої швидкості руху поїзда	Результатами розрахунків є допустимі швидкості руху на кожній кривій з встановленням причин, що обмежують швидкість
3. Тягові розрахунки	Виконуються розрахунки з використанням параметрів поздовжнього профілю, плану лінії, характеристик рухомого складу, обмежень швидкості на станціях і інших «бар'єрних» місцях
4. Аналіз комфортабельності їзди	Визначається векторна сума горизонтальних, вертикальних і поздовжніх прискорень, що діють на пасажирів у поїзді, і коефіцієнт комфорту пасажира [8]

Середня швидкість і розкид швидкості руху, км/год, в непарному напрямку

Ділянки	ДСЗ		Pendolino		Співвідношення, %	
	Середня швидкість	Розкид швидкості	Середня швидкість	Розкид швидкості	Середня швидкість	Розкид швидкості
Північний напрямок						
Київ–Гребінка	135,2	30,4	136,8	28,0	1,2	7,9
Гребінка–Полтава	102,7	18,7	111,2	20,6	7,6	-10,2
Полтава–Дніпропетровськ	104,4	19,8	109,2	20,1	4,4	-1,5
Південний напрямок						
Київ–Миронівка	118,5	33,4	128,4	26,6	7,7	20,4
Миронівка–Т. Шевченка	99,5	27,4	107,8	25,3	7,7	7,7
Т. Шевченка–Знам'янка	93,6	25,1	106,9	31,9	12,4	-27,1
Знам'янка–П'ятихатки	92,7	28,1	105,3	26,8	12,0	4,6
П'ятихатки–Верхівцеве	110,5	31,0	117,0	31,3	5,6	-1,0
Верхівцеве–Дніпропетровськ	85,9	21,5	92,5	20,4	7,1	5,1

З аналізу даних табл. 4 видно, що найбільше зростання швидкості руху в процесі впровадження рухомого складу з примусовим нахилом кузовів вагонів досягається на північному напрямку на ділянці Гребінка–Полтава (середня швидкість руху зростає на 7,6%), на південному напрямку – на ділянках Т. Шевченка–Знам'янка–П'ятихатки (більше 12%) і Київ–Миронівка–Т. Шевченка (7,7%).

Порівняння отриманих результатів з характеристиками плану ділянок (см. табл. 2) показує, що між середнім радіусом ($R_{сер}$) і пито-

мою вагою кривих радіусів до 1 600 м ($\gamma_{R<1600}$), що обмежують максимально допустиму швидкість 160 км/год, немає прямої залежності, а тому визначити за цими показниками напрямки, чи навіть окремі ділянки, де впровадження поїздів типу Pendolino буде найбільш ефективним, неможливо. У попередніх дослідженнях [9] було показано, що різниця швидкості руху існуючого рухомого складу і Pendolino залежить від радіуса кривої. Для прикладу наведені дані для ділянки Гребінка–Полтава (рис. 8).

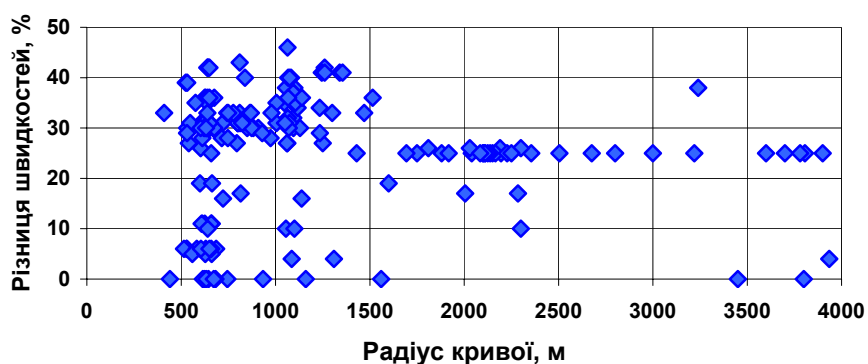


Рис. 8. Різниця швидкості руху для рухомого складу з примусовим нахилом кузова вагонів і існуючого залежно від радіусу кривої на ділянці Гребінка–Полтава

З рис. 8 видно, що найбільша різниця у швидкості руху (до 30...40%) може бути в кривих радіусом до 1 200 м. В кривих більших радіусів швидкість руху підвищується в середньому на 25% у порівнянні з існую-

чими поїздами. Крім радіуса кривих слід аналізувати й інші параметри, від яких залежить допустима швидкість руху поїздів. Зростання швидкості в кожній окремо розглянутій кривій залежить також від встановленого

підвищення зовнішньої рейки і крутизни його відводу.

