

УДК 625.1:656.2.022.846

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАКСИМАЛЬНОГО УХИЛУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

ЧЕРНИШОВА О. С.^{1*}, к. т. н., доц.,

КОВАЛЬОВ В. В.^{2*}, к. т. н., доц.,

ЯЦУК М. М.^{3*}, студ.,

ХОЙЦ О. В.^{4*}, бригадир колії

^{1*} Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (066) 3879565, e-mail: okschernysh@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8132-2153

^{2*} Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (068) 9068642, e-mail: kov-vyach@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

^{3*} Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (063) 1528682, e-mail: yashuk_14@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7378-1421

^{4*} Синельниківська дистанція колії, Придніпровська залізниця, вул. Виконкомівська, 64, 52500, Синельникове, Україна, тел. +38 (050) 6371699, e-mail: khoys@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-0272-4283

Анотація. Постановка проблеми. В різних країнах світу норми проектування високошвидкісних магістралей дещо різняться. Це обумовлено рядом причин: різним рівнем проектної швидкості, відмінностями характеристик рухомого складу, та, зокрема, особливостями проектування плану та поздовжнього профілю, що пов'язані, насамперед, з умовами рельєфу. При проектуванні високошвидкісних магістралей в Україні треба враховувати зазначені особливості та встановити, які значення максимальних ухилів можуть застосовуватися в особливо складних умовах та яким чином це вплине на експлуатаційні та капітальні витрати. **Мета.** Визначити оптимальні проектні параметри поздовжнього профілю. **Висновок.** Отримані результати базуються не лише на технічних вимогах, але й на економічних показниках і дозволяють оцінювати потрібні капітальні вкладення та очікувані витрати залізниці у майбутньому. Встановлено аналітичні залежності, які дозволяють прогнозувати очікувані експлуатаційні витрати залізниці залежно від максимального ухилу, його протяжності та довжини ділянки.

Ключові слова: високошвидкісна магістраль, максимальний ухил, капітальні вкладення, експлуатаційні витрати

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО УКЛОНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

ЧЕРНЫШОВА О. С.^{1*}, к. т. н., доц.,

КОВАЛЕВ В. В.^{2*}, к. т. н., доц.,

ЯЦУК М. Н.^{3*}, студ.,

ХОЙЦ А. В.^{4*}, бригадир пути

^{1*} Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Ак. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (066) 3879565, e-mail: okschernysh@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8132-2153

^{2*} Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Ак. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (068) 9068642, e-mail: kov-vyach@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

^{3*} Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Ак. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (063) 1528682, e-mail: yashuk_14@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7378-1421

^{4*} Синельниковская дистанция пути, Приднепровская железная дорога, ул. Исполкомовская, 64, 52500, Синельниково, Украина, тел. +38 (050) 6371699, e-mail: khoys@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-0272-4283

Аннотация. Постановка проблемы. В разных странах мира нормы проектирования высокоскоростных магистралей несколько отличаются. Это обусловлено рядом причин: различным уровнем проектной скорости, отличиями характеристик подвижного состава и, в частности, особенностями проектирования плана и продольного профиля, которые связаны, прежде всего, с условиями рельефа. При проектировании высокоскоростных магистралей в Украине необходимо учитывать перечисленные особенности и установить, какие значения максимальных уклонов могут применяться в сложных условиях, а также как это повлияет на эксплуатационные и капитальные затраты. **Цель.** Определить оптимальные проектные параметры продольного профиля. **Вывод.** Полученные результаты основываются не только на технических, но и экономических показателях, что позволяет оценивать необходимые капитальные вложения и ожидаемые затраты железной дороги в будущем. Получены аналитические зависимости, позволяющие прогнозировать ожидаемые эксплуатационные затраты железной дороги в зависимости от максимального уклона, его протяженности и общей длины участка.

