

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

УДК 625.7/.8:625.122

М. Б. КУРГАН^{1*}, М. А. ГУСАК², О. Ф. ЛУЖИЦЬКИЙ³, Н. П. ХМЕЛЕВСЬКА⁴

^{1*}Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 48, ел. пошта kunibor@gmail.com, ORCID 0000-0002-8182-7709

²Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 48, ел. пошта marka2410@gmail.com, ORCID 0000-0001-8187-7792

³Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 48, ел. пошта oleg.luzhickii@gmail.com, ORCID 0000-0001-6519-7447

⁴Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 48, ел. пошта hmelevnela@gmail.com, ORCID 0000-0002-2360-8671

Мінімізація смуги відведення земель під час ландшафтного проєктування автомобільної дороги

Мета. За основну мету цієї роботи автори ставлять вирішення завдання проєктування поздовжнього профілю за умови раціонального розподілу об'ємів земляних робіт та зменшення ширини смуги відведення земель під час проєктування автомобільної дороги на місцевості в ув'язці її з ландшафтом. **Методика.** Дослідження побудовано відповідно до вимог ДБН В.2.3–4:2015 щодо необхідності дотримання принципів ландшафтного проєктування і використання раціональних поєднань елементів плану та поздовжнього профілю для забезпечення плавності автомобільної дороги, а також її взаємозв'язку з навколишнім середовищем для зменшення руйнування та збереження в кожному конкретному випадку наявного ландшафту. **Результати.** У роботі розглянуто два варіанти проведення проєктної лінії щодо лінії землі: у першому варіанті проєктну лінію нанесено виходячи з умови приблизної рівності об'ємів виїмок і насипів, у другому – за умови проєктування поздовжнього профілю максимально допустимими похилами для зменшення величини робочих відміток. Проведені дослідження підтверджують, що проєктування поздовжнього профілю максимальними ухилами призводить до зниження робочих відміток насипів та виїмок. Це, у свою чергу, спричинило зменшення ширини смуги відведення для автомобільної дороги. У разі збалансованого розподілу об'ємів насипів та виїмок ширина смуги відведення збільшилась в 1,6 раза. Однак завдяки використанню ґрунту з виїмок для відсіпання насипів (так зване поздовжнє возіння) вдалося скоротити загальні витрати на земельні роботи на 27 %, незважаючи на збільшення ширини смуги. **Наукова новизна.** Запропоновано методичні підходи до визначення обсягів робіт і вартості улаштування земляного полотна за умови мінімізації ширини смуги відведення під час проєктування автодороги. Вартість земляного полотна представлено двома складовими – вартістю розробки й транспортування ґрунту і вартістю зайняття угідь. **Практична значимість.** Результати, отримані в ході виконання дослідної роботи, свідчать, що завдання з визначення обсягів робіт і вартості улаштування земляного полотна за умови мінімізації ширини смуги відведення земель під час будівництва автомобільної дороги, вирішено. Надані рекомендації сприятимуть ефективності проєктних рішень, визначатимуть якість проєкту автомобільної дороги в цілому і доцільність його реалізації зокрема.

Ключові слова: автомобільна дорога; ландшафтне проєктування; поздовжній профіль; насип; виїмка; земляне полотно; смуга відведення; об'єми земляного полотна; вартість угідь

Вступ

Під час розроблення Національної транспортної стратегії України до 2030 року [4] в частині «Розвиток дорожнього господарства» передбачили збільшення обсягів дорожньо-

будівельних робіт, що потребує додаткового фінансування й оцінки якості проєктів і будівельних робіт. Автомобільна дорога представляє собою об'єкт транспортної інфраструктури, призначений для руху транспортних засобів,

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

і включає земельні ділянки в межах смуги її відведення, конструктивні елементи й дорожні споруди, що є її технологічною частиною, захисні дорожні споруди, елементи облаштування, виробничі об'єкти.

Щоб розпочати будівництво, необхідно розробити й затвердити графік процедури придбання землі, тому що він визначає, як скоро буде доступна для роботи смуга відведення. Оцінка вартості відчуження землі під будівництво автодороги, закладена в проект, може розрізнятися залежно від конкретного регіону, але загальні принципи оцінки враховують національні та місцеві стандарти, які надають рекомендації щодо мінімальної ширини смуги відведення для кожного типу дороги, наприклад, автомагістралей, міжміських доріг або міських вулиць. Чим більший прогнозований обсяг руху на дорозі, тим ширша має бути смуга відведення, щоб забезпечити безпечний рух автотранспорту. Більш широкі смуги відведення забезпечують більше місця для маневрування, уникнення зіткнень та забезпечення достатньої видимості.