Розглянемо сполучені криві на ділянці Київ–Миронівка (км 57–58) з радіусами 794, 847, 725 і 877 м, існуючим підвищенням 70 мм і перехідними кривими відповідно 70 і 60 м. З використанням тягово-експлуатаційної моделі встановлено, що максимально допустима швидкість для ДСЗ становить 105 км/год (табл. 5) і визначається за формулою

$$V = 3,6 \sqrt{R \left([\alpha_{\text{нп}}] + \frac{g}{S} h_p \right)}, \quad (1)$$

де R – існуючий радіус кривої, м; h_p – розрахункове підвищення зовнішньої рейки, мм; $[\alpha_{\text{нп}}]$ – допустиме непогашене прискорення в круговій кривій, м/с^2 ; S – відстань між осями головок рейок, $S = 1600$ мм; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Таблиця 5

Допустима швидкість руху по кривих (км 57–58)

Тип елемента	Початок елемента	Довжина, м	Радіус, м	Підвищення, мм	Швидкість, км/год	Обмеження швидкості
пряма	57+645	195	–	–	–	–
перехідна	70	–	–	–	105	За формулою (1) $R = 725$ м, $h = 70$ мм, $\alpha_{\text{нп}} = 0,7 \text{ м/с}^2$
кругова	57+840	210	794	70	–	
кругова	58+050	70	847	70	–	
кругова	58+120	55	725	70	–	
кругова	58+175	35	877	70	–	
перехідна	60	–	–	–	–	
пряма	58+210	2847	–	–	–	–

У сучасних екіпажах, що при проходженні кривої мають примусовий крен усередину кривої на кут γ , допустима швидкість збільшується завдяки уведенню в формулу (1) підвищення

$$\Delta h = \frac{\pi \cdot S \cdot \sin \gamma}{180},$$

що є додатковою компенсацією непогашеного прискорення. За цих умов допустима швидкість для Pendolino становитиме не більше 120 км/год, бо обмежується крутизною відводу підвищення зовнішньої рейки 1,2 ‰. Подальшого зростання швидкості можна досягти за рахунок збільшення підвищення зовнішньої рейки і відповідного подовження перехідних кривих (табл. 6).

Таблиця 6

Допустимі швидкості руху при збільшенні підвищення зовнішньої рейки і подовженні перехідних кривих

Підвищення, мм	Допустима швидкість, км/год							
	ДСЗ				Pendolino			
	При мінімальній довжині перехідних кривих, м							
	60	80	100	120	60	80	100	120
70	105	105	105	105	120	145	145	145
80	105	105	105	105	105	135	145	145
90	95	110	110	110	95	120	145	145
100	85	110	110	110	85	110	135	145
110	75	100	115	115	75	100	125	145
120	70	95	115	115	70	95	115	145

Однак подовження перехідних кривих приводить до зміщення осі колії. Найбільше зміщення $S_{\text{пер}}$ по бісектрисі можна розрахувати за формулою

$$S_{\text{пер}} = \frac{1}{24R} (2l_{\text{суц}} + \Delta l) \Delta l, \quad (2)$$

де $\Delta l = l_{\text{пр}} - l_{\text{існ}}$; $l_{\text{пр}}$; $l_{\text{існ}}$ – довжина проекційної і існуючої перехідних кривих.

При $l_{\text{існ}} = 60$ м і $l_{\text{пр}} = 120$ м зміщення осі колії $S_{\text{пер}}$ у межах кругової кривої становить

0,6 м, що потребує уширення існуючого земляного полотна.

Наявність коротких перехідних кривих залізничної колії і крутих відводів підвищення зовнішньої рейки часто не дозволяють забезпечити високу швидкість руху навіть таких поїздів як Pendolino. Отже, висновок італійського фахівця Луїджі Джуліані [6], що від Дніпропетровська до Києва можна буде доїхати за три години є передчасним.

Результати виконаних нами розрахунків наведені в табл. 7.