Ключевые слова: *высокоскоростная магистраль, максимальный уклон, капитальные вложения, эксплуатационные затраты*

ECONOMIC REASONING MAXIMUM SLOPE IN DESIGN HIGH-SPEED LINES

CHERNYSHOVA O. S.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*,

KOVALOV V. V.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*,

YASHCHUK M. M.^{3*}, *stud.*,

KHOITS O. V.^{4*}, *brigadier way*

^{1*} Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, st. Ac. Lazaryan, 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (066) 3879565, e-mail: okschernysh@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8132-2153

^{2*} Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, st. Ac. Lazaryan, 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. тел. +38 (068) 9068642, e-mail: kov-vyach@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

^{3*} Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, st. Ac. Lazaryan, 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (063) 1528682, e-mail: yashuk_14@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7378-1421

^{4*} Sinel'nikovskaya distance of way, Pridneprovskaya railway, st. Vyconcomivs'ka, 64, 52500, Sinel'nikovo, Ukraine, tel. +38 (050) 6371699, e-mail: khoys@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-0272-4283

Summary. Raising of problem The worldwide design standards high-speed lines are somewhat different. This is due to several reasons: different levels of design speed, differences of characteristics of rolling stock and, in particular, the features of the design plan and longitudinal profile, that are associated primarily with the conditions of the relief. In the design of high-speed railways in Ukraine should take into account these features and determine what the maximum slope values can be used in difficult conditions, as well as how it will affect the operational and capital costs. **Purpose.** To determine the optimal design parameters of the longitudinal profile. **Conclusion.** The results are based not only on technical, but also economic indicators and allow the assessment of the necessary capital expenditures and expected cost of the railway in the future. Analytical dependences, to predict the expected operating costs of the railway, depending on the maximum slope, its length and the total length of the section.

Ключевые слова: *high-speed line, the maximum slope, capital expenditures, operating costs*

Постановка проблеми. В Україні залізниці експлуатують з параметрами, що суттєво відрізняються. Так, наприклад, для східної та центральної частини країни характерні максимальні ухили поздовжнього профілю 8...12 ‰, а для західних регіонів – 15...25 ‰. Такі відмінності обумовлені, перш за все, особливостями рельєфу місцевості. При проектуванні високошвидкісних магістралей (ВШМ) потрібно враховувати зазначені особливості та встановити, які значення максимальних ухилів можуть застосовуватися в особливо складних умовах та яким чином це вплине на експлуатаційні та капітальні витрати. З цією метою й проведено дане дослідження.

Аналіз публікацій. В різних країнах світу норми проектування ВШМ дещо різняться. Це обумовлено рядом причин: різним рівнем проектної швидкості, відмінностями характеристик рухомого складу, та, зокрема, особливостями проектування плану та поздовжнього профілю, що пов'язані, насамперед, з умовами рельєфу. Окремі параметри деяких високошвидкісних ліній наведено у

таблиці 1 [1–3, 5, 7–9, 11–13]. Аналіз даних табл. 1 дозволяє зробити висновок, що більш жорсткі вимоги при проектуванні плану та поздовжнього профілю не завжди дозволяють забезпечити вищий рівень швидкості руху поїздів. Наприклад, французька лінія Париж – Тур-Леман запроєктована з мінімальним радіусом кривих 4000 м та максимальним ухилом 15 ‰ й забезпечує перевезення зі швидкістю 300 км/год. В той же час, міжнародна лінія Париж – Франкфурт, на якій реалізована така сама швидкість, запроєктована з мінімальним радіусом 3500 м та з максимальним ухилом поздовжнього профілю – 35 ‰.

В табл. 2 [3, 9, 11–13] для прикладу наведено головні проектні параметри ВШМ деяких країн Європи.

Дотримання наведених в табл. 2 вимог гарантує забезпечення проектної швидкості, безпеку та комфортабельність їзди пасажирів з найменшим впливом в процесі експлуатації рухомого складу на геометрію колії.

Мета статті. Надати економічне обґрунтування максимального значення ухилу поздовжнього профілю для ВШМ України.

Виклад основного матеріалу. Оскільки норми проектування залізниць Франції базуються на тих самих основоположних принципах, що й норми України, то за основу взято показники французької нормативно-проектної документації.

