

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

УДК 625.113:629.4.016.5

М. Б. КУРГАН<sup>1\*</sup>, Д. М. КУРГАН<sup>2</sup>, Н. П. ХМЕЛЕВСЬКА<sup>1</sup>, С. Ю. БАЙДАК<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Проектування і будівництво доріг», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс +38 (056) 373 15 48, ел. пошта kunibog@mail.ru

<sup>1</sup>Каф. «Проектування і будівництво доріг», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс +38 (056) 373 15 48

<sup>2</sup>Каф. «Колія та колійне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс. +38 (056) 373 15 42, ел. пошта kurgan@brailsys.com

### МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ПОЇЗДІВ НА СКЛАДНИХ ДІЛЯНКАХ ПЛАНУ ЗАЛІЗНИЦІ

**Мета.** Удосконалення способів визначення допустимих швидкостей руху на складних ділянках плану залізниці. **Методика.** Для досягнення мети дослідження використано математичне моделювання руху потоку поїздів і на його основі здійснено прогнозування середньозваженої швидкості й підвищення зовнішньої рейки на перспективу. **Результати.** Проведено аналіз випадків встановлення швидкостей руху в кривих ділянках колії. Параметри деяких кривих негативно впливають на комфортабельність їзди та інтенсивність розладу колії, а також на причини, що зумовлюють виникнення обмежень швидкості руху поїздів на залізницях України. Розроблено методику виконання розрахунків зі встановлення допустимих швидкостей руху поїздів і перевірено в кривих на реальних ділянках залізниць, де впроваджено прискорений рух поїздів. Розроблено пропозиції щодо автоматизації виконання розрахунків у дистанціях і службах колії з визначення допустимих швидкостей у кривих. **Наукова новизна.** Розроблено методику визначення допустимих швидкостей руху й підвищення зовнішньої рейки на складних ділянках плану залізниці. Запропонований підхід дозволяє отримувати раціональні рішення щодо перебудови плану з урахуванням місцевих умов. **Практична значимість.** Розроблена методика визначення допустимої швидкості в кривих була реалізована у вигляді програми DopShvid та апробована на реальних ділянках залізниць, де впроваджено прискорений рух поїздів.

**Ключові слова:** швидкість; залізничні криві; плавність руху; комфортабельність їзди; критерії; радіус кривої; перехідні криві; підвищення зовнішньої рейки

#### Вступ

Під час визначення допустимих швидкостей руху поїздів у кривих ділянках колії було виявлено недоліки, що вказують на необхідність коригування нині діючої методики [2, 10]. У зв'язку з неточністю початкового укладання і похибками подальших рихтувань кривих проєктні характеристики плану лінії найчастіше не витримуються і їх фактичні значення відрізняються від паспортних. Методи визначення параметрів кривих, що використовуються дистанці-

ями колії, недосконалі, адже на кінцевий результат впливають суб'єктивність, кваліфікація виконавця, інші фактори. Геометричні параметри кривих, зазначені на поздовжньому профілі, часто не відповідають фактичним даним [7].

Під час руху поїзда по кривій з встановленою швидкістю повинні забезпечуватися безпека й плавність руху та комфортабельність їзди. При правильно встановленій швидкості забезпечуються нормальні умови роботи залізничної колії, найменші поточні витрати на її

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

ремонт і утримання [10]. В той же час, бувають випадки, коли максимально допустима швидкість встановлена з порушенням певних вимог (рівень швидкості не задовольняє всім нормативним критеріям). Якщо для одиноких кривих таких порушень найменше, то на ділянках складного плану їх значно більше.

нуються як для одиноких кривих і основна увага приділяється трьом параметрам – радіусу, підвищенню зовнішньої рейки і крутизні його відводу.

Виконаний аналіз встановлення максимально допустимих швидкостей на складних ділянках плану виявив, що критерії, які впливають

