

УДК 625.113:656.222.1

М. Б. КУРГАН, С.Ю. БАЙДАК, О.Ф. ЛУЖИЦЬКИЙ, Н. П. ХМЕЛЕВСЬКА (ДНУЗТ)

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 kunibor@mail.ru

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ДІЛЯНКИ КУМИ-НОВОМОСКОВСЬК ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

Вступ

Організація швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України можлива після проведення модернізації та реконструкції інфраструктури залізниць, яка передбачає електрифікацію ділянок, що працюють на тепловозній тязі. Крім того, впровадження швидкісних денних міжрегіональних поїздів дасть можливість мінімізувати витрати на пасажирські перевезення. Створення системи швидкісного руху пасажирських поїздів в Україні дозволить істотно підвищити конкурентноздатність залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень, скоротити час перебування пасажирів у дорозі, підвищити мобільність населення

та додатково стимулювати соціальний розвиток регіонів [1].

Відповідно до Програми [2] передбачається для впровадження прискореного руху пасажирських поїздів на напрямку Київ-Дніпропетровськ електрифікація ділянки Куми-Дніпропетровськ. Пропозиції Придніпровської залізниці враховують також модернізацію інфраструктури існуючої ділянки Куми-Дніпропетровськ [3].

На напрямку швидкісного руху Полтава – Дніпропетровськ з метою ліквідації кутового заїзду на станцію Красноград передбачається будівництво обходу вузла Красноград [3] (рис. 1).

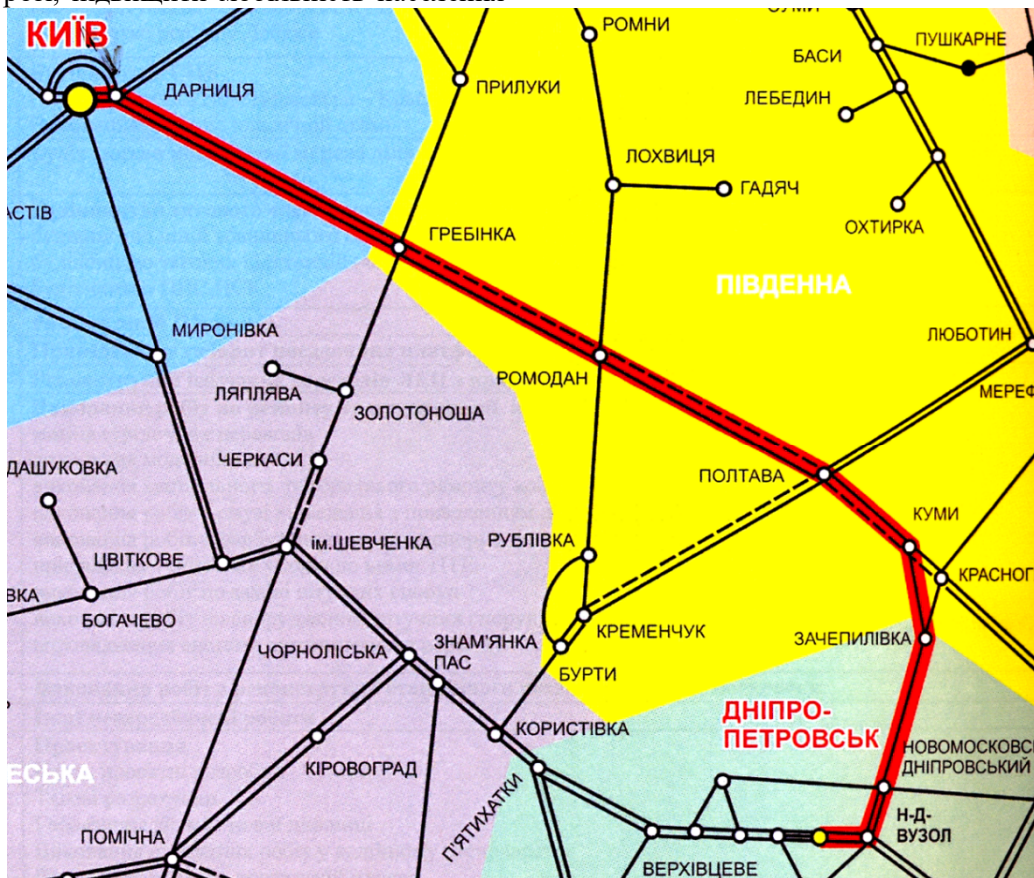


Рис. 1. Напрямок швидкісного руху пасажирських поїздів

Характеристика ділянки Куми-Новомосковськ-Дніпропетровськ

За технічним оснащенням ділянка Куми-Новомосковськ – одноколійна, на тепловозній тязі з вантажонапруженістю 1,7 млн. ткм/км

брутто на рік. Друга ділянка Новомосковськ-Дніпропетровськ – двоколійна, на електричній тязі, вантажонапруженість 12/36 млн. ткм/км брутто відповідно по непарній і парній коліях.