Таблиця 1

Основні параметри ВШМ світу

Магістраль	Максимальна швидкість, км/год	Максимальний ухил поздовжнього профілю, ‰	Мінімальний радіус кривої, м
Франція			
Париж – Ліон	270	35	4000
Париж – Тур-Леман	300	15	4000
Китай			
Ухан – Гуанчжоу	350	20	7000
Німеччина			
Мангейм – Штутгарт	280	12,5	5100
Ганновер – Вюрцбург	280	12,5	5100
Кьольн – Рейн-Майн	300	4	3350
Японія			
Токайдо	210	20	2500
Санйю	260	15	4000
Тохоку	260	15	4000
Дзьоєцу	260	15	4000
Італія			
Диреттисима	250	8	3000
Іспанія			
Мадрид - Барселона	300	40	4000
Нідерланди			
HSL Zuid	300	2,5	4000
Міжнародна лінія			
Париж-Франкфурт	300	35	3500

Таблиця 2

Головні проектні параметри

Параметри	Країни Європи			
	Франція	Німеччина	Італія	Іспанія
Проектна швидкість, км/год	300/350	300/350	300/350	300/350
Мінімальний радіус кривої, м	4000/6250	3350/5120	5450/7000	4000/6500
Максимальний ухил поздовжнього профілю, ‰	35	40	12	12,5/25
Максимальний радіус вертикальної кривої, м	16000/21000	14000/20000	25000	24000/25000

Відомо, що експлуатаційні, економічні та технічні показники залізничних ліній залежать від довжини траси. В свою чергу, на довжину траси суттєво впливає крутизна максимального ухилу (так званого керівного), величина якого залежить від рельєфу місцевості [3, 9–10]. Тому обґрунтування крутизни максимального ухилу поздовжнього профілю i_{max} – складна й відповідальна задача при проектуванні залізниці. Чимало наукових праць присвячено зазначеному питанню. Збільшення крутизни максимального ухилу призводить до поступового скорочення довжин ділянок напруженого ходу. В світовій практиці спостерігається тенденція

збільшення максимальної крутизни ухилу – до 40 ‰. Такі круті ухили (35...40 ‰) нерідко застосовуються при пересіченні трасою ВШМ значних висотних перешкод – для введення лінії в тунель або підйому на високу естакаду (на ділянках проходження дороги міською територією, яка щільно забудована капітальними спорудами).

В науковій роботі з метою обґрунтування раціонального значення максимального ухилу поздовжнього профілю ВШМ було досліджено вплив крутизни i_{max} на будівельні та експлуатаційні показники лінії.

За європейським досвідом експлуатації ВШМ, при оцінці величини керівного ухилу слід враховувати характеристики рухомого складу та умови гальмування на спусках. В табл. 3 наведено вимоги SNCF, що стосуються рухомого складу за критерієм гальмування, щоб знизити швидкість поїзда залежно від середнього ухилу $i_{p(cp)}$ на ділянці довжиною 5200 м [3, 12].

Таблиця 3

Зниження швидкості залежно від середнього ухилу

Максимальна швидкість, км/год	Діапазон, ‰
230	$30 < i_{p(cp)} < 35$
270	$22 < i_{p(cp)} < 30$
300	$16 < i_{p(cp)} < 22$
350	$0 < i_{p(cp)} < 16$

Одним з основних питань теорії проектування залізниць є проектування поздовжнього профілю, що визначається з одного боку технічними, а з іншого – економічними вимогами. Технічні вимоги полягають в забезпеченні безпеки, плавності руху та комфортабельності їзди, особливо при високих швидкостях. Економічні вимоги до профілю залізниць переважно ґрунтуються на доцільності поєднання будівельної вартості та експлуатаційних витрат.