Значний вплив на визначення ширини смуги відведення під автодорогу має клас автодороги. Екологічний клас автодороги відображають у проекті через заходи, які ухвалюють для зменшення впливу дороги на навколишнє середовище та поліпшення якості життя людей. Ієрархія класів автодоріг відображає їх функціональне призначення та рухомий потік. Автомагістралі, які зазвичай мають великий обсяг руху й високу швидкість, вимагають широких смуг відведення під їх будівництво. Крім того, під час проектування автодороги враховують не лише ширину смуги відведення, але й інші аспекти, такі як узбіччя, розділювальні смуги, тротуари, велосипедні доріжки та інші елементи, які гарантують безпеку та зручність руху транспорту. Наявність охоронних зон дозволяє зменшити вплив дороги на навколишнє середовище та забезпечити збереження природних ландшафтів та біорізноманіття.

Національний стандарт України ДСТУ Б В.2.3–33:2016 «Автомобільні дороги» встановлює технічні вимоги до визначення смуг відведення автомобільних доріг загального користування, а також зони і площі земельних ділянок для розміщення транспортних розв'язок [2]. Мінімальну ширину смуги відве-

дення автомобільної дороги визначають з урахуванням вимог розташування всіх елементів: земляного полотна, бічних водовідвідних каналів (кюветів), забанкетних каналів, банкетів та нагірних каналів, запобіжних смуг завширшки не менше ніж 1,0 м з кожного боку дороги [3].

На ширину смуги відведення автомобільної дороги впливають такі фактори, як тип поперечного профілю земляного полотна насипів і виїмок, який враховує висоту насипу, глибину виїмки, крутизну укосів, похилість місцевості тощо. Саме висота насипу і глибина виїмки є тим керівним фактором, що впливає на навколишнє середовище й залежить від уміння проєктувальника максимально збалансувати об'єми виїмок і насипів під час ландшафтного проєктування.

Окреслені вище питання спонукають до проведення досліджень з урахуванням інженерно-технічних аспектів, заходів щодо ресурсозбереження та сучасних стандартів у галузі будівництва. Визначенню вартості земляного полотна для мінімізації смуги відведення під час будівництва ділянки автомобільної дороги і присвячена наша стаття.

Мета

Під час проєктування й будівництва автомобільних доріг виникає багато питань щодо відведення землі під нове будівництво, вартості земельних ділянок, організації будівництва тощо. Основною метою роботи є вирішення завдання проєктування поздовжнього профілю за умови раціонального розподілу об'ємів земляних робіт та зменшення ширини смуги відведення земель під час проєктування автомобільної дороги на місцевості в ув'язці її з ландшафтом.

Методика

Дослідження побудовано відповідно до вимог ДБН В.2.3–4:2015 [1] щодо необхідності дотримання принципів ландшафтного проєктування й використання раціональних поєднань елементів плану і поздовжнього профілю для забезпечення плавності автомобільної дороги.

Одночасно з прокладанням траси дороги виникає питання її взаємозв'язку з навколишнім середовищем: руйнуванням, зміною чи збе-

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

реженням у кожному конкретному випадку наявного ландшафту. Особливо негативно в багатьох випадках вторгаються в навколишню місцевість широкі автомобільні магістралі, які різко порушують природну рівновагу. Тому автомобільна дорога, крім виконання транспортно-економічної функції, повинна бути засобом організації ландшафту [6].

Керівним під час оцінки якості траси стає принцип пейзажної композиції – творчої переробки мотивів природного ландшафту з відображенням у проєктованій споруді наявних у природі пропорцій. Звідси випливає вимога прокладання дороги на місцевості в ув'язці її з ландшафтом, основними визначальними елементами якого в більшості випадків є рельєф і рослинність [6].

Під час трасування автомобільних доріг уникають пересічень заповідників, великих лісних масивів, лісопаркових захисних насаджень, міст, щоб не порушувати екологічної рівноваги в них. Найкраще прокладати трасу по їх межах (границях), по узліссях [1].