За обрисом поздовжній профіль представляє собою одноманітний спуск від ст. Куми до ст. Зачепилівка, потім поступовий підйом до ст. Губиниха і далі спуск до ст. Новомосковськ. Від Новомосковська до Дніпропетровська виділяється ділянка з підйомом від Самарівки до Нижньодніпровськ-Вузла з послідуочим спуском. Керівний ухил у непарному напрямку складає 7 ‰, у парному – 8 ‰, незважаючи на те, що на окремих ділянках зустрічаються і більш круті, але короткі за довжиною ухили.

Проведений аналіз всього напрямку Куми-Новомосковськ-Дніпропетровськ показав, що за крутизною ухилів більш складною є ділянка Куми-Новомосковськ, що при електрифікації ділянки й потужному рухомому складі позначається не так сильно, як вплив плану лінії. За параметрами плану більш складною є ділянка Новомосковськ-Дніпропетровськ, що є більш

впливовим фактором при впровадженні прискореного руху.

На напрямках, що готуються для впровадження прискореного й швидкісного руху поїздів особливо гостро стоїть питання підвищення швидкості за рахунок усунення обмежень швидкості при проведенні ремонтних робіт. Так, на напрямку Куми-Дніпропетровськ існуючі швидкості на рівні 40 км/год обмежуються на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ [4], що приводить до втрат за рахунок збільшення:

- роботи гальмівних сил на ділянці гальмування;
- механічної роботи сили тяги локомотива та витрат електроенергії на ділянці розгону;
- часу руху поїзда при наявності бар'єрного місця.

Приклад кривої швидкості при наявності обмеження швидкості руху по ст. Бузівка й Перещепине наведено на рис. 2.

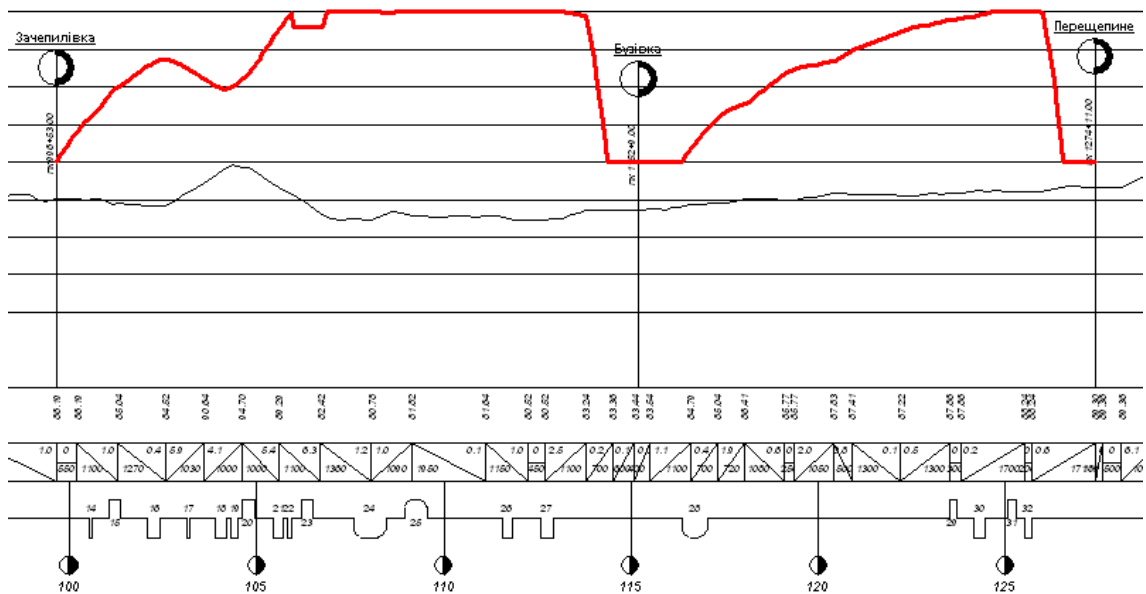


Рис. 2. Крива швидкості руху при наявності обмеження по станціях

У якості рухомого складу розглядався між-регіональний електропоїзд Hyundai Rotem [5].

Методика дослідження

Для прийняття відповідних рішень щодо доцільності зняття тих чи інших обмежень швидкості були виконані тягові розрахунки для існуючого й перспективного технічного стану ділянки Куми-Новомосковськ-Дніпропетровськ.

