

УДК 656.212.5

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ З РЕКОНСТРУКЦІЇ РОЗДІЛЬНИХ ПУНКТІВ ПРИ ВВЕДЕННІ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Кандидати техн. наук М. Ю. Куценко, Г. В. Шаповал, магістранти А. М. Івашкіна, Я. А. Шкарбуль, Є. М. Лисенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Кандидаты техн. наук М. Ю. Куценко, А. В. Шаповал, магистранты А. М. Ивашкина, Я. А. Шкарбуль, Е. Н. Лысенко

DETERMINATION OF THE STRUCTURE OF CONSTRUCTION WORKS ON THE RECONSTRUCTION OF SEPARATE STATIONS WHEN INTRODUCING A HIGH SPEED MOVEMENT

Ph. d. M. Kutsenko, A. Shapoval, master student A. Ivashkina, Y. Shkarbul, Ye. Lysenko

Обсяги робіт, що виконуються по роздільних пунктах при підготовці їх до швидкісного руху, залежать від безлічі факторів, головними з яких є план головних колій на підходах і в межах роздільного пункту, кількість приймально-відправних колій, розташування пасажирських пристроїв та ін.

У статті визначена структура будівельних робіт при підготовці роздільного пункту з колійним розвитком до швидкісного руху пасажирських поїздів.

Ключові слова: реконструкція, перебудова, колійний розвиток, проміжні роздільні пункти, швидкісний рух.

Объемы работ, выполняемые по раздельным пунктам при подготовке их к скоростному движению, зависят от множества факторов, главными из которых являются план главных путей на подходах и в пределах раздельного пункта, количество приемо-отправочных путей, расположение пассажирских устройств и др.

В статье определена структура строительных работ при подготовке раздельного пункта с путевым развитием к скоростному движению пассажирских поездов.

Ключевые слова: реконструкция, переустройство, путевое развитие, промежуточные раздельные пункты, скоростное движение.

For a successful integration into the world community of transport Ukraine should be among the countries with the existing highways, which requires to continue relevant research, which started in the late 60-ies of the last century. Known theoretical developments now require adjustments to meet modern conditions due to changes in the rules for the design of railway stations, the ratio of the quantities of capital and operating costs. The scope of work being carried out at interstations when preparing for high-speed railway service depends on many factors. The main ones of these factors are a layout of backbones both at accessibilities and within the bounds of an interstation, a quantity of receiving-and-departure tracks, a disposition of the facilities for passenger service, and others. The structural arrangement of constructional activities as a part of an interstation with corresponding gridiron of tracks preparation for high-speed passenger service is defined in this article. Besides, the existence of tracks with a small radius of curvature poses a

major obstacle while preparing a chain path for high-speed service. The search procedure of the optimized radius of circular curve at a maximum speed is offered in this paper.

Keywords: reconstruction, reorganization, station tracks, intermediate railway stations, high-speed traffic.

Вступ. Для виходу українських залізниць на світовий транспортний ринок необхідно розвивати швидкісний і високошвидкісний рух [1, 2]. З цією метою розробляються програми, які передбачають реконструкцію існуючих залізничних ліній для руху пасажирських поїздів зі швидкостями до 160 – 200 км/год. Намічено розглянути великий полігон залізниць, що є дуже трудомістким завданням. Тому потрібна спеціальна методика, яка б дозволяла на передпроектній стадії швидко і з мінімальними витратами часу і коштів визначити ефективність введення швидкісного руху, а також черговість підготовки ліній для швидкостей до 160-200 км/год. Відомо, що при організації руху пасажирських поїздів зі швидкістю до 200 км/год потрібна реконструкція залізничної лінії [3 – 7]; при цьому найбільшу складність являє перебудова роздільних пунктів з колійним розвитком. Особливо це відноситься до проміжних станцій і обгінних пунктів, які, як правило, не відповідають вимогам швидкісного руху і тому є ділянками обмеження швидкості. На них припадає чимала частина робіт з перевлаштування при підготовці лінії до швидкісного руху.

Визначення мети та завдання дослідження. У зв'язку з цим метою даної статті є визначення структури будівельних робіт з перебудови роздільних пунктів при введенні швидкісного руху. Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити задачу щодо класифікації будівельних робіт при підготовці роздільного пункту з колійним розвитком до введення швидкісного руху пасажирських поїздів.