У разі вписування траси в рельєф місцевості суттєвим елементом охорони ландшафтів в усьому світі вважають зменшення ухилу укосів земляного полотна за одночасного по можливості зменшення висоти насипів і глибини виїмок. Пологі відкоси, закруглені брівки надають дорозі більш природного вигляду й дозволяють зменшити ширину постійного відведення земель [2].

Для переважно рівнинного природного ландшафту доцільною є клоотода – траса, що складається з кривих змінної кривизни з чергуванням кутів повороту, або траса, яка складається зі сплайнів (кубічних поліномів). Такі траси візуально являють собою лінії плавних обрисів. Ці форми трас найбільше наближаються до «первинних», природних контурів ландшафту, що має в основному криволінійний обрис [1]. Використання плавних кривих замість різких поворотів допомагає зменшити кількість землі, необхідної для будівництва дороги.

Зменшити ширину смуги відведення землі під автодорогу можна шляхом використання різних методів і технологій для оптимізації дорожнього простору та збереження природних ресурсів. Наведемо результати аналізу окремих наукових праць, присвячених питанням ланд-

шафтного проєктування й збереження земельних фондів.

Будівництво автомобільних доріг прискорило зростання міст і спричинило прямі та непрямі зміни в землекористуванні. Незважаючи на те, що в багатьох працях проаналізовано взаємозв'язок між будівництвом автомагістралей і місцевим розвитком, відносно менше уваги приділено з'ясуванню різних впливів автомагістралей, пов'язаних із втратою сільськогосподарських угідь. Стаття [13] об'єднує просторовий аналіз ГІС, дистанційне зондування, буферний аналіз і показники ландшафту для аналізу його зміни, спричиненої прямими та непрямыми впливами автомагістралей. У наведеній статті досліджено взаємодію між впливом автомагістралей і втратою сільськогосподарських угідь на прикладі високоурбанізованих транспортних вузлів у Східному Китаї. Безпрецедентне будівництво автодоріг порушило регіональний ландшафт, охопивши велику кількість забудованих земель, які перейшли із сільськогосподарських угідь протягом останніх двох десятиліть. Автори пропонують створити загальну систему захисту сільськогосподарських угідь для посилення просторового контролю та пом'якшення негативних наслідків, спричинених будівництвом автомагістралей.

Зростання занепокоєння з приводу існування «the camel's back» очевидно постає в недавніх дослідженнях, які показують, як доступність нової мережі доріг негативно впливає на зниження економічної продуктивності у відсталих районах за рахунок підвищення рівня місцевої залежності від великих мегаполісів. У роботі [9] розглянуто потенційний «солоний вплив» двох нових автомагістралей – Центрального внутрішнього шосе та шосе Сеул–Чхунчхон – на населення регіону та зростання промисловості в Кореї з використанням аналізу відмінностей. Занепокоєння з приводу «ефекту соломи» може бути корисним, оскільки вона спонукає людей до усвідомлення проблем та до дій, перш ніж проблеми стануть незворотними або непереборними. Однак важливо також враховувати контекст та забезпечувати наукову базу для оцінки реальної важливості проблеми.

На глобальному рівні існує усвідомлення необхідності захисту сільськогосподарських угідь від постійної фізичної втрати через зміну

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

землекористування. Збереження високоякісних сільськогосподарських угідь зараз перебуває в центрі міжнародних дебатів. Основною метою статті [15] є кількісний аналіз динаміки сільськогосподарського землекористування в межах коридору шосе Белград – Новий Сад як окремого маршруту, що з'єднує два найбільших міста Сербії. Методологія дослідження базується на використанні європейської бази даних Copine Land Cover та бази даних Urban Atlas, що дозволило виявити динаміку, пов'язану з найвпливовішими напрямками землекористування протягом майже 30 років за показником землекористування. Обидві ці бази даних надають геопросторову інформацію про типи ґрунтів, використання земель та зміни в географічному контексті, які залежать також від розвиненої транспортної інфраструктури.

Результати дослідження підтверджують необхідність всебічного аналізу наслідків нерегульованого, а також спеціального відведення землі та зміни сільськогосподарського землекористування на землю для будівництва в спостережуваному коридорі автомагістралі Белград – Новий Сад.