При існуючому технічному стані в розрахунок вводились допустимі швидкості руху за

наказом начальника Придніпровської залізниці [4]. Для перспективного технічного стану ділянки в розрахунок вводились допустимі швидкості руху за пропозиціями Придніпровської залізниці [3] щодо підвищення швидкості руху на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ до 120 км/год у пасажирському русі (крім ст. Новомосковськ) і до 80 км/год у вантажному за рахунок проведення капітального ремонту колії. А також пропозиції щодо підвищення швидкості за рахунок ремонтів 17-ти переїздів, двох мостів (км

97+563, км 122+223), заміни ґрунту тіла насипу на хворому земляному полотні (км 144+500).

Заплановані роботи з модернізації напрямку підтверджують те правило, що перехід на електричну тягу повинен супроводжуватись проведенням низки інших заходів, тобто проблема повинна вирішуватись комплексно.

Основні показники міжрегіонального електропоїзда подвійного живлення для пасажирських перевезень на залізницях України були прийняті відповідно до технічного завдання [5], тягова характеристика якого представлена на рис. 3.

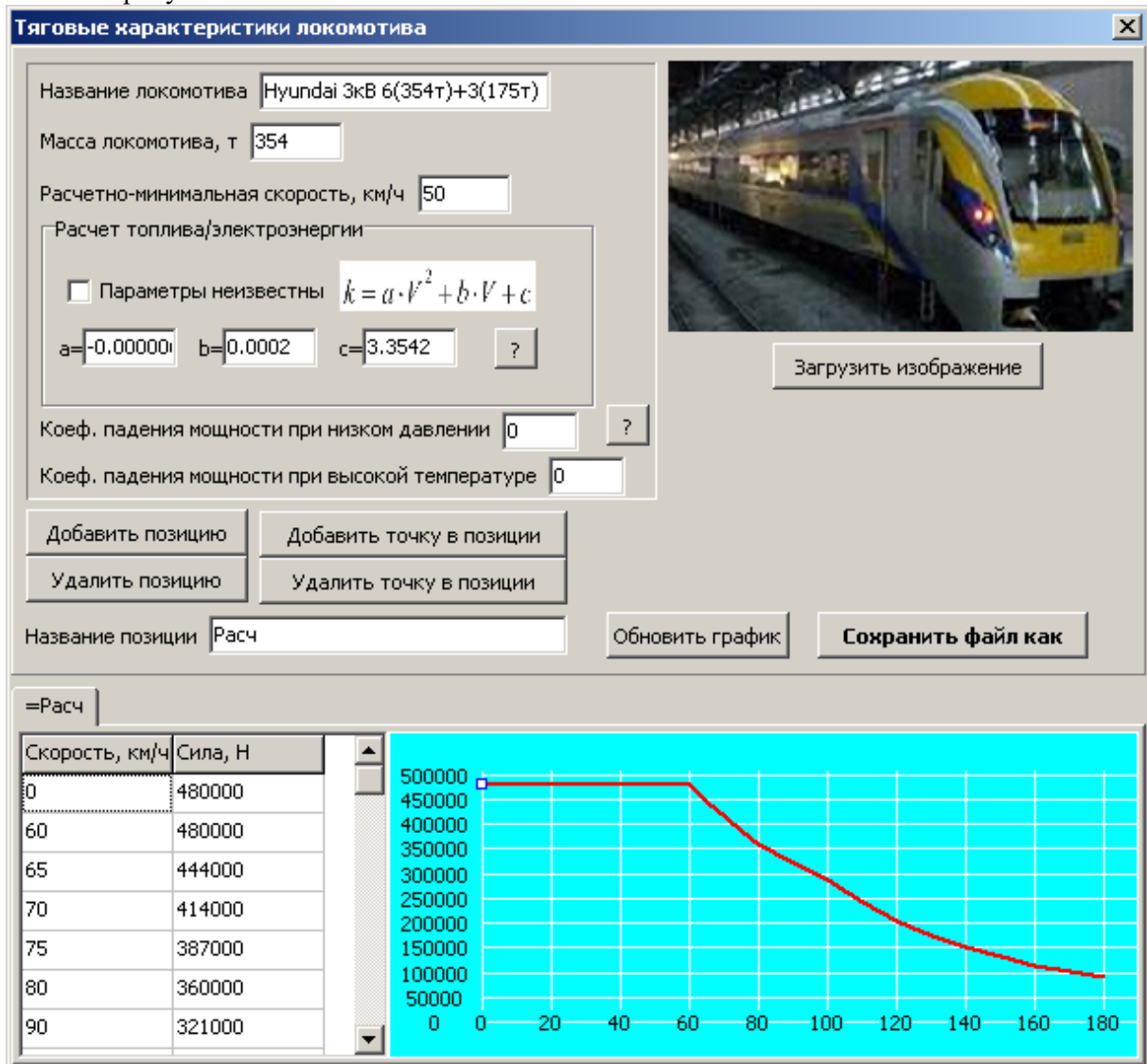


Рис. 3. Тягова характеристика Hyundai Rotem

Виходячи з аналізу основних характеристик моторвагонного рухомого складу Hyundai Rotem, можна зробити висновки, що вони відносяться до категорії поїздів з розподіленою тягою, мають хороші характеристики за динамікою руху, дозволять забезпечити комфортні доставки пасажирів.