Основна частина дослідження. Однією з найбільш складних проблем при реалізації програми підвищення

швидкостей руху поїздів є реконструкція існуючих роздільних пунктів з колійним розвитком – обгінних пунктів і проміжних станцій. Це пов'язане з тим, що за чинними нормативними документами [8] при підвищенні максимальної швидкості пропуску пасажирських поїздів через роздільний пункт, навіть зі швидкістю понад 141 – 160 км/год, потрібна заміна звичайних стрілочних переводів на головних коліях на переводи з безперервною поверхнею кочення. Ці переводи мають повну довжину, на 4,28 м більшу у порівнянні зі стрілочними переводами, що замінюються.

Крім цього, за тими ж нормами потрібна наявність прямої вставки між суміжними стрілочними переводами не менше 25 м. Це дозволяє забезпечити загасання надлишкових коливань в місцях зміни ширини колії і комфортабельність при проходженні станції. На існуючих лініях прямі вставки, як правило, не перевищують 12,5 м. Для дотримання тільки цих двох норм горловини станцій і обгінних пунктів підлягають повній реконструкції навіть в тому випадку, якщо роздільний пункт розташований на прямій і на найближчих підходах до нього відсутні криві, що вимагають збільшення радіусу.

Труднощі виконання цих двох норм посилюються ще і тим, що подовження горловин у бік перегону часто неможливе через профільні умови підходів, розташування відразу за горловиною мостів або кривих в плані головних колій. Подовження ж горловин у бік осі станцій призводить до скорочення корисних довжин існуючих приймально-відправних колій, які при цьому часто стають меншими за стандартну величину. Зменшення довжини вставки між суміжними стрілочними переводами до 12,5 м загрожує резонанс-

ним накладенням поперечних коливань небезпечних величин в місцях зміни стандартної ширини колії на першому і другому переводах. В цьому випадку єдиним виходом є зниження швидкості пропуску поїздів по такій горловині.

Іншим місцем обмеження швидкості на існуючих станціях є так звані *S*-подібні криві, влаштовані перед кожним роздільним пунктом двоколійної лінії для розширення міжколійя головних колій з 4,10 до 5,30 м. Ця проблема не може бути вирішена шляхом збільшення радіусу кругових кривих через невелику величину паралельного зсуву і неможливості забезпечення дільниці достатньою довжиною між кінцем однієї перехідної кривої і початком іншої як на прямій дільниці між зворотними кривими, так і в межах кругових кривих. Найбільш радикальним способом ліквідації цих місць обмеження швидкості є прокладення через роздільний пункт головних колій по прямій трасі (з усуненням *S*-подібних кривих). Таке рішення останніми роками рекомендується, зокрема, на роздільних пунктах з поздовжнім розташуванням приймально-відправних колій навіть звичайних нешвидкісних ліній.

Особливу проблему становлять пасажирські пристрої (платформи і пасажирські будівлі), розташовані на багатьох існуючих станціях між головними коліями. Радикальним проектним рішенням на проміжних роздільних пунктах є винесення пасажирських платформ на зовнішній бік головних колій станції або обгінного пункту зі збільшенням їх ширини і спорудженням переходів в різних рівнях з дотриманням норм габариту наближення будівель C_n .

Проблемою, що перешкоджає забезпеченню максимальної швидкості пропуску пасажирських поїздів через роздільні пункти, можуть бути горизонтальні криві на найближчих підходах до роздільного пункту і безпосередньо в його межах (між

горловинами). На існуючих залізницях радіуси кругових кривих коливаються у вузькому діапазоні 800-1000 м, а за нормами вимагається 3000-4000 м.

Таким чином, станція являє собою складну систему, яка характеризується багатьма даними (колійним розвитком, корисною довжиною колій, кількістю стрілочних переводів, розташуванням пасажирських пристроїв та ін.), при підготовці лінії до швидкісного руху чимала частина робіт з перебудови припадає саме на проміжні роздільні пункти.

Структуру будівельних робіт з перевлаштування роздільних пунктів подано на рисунку.

У зв'язку з тим, що значна частина робіт з реконструкції роздільних пунктів припадає на головні колії, важливим є питання організації будівництва. У [9, 12] передбачається, що ці роботи будуть виконуватися в період «вікон», а експлуатаційні втрати, які виникають при цьому, можна визначати за допомогою імітаційної моделі.