Транспортні мережі постійно розширюються по всьому світу та включають транскордонні дороги. Ці транспортні маршрути суттєво поліпшують економіку мешканців кордону й доступ до таких територій, але також спричиняють небажані екологічні наслідки. Для визначення впливу транспорту на зміни в землекористуванні використовують різні моделі й теорії [14]. Будівництво доріг фрагментує ландшафт, зменшує зв'язок і спричиняє зміни в землекористуванні. Аналіз та порівняння впливу транскордонної дороги на зміни землекористування в межах 30-кілометрової буферної зони вздовж шосе Куньмін – Бангкок між Лаосом і Таїландом показали таке: чим більшою була відстань від шосе, тим меншими були загальні зміни в землекористуванні в межах буферної зони.

Найбільший вплив до введення дороги в експлуатацію був у межах 4 км від буферної зони, після відкриття дороги дальність його впливу перевищила 10 км. Автори вважають, що наведені факти можуть забезпечити наукову основу для регіонального транспортного планування та сталого використання земельних ресурсів.

Швидке зростання поселень і пов'язаної з ними інфраструктури є глобальною тенденцією, яка супроводжується серйозними екологічними, економічними та соціальними витратами. Порядок денний на період до 2030 року та ЦСР (Цілі сталого розвитку) є важливими ініціативами, які Європейський Союз прагне реалізувати [7]. Цілі охоплюють широкий спектр сфер, включаючи боротьбу зі зміною клімату, збереження біорізноманіття, забезпечення сталого економічного зростання, споживання землі та вилучення землі й уточнення сфери її застосування.

Спираючись на анкетні дослідження та огляд літератури, автори в роботі [11] показали, як визначають споживання землі та її вилучення, і поставили під сумнів порівнянність відповідних показників. Автори рекомендували шляхи усунення наявних неоднозначностей і запропонували визначати пріоритетність терміна «відведення землі» в контексті ЄС. Таким чином, на їхню думку, буде підвищена концептуальна ясність щодо землекористування – передумови для надійної інформованості відповідної політики та рішень.

Землі, придатні для сільськогосподарського виробництва, обмежені, їх слід використовувати стійким чином і охороняти. В особливій ситуації перебувають країни, де більшість сільськогосподарських земель динамічно приватизована. У випадку з Польщею слід звернути особливу увагу на радикальний акт 2016 року, який повністю припинив продаж казначейських ресурсів і значно обмежив продажі на приватному ринку. Однак таке рішення викликало ряд побічних ефектів. У статті [16] розглянуто реальні наслідки політики, спрямованої на боротьбу з нецільовим використанням земель сільськогосподарського призначення. Дослідження виявило ряд патологій, таких як способи обходу нових обмежень або пошуки юридичних лазівок.

У науковій праці [12] представлено інноваційний підхід до оцінки зв'язності біоенергетичного ландшафту (BELC) і пов'язаних екосистемних послуг (ES) для збереження біорізноманіття на основі моделі еволюції ландшафту PANDORA 3.0. PANDORA (Landscape Connectivity Analysis) є комп'ютерною моделлю, яка дозволяє відтворити еволюцію

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

ландшафту в часі. Вона враховує різноманітні фактори, такі як використання земель, зміни в кліматичних умовах та інші, що впливають на зміну ландшафтів та біологічну конективність. У цьому вигляді комп'ютерна модель PANDORA 3.0 може забезпечити надійну підтримку, оскільки використовує дані, які зазвичай доступні землевпорядникам (наприклад, карти ґрунтового покриву/землекористування, карти ґрунтів, цифрові моделі рельєфу). Крім того, її також можна використовувати для відносно швидкої оцінки варіантів землекористування в різних масштабах.

У роботі [8] запропоновано методологічний підхід до ідентифікації багатофункціональної зеленої інфраструктури (GI) на основі чотирьох цінностей (цінність збереження, природна цінність, цінність відпочинку та антропічна спадщина), які представляють багато функцій: збереження біорізноманіття, надання екосистемних послуг, відпочинок, формування ідентичності. На прикладі італійського регіону Сардинія показано, що методологія може підтримувати створення ландшафтних планів згідно з Європейською ландшафтною конвенцією. Крім того, методологію впроваджують для визначення екологічних коридорів (ЕК), що з'єднують території Natura 2000 (N2S), на основі пріоритетності функціональних земельних ділянок, пов'язаних з їх придатністю для надання екосистемних послуг, приділяючи особливу увагу підтримці та поліпшенню біорізноманіття і беручи Сардинію як просторовий регіональний контекст.