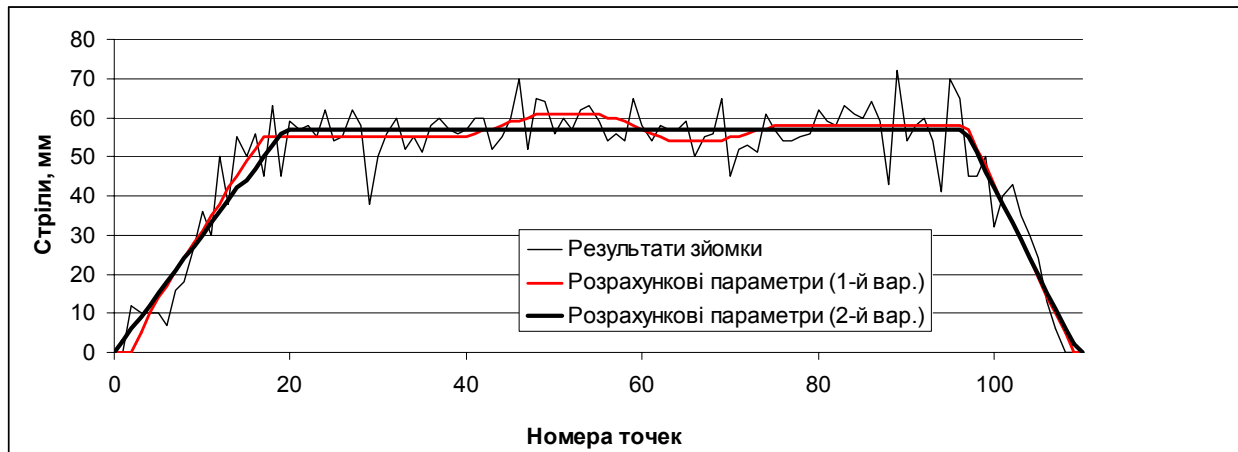


Рис. 1. Варіанти проектної кривої

Fig. 1. Variants of project curve

Якщо крива має суттєві відхилення в утриманні, може бути важко визначити її розрахункові параметри: радіус, довжини перехідних кривих, кількість кругових, на які доцільно поділяти криву. Наявність таких кривих на ділянці призводить до зменшення швидкості руху та, як наслідок, до збільшення часу руху по даній ділянці залізниці, збільшення експлуатаційних витрат [3, 8].

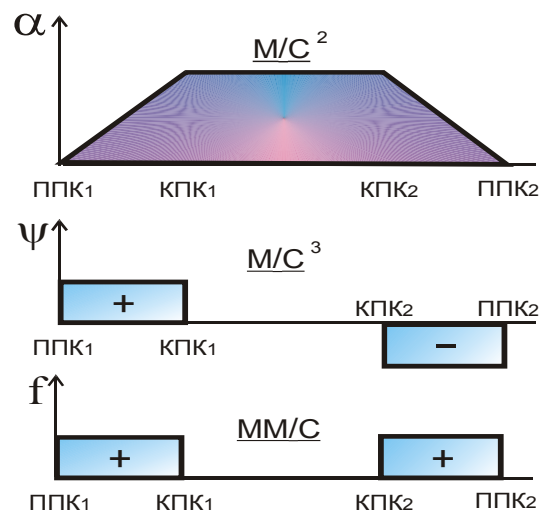
Відповідно до вимог п. 5.19 ДБН В.2.3-19-2008 [1] у разі перевлаштування кривих існуючої колії слід приймати постійні значення радіусів по всій довжині кругової кривої. У важких умовах допускається зберігати радіуси різних значень з урахуванням динаміки, тобто різниці в кривизні.

На рис. 1 наведено два варіанти визначення розрахункових параметрів проектної кривої (1-й – чотирирадіусна крива, 2-й – однорадіусна), які дають різні результати щодо оцінки стану кривої, обсягів рихтувальних робіт і, в остаточному підсумку, різну величину допустимої швидкості руху.

Розрахунки в дистанціях колії часто виконуються за спрощеною схемою, тобто для складових і сполучених кривих розрахунки вико-

на плавність і комфортабельність руху не враховуються повною мірою. Такий підхід не допустимий, особливо у разі впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів.

На рис. 2 наведено критерії  $\alpha_{\text{нп}}$ ,  $\psi$ ,  $f$ , за якими визначається допустима швидкість руху в одиноких кривих.

Рис. 2. Межі дії критеріїв  $\alpha_{\text{нп}}$ ,  $\psi$ ,  $f$ Fig. 2. Limits of criteria  $\alpha_{\text{нп}}$ ,  $\psi$ ,  $f$

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

У випадку наявності складових (багаторадіусних) і сполучених (розділених короткою прямою вставкою) необхідно визначати допустимі швидкості ще й за параметрами сполучення [10]. До експлуатації приймається найменша швидкість із всіх можливих варіантів, тобто  $V_{\min} = \min\{V^{(i)}, V^{(\psi)}, V^{(\alpha)}\}$ .

Задача визначення допустимої швидкості руху в кривих є складовою багатогранною науковою проблемою і описується у такому різноманітті: складові (багаторадіусні) криві; сполучені криві, розділені короткими прямими вставками; вірогідність вихідних даних; відступи в утриманні кривих та ін.

Вивченню цих складових присвячена не одна наукова праця в країнах СНД [2, 5, 6, 9–11] і за кордоном [12–14] як у теоретичному, так і в експериментальному напрямках.

В ЦП-0236 [10] методика визначення допустимих швидкостей руху по сполученням кривих викладена стисло. Тому при наявності складних сполучень кривих важко правильно визначити необхідний розрахунковий випадок, відповідні критерії та розрахункові формули й отримати вірний результат. Статистика підтверджує, що велика кількість сполучень кривих на залізницях України у деяких випадках призводить до недоцільного обмеження швидкостей руху або, навпаки, до їх завищення і, як наслідок, до погіршення комфортабельності руху поїздів та швидкого розладу колії.

### Мета

Метою роботи є удосконалення способів визначення допустимих швидкостей руху на складних ділянках плану залізниці. Результатом дослідження у першу чергу повинна стати методика для виконання практичних розрахунків. Скорочення обсяг виконання розрахунків в дистанціях і службах колії дозволить усунути низку зауважень, що стосуються визначення допустимих швидкостей руху в кривих.

### Методика

Оскільки збільшення швидкості на залізниці передбачає підвищені вимоги щодо якості проведення робіт з виправки й утримання кривих, необхідні нові підходи до розрахунків проектних параметрів плану та встановлення макси-

мально допустимої швидкості руху поїздів. Ті допущення, що були прийняті раніше й слабо впливали на показники руху поїздів при швидкостях 100–120 км/год, потребують або зміни, або відповідного корегування при швидкостях 160 км/год і більше.