На величину поздовжніх зусиль в поїзді найбільш суттєво впливають не окремі переломи, а загальний абрис профілю під поїздом [4, 6]. Коли поїзд знаходиться одночасно на опуклому та увігнутому переломах профілю (або навпаки), в ньому виникають знакозмінні зусилля, нерідко ударного характеру, що несприятливо

впливає на пасажирів та рухомий склад. Щоб цього уникнути на ВШМ довжину елементів профілю між переломами приймають не меншу за розрахункову довжину поїзда, що запобігає знаходженню під поїдом двох переломів одночасно.

В Україні планується реалізація високошвидкісних перевезень з локомотивом TGV POS. Тому наведені вище вимоги щодо вибору ухилів поздовжнього профілю на затяжних спусках, а також стосовно сполучення елементів профілю та вертикальних прискорень [7, 9, 11–13], будуть актуальними і для українських залізниць. Але вирішення задачі щодо встановлення максимального ухилу в цілому вимагає додаткових досліджень. В ряді наукових праць вітчизняних вчених досліджувалися питання раціонального балансу між капітальним вкладеннями на будівництво та експлуатаційними витратами при виборі максимального ухилу. Та ж всі вони виконувалися за умови не перевищення швидкості руху 200 км/год. Тому проблема вибору максимального ухилу залишається актуальною.

Оскільки експлуатаційні витрати, насамперед, складаються з витрат, пов'язаних з часом руху та споживанням електроенергії, то доцільно було розглянути, яким чином величина максимального ухилу впливає на зміну зазначених показників. За допомогою програми MoveRW виконано ряд тягових розрахунків для ділянок різної довжини з максимальними ухилами поздовжнього профілю від 0 до 35%. Варіювалися не лише значення максимальних ухилів, але й їх протяжність. Максимальний рівень швидкості встановлено 350 км/год. Локомотив – TGV POS масою 138 т та силою тяги – 44400 Н, довжина поїзда – 500 м.

Узагальнені результати стосовно змін часу руху та витрат електроенергії залежно від максимального ухилу наведені на рис. 1 і рис. 2. Видно, що на спусках та на підйомах з ухилом крутістю до 15% зі збільшенням значення ухилу зростання часу руху несуттєве (на підйомах до 5%). Аналогічна ситуація спостерігається й з витратами

електроенергії. Подальше ж збільшення максимального ухилу на кожні 5% зумовлює зростання часу руху та підвищення споживання електроенергії приблизно на 5%.

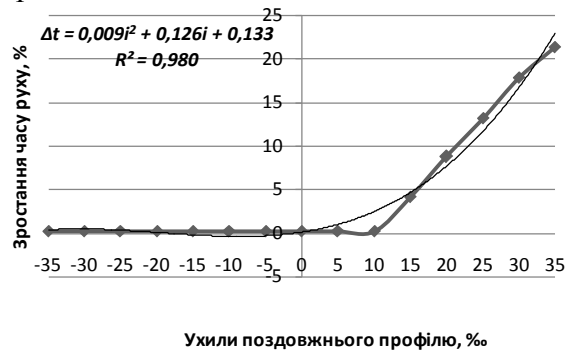


Рис. 1. Зміна часу руху залежно від максимального ухилу

Також на графіках (рис. 1 і 2) наведено аналітичні залежності, що дозволяють спрогнозувати зростання часу руху залежно від максимального ухилу на початковій проектній стадії та відкинути заздалегідь неефективні варіанти. Коефіцієнти детермінації, що наведені на графіках, підтверджують вірогідність запропонованої залежності.

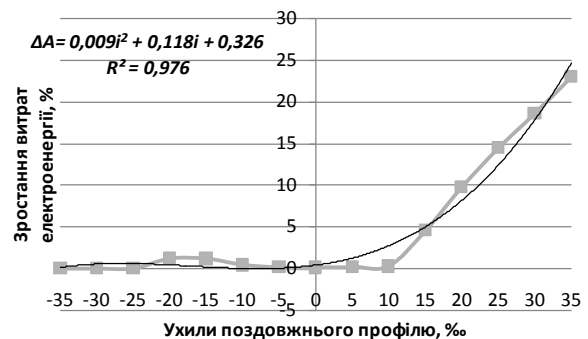


Рис. 2. Зміна витрат електроенергії залежно від максимального ухилу

Як було зазначено вище, на зміну часу руху та витрати електроенергії впливає не лише значення максимального ухилу, але й його протяжність. Графіки, що наведені на рис. 3 і 4 наочно характеризують подібний зв'язок.