У [9] враховуються дві групи робіт з реконструкції станцій для руху поїздів зі швидкостями до 200 км/год:

- I – роботи, викликані перебудовою плану головних колій в межах станції або на найближчих підходах до неї через недостатню для більш високих швидкостей величину радіусів кривих, прямих вставок між сусідніми кривими і т. д.;

- II – роботи, які не залежать від перебудови головних колій і виконуються в тих випадках, коли ці колії в межах станції залишаються або без змін в плані, або часткові їх зміни не викликають переукладання станційних колій.

Перш за все потрібна заміна звичайних стрілочних переводів на головних коліях спеціальними, які відповідають максимальній швидкості руху поїздів, спорудження або реконструкція пішохідних тунелів або мостів, винос пасажирських платформ з міжколійя головних колій, перебудова горловин через

недостатні величини вставок між суміжними стрілочними переводами на

головній колії, модернізація електричної централізації стрілок і сигналів (ЕЦ) та ін.



Рис. Структура будівельних робіт з перевлаштування роздільних пунктів

Очевидно, що роботи другої групи для встановлення максимальної швидкості виконуються одночасно з перебудовою плану головних і інших станційних колій, якщо таке потрібно.

Великою проблемою при підготовці лінії до швидкісного руху є наявність кривих малих радіусів [10]. Радіус кругової кривої, підвищення зовнішньої рейки і допустима швидкість руху взаємопов'язані і визначаються виходячи із забезпечення комфорту пасажирів, міцності і стійкості колії і рухомого складу [11].

Методикою Всесоюзного науково-дослідного інституту залізничного транспорту рекомендується такий порядок пошуку оптимального радіуса кругової кривої при максимальній швидкості руху $R_{V_{\max}}$ за формулою, м,

$$R_{V_{\max}} = \frac{v_{\max}^2 - kv_{cp\text{кв}}^2}{3,6^2 \cdot a_{\text{нен}}}, \quad (1)$$

де $a_{\text{нен}}$ – допустима величина непогашеного поперечного прискорення, м/с² (при $v_{\max} = 200$ км/год, $a_{\text{нен}} = 0,6$ м/с², при $v_{\max} > 200$ км/год, $a_{\text{нен}} = 0,4$ м/с²);

k – коефіцієнт збільшення середньозваженого підвищення зовнішньої рейки, що враховує зсув центра тяжіння екіпажу у зовнішній бік по відношенню до осі колії у кривій, що приймається рівним 1,2 при швидкостях більше 140 км/год і 1,0 – до 140 км/год;

v_{\max} – максимальна швидкість, км/год;

$v_{cp\text{кв}}$ – середньоквадратична швидкість у кривій, км/год.

На стадії передпроектних робіт допустима швидкість у кривій визначається за формулою, км/год,

$$v_{\text{дон}} = \sqrt{3,6^2 \cdot a_{\text{нен}} R + k v_{\text{сркв}}^2} \quad (2)$$

За уточненою методикою визначення допустимої і середньоквадратичної швидкості з розбивкою поїздопотоків на дві групи швидкості, яка допускається в кожній кривій радіусом R , розраховується за формулою

$$v_{\text{дон}} = \sqrt{\frac{3,6^2 R a_{\text{нен}} \sum_{i=1}^{m_1+m_2} N_i Q_i + k \sum_{i=1}^{m_1} N_i Q_i v_{\text{ході}}^2}{\sum_{i=1}^{m_1} N_i Q_i - (k-1) \sum_{i=1}^{m_2} N_i Q_i}}, \quad (3)$$

де N_i , Q_i – відповідно кількість та вага поїздів кожної категорії;

$v_{\text{ході}}$ – швидкість руху поїзда i -тої категорії по елементу профілю, на якому є крива за умови, що згідно з тяговими розрахунками $v_{\text{ході}} < v_{\text{дон}}$, км/год;

m_1 , m_2 – кількість категорій поїздів, що мають відповідно $v_{\text{ході}} < v_{\text{дон}}$ та $v_{\text{ході}} > v_{\text{дон}}$.

Середньозважена квадратична швидкість поїздів різних категорій визначається за формулою

$$v_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m_1} N_i Q_i v_{\text{ході}}^2 + \sum_{i=1}^{m_2} N_i Q_i v_{\text{дон}}^2}{\sum_{i=1}^{m_1+m_2} N_i Q_i}} \quad (4)$$

Підвищення зовнішньої рейки розраховується таким чином:

$$h = \frac{k \cdot 12,5 \cdot v_{\text{сркв}}^2}{R}, \quad (5)$$

де R – радіус кругової кривої, м.