При встановленні максимальної швидкості необхідно враховувати, що витрати на забезпечення того чи іншого рівня швидкості не повинні перевищувати доходи від її реалізації. Складність управління цим процесом викликає необхідність застосування системного підходу до вирішення поставленого завдання за схемою, яка наведена на рис. 3.

Діагностика – це система заходів, після проведення яких визначається фактичний стан колії в плані, параметри кривих та ін.

Моніторинг – інформаційне забезпечення, що включає характеристики параметрів плану, поздовжнього профілю, земляного полотна, стан колії, осьове навантаження, швидкості руху поїздів різних категорій, в тому числі співвідношення швидкості вантажних і пасажирських поїздів. Тобто, це аналіз інформації, що отримана в ході діагностики.

Прогноз – передбачає можливості зміни системи на основі моніторингу певної ділянки залізниці.

Рішення – це розробка управлінських дій щодо зміни самої системи.

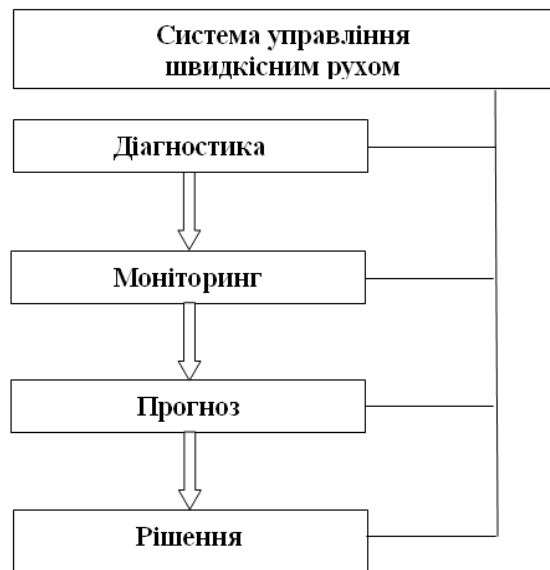


Рис. 3. Конфігурація системи

Fig. 3. System configuration



## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

Послідовність виконання розрахунків:

1. Встановлюються типи сполучень в точках зміни кривизни кривої.

2. Вибирається тип сполучення (відповідно до класифікації).

3. Вводяться вихідні дані.

4. Визначається мінімальна допустима швидкість  $V_{\min} = \min \{V^{(l)}, V^{(p)}, V^{(a)}\}$ .

5. Розглядаються варіанти (у разі потреби) щодо підвищення максимальної швидкості за умови перебудови кривої.

Пройти шлях від діагностики до прийняття рішення і надати, по-перше, рекомендації щодо визначення допустимої швидкості руху поїздів на складних ділянках плану залізниць, по-друге, розробити пропозиції щодо корегування параметрів кривих для реалізації максимально можливої швидкості, забезпечивши безпеку, плавність і комфортабельність їзди. В умовах українських залізниць проблеми швидкості в двох третинах випадків пов'язані не з радіусом, а з довжиною перехідних кривих і прямих вставок між суміжними кривими. Отже, основну увагу слід приді-

ляти суміжним кривим, які підпадають до категорії залежних, одна з яких впливає на умови руху поїзда по іншій [11]. Для вирішення такого завдання була запропонована методика визначення допустимої швидкості руху поїзда на ділянках складного плану, що передбачає покрокове виконання розрахунків залежно від типу сполучень в точках зміни кривизни кривої (рис. 4).

## Результати

Методика визначення допустимої швидкості в кривих була реалізована у вигляді програми DopShvid і апробована на реальних ділянках залізниць, де впроваджено прискорений рух поїздів.

На рис. 5 наведено параметри чотирирадіусної кривої на перегоні Боярський–Лазірки (км 148) Південної залізниці.

На рис. 6 наведено графік кривизни, використання якого дозволяє виділити п'ять місць сполучення кривих, які за класифікацією, що наведена на рис. 4, відносяться до першого й шостого типів.



Рис. 5. Вихідні параметри складової кривої

Fig. 5. Output parameters of curve component

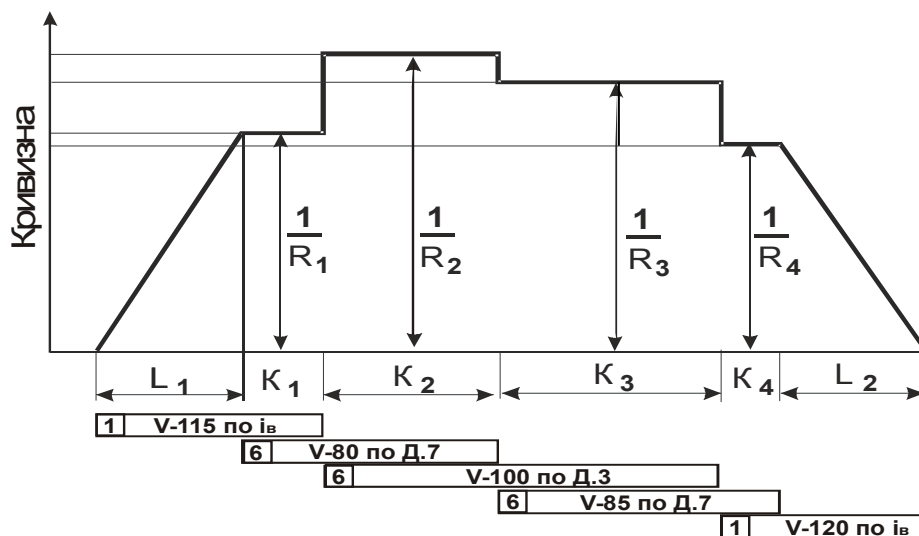


Рис. 6. Графік кривизни існуючої кривої

Fig. 6. Curvature graphic of the current curve

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

Сполучення 1: пряма-перехідна крива-кругова крива (рис. 7)

