

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯDOI: [https://doi.org/.....](https://doi.org/)

УДК 514.18

Міщенко Олександр Григорович*аспірант кафедри архітектурних конструкцій**Київського національного університету будівництва і архітектури*

mischenko.o.g@gmail.com,

<http://orcid.org/0000-0001-6644-3427>**Магалов Аршак Михайлович***аспірант кафедри архітектурних конструкцій**Київського національного університету будівництва і архітектури*

magalov.ar.m@gmail.com,

<http://orcid.org/0000-0001-5587-1346>**АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ОБМЕЖЕНЬ ТРАСУВАННЯ ДОРІГ ПРИ
ТЕРИТОРІАЛЬНОМУ ПРОЕКТУВАННІ**

Анотація: у зв'язку з необхідністю масового будівництва транспортних шляхів виникає потреба з розробки теоретичних основ і методики їх проектування, яка сприятиме спрощенню процесу проектування, розробки геометричних моделей з оптимізації транспортних сполучень, удосконаленню існуючих і створення нових способів геометричного моделювання оптимальних траєкторій руху з урахуванням рельєфу місцевості та параметрів доріг.

У процесі проектування транспортних сполучень основною цільовою функцією є економічний ефект від їх спорудження. Економічність шляхопроводу повинна включати мінімізацію протяжності шляху з урахуванням витрат на будівництво, які також залежать від мінімально допустимих параметрів транспортних шляхів, особливостей руху транспорту.

Для розробки оптимізаційної моделі визначення траєкторії дороги при територіальному проектуванні проведено аналіз геометричних параметрів особливостей транспортних шляхів таких як мінімальний: радіус повороту в плані $R_{гор}$; профільний кут підйому шляху кут α ; профільний кут шляху спуску кут β , профільний радіус шляху опуклі криві $R_{проф1}$; профільний радіус шляху вогнуті криві $R_{проф2}$; крок опорних конструкцій інженерних опор ΔL . А також максимальна висота транспортних інженерних опор ΔH . Ці показники будуть слугувати обмеженнями при оптимізації траєкторії шляхопроводів.

Запропоновано умовну класифікацію поверхонь рельєфу з урахуванням геометричних особливостей та параметрів різного виду шляхопроводів. Її використання сприятиме підвищенню якості проектування транспортних шляхів на рельєфі місцевості, спрощенню процесу проектування та підвищенню якості проектних планувальних рішень при територіальному проектуванні.

Використання в подальшому оптимізаційної моделі визначення траєкторії доріг для різних типів транспорту підвищить якість проектування, вирішення планувальних задач територіального проектування.

Ключові слова: територіальне проектування; параметри транспортних сполучень; траєкторія транспортних шляхів; оптимізація траєкторії дороги; геометричне моделювання; планування територій.

Постановка проблеми. У наш час, в зв'язку з необхідністю масового будівництва транспортних шляхів виникає потреба розробки методики їх проектування, моделей з оптимізації транспортних сполучень, спрощення процесу проектування, удосконалення існуючих і створення нових способів моделювання оптимальних траєкторій руху з урахуванням рельєфу місцевості, природніх та штучних перешкод.

Проектувальнику в при виконанні проекту з планування територій та транспортних шляхів необхідно швидко визначати граничні умови для оптимізації шляхів сполучення на рельєфі місцевості. Аналіз параметрів для оптимізаційної моделі розглядається далі.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Наразі методи геометричного моделювання транспортних шляхів в основному розглядають задачі оптимізації на площині та поверхні рельєфу, без урахування типів та геометричних особливостей руху різних типів транспорту, без урахування природніх та штучних перешкод.

На сьогоднішній день в рамках вирішення завдань проектування нових шляхопроводів найбільшого розповсюдження набули методи комп'ютерного моделювання. Дані методи активно розробляються, як закордонними, так і вітчизняними науковцями. Наприклад, у роботах [1] та [2] розглядаються задачі оптимізації на графах із пошуком найкоротших траєкторій шляхом аналізу їх зв'язності, а також із використанням інструментів динамічного програмування (зокрема на основі безконтурних графів, блокових діаграм).