Як видно з рис. 3 і 4, динаміка зміни тягово-енергетичних показників залежно від максимального ухилу ідентична для будь-якої довжини. А запропоновані аналітичні залежності дозволяють визначати дослідні показники у аналогічних умовах.

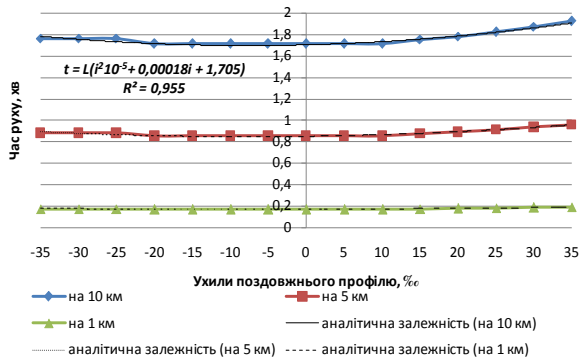


Рис. 3. Залежність часу руху від максимального ухилу та його протяжності

Аналіз отриманих тягово-енергетичних показників довів, що застосування ухилів до 35‰ при проектуванні ВШМ можливе, а наочно зростання експлуатаційних витрат при збільшенні величини максимального ухилу представлений на рис. 5.

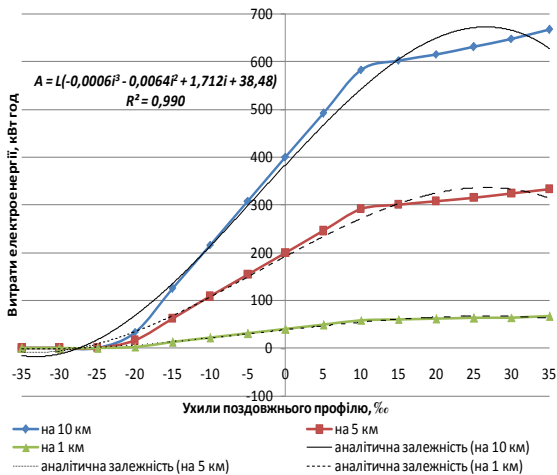


Рис. 4. Залежність витрат електроенергії від максимального ухилу та його протяжності

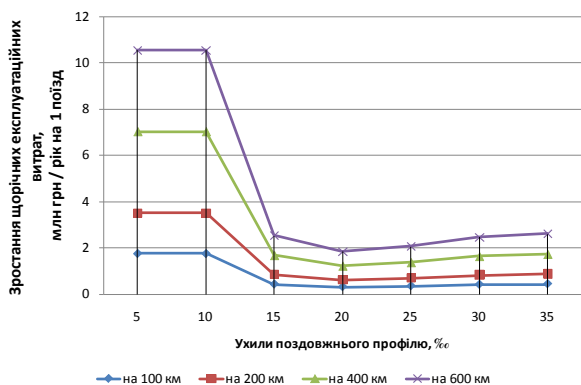


Рис. 5. Залежність експлуатаційних витрат від максимального ухилу та довжини ділянки

Розрахунки (рис. 5) виконано в цінах 2014 року. Видно, що зростання максималь-

ного ухилу на кожні 5 ‰ викликає нерівномірну зміну експлуатаційних витрат. Це пов'язано з тим, що для ділянок з ухилом до 10 ‰ зростання витрат електроенергії спостерігається більш інтенсивне при збільшенні ухилу, а потім – більш уповільнено. Тому, виходячи з даних рис. 5 можна зробити висновок, що зростання величини максимального ухилу зумовлює суттєве зростання експлуатаційних витрат лише при дослідженні у діапазоні 0...15 ‰, при порівнянні варіантів з більшими значеннями максимального ухилу, зростання експлуатаційних витрат очікується менш інтенсивне, що дозволяє застосовувати проектні ухили більшої крутизни.