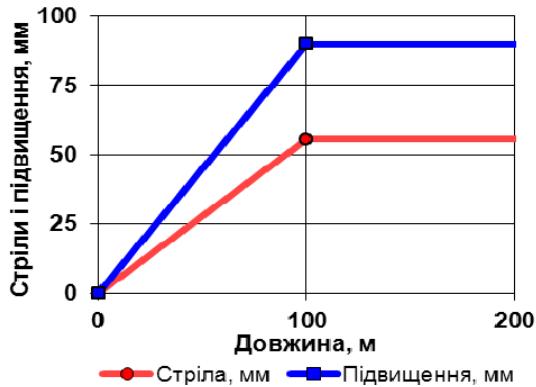


Рис. 7. Графіки стріл і підвищень у сполученні 1

Fig. 7. Graphs of turnouts and elevations in communication 1

У цьому випадку визначається допустима швидкість руху у межах перехідної кривої за двома критеріями: за крутизною відводу підвищення ( $V^{(i)} = 114$  км/год), за швидкістю зміни непогашеного прискорення ( $V^{(\psi)} = 149$  км/год). Допустима швидкість в круговій кривій дорівнює  $V^{(\alpha)} = 120$  км/год (табл. 1).

Таблиця 1

**Допустимі швидкості в кривій по сполученню 1**

Table 1

**Permissible speeds in curve on communication 1**

Параметри	Значення
Перехідна крива	
Довжина перехідної кривої, м	100
Ухил відводу підвищення, мм/м	1
Параметр $C = R L$	м <sup>2</sup>
Доп. швидкість по $i_b$ , км/год	114
Доп. швидкість по $\psi$ , км/год	149
Кругова крива	
Радіус кругової кривої, м	840
Підвищення зовнішньої рейки, мм	100
Доп. швидкість по $\alpha_{\text{нп}}$ , км/год	120
Доп. швидкість прийнята*, км/год	115

\* – приймається кратно 5 км/год

Сполучення 6: кругові криві без прямої вставки спрямовані в одну сторону (рис. 8)

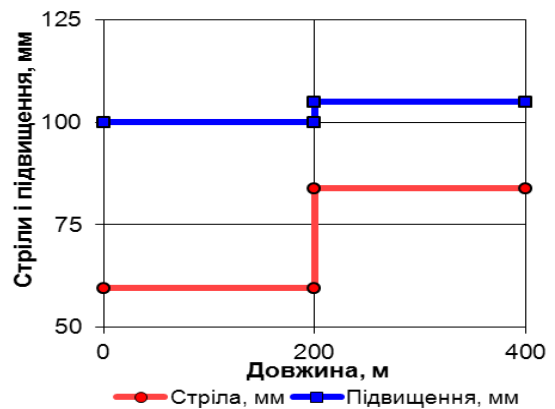


Рис. 8. Графіки стріл і підвищень у сполученні 6

Fig. 8. Graphs of turnouts and elevations in communication 6

Таблиця 2

**Допустимі швидкості в кривій по сполученню 6**

Table 2

**Permissible speeds in curve on communication 6**

Параметри	Значення
Перша кругова крива	
Радіус кругової кривої, м	840
Підвищення зовнішньої рейки, мм	100
Різниця кривизни $k = \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}$	$\frac{1}{2\ 052}$
Доп. швидкість по Д.7, км/год	82
Друга кругова крива	
Радіус кругової кривої, м	596
Підвищення зовнішньої рейки, мм	105
Доп. швидкість по Д.3, км/год	88
Доп. швидкість прийнята, км/год	80

Допустима швидкість визначається за формулами Д.3 (використовується критерій  $\alpha_{\text{нп}}$ )  $V^{(Д.3)} = 88$  км/год і Д.7 (за критерієм зміни непогашеного прискорення  $\psi$ ),  $V^{(Д.7)} = 82$  км/год. Формули Д.3, Д.7 відповідають табл. Д.1 ЦП-0236. Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Аналогічно за програмою DorShvid виконані розрахунки по інших сполученнях і результати наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Допустима швидкість в чотирирадіусній кривій за існуючими параметрами (Південна залізниця)

Table 3

Permissible speed in 4-radius curve according to existing parameters (Southern Railway)

Показники	Допустима швидкість за сполученнями, км/год				
	1	2	3	4	5
Номер сполучення	1	2	3	4	5
Тип сполучення	1	4	4	4	1
Причина обмеження	$i_v$	за форм. Д.7	за форм. Д.3	за форм. Д.7	$i_v$
Швидкість, км/год	1	2	3	4	5

За максимально допустиму швидкість приймається  $V = 80$  км/год.