Будівництво та захист екологічних мереж (ЕН) вважають ефективним засобом стримування фрагментації середовищ існування та зміцнення зв'язності ландшафтів. У дослідженні [10] було запропоновано повну структуру оцінки ЕН на основі «якість–функція–структура» для підтримки формування стратегій захисту ЕН. Результати показали, що діяльність із землеустрою є важливою рушійною силою для часової та просторової еволюції глобальних ЕН. Фрагментація лісів, перехідне розширення міст і сільськогосподарська рекультивація були важливими стимулами для зменшення екологічних джерел. Антагонізм між екологічними коридорами та забудовою земель призвів до дефектів екологічної якості. Через

оцінку якості екологічних коридорів визначено ключові ділянки, які підлягають ремонту. Пріоритет побудови та захисту екологічних коридорів визначено шляхом поєднання двох топологічних структур і функцій. Показано, що конкретні стратегії та напрями захисту можна визначити відповідно до цілей будівництва місцевих ЕН.

Однак слід зазначити, що незважаючи на наявність численних публікацій питання збереження наявного ландшафту одночасно з прокладанням траси автомобільної дороги потребує подальших досліджень, у тому числі за умови раціонального розподілу об'ємів земляних робіт та зменшення ширини смуги відведення земель під час проектування плану й поздовжнього профілю.

Результати

Для забезпечення плавності дороги необхідно дотримуватись принципів ландшафтного проектування й використання раціональних поєднань елементів плану і поздовжнього профілю. У нашому дослідженні під час проектування поздовжнього профілю розглянуто два принципових підходи на конкретних прикладах (варіанти 1 і 2).

Варіант 1. За наявними відмітками лінії землі по трасі автодороги наносять проектну лінію, виходячи з умови приблизної рівності об'ємів виїмок і насипів (рис. 1), і будують план смуги відведення для будівництва автодороги.



Рис. 1. Лінія землі і проектна лінія на ділянці поздовжнього профілю (варіант 1)

Fig. 1. Ground line and project line on the longitudinal profile section (version 1)

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Розраховують робочі відмітки – різницю між проектними відмітками і відмітками землі (позитивні – насип, негативні – виїмка), рис. 2, табл. 1.

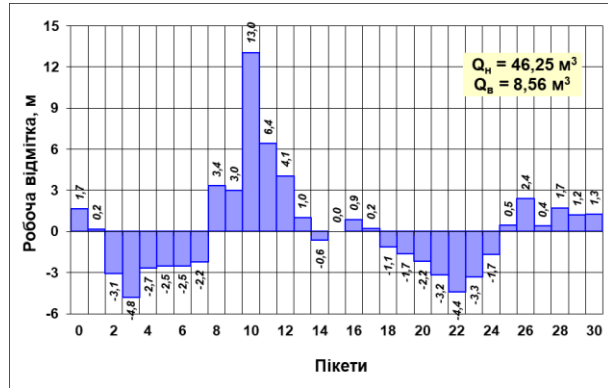


Рис. 2. Робочі відмітки: позитивні – насип, негативні – виїмка

Fig. 2. Working marks: positive – embankment, negative – excavation

Таблиця 1

Вихідні й розраховані дані поздовжнього профілю ділянки автодороги (пк 1 – ПК 5)

Table 1

Initial and calculated data of the longitudinal profile of the road section (section 1 – section 5)

Пікети	0	1	2	3	4	5
Відмітка землі, м	25,00	28,15	31,50	32,50	29,50	27,50
Проектна відмітка, м	26,65	28,33	28,45	27,70	26,83	25,00
Робоча відмітка, м	1,65	0,18	-3,05	-4,80	-2,68	-2,50
Ширина смуги, м	26,0	21,5	32,0	37,5	30,9	30,3
Площа смуги, м ²	2 374	2 678	3 474	3 416	3 061	3 034

Ширину смуги відведення визначають за методикою, наведеною в ДСТУ Б. 2.3–33:2016 [2]. Для спрощення розрахунків можна для заданої категорії автодороги й кількості смуг руху побудувати відповідні залежності. Як приклад наведено графіки для насипів (рис. 3) і виї-

мок (рис. 4) для автодороги II категорії. Результати розрахунків за формулами, що наведені на цих графіках, занесені в табл. 1.