Але отриманих результатів недостатньо, щоб з впевненістю стверджувати які саме значення максимальних ухилів доцільно застосовувати. Для цього потрібно мати інформацію не лише про експлуатаційні показники, а й про будівельні витрати. З цією метою за допомогою програми AutoCAD Civil 3D було запроєктовано ряд варіантів плану та поздовжнього профілю ВШМ для частини напрямку Київ – Харків.

Мінімальний радіус кривих серед розглянутих варіантів становив 7500 м, мінімальне значення максимального ухилу варіювалося в діапазоні 3,5...9,3 ‰.

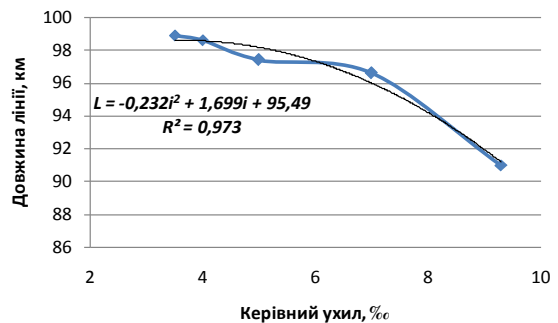


Рис. 6. Залежність довжини ділянки від керівного ухилу

Довжини запроєктованих варіантів та їх залежність від максимального ухилу представлені в графічному вигляді на рис. 6 разом з аналітичною залежністю, що дозволяє прогнозувати довжину варіанту у першому наближенні залежно від максимального ухилу для умов, аналогічних дослідним.

Підраховані капітальні вкладення та їх зв'язок з максимальним ухилом

представлені на рис. 7. Оскільки розміри капітальних вкладень, в першу чергу, залежать від довжини лінії, на яку впливає величина керівного ухилу, то й вартість будівельних робіт безпосередньо залежить від керівного ухилу.

Як видно з рис. 6, для запроектованих варіантів збільшення максимального ухилу на кожні 2‰ дозволяє скоротити довжину ділянки всього на 2 %, але при цьому зростають капітальні вкладення (див. рис. 7) приблизно на 5 %.

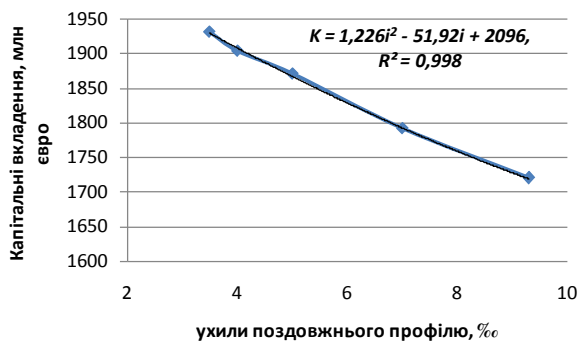


Рис. 7. Залежність капітальних вкладень від керівного ухилу

Таким чином, на прикладі напрямку ВШМ Київ – Харків можна зробити висновок, що в умовах спокійного рельєфу

(з максимальними ухилами до 10‰) уположення максимального ухилу при проектуванні не суттєво збільшить капітальні вкладення та незначно відобразиться на експлуатаційних витратах.

Висновки. Проведені дослідження дозволили дійти висновку, що при проектуванні ВШМ в Україні в умовах складного рельєфу можливе застосування максимальних ухилів крутістю до 35‰. При цьому суттєве зростання експлуатаційних витрат очікується лише при порівнянні ділянок з величиною максимального ухилу 0...15‰, при порівнянні варіантів з більшими значеннями максимального ухилу, зростання експлуатаційних витрат очікується менш інтенсивне.