Запропонована методика дозволяє не тільки визначати допустимі швидкості на складних ділянках плану, а й надавати рекомендації, як при мінімальних витратах на корегування параметрів кривих можна збільшити швидкість. З цією метою була виконана оптимізація кривої за програмою RWPlan [4] за умови мінімізації робіт з рихтування кривої. Параметри кривої наведені на рис. 9.

На рис. 10 наведено графік кривизни, на якому виділено п'ять місць сполучення кривих, які за класифікацією (рис. 4), відносяться до першого й сьомого типів.

Визначається допустима швидкість руху у межах кожної кругової кривої  $V^{(\alpha)}$ , що враховує критерій  $\alpha_{нп}$ , потім на ділянці перехідної кривої, що сполучає кругові: за крутизною відводу підвищення  $V^{(i)}$  і за швидкістю зміни непогашеного прискорення  $V^{(\psi)}$  (див. табл. 4).

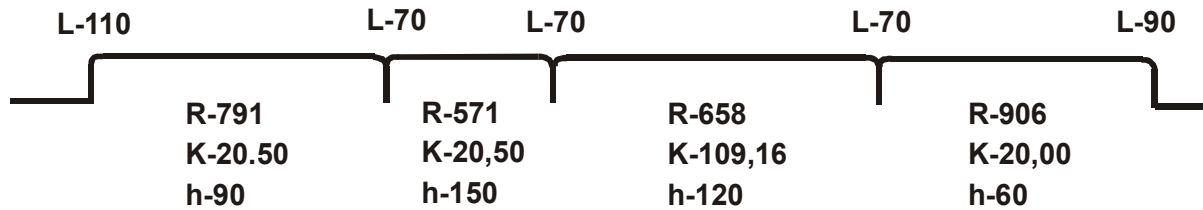


Рис. 9. Проектні параметри складової кривої

Fig. 9. Project parameters of component curve

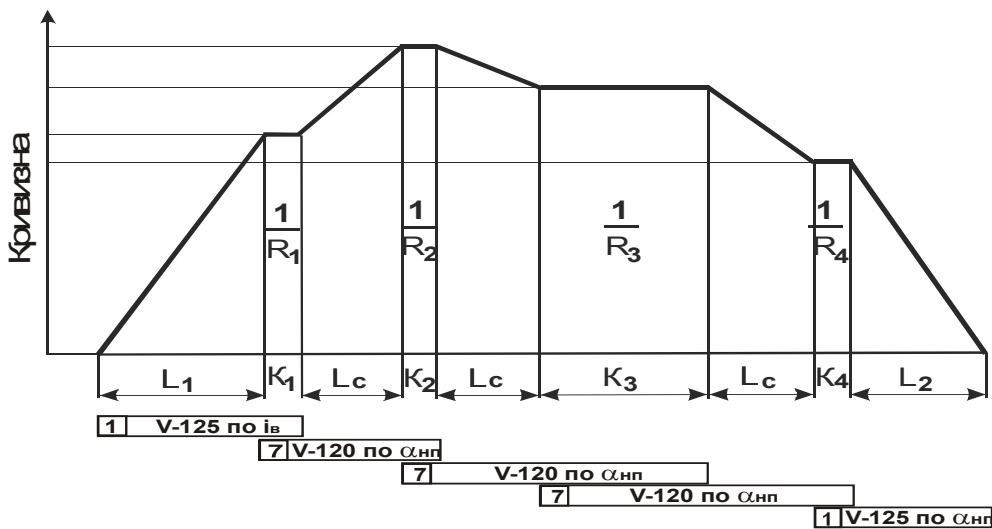


Рис. 10. Графік кривизни проектної кривої

Fig. 10. Curvature graphic of project curve

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

Сполучення 7: кругова крива-проміжна перехідна крива-кругова крива (рис. 11)

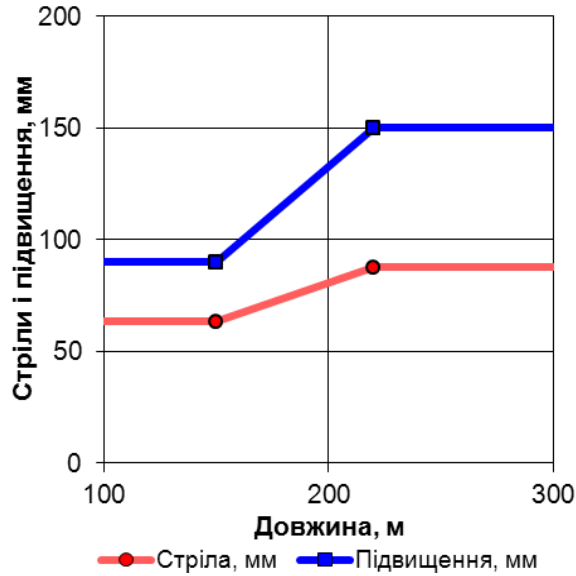


Рис. 11. Графіки стріл і підвищень у сполученні 7

Fig. 11. Graphs of turnouts and elevations in communication 7

Таблиця 4

Допустимі швидкості в кривій по сполученню 7

Table 4

Permissible speeds in curve on communication 7	
Параметри	Значення
Перша кругова крива	
Радіус кругової кривої, м	840
Підвищення зовнішньої рейки, мм	100
Доп. швидкість по $\alpha_{\text{нп}}$ , км/год	126
Перехідна крива	
Довжина перехідної кривої, м	70
Ухил відводу підвищення, мм/м	0,857
Доп. швидкість по $i_{\text{в}}$ , км/год	126
Доп. швидкість по $\psi$ , км/год	179
Друга кругова крива	
Радіус кругової кривої, м	840
Підвищення зовнішньої рейки, мм	100
Доп. швидкість по $\alpha_{\text{нп}}$ , км/год	119
Доп. швидкість прийнята, км/год	120

Аналогічно за програмою DopShvid виконані розрахунки по інших сполученнях і результати наведено в табл. 5.