На нових швидкісних лініях, а також лініях I та II категорії довжини перехідних кривих приймаються з умови, м,

$$l \geq \frac{h v_{\text{max}}}{100} \quad (6)$$

де h – підвищення зовнішньої рейки, мм.

Висновки. Слід зазначити, що питання перебудови роздільних пунктів, які розглядаються при підготовці ліній до швидкісного руху як ділянка обмеження швидкості поїздів, на сьогоднішній день досліджено недостатньо повно. Дослідження, проведені у роботі, дозволили класифікувати будівельні роботи при підготовці роздільного пункту з колійним розвитком до введення швидкісного руху пасажирських поїздів.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс] / Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р. – Режим доступу: [www/URL: http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/](http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/) 10.12.2009. – Загол. з екрану.

2. Аналіз досліджень, присвячених реконструкції проміжних роздільних пунктів при введенні швидкісного руху [Текст] / М. Ю. Куценко, О. А. Дудін, А. В. Рибін [та ін.] // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 165. – С. 109-117.
3. Визначення оптимальних конструктивних параметрів розв'язок колій в залізничних вузлах [Текст] / О.В. Розсоха, І. В. Берестов, Г. В. Шаповал, З.З. Мамедов // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 166. – С. 87-96.
4. Розрахунок економічної ефективності впровадження вагонних уповільнювачів нового покоління на механізованих сортувальних гірках України [Текст] / М. Ю. Куценко, О. О. Христиченко, Я. В. Віслов [та ін.] // Зб. наук. праць. Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 137. – С. 78-82.
5. Clewlow, R. R. The impact of high-speed rail and low-cost carriers on European air passenger traffic [Text] / R. R. Clewlow, J. M. Sussman, H. Balakrishnan // Transport Policy. – 2014. – Vol. 33. – P. 136 – 143.
6. High-speed railway scheduling based on user preferences [Text] / J. Espinosa-Aranda [et al.] // European Journal of Operational Research. – 2015, November. – Vol. 246. – P. 772 – 786.
7. Environmental risks of high-speed railway in China: Public participation, perception and trust [Text] / Guizhen He [et al.] // Environmental Development. – 2015, April. – Vol. 14. – P. 37-52.
8. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування [Текст]: ДБН В.2.3-19-2008: затв. Мінрегіонбудом України 26.01.2008. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 126 с.
9. Медведева, Н. В. Переустройство промежуточных раздельных пунктов для повышения скорости движения пассажирских поездов до 200 км/ч [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Н. В. Медведева. – СПб., 2008. – 188 с.
10. Аналіз відомих досліджень щодо оптимальної етапності розвитку сортувальних станцій [Текст] / М. Ю. Куценко, В. Р. Фефелова, І. О. Тупотіна, К. С. Кальцова // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2014. – Вип. 150. – С. 42-46.
11. Костенко, В. В. Выбор основных параметров стрелочных переводов для высокоскоростных магистралей [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / В. В. Костенко. – СПб., 1997. – 23 с.
12. Козлов, А. М. Методические указания по сравнению вариантов проектных решений железнодорожных линий, узлов и станций [Текст] / А. М. Козлов, К. К. Таль. – М.: ВПТИТРАНССТРОЙ, 1988. – 468 с.

Куценко Максим Юрійович канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: maksimus84@meta.ua.
Шаповал Ганна Василівна, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-26. E-mail: ann.shapoval@ukr.net.
Івашкіна Аліна Михайлівна, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (066) 748-88-41. E-mail: alinaivashkina14@yandex.ru.
Шкарбуль Яна Андріївна, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (093) 114-32-40. E-mail: yanashkarbul.ys@gmail.com.
Лисенко Євгенія Миколаївна, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-26. E-mail: ann.shapoval@ukr.net.

Kutsenko Maxim Yriyovich Ph. D., associate professor department of train stations and nodes Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42 E-mail: maksimus84@meta.ua.

Shapoval Anna Vasilyevna Ph. D., associate professor department of train stations and nodes Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-26 E-mail: ann.shapoval@ukr.net.

Ivashkina Alina Mikhailivna, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (066) 748-88-41. E-mail: alinaivashkina14@yandex.ru.

Shkarbul Yana Andriivna, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian State University of Railway Transport.

Тел.: (093) 114-32-40. E-mail: yanashkarbul.ys@gmail.com.

Lysenko Yevheniya, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian state University of Railway Transport.

Tel.:(057)730-10-26. E-mail: ann.shapoval@ukr.net.

Стаття прийнята 05.10.2017 р.