Для виконання варіантних тягових розрахунків в даній роботі використовувалась програма MoveRW, яка включає три модулі.

За допомогою першого модулю встановлювались допустимі швидкості руху в кривих за методикою, викладеною у Правилах (ЦП-0236) [6]. Модуль дозволяє поєднувати файли обмежень

швидкості в кривих, на роздільних пунктах, за станом верхньої будови колії, земляного полотна та ін і за допустиму в експлуатації приймати найменшу.

Другий модуль використовується для виконання тягових розрахунків при різних типах локомотивів, масах рухомого складу і рівнях допустимих швидкостей.

Третій модуль дозволяє виводити на екран чи папір поздовжній профіль, план лінії, криву швидкості руху поїзда з встановленими обмеженнями в кривих для подальшого аналізу.

Тягові розрахунки були виконані для поїзда Hyundai Rotem (табл. 1) для максимальної швид-

кості до 160 км/год за умови повного викорис-
тання розрахункової сили тяги з метою найбільш

повної реалізації максимально допустимої швид-
кості руху.

Таблиця 1

Основні характеристики рухомого складу Hyundai Rotem

Рід стру- му	Склад поїзду	Потужність, кВт	Максим. швидкість, км/год	Маса брутто, т	Довжина по осям автозчеп- лення, м	Наванта- ження на вісь, кН/вісь
змінний, 25кВ, пос- тійний 3кВ	МС1 – Т – МВ – М – Т – М – М – Т – МС2	5280	160	530	200,16	180

Обмеження швидкості руху за планом колії враховуються автоматично програмою MoveRW при заданих параметрах кривих (існуючих чи проектних). Використання програми дозволило розглянути чотири варіанти: існуючий технічний стан ділянки залізниці, проектний технічний стан інфраструктури залізниці без зміни плану лінії,

проектний технічний стан інфраструктури залізниці з корегуванням параметрів кривих, проектний технічний стан інфраструктури залізниці з корегуванням плану лінії і реконструкцією станцій.

Для прикладу, представлено чотири варіанти, характеристики яких наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика розрахункових варіантів

Номер варіанта	Характеристика варіанта	Встановлені швидкості, км/год		
		по станціях	на перегонах	в кривих
1	Існуючий технічний стан інфраструктури залізниці	40-80 відпо- відно наказу	80-100 відпо- відно наказу	за існуючими параметрами $R_{існ}, l_{існ}, h_{існ}$
2	Проектний технічний стан інфраструктури залізниці без зміни плану лінії	80	100 -140	за існуючими параметрами $R_{існ}, l_{існ}, h_{існ}$
3	Проектний технічний стан інфраструктури залізниці з корегуванням параметрів кривих	80	100 -140	за проектними параметрами $R_{пр}, l_{пр}, h_{пр}$
4	Проектний технічний стан інфраструктури залізниці з корегуванням плану лінії і реконструкцією станцій	120	140-160	за проектними параметрами $R_{пр}, l_{пр}, h_{пр}$

В табл. 2 наведені характеристики кривих $R_{існ}, l_{існ}, h_{існ}$ – відповідно радіус, довжина перехідної кривої й підвищення зовнішньої рейки.

Аналіз результатів розрахунків

Результати розрахунків представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Тягово-енергетичні показники по варіантам

Варіанти	Напряг	L, км	Vmax, км/год	Vcp, км/год	A, кВт- год	Rm, т-км	Rt, т-км	t, хв.
1	непарн	127,971	100	77	919,2	276,38	207,04	100,2
	парний	131,029	100	77	1112,9	334,84	160,51	101,8
2	непарн	127,971	140	97	1444,3	436,43	336,01	79,2
	парний	131,029	140	98	1702,4	514,64	307,08	80,0
3	непарн	127,971	140	105	1030,4	311,89	194,78	73,0
	парний	131,029	140	107	1260,7	381,71	157,21	73,8
4	непарн	127,971	160	119	1786,7	543,05	401,78	64,6
	парний	131,029	140	117	1823,1	553,1	316,98	67,3

За результатами розрахунків побудовані графіки часу руху (рис. 4) і витрат електроенергії

(рис. 5) для розглянутих варіантів для непарного й парного напрямків.