За максимально допустиму швидкість приймається  $V = 120$  км/год. Отже, для вихідних параметрів максимально допустима швидкість руху по кривій 80 км/год (табл. 3).

Після незначного корегування параметрів, значення допустимої швидкості зросло до 120 км/год (табл. 5).

Таблиця 5

Допустима швидкість в 4-ріднісній кривій за проектними параметрами ДНУЗТ

Table 5

Permissible speed in 4-radius curve according to project parameters of DNURT

Показники	Допустима швидкість за сполученнями, км/год				
	1	2	3	4	5
Номер сполучення	1	2	3	4	5
Тип сполучення	1	6	6	6	1
Причина обмеження	$i_{\text{в}}$	$\alpha_{\text{нп}}$	$\alpha_{\text{нп}}$	$\alpha_{\text{нп}}$	$\alpha_{\text{нп}}$
Швидкість, км/год	125	120	120	120	125

### Наукова новизна та практична значимість

Розроблено методику визначення допустимих швидкостей руху і підвищення зовнішньої рейки на складних ділянках плану лінії. Запропонований підхід дозволяє отримувати раціональні рішення щодо перебудови плану.

Розроблена методика визначення допустимої швидкості в кривих була реалізована у вигляді програми DopShvid і апробована на реальних ділянках залізниць, де впроваджено прискорений рух поїздів.

### Висновки

1. При визначенні допустимих швидкостей руху поїздів у кривих ділянках колії було виявлено недоліки, що вказують на необхідність уточнення нині діючої методики. Як видно з практики, часто використовуються застарілі дані про план лінії, а криві розглядаються як



## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

геометрично плавні, без урахування недоліків у їх утриманні. Недостовірність інформації може істотно позначитися на результатах розрахунків з визначення допустимих швидкостей руху, що особливо важливо на швидкісних ділянках залізниць. У зв'язку із значними розбіжностями між параметрами плану залізничної колії на поздовжньому профілі, в паспортах кривих і по натурними вимірами пропонується провести роботи з паспортизації кривих для встановлення реальних параметрів та допустимої швидкості руху з урахуванням сучасних умов експлуатації.

2. Обмеження швидкості, що встановлені за наказом, не завжди відповідають розрахунковим. Цей факт можна пояснити тим, що в дистанціях колії розрахунки виконуються за спрощеною схемою, не в повному обсязі, як того вимагають Правила ЦП-0236. При заїздах вагонів КВЛ у розрахунках максимально допустимої швидкості не враховуються параметри сполучення, які повинні визначатись для суміжних і складових кривих, що в остаточному підсумку відбивається на комфортабельності їзди й витратах на утримання колії.

3. В умовах українських залізниць проблеми швидкості в двох третинах випадків пов'язані не з радіусом, а з довжиною перехідних кривих і прямих вставок між суміжними кривими, а тому при встановленні максимально допустимої швидкості руху на складних ділянках плану залізничної слід приділяти більше уваги суміжним кривим, які підпадають до категорії залежних, тобто таких, коли одна впливає на умови руху поїзда по іншій.

4. Після ретельного підбору параметрів кривих, особливо це стосується складових і сполучених, можна підвищити швидкість руху прискорених і швидкісних поїздів і скоротити час руху поїздів. Для цього потрібно виконати розрахунки в повному обсязі відповідно до методики, викладеної в ЦП-0236 з урахуванням уточнень і рекомендацій, що надаються авторами в статті.

5. При проектуванні ремонтів колії можна досягти суттєвого виграшу в часі руху за рахунок виконання вимоги ЦП-0113 з виправлення кривих у плані та відновлення проектних радіусів, а саме встановлювати колію при машинізованому поточному утриманні й ремонтних роботах в проектне положення.

6. Використання запропонованої класифікації сполучень кривих дає змогу обґрунтовано прийняти критерії безпеки, плавності й комфортабельності їзди, що впливають на рівень максимально допустимої швидкості руху поїздів і роботу залізничної колії.