Встановлено аналітичні залежності, які дозволяють прогнозувати очікувані експлуатаційні витрати залізниці залежно від максимального ухилу, його протяжності та довжини ділянки. Це дозволить відкидати неефективні варіанти на передпроектній стадії. Але вибір раціонального значення максимального ухилу – окрема складна задача, що потребує подальшого дослідження.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Анисимов П. С. Высокоскоростные железнодорожные магистрали и пассажирские поезда : монография / П. С. Анисимов, А. А. Иванов. – Москва : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2011. – 541 с.
2. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс : в 2 т. / под ред. И. П. Киселёва. – Москва : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2014. – Т. 2. – 371 с.
3. Железные дороги мира в XXI веке : монография / Г. Н. Кирпа, В. В. Корниенко, А. Н. Пшинько, Е. П. Блохин, Б. Е. Боднар, С. В. Мямлин, В.Н. Плахотник, И. П. Корженевич ; под общ. ред. Г. Н. Кирпы. – Днепропетровск : ДНУЗТ, 2004. – 224 с.
4. К обоснованию норм сопряжения элементов продольного профиля высокоскоростной специализированной магистрали / Е. П. Блохин, Л. В. Урсуляк, И. И. Кантор, В. А. Копыленко, Б. И. Гороховцев, Г. В. Ахраменко, В. П. Кныш // Транспортное строительство. – 1991. – № 7. – С. 12-15.
5. Курган Н. Предпосылки создания высокоскоростных магистралей в Украине / Н. Курган // Українські залізниці. – 2015. – № 5-6. – С. 16-21.
6. Об устройстве сопряжений на переломах продольного профиля пути / Е. П. Блохин, И. И. Кантор, Л. Г. Маслеева, Е. Л. Стамблер // Транспортное строительство. – 1982. – № 3. – С. 46-47.
7. Папазян А. Все о высокоскоростных поездах TGV: пер. с нем. / А. Папазян. – Москва : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2010. – 127 с.
8. Фадеева Г. Д. Развитие скоростного железнодорожного транспорта / Г. Д. Фадеева, Л. А. Железняков // Молодой ученый. – 2014. – № 8, ч. 3. – С. 297-298.
9. Юхина В. Ю. Проектирование трассы высокоскоростных магистралей в условиях сложного рельефа : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.06 / Юхина Вита Юрьевна ; Москов. гос. ун-т путей сообщения. – Москва, 2007. – 22 с.
10. Zuber W. High Speed Rail in Europe – A Three Decade Success Story / W. Zuber // High Speed Rail. – 2011. – Iss. 73. – P. 8-11. – Available at: <http://docplayer.net/5923499-N-e-t-w-o-r-k-high-speed-rail-p-a-r-s-o-n-s-b-r-i-n-c-k-e-r-h-o-f-f.html>.

11. Lindahl M. Track geometry for high-speed railways / M. Lindahl. – Stockholm: Railway Tehnology, 2001. – 160 p. – Available at: <http://www.europakorridoren.se/spargeometri.pdf>.
12. Master ferroviaire LGV pour l'Ukraine et la Russie. Module Infrastructure. Les études et la conception des LGV – Le profil en long de la LGV / Société Nationale des Chemins de fer Français. – Paris, 2014. – 16 p.
13. California High-Speed Rail Authority. Technical Memorandum. Alignment Design Standards for High-Speed Train Operation TM 2.1.2 / Parsons Brinckerhoff ; prepared by George Harris ; checked by Dominique Rulens ; approved by Ken Jong ; released by Anthony Daniels. – Sacramento, California, 2009. – 43 p. – (California High-Speed Train Project). – Available at: http://www.hsr.ca.gov/docs/programs/eir_memos/Proj_Guidelines_TM2_1_2R00.pdf.