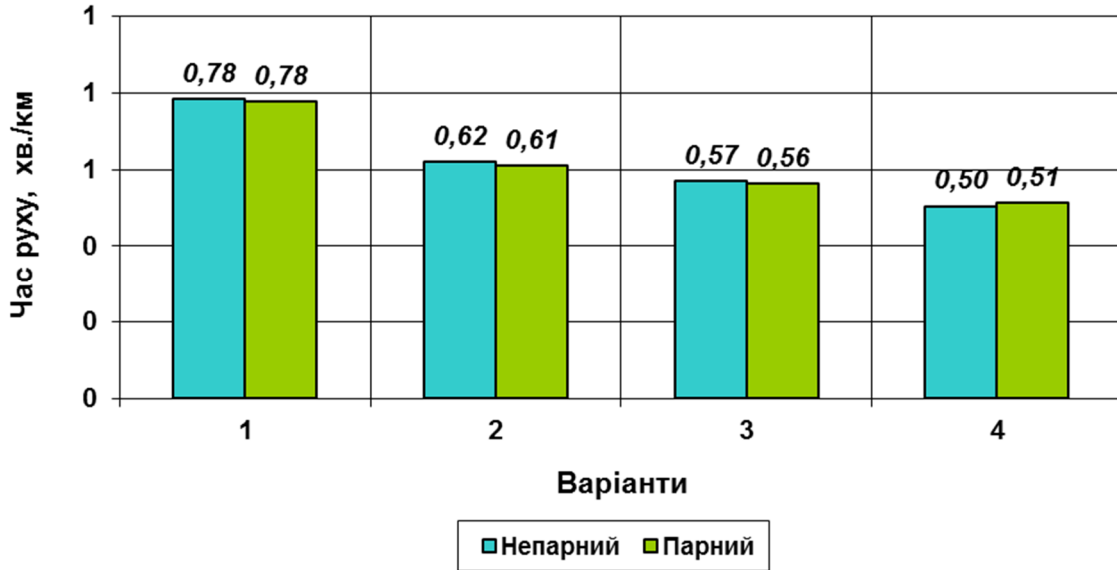


Рис. 4. Час руху пасажирського поїзда віднесений до 1 км

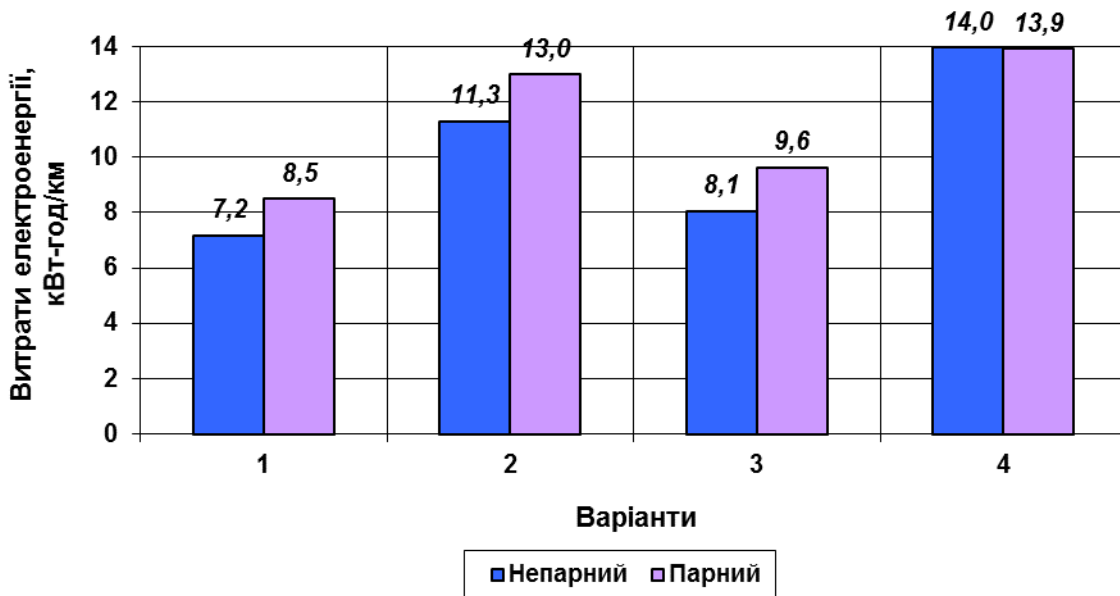


Рис. 5. Питомі витрати електроенергії за напрямками руху

Проведений аналіз отриманих результатів тягових розрахунків показав, що підвищення швидкості руху на станціях до 120 км/год і перегонах до 160 км/год не є доцільним на розглянутій ділянці, бо час руху скорочується відносно варіанта 3 несуттєво – всього на 7 хв., а витрати електроенергії збільшуються в 1,2-1,6

рази відносно існуючого технічного стану і в 5-7 разів відносно варіанта 3 (рис. 6, 7).

Витрати електроенергії склали у першому варіанті близько 8 кВт-год/км, у другому – близько 13 кВт-год/км, у третьому – 10 кВт-год/км і в четвертому – 14 кВт-год/км (рис. 7).