У публікації [3] у протипагу методам лінійного і динамічного програмування поставлене застосування засобів варіаційного числення. Роботи [4] та [5] зосереджені на алгоритмічних методах вирішення даної задачі.

Одними із найбільш ефективних методів вирішення задач пошуку найкоротшого маршруту вважаються ті, що побудовані на основі алгоритму Беллмана. Відповідному алгоритму присвячені праці [6] та [7]. При цьому, застосовуються переважно інструменти класичної дискретної оптимізації, а спроби вирішення даної задачі на основі побудови фізичних інтерпретаційних моделей засобами дискретної геометрії практично відсутні.

Одним із небагатьох, але найбільш вдалих та оригінальних способів моделювання найкоротших маршрутів руху обладнання, став підхід, продемонстрований в [8]. Дана робота була присвячена геометричному моделюванню траєкторій переміщення робототехніки на площині серед перешкод із використанням R -функцій. Запропоновані у роботі алгоритми були призначені для транспортної й рятувальної робототехніки, та дозволяли з'єднувати дві задані точки на площині у досліджуваній дискретно представлений області.

Мета статті. Дослідити особливості параметрів шляхів транспортних сполучень для різних видів транспорту та запропонувати особливості їх використання для різного типу рельєфу при плануванні території.

Основна частина. Проведено аналіз особливостей геометричних параметрів, що можуть слугувати обмеженнями в математичній моделі визначення оптимального шляху.

Аналіз геометричних параметрів зроблено для різних типів транспортних сполучень відповідно з нормативними документами, та інших довідкових матеріалів з урахуванням типу транспорту, а саме для: автомобільних шляхів зі швидкістю руху 30-130 км/год, (ДБН В.2.3–2015 Автомобільні дороги Частина I. Проектування Частина II.) залізничних шляхів I-VIII категорії [9] (ДБН В.2.3-19-2008 Споруди транспорту залізниці колії 1520 мм) [10], трамваю (швидкісного та звичайного), монорельсового транспорту, канатної дороги та інше. Визначено геометричні параметри та їх показники, що можуть слугувати обмеженнями при оптимізації руху транспорту по рельєфу місцевості.

Таблиця 1. Аналіз геометричних параметрів обмежень для різних видів транспорту.

Види транспортних сполучень	Геометричні параметри обмежень (мін значення)						
	$R_{гор}$ (м)	Кут α (‰)	Кут β (‰)	$R_{проф1}$ (м)	$R_{проф2}$ (м)	ΔL (м)	ΔH (м)
Автомобільна дорога							
130 км/год	1000	40	40	15000	4000		
90 км/год	450	60	60	8500	1700		
30 км/год	50	100	100	900	1000		
Залізниця							
Лінії I категорії	4000	9	9	18000	5000		
Лінії II категорії	2400	12	12	15000	4000		
Лінії III категорії	1800	15	15	8500	1700		
Лінії IV категорії	1500	20	20	900	1000		
Лінії V-VIII категорії	1200	30	30	400	600		
Трамвай							
звичайний	50	80	80	8500	1700		
швидкісний	400	60	60	8500	1700		
Монорельсова	500	20	20	900	1000	50	60
Hyperloop	6000	5	5	30000	8000	100	60-100
Велосипедна доріжка	7	30	30	500	150		
Канатна дорога	—			—	—	300	300

де

параметри обмежень:

мінімальний радіус поворота в плані $R_{гор}$ (м);

мінімальний профільний кут підйому шляху кут α (‰);

мінімальний профільний кут шляху спуску кут β (‰);

мінімальний профільний радіус шляху опуклі криві $R_{проф1}$ (м);

мінімальний профільний радіус шляху вогнуті криві $R_{проф2}$ (м);

мінімальний крок інженерних опор ΔL (м);

максимальна висота транспортних інженерних опор ΔH (м).