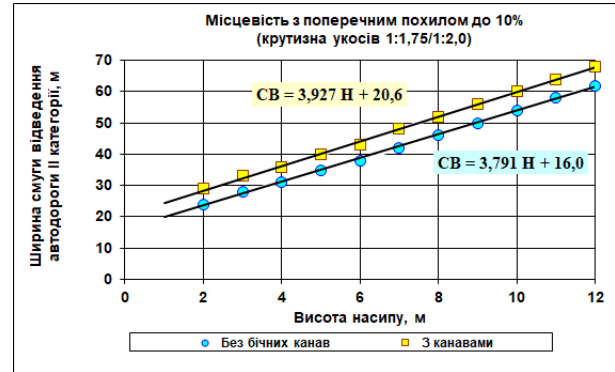


Рис. 3. Ширина смуги відведення для насипів за поперечного похилу місцевості до 10 %

Fig. 3. Right-of-way width for embankments with a cross slope of up to 10%

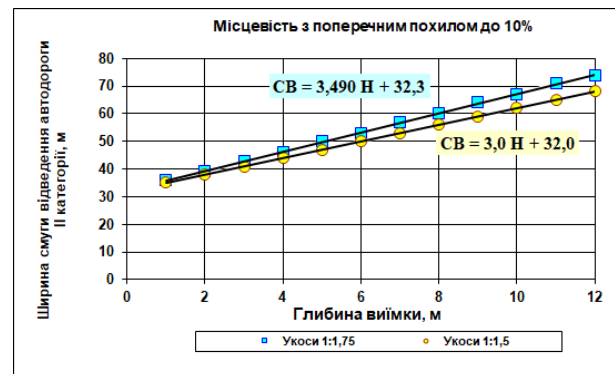


Рис. 4. Ширина смуги відведення для виїмок за поперечного похилу місцевості до 10 %

Fig. 4. Right-of-way width for excavations with a transverse slope of up to 10%

будують план відведення земельної ділянки під будівництво автодороги (рис. 5) і визначають загальну площу (у прикладі $F = 86\,347\text{ м}^2$, або 8,635 га).

Варіант 2. За даними відміток лінії землі по трасі автодороги наносять проектну лінію за умови проектування поздовжнього профілю максимально допустимими похилами (рис. 6) і будують план смуги відведення для будівництва автодороги (рис. 7). Проектну лінію наносять за умови мінімальних робочих відміток виїмок і насипів з урахуванням вимог ДБН В.2.3–4:2015 [1].

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

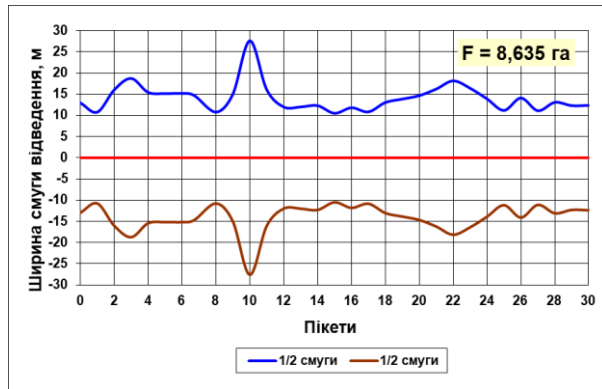


Рис. 5. План відведення ділянки за варіантом 1

Fig. 5. Site allocation plan for option 1



Рис. 6. Лінія землі і проектна лінія на ділянці поздовжнього профілю (варіант 2)

Fig. 6. Ground line and project line on the longitudinal profile section (version 2)

Розраховують робочі відмітки як різницю між проектними відмітками і відмітками землі (рис. 7, табл. 2).