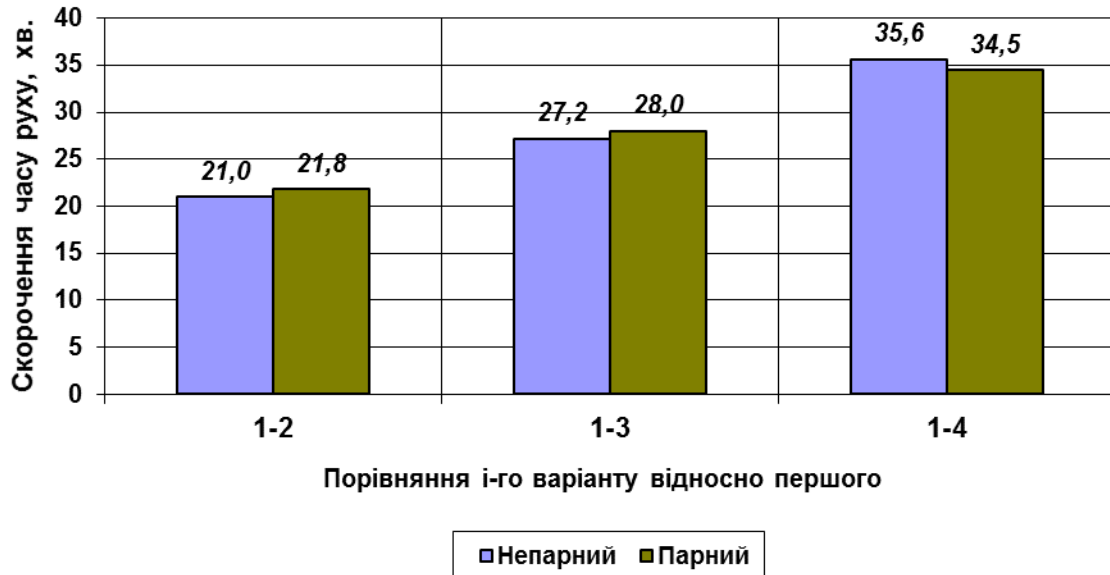


Рис. 6. Скорочення часу руху відносно існуючого технічного стану

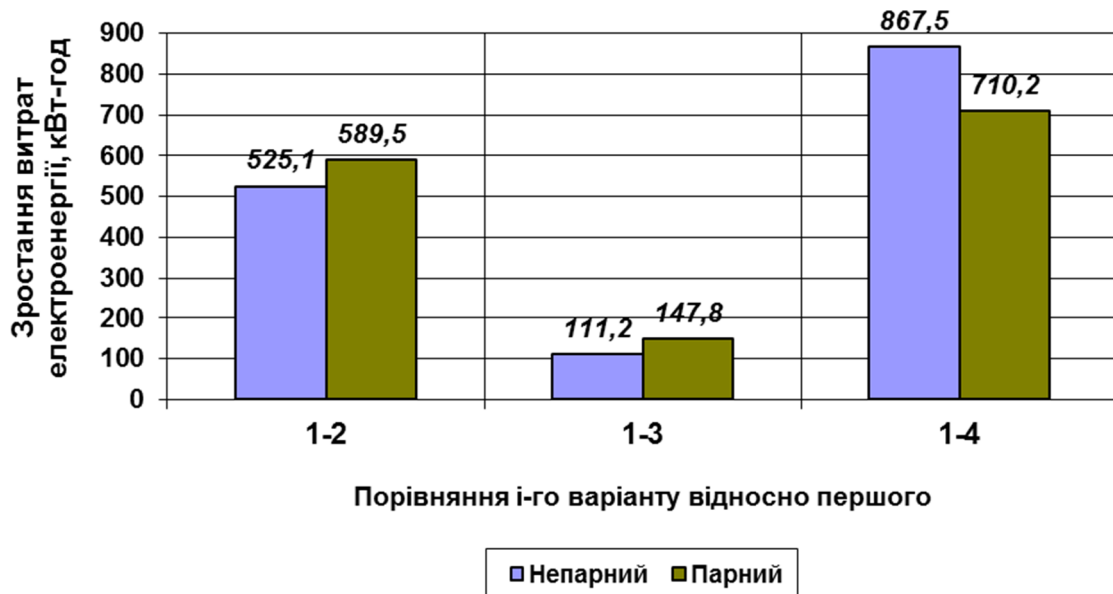


Рис. 7. Зростання витрат електроенергії відносно існуючого технічного стану

Було встановлено, що при наявності бар'єрних місць з різним рівнем обмеження швидкості й довжини перевагу слід віддавати при інших рівних умовах усуненню ділянок з низьким рівнем обмеження 25, 40, потім 60 км/год і т.д. При наявності ділянок обмеження швидкості різної довжини при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які мають більшу довжину ділянок. 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 регульованого гальмування і ефект також знижується [7,8].