7. Застосування розробленої й апробованої в науково-дослідній роботі програми *DopSvid* дозволяє не тільки виконувати розрахунки в автоматизованому режимі, але й визначати варіанти підвищення швидкості, що є дуже важливим на етапі планування модернізації залізничної чи виконання капітального ремонту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничні колії 1 520 мм. (ДБН В.2.3-19-2008). – К. : М-во регіон. розв. та буд-ва України, 2008. – 142 с.
2. Каменский, В. Б. Содержание железнодорожного пути в кривых / В. Б. Каменский, Э. Я. Шац. – М. : Транспорт, 1987. – 188 с.
3. Корженевич, І. П. Визначення об'ємів робіт для зняття обмежень швидкості, пов'язаних з планом лінії / І. П. Корженевич, М. Б. Курган, Н. П. Хмелевська // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 41. – С. 116–123.
4. Корженевич, І. П. Нові можливості проектування перебудови плану та виправлення кривих при використанні програми *RWPlan 1.2* / І. П. Корженевич // Залізнич. трансп. України. – 2007. – № 5. – С. 79–82.
5. Мишин, В. В. Оптимальное возвышение в кривых / В. В. Мишин // Путь и путевое хоз-во. – 2009. – № 3. – С. 4–6.
6. Определение возвышения наружных рельсов в кривых по фактическим скоростям движения поездов / А. Н. Орловский, В. В. Цыганенко, Л. Я. Воробейчик, А. М. Патласов // Залізнич. трансп. України. – 1999. – № 4. – С. 10–12.
7. Оценка достоверности основных параметров железнодорожных кривых при установлении по ним допустимой скорости движения поездов / И. П. Корженевич, Н. Б. Курган, Д. Н. Курган, Н. Г. Ренгач // Буд-во : зб. наук. пр. ДНУ. – Д., 2002. – Вип. 10. – С. 28–34.
8. Оцінка економічної ефективності усунення обмежень швидкості руху поїздів, пов'язаних зі станом залізничної колії / А. А. Босов, М. Б. Курган, Д. М. Курган, С. Ю. Байдак // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 41. – С. 106–115.

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

9. Певзнер, В. О. Основы разработки нормативов содержания пути и установления скоростей движения / В. О. Певзнер, Ю. С. Ромен. – М. : Интекст, 2013. – 224 с.
10. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії : ЦП/0236 : затв. наказом Укрзалізниці від 14.12.2010 р. №778-Ц / М. Б. Курган, А. М. Орловський, О. М. Патласов и др. – К., 2010. – 52 с.
11. Сопряжения кривых и особенности движения подвижного состава по ним / под ред. О. П. Ершкова. – М. : Транспорт, 1973. – 96 с.
12. Baluch, M. Dobor wartosci parametrow kinematycznych w projektowaniu modernizacji linii kolejowych / M. Baluch // Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa. Problemy Kolejnictwa. – Zeszut 119. – Warszawa, 1995. – P. 23–25.
13. Thelisson, G. Overhead line from start to finish / G. Thelisson // Railway Gazette Intern. – 2012. – July. – P. 48–49.
14. UIC Code 513 R (1-st edition, 1.7.94). Guidelines for evaluating passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles. – Paris : Int. Union of Railways, 1995. – 81 p.

Н. Б. КУРГАН<sup>1\*</sup>, Д. Н. КУРГАН<sup>2</sup>, Н. П. ХМЕЛЕВСКАЯ<sup>1</sup>, С. Ю. БАЙДАК<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Проектирование и строительство дорог», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (056) 373 15 48, эл. почта kunibor@mail.ru

<sup>1</sup>Каф. «Проектирование и строительство дорог», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (056) 373 15 48

<sup>2</sup>Каф. «Путь и путевое хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (056) 373 15 42, эл. почта kudl@rambler.ru

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА СЛОЖНЫХ УЧАСТКАХ ПЛАНА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Цель.** Усовершенствование способов определения допустимых скоростей движения поездов на сложных участках плана железной дороги. **Методика.** Для достижения цели исследования используется математическое моделирование движения потока поездов и на его основе прогнозируется средневзвешенная скорость и возвышение наружного рельса в кривых. **Результаты.** Проведен анализ случаев установления скоростей движения в кривых участках пути. Параметры некоторых кривых негативно влияют на комфортабельность езды и интенсивность расстройств пути, а также на причины, которые способствуют возникновению ограничений скорости движения поездов на железных дорогах Украины. Разработана методика выполнения расчетов по определению допускаемых скоростей движения поездов и проверена в кривых на реальных участках железных дорог, где внедрено ускоренное движение поездов. Разработаны предложения по автоматизации выполнения расчетов в дистанциях и службах пути по определению допускаемых скоростей в кривых. **Научная новизна.** Разработана методика определения допускаемых скоростей движения и возвышения наружного рельса на сложных участках плана железной дороги. Предложенный подход позволяет получать рациональные решения по переустройству плана линии с учетом местных условий. **Практическая значимость.** Разработанная методика определения допускаемых скоростей движения в кривых была реализована в виде программы DopShvid и апробирована на реальных участках железной дороги, где внедрено ускоренное движение поездов.

**Ключевые слова:** скорость; железнодорожные кривые; плавность движения; комфортабельность езды; критерии; радиус кривой; переходные кривые; возвышение наружного рельса

M. B. KURHAN<sup>1\*</sup>, D. M. KURHAN<sup>2</sup>, N. P. KHMELEVSKA<sup>1</sup>, S. YU. BAIDAK<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Engineering and Construction of Roads», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 373 15 48, e-mail kunibor@mail.ru

<sup>1</sup>Dep. «Engineering and Construction of Roads», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 373 15 48

<sup>2</sup>Dep. «Track and Track Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 373 15 42, e-mail kurgan@brailsys.com