Проведено умовну класифікацію поверхонь рельєфу. Залежно від кутів підйому α та спуску поверхні β проведено умовну класифікацію поверхонь, яку наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Умовна класифікація поверхонь рельєфу

№	Кут підйому та спуску поверхні кут α та (%), кут β (‰)	Тип поверхні	Типи транспортних шляхів (доріг)
1	0	Площина	Усі типи доріг
2	0–9 9–30	Пласка поверхня	Залізнодорожна Автомобільна Монорельсовий шлях..та ін
	30-100		Автомобільна
3	≥ 100	Непласка поверхня	Канатна дорога трубопровід

Висновки та перспективи. Для розробки оптимізаційної моделі визначення траєкторії дороги на рельєфі місцевості проведено аналіз геометричних параметрів особливостей транспортних шляхів таких як мінімальний: радіус повороту в плані $R_{гор}$; профільний кут підйому шляху кут α ; профільний кут шляху спуску кут β , профільний радіус шляху опуклі криві $R_{проф1}$; профільний радіус шляху вогнуті криві $R_{проф2}$, крок опорних конструкцій інженерних опор ΔL . А також максимальна висота транспортних інженерних опор ΔH . Ці параметри можуть слугувати обмеженнями при розрахунку оптимальної траєкторії транспортних сполучень при територіальному плануванні.

Запропоновано умовну класифікацію поверхонь рельєфу з урахуванням геометричних особливостей та параметрів різного виду шляхопроводів.

Розроблена класифікація сприятиме підвищенню якості проектування транспортних шляхів на рельєфі місцевості при вирішенні оптимальної траєкторії транспортних шляхів під час територіального проектування.

Література

1. Гельфанд И. М., Фомин С.В. Вариационное исчисление. М.: Физмалит», 1961. — С. 227.
2. Щербина О. А. Методологические аспекты динамического программирования / О. А. Щербина // Динамические системы. — 2007. — № 22. — С. 21-36.
3. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. — М.: — 1965. — С. 247.
4. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы. — 2 е изд. — М.:«Физмалит», 2003. — С. 134-136.

5. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых, Г.И. Перетягин. – Новосибирск: НГТУ, 2000. – С. 14–20.
6. Liu, S., Liu, F. and Tang, F., “Cooperative transport strategy for formation control of multiple mobile robots,” *Journal of Zhejiang University, Science C*, vol. 11, pp. 1-13, 2010.
7. Chamoun, P., “Rigorous Movement of Convex Polygons on a Path Using Multiple Robots”.— Master's Thesis, School of Computer Science, Carleton University, Ottawa, Canada, 2012.
8. Морозова Г.В. Геометричне моделювання траєкторій переміщення фігури на площині серед перешкод з використанням R-функцій / Г. В. Морозова // Дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Київ: КНУБА, 2011. – 184 с.
9. ДБН В.2.3–2015 Автомобільні дороги Частина I. Проектування Частина II. залізничних шляхів I-V-VIII категорії. – Київ. Мінрегіон України 2015 р.– 96 с.
10. ДБН В.2.3-19-2018 Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування.– Київ. Мінрегіон України 2018 р –102с.

References

1. *Gelfand I.M., Fomin S.V. Variational calculus. M. : Fizmatlit », 1961. - P. 227. (in Ukrainian).*
2. *Shcherbyna O.A. Methodological aspects of dynamic programming / O.A. Shcherbina // Dynamic systems. - 2007. - № 22. - P. 21-36. (in Ukrainian)*
3. *Bellman R., Dreyfus S. Applied problems of dynamic programming. 0- M.: - 1965. - С. 247. (in Ukrainian).*
4. *Sigal I.H., Ivanova A.P. Introduction to applied discrete programming: models and computational algorithms. - 2nd ed. - M. : "Fizmatlit", 2003. - P. 134-136. (in Ukrainian).*
5. Digital image processing in information systems / I.S. Grusman, V.C. Kirichuk, V.P. Kosykh, G.I. Peretyagin. - Novosibirsk: NGTU, 2000. - P. 14–20. (in Ukrainian).
6. *Liu, S., Liu, F. and Tang, F., “Cooperative transport strategy for formation control of multiple mobile robots,” Journal of Zhejiang University, Science C, vol. 11, pp. 1-13, 2010. (in English).*
7. *Chamoun, P., “Rigorous Movement of Convex Polygons on a Path Using Multiple Robots”.— Master's Thesis, School of Computer Science, Carleton University, Ottawa, Canada, 2012. (in English).*
8. *Morozova G.V. Geometric modeling of trajectories of movement of a figure on a plane among obstacles with use of R-functions / G.V. Morozova // Dis. ... Cand. tech. Science: 05.01.01. - Kyiv: KNUBA, 2011. - 184 p. (in Ukrainian).*

9. DBN B.2.3–2015 Motorways Part I. Design Part II. railways of I-V-VIII categories. – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2015. – 96p. (in Ukrainian).