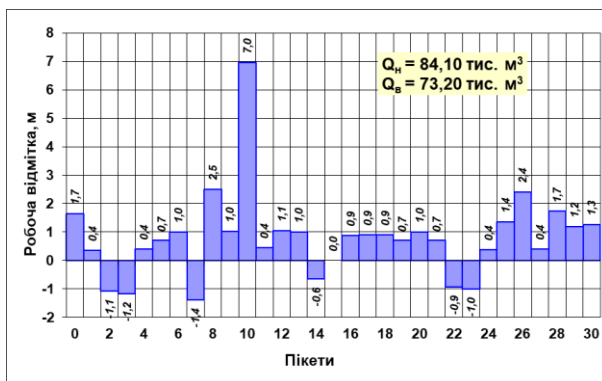


Рис. 7. Робочі відмітки: позитивні – насип, негативні – виїмка

Fig. 7. Working marks: positive – embankment, negative – excavation

Таблиця 2

Вихідні й розрахункові дані поздовжнього профілю ділянки автодороги

Table 2

Initial and calculated data of the longitudinal profile of the road section

Пікети	0	1	2	3	4	5
Відмітка землі, м	25,00	28,15	31,50	32,50	29,50	27,50
Проектна відмітка, м	26,65	28,50	30,43	31,33	29,90	28,20
Робоча відмітка, м	1,65	0,35	-1,08	-1,18	0,40	0,70
Ширина смуги, м	26,0	22,1	25,9	26,2	22,2	23,1
Площа смуги, м ²	2 400	2 399	2 608	2 422	2 265	2 355

Визначають ширину смуги відведення за методикою, викладеною в ДСТУ Б. 2.3–33:2016 [2] або за графіками (рис. 3 і 4).

Будують план відведення земельної ділянки під будівництво автодороги (рис. 8) і визначають загальну площу (у прикладі $F = 75\,159\text{ м}^2$, або 7,516 га).

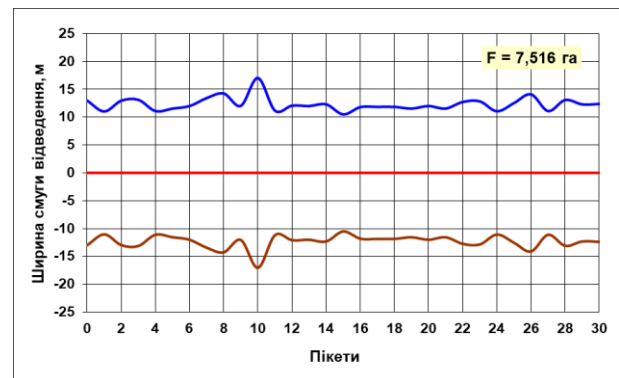


Рис. 8. План відведення ділянки (варіант 2)

Fig. 8. Site allocation plan (version 2)

Проводять порівняння двох варіантів поздовжнього профілю автодороги, спроектованих за умови збалансування об'ємів земляних робіт насипів і виїмок і за умови використання максимально допустимих похилів для заданої категорії автодороги.

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Вартість улаштування земляного полотна під час будівництва автомобільної дороги можна визначити за такою формулою [3]:

$$K_{3P} = k_{3п}Q + k_{3з}F, \quad (1)$$

де $k_{3п}$ – вартість розробки 1 м³ ґрунту; Q – об'єм ґрунту (насипів і виїмок), тис. м³; $k_{3з}$ – вартість зайняття 1 м² угідь (організацію робіт із грошової оцінки земель здійснює Державний комітет України із земельних ресурсів); F – площа зайняття угідь під час проектування автомобільної дороги.

3 листопада 2021 року Кабінет Міністрів України затвердив Постанову № 1147 «Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок» [5]. Основна ідея та формула нової методики проведення нормативної грошової оцінки залишили майже без змін.

Для визначення об'єму ґрунту під час спорудження земляного полотна автодороги було використано розроблену на кафедрі «Транспортна інфраструктура» українського державного університету науки і технологій програму Zemlja. Вихідними даними є робочі відмітки насипів і виїмок, типи поперечних профілів, поперечний ухил місцевості та ін.

Об'єми земляних робіт за першим варіантом наведено на рис. 9, із якого видно, що для відсіпання насипу можна використовувати ґрунт виїмок, і тільки невелику частину – 10,9 тис. м³ – завозити з кар'єру.

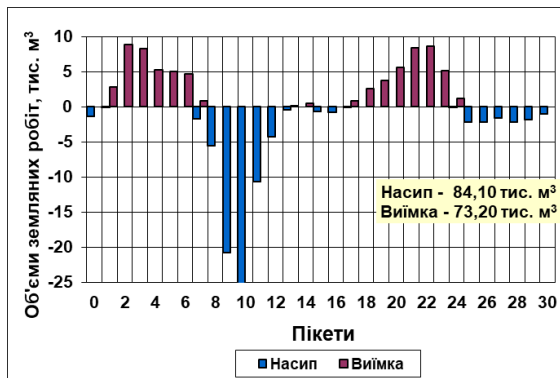


Рис. 9. Графік об'ємів земляних робіт на ділянці (варіант 1)

Fig. 9. Schedule of earthworks on the site (version 1)

Для визначення вартості зайняття угідь