Аналіз результатів тягових розрахунків показав, що збільшення максимальної швидкості руху по станціям до 80 км/год і на перегонах до 120-140 км/год (варіант 3) дає можливість скоротити час руху моторвагонного рухомого складу Hyundai Rotem від ст. Куми до ст. Дніпропетровськ на 27-28 хв. відносно існуючого технічного стану. При цьому усуваються різкі зміни в рівнях швидкості по станціям і перегонах і спостерігається відносно невелике збільшення витрат електроенергії. Цей варіант і пропонується при складанні графіка руху поїздів [9].

Висновки

1. На основі проведеного дослідження встановлено, що на сучасному етапі вирішення задачі впровадження прискореного руху потребує системного підходу, тобто заміни тепловозної тяги на електричну, комплексного вирішення питань з підвищення швидкості руху на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ з 40 до 80 км/год, удосконалення плану залізниці шляхом корегування параметрів кривих, виконання ремонтних робіт на перегонах.

2. Як показав проведений аналіз, бар'єрні місця викликають необхідність зниження шви-

дкості відносно максимального її рівня, що приводить до втрат часу руху, збільшення витрати електроенергії, величина яких залежить від рівня встановленого обмеження швидкості, довжини ділянки та її розташування, типу і маси рухомого складу.

3. Результати тягово-енергетичних показників для нового двосистемного електропоїзду Hyundai Rotem підтверджують можливість після електрифікації ділянки Куми-Новомосковськ організацію прискореного руху поїздів на напрямку Київ-Полтава-Дніпропетровськ з тривалістю поїздки до 5 год.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки. – К., 2004. – 43 с.
2. Перспективи електрифікації залізниць України на 2011-2016 рр. Затв. наказом Генерального директора Укрзалізниці № 274-Ц від 10.06.2011.
3. Пропозиції ДП „Придніпровська залізниця” по організації швидкісного руху Київ-Дніпропетровськ. Дільниця Дніпропетровськ-Новомосковськ-Куми. – Д., 2011. – 35 с.
4. Наказ про встановлення найбільших швидкостей руху поїздів на Придніпровській залізниці від 29.12.2009 р. №765/Н. – 92 с.
5. Міжрегіональний електропоїзд подвійного живлення для пасажирських перевезень на залізницях України / Технічне завдання А147-ТРА-10001, – К., 2010.
6. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії / М.Б. Курган, А. М. Орловський, О. М. Патласов, В. В. Циганенко, Д. М. Курган: ЦП-0236: Затв. наказом Укрзалізниці від 14.12.2010 №778-Ц. – К., 2011. – 56 с.
7. Курган М. Б. Вплив обмеження швидкості на енергетичні показники руху поїздів / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 29–36.
8. Корженевич І.П. Вплив підвищення швидкості руху поїздів на витрати енергоресурсів / І.П. Корженевич, М.Б. Курган, Ю.С. Бараш, Д.М. Курган // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – Вип. 20. – С. 233-239.
9. Курган М.Б. Передумови впровадження прискореного руху поїздів на напрямку Куми-Дніпропетровськ / М.Б. Курган, С.Ю. Байдак, Н.П. Хмелевська // Українськ. залізниця, Міжнародний техніко-економічний журнал. – 2014, № 10. – С. 56-64.

Надійшла до друку 01.12.2012.

REFERENCES

1. Kontsepsiya derzhavnogo tsil'ovogo prohramy vprovadzhennya na zaliznytsyakh shvydkisnoho rukhu pasazhyrs'kykh poyizdiv na 2005-2015 roky [Concept of the State Programme for Implementation of high-speed passenger trains for 2005-2015]. Kyiv, 2004, 43 p.
2. Perspektivy elektryfikatsiyi zaliznyts' Ukrainy na 2011-2016 rr. [Prospects for the electrification of railways of Ukraine for 2011-2016]. Ukrzaliznitsya Publ., 2011.
3. Propozytsiyi DP „Prydniprov's'ka zaliznytsya” po orhanizatsiyi shvydkisnoho rukhu Kyiv-Dnipropetrovs'k. Dil'nytsya Dnipropetrovs'k-Novomoskov's'k-Kumy [Offers State Enterprise "Dnieper Railroad" to organize high-speed Dnipropetrovsk-Kyiv. Plot Novomoskovsk Dnipropetrovsk-Gumi]. Dnipropetrovsk, 2011. 35 p.
4. Nakaz pro vstanovlennya naybil'shykh shvydkostey rukhu poyizdiv na Prydniprov's'kiy zaliznytsi vid 29.12.2009 r. #765/N [Order on establishment of the largest train speeds on the Prydniprov'ska railway, from 29.12.2009. №765 / N]. 92 p.
5. Mizhrehional'nyy elektropoyizd podviynoho zhyvlennya dlya pasazhyrs'kykh perevezen' na zaliznytsyakh Ukrainy [Interregional electric power to double passenger traffic on the railways of Ukraine]. Kyiv, 2010.
6. Kurhan M.B., Orlovs'kyu A. M., Patlasov O. M., Tsyhanenko V. V., Kurhan D. M. Pravyla vyznachennya pidvyshchennya zovnishn'oyi reyky i vstanovlennya dopustymykh shvydkostey v kryvykh dilyankakh kolyi [Rules of superelevation and setting allowable speed in track curves sites]. Kyiv, 2011. 56 p.
7. Kurhan M. B., Markova O. S. Vplyv obmezheniya shvydkosti na enerhetychni pokaznyky rukhu poyizdiv [The impact of the speed limit on the energy performance of trains]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 16, pp. 29-36.
8. Korzhenevych I.P., Kurhan M.B., Barash Yu.S., Kurhan D.M. Vplyv pidvyshchennya shvydkosti rukhu poyizdiv na vytraty enerhoresursiv [The impact of increasing the speed of trains on energy costs]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho*