10. DBN B.2.3-19-2018 Transport facilities. Railways track 1520 mm. Design standards. – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2018.–102p. (in Ukrainian).

Аннотация

Мищенко Александр Григорович аспирант кафедры архитектурных конструкций Киевского национального университета строительства и архитектуры.

Магалов Аршак Михайлович аспирант кафедры архитектурных конструкций Киевского национального университета строительства и архитектуры.

Анализ параметров ограничений трасировки дорог при территориальном проектировании.

В связи с необходимостью массового строительства транспортных путей возникает необходимость в разработке теоретических основ и методики их проектирования, которая будет способствовать упрощению процесса проектирования, разработки геометрических моделей по оптимизации транспортных сообщений, совершенствованию существующих и создание новых способов геометрического моделирования оптимальных траекторий движения с учетом рельефа местности и параметров дорог. В процессе проектирования транспортных сообщений основной целевой функцией является экономический эффект от их сооружения. Экономичность путепровода должна включать минимизацию протяженности пути с учетом затрат на строительство, которые также зависят от минимально допустимых параметров транспортных путей, особенностей движения транспорта. Для разработки оптимизационной модели определения траектории дороги при территориальном проектировании проведен анализ геометрических параметров особенностей транспортных путей как минимальный: радиус поворота в плане $R_{гор}$; профильный угол подъема пути угол α ; профильный угол пути спуска угол β , профильный радиус пути выпуклые кривые $R_{проф1}$; профильный радиус пути вогнутые кривые $R_{проф2}$; шаг опорных конструкций инженерных опор ΔL . А также максимальная высота транспортных инженерных опор ΔH . Эти показатели будут служить ограничениями при оптимизации траектории путепроводов. Предложено условную классификацию поверхностей рельефа с учетом геометрических особенностей и параметров различного вида путепроводов. Ее использование будет способствовать повышению качества

проектирования транспортных путей на рельефе местности, упрощению процесса проектирования и повышению качества проектных планировочных решений при территориальном проектировании.

Ключевые слова: территориальное проектирование; параметры транспортных сообщений; траектория транспортных путей; оптимизация траектории дороги; геометрическое моделирование; планирование территорий.

Annotation

Mishchenko Alexander Postgraduate student of the Department of Architectural Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Magalov Arshak postgraduate student of the Department of Architectural Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Analysis of parameters of road tracking limitations in territorial design.

Due to the need for mass construction of transport routes there is a need to develop theoretical foundations and methods of their design, which will simplify the design process, develop geometric models to optimize transport links, improve existing and create new methods of geometric modeling of optimal trajectories. terrain and road parameters. In the process of designing transport links, the main objective function is the economic effect of their construction. The cost-effectiveness of the overpass should include minimizing the length of the road, taking into account construction costs, which also depend on the minimum allowable parameters of transport routes, the peculiarities of traffic. To develop an optimization model for determining the trajectory of the road in the territorial design, the analysis of geometric parameters of the features of transport routes such as the minimum: turning radius in terms of R_{gor} ; profile angle of rise of the path angle α ; profile angle of descent path angle β , profile radius of path convex curves R_{prof1} ; profile radius of the path concave curves R_{prof2} ; step of supporting structures of engineering supports ΔL . And also the maximum height of transport engineering support ΔH . These indicators will serve as limitations in optimizing the trajectory of overpasses. A conditional classification of relief surfaces taking into account geometrical features and parameters of different types of overpasses is offered. Its use will promote increase of quality of designing of transport ways on a terrain relief, simplification of design process and improvement of quality of design planning decisions at territorial designing. The further use of the optimization model to determine the trajectory of roads for different types of transport will improve the quality of design, solving planning problems of spatial design.

Key words: territorial design; parameters of transport communications; trajectory of transport routes; optimization of the trajectory of the road; geometric modeling; planning of territories.