## METHODOLOGY OF DETERMINATION OF ADMISSIBLE SPEEDS OF TRAIN MOVEMENT ON DIFFICULT SECTIONS OF RAILROAD PLAN

**Purpose.** Determination of improvement ways of admissible speeds of train movement on the difficult sections of a railroad plan. **Methodology.** Mathematical modeling of the train traffic is used to achieve the purpose of research. The average weighted speed and elevation of outer rail is predicted on this basis. **Findings.** The case analysis of the speeds determination in curved sections of track was carried out. The above mentioned track sections adversely affect the ride comfort and the intensity of the way disorder, as well as the reasons that contribute to the speed limits traffic on the railways of Ukraine. The technique of performing the calculations for determining the permissible train speeds was developed and tested on real curves of railways, where the accelerated movement of trains was introduced. Proposals on automate calculations in distances and services by way of determining the permissible speeds in curves were developed. **Originality.** Methodology of determining the permissible motion speeds and elevation of outer rails on the difficult sections of the railway plan was developed. This approach allows you to get a rational decisions on reorganization of plan based on local conditions. **Practical value.** The developed technique of definition of admissible speeds of motion in curves was implemented as a program DopShvid. The program was tested on real railway sections, where the accelerated train motion was introduced.

*Keywords:* speed; railway curves; smoothness of movement; travelling comfort; criteria; curve radius; transitional curve; elevation of outer rail

### REFERENCES

1. *Derzhavni budivelni normy Ukrainy. Sporudy transportu. Zaliznytsi kolii 1520 mm.* [State building standards of Ukraine. Transport facilities. Railway tracks 1520 mm]. Kyiv, 2008. 142 p.
2. Kamenskiy V.B., Shats E. Ya. *Soderzhaniye zheleznodorozhnogo puti v krivykh* [Railway track maintenance in curves]. Moscow, Transport Publ., 1987. 188 p.
3. Korzhenevych I.P., Kurhan M.B., Khmelevska N.P. Vyznachennia obiemiv robit dlia zniattia obmezhen shvydkosti, poviazanykh z planom linii [Determination of work amount for removal of the speed limits connected with the line plan]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 116-123.
4. Korzhenevych I.P. Novi mozhlivosti proektuvannia perebudovy planu ta vypravlennia kryvykh pry vykorystanni prohramy RWPlan 1.2 [New design opportunities of the plan reconstruction and correction of curves at RWPlan 1.2 using]. *Zaliznychnyi Transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 2007, no. 5, pp. 79-82.
5. Mishin V.V. Optimalnoye vozvysheniye v krivykh [Optimum elevation in curves]. *Put i putevoye khozyaystvo – Track and Track Facilities*, 2009, no. 3, pp. 4-6.
6. Orlovskiy A.N., Tsyganenko V.V., Vorobeychik L.Ya., Patlasov A.M. Opredeleniye vozvysheniya naruzhnykh relsov v krivykh po fakticheskim skorostyam dvizheniya poyezdov [Determination of vertical setting of rail on the actual train movement speeds]. *Zaliznychnyi Transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 1999, no. 4, pp. 10-12.
7. Korzhenevich I.P., Kurgan N.B., Kurgan D.N., Rengach N.G. Otsenka dostovernosti osnovnykh parametrov zheleznodorozhnykh krivykh pri ustanovlenii po nim dopuskayemoy skorosti dvizheniya poyezdov [Evaluation of the reliability of rail curves basic parameters under fixing permissible trains speed movement on them]. *Zbirnyk naukovykh prats DIITU «Budivnytstvo»* [Proc. of DNURT «Construction»], 2002, issue 10, pp. 106-115.

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

8. Bosov A.A., Kurhan M.B., Kurhan D.V., Baidak S.Yu. Otsinka ekonomichnoi efektyvnosti usunennia obmezhen shvydkosti rukhu poizdiv, poviazanykh zi stanom zaliznychnoi kolii [Evaluation of the economic efficiency of removal of train speed limits associated with the state of railway line]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 106-115.
9. Pevzner V.O., Romen Yu.S. *Osnovy razrabotki normativov sodержaniya puti i ustanovleniya skorostey dvizheniya* [Fundamentals of track development standards and the speeds movement fixing]. Moscow, Intekst Publ., 2013. 224 p.
10. Kurhan M.B., Orlovskiy A.M., Patlasov O.M. *Pravyla vyznachennia pidvyshchennia zovnishnoi reiky i vstanovlennia dopustymykh shvydkostei v kryvykh diliankakh kolii* [Determination rules of outer rail elevation and the establishment of acceptable speeds in curved sections of the track]. Kyiv, 2010. 52 p.
11. Yershkov O. P. *Sopryazheniya krivykh i osobnosti dvizheniya podvizhnogo sostava po nim* [Pairing of curves and motion features of rolling stock in curves]. Moscow, Transport Publ., 1973. 96 p.
12. Baluch M. Dobor wartosci parametrow kinematycznych w projektowaniu modernizacji linii kolejowych. *Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa. Problemy Kolejnictwa*, 1995, Zeszut 119, pp. 23-25.
13. Thelisson G. Overhead line from start to finish. *Railway Gazette Intern*, 2012, July, pp. 48-49.
14. UIC Code 513 R (1-st edition, 1.7.94). Guidelines for evaluating passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles. Paris, Int. Union of Railways Publ., 1995. 81 p.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Е. І. Даніленком (Україна); д.т.н., проф. В. Д. Петренком (Україна)*

Надійшла до редколегії 31.01.2014

Прийнята до друку 12.03.2014