transportu imeni akademika V. Lazariana [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2008, issue 20, pp. 233-239.

9. Kurhan M.B., Baydak S.Yu., Khmelevs'ka N.P. *Peredumovy vprovadzhennya pryskorenoho rukhu poyzidiv na napryamku Kumu-Dnipropetrovsk* [Prerequisites for the accelerated implementation of the train in the direction of Kuma-Dnepropetrovsk]. *Ukrayins'ki zaliznytsi - Ukrainian railways*, 2014, no. 10, pp. 56-64.

Внутрішній рецензент *Гетьман Г. К.*

Зовнішній рецензент *Панасенко М. В.*

В даній статті надано пропозиції щодо застосування системного підходу при впровадженні електричної тяги для підвищення швидкості руху поїздів. Досліджуються варіанти впровадження електричної тяги в залежності від характеристик ділянки, що включають різні рівні допустимої швидкості руху поїздів по станціях і перегонах. Для досягнення мети дослідження проаналізовано технічний стан ділянок, параметри плану й поздовжнього профілю, виконано тягові розрахунки та визначено основні тягово-енергетичні показники для різних варіантів. За результатами розрахунків встановлено умови, при яких може бути доцільно переведення одноколіїної залізниці з тепловозної тяги на електричну.

Ключові слова: електрифікація; рухомий склад, тягова характеристика; швидкість руху; станція, перегін, криві ділянки колії, витрати електроенергії.

УДК 625.113:656.222.1

Н. Б. КУРГАН, С.Ю. БАЙДАК, О.Ф. ЛУЖИЦКИЙ, Н. П. ХМЕЛЕВСКАЯ (ДНУЖТ)

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ УЧАСТКА КУМЫ-НОВОМОСКОВСК ПРИДНЕПРОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В данной статье представлены предложения, использующие системный подход при введении электрической тяги для повышения скорости движения поездов. Исследуются варианты внедрения электрической тяги в зависимости от характеристик участка, включающих различные уровни допустимой скорости движения поездов по станциям и перегонам. Для достижения цели исследования проанализированы техническое состояние участков, параметры плана и продольного профиля, выполнены тяговые расчеты и определены основные тягово-энергетические показатели для разных вариантов. По результатам расчетов установлены условия, при которых может быть целесообразен перевод однопутной железной дороги с тепловозной тяги на электрическую.

Ключевые слова: электрификация; подвижной состав, тяговая характеристика; скорость движения; станция, перегон, кривые участки пути, расход электроэнергии.

Внутренний рецензент *Гетьман Г. К.*

Внешний рецензент *Панасенко М. В.*

UDC 625.113:656.222.1

M. B. KURHAN, S. YU. BAIDAK, O.F. LUŽICKIY, N. P. KHMELEVSKA (DNURT)

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, e-mail kunibor@mail.ru

EFFICIENCY OF ELECTRIFICATION THE KUMA-NOVOMOSKOVSK DIRECTION OF PRIDNEPROVSKAYA RAILWAY

This article presents the proposal, using a systematic approach with the introduction of electric traction to increase the speed of trains. Investigate options for the introduction of electric traction, depending on the characteristics of the area, including the various levels of permissible speed of trains at stations and spans. To achieve the objectives of the study analyzed the technical condition of the sites, the parameters of the plan and longitudinal profile, traction calculations are made and the main traction and energy indicators for the different options. The calculations are set conditions that may be expedient translation of a single-track railway with diesel traction into electric.

Keywords: electrification; rolling stock, traction characteristics; movement speed; station, stage, curves track sections, the consumption of electric energy.

Internal reviewer *Getman G. K.*

External reviewer *Panasenko M. V.*

© Курган М. Б. та ін., 2015