Таблиця 7

Середня маршрутна швидкість руху за напрямками

Напрямок	Довжина, км	Час руху, хв				Маршрутна швидкість, км/год	
		ДСЗ		Pendolino		ДСЗ	Pendolino
		туди	назад	туди	назад		
Київ–Полтава–Дніпропетровськ	545,8	319	320	305	306	102	107
Київ–Миронівка–Дніпропетровськ	531,0	344	344	314	316	93	101

Висновки

1. Проведене дослідження підтвердило переваги щодо застосування рухомого складу Pendolino у порівнянні з вітчизняним рухомим складом для реалізації більш високих швидкостей руху. Так, при впровадженні рухомого складу з примусовим нахилом кузовів вагонів досягається більше скорочення часу руху: на південному напрямку Київ–Миронівка–Дніпропетровськ (у порівнянні з ДСЗ на 29 хв), на північному напрямку Київ–Полтава–Дніпропетровськ – на 15 хв. Отже, більше зростання швидкості там, де складніший план лінії: на північному напрямку – до 7,6 % (Гребінка–Полтава), на південному – до 12,4 % (Г. Шевченка–Знам'янка). У той же час прямої залежності між середнім радіусом і питомою вагою кривих радіусів до 1 600 м, що обмежують максимально допустиму швидкість 160 км/год, немає.

2. У деяких закордонних роботах наводяться дані, що застосування рухомого складу з примусовим нахилом кузовів дозволяє скоротити час руху майже на 30 %. Таке ствердження не завжди вірне. Як показали розрахунки, виконані для залізниць України, визначальними факторами, що впливають на кінцевий результат, є фактичні радіуси кривих, величини розрахункового підвищення зовнішньої рейки, яка визначається в основному вантажними поїздами, і крутизна відводу підвищення. Короткі перехідні криві і круті відводи підвищення зовнішньої рейки, на-

явність складних (два і більше радіусів) і сполучених кривих (розподілених короткими прямими вставками) не дозволяють забезпечити високі швидкості руху без перебудови кривих.

3. Багаторічний досвід європейських країн, де вже впроваджені швидкісні електропоїзди з кузовами вагонів, що нахилиються, показав, а виконані нами розрахунки підтвердили висновок, що ефективність впровадження поїздів типу Pendolino має місце після інвестицій в інфраструктуру залізниць і перш за все в перебудову кривих, пов'язаних з коригуванням підвищення зовнішньої рейки й подовженням перехідних кривих.

4. Витрати енергії і потрібна потужність електропоїзда пропорційні швидкості у другому і третьому степені відповідно. При підвищенні швидкості на 10 % аеродинамічний опір збільшується на 20 %, а потрібна потужність на 30 %. Цим можна пояснити той факт, що реалізація більш високої швидкості Pendolino у порівнянні з існуючим рухомим складом веде до збільшення механічної роботи локомотива і до росту енергії, яка споживається. При скороченні часу руху близько 10 %, витрати електроенергії збільшуються на 6...13 %, а вартість пробігу поїзда зростає на 4...7 %.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Концепція державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005–2015 роки. – К., 2004. – 43 с.

2. Афтаназів З. С. Реформування галузі – вимога часу, а втрата темпу загрожує втратою конкурентоспроможності / Магістраль № 116–117, 4 листопада 2005 р. – С. 3–5.
3. Локомотивне господарство Українських залізниць: сьогодні і завтра // Залізничний транспорт України. – 2005. – № 1 – С. 53–54.
4. Танасиенко Т. Тепловоз нового покоління проходить испытання в локомотивном депо Джанкой / Приднепровская магістраль № 40, 14 октября 2005 г. – С. 1.
5. Генеральный директор Укрзалізници Василий Гладких: «Железнодорожники намерены покупать современные локомотивы у отечественных производителей» / Приднепровская магістраль № 4, 3 февраля 2006 г. – С. 1.
6. Павленко Н. В. Киев – за три часа / Приднепровская магістраль № 29, 29 июля 2005 г. – С. 6.
7. SIX CARS ELECTRIC PENDOLINO for Ukraine. Technical Description. Alstom. Savigliano. – 2003. – 18 p.
8. Leaflet 513. Guidelines for evaluationg passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles / Traction and Rilling Stock Committee. – P., 1999.
9. Зубко А. П. Аналіз можливості застосування рухомого складу з примусовим нахилом кузова вагонів при організації швидкісного руху / А. П. Зубко, І. П. Корженевич, М. Б. Курган, Д. М. Курган // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Видво Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – Вип. 4. – С. 156–164.

Надійшла до редколегії 20.10.2005.