REFERENCES

1. Anisimov P.S. and Ivanov A.A. *Vysokoskorostnye zhelezodorozhnye magistrali i passazhirskie poezda* [High-speed rail lines and passenger trains]. Moscow: UMTs po obraz. na zh. d. transp., 2011, 541 p. (in Russian).
2. Kiselyov I.P., eds. *Vysokoskorostnoj zhelezodorozhnyj transport: Obschij kurs* [High-speed railway transport: General course]. Moscow: UMTs po obraz. na zh. d. transp., 2014, vol. 2, 371 p. (in Russian).
3. Kirpa G.N., Kornienko V.V., Pshinko A.N., Blokhin E.P., Bodnar B.E., Myamlin S.V., Plakhotnik V.N. and Korzhenevich I.P. *Zheleznyie dorogi mira v XXI veke* [The railways of the world in the XXI century]. Dnipropetrovsk: DNUZ, 2004, 224 p. (in Russian).
4. Blokhin E.P., Ursulyak L.V., Kantor I.I., Kopylenko V.A., Gorokhovtsev B.I., Akhramenko G.V. and Knysh V.P. *K obosnovaniyu norm sopryazheniya elementov prodo'lnogo profilya vysokoskorostnoj spetsializirovannoj magistrali* [On the justification of conjugation elements rules of the longitudinal profile of a high-speed dedicated lines]. *Transportnoe stroitelstvo* [Transport construction]. 1991, iss. 7, pp. 12-15. (in Russian).
5. Kurgan N. *Predposylki sozdaniya vysokoskorostnykh magistralej v Ukraine* [Background of the high-speed lines design in Ukraine]. *Ukrainski zaliznytsi* [Ukrainian Railways]. 2015, iss. 5-6, pp. 16-21. (in Russian).
6. Blokhin E.P., Kantor I.I., Masleeva L.G. and Stambler E.L. *Ob ustrojstve sopryazhenij na perelomakh prodolnogo profilya puti* [On the coupling device on the longitudinal profile of fractures way]. *Transportnoe stroitelstvo* [Transport construction]. 1992, iss. 3, pp. 46-47. (in Russian).
7. Papazyan A. *Vse o vyisokoskorostnyih poezdakh TGV* [All about the high-speed TGV train]. Moskva: UMTs po obraz. na zh. d. transp., 2010, 127 p. (in Russian).
8. Fadeeva G.D. and Zheleznyakov L.A. *Razvitie skorostnogo zhelezodorozhnogo transporta* [The development of high-speed rail transport]. *Molodoy uchenyj* [Young scientist]. 2014, iss. 8, pp. 297-298. (in Russian).
9. Yukhina V.Yu. *Proektirovanie trassy vysokoskorostnykh magistralej v usloviyakh slozhnogo reliefa. Avtoreferat Diss.* [Design of high-speed railways tracks in difficult terrain. Author's abstract]. Moskov. gos. un-t putej soobshheniya [Moscow State University of Railway Engineering]. Moscow, 2007. 22 p. (in Russian).
10. Zuber W. *High Speed Rail in Europe – A Three Decade Success Story*. High Speed Rail. 2011,iss. 73, pp. 8-11. Available at: <http://docplayer.net/5923499-N-e-t-w-o-r-k-high-speed-rail-p-a-r-s-o-n-s-b-r-i-n-c-k-e-r-h-o-f-f.html>.
11. Lindahl M. *Track geometry for high-speed railways*. Stockholm: Railway Tehnology, 2001, 160 p. Available at: <http://www.europakorridoren.se/spargeometri.pdf>.
12. Master ferroviaire LGV pour l'Ukraine et la Russie: Module Infrastructure: Les études et la conception des LGV – Le profil en long de la LGV. Paris, SNCF Publ., 2014, 16 p. (in French).
13. Harris G., Rulens D., Jong K. and Daniels A. *Technical Memorandum. Alignment Design Standards for High-Speed Train Operation TM 2.1.2*. Brinckerhoff P., California High-Speed Rail Authority. Sacramento, California, 2009, 43 p. Available at: http://www.hsr.ca.gov/docs/programs/eir_memos/Proj_Guidelines_TM2_1_2R00.pdf.

Рецензент: д. т. н., проф. Т. С. Кравчуновська

Надійшла до редколегії: 01.02.2016 р. Прийнята до друку: 03.02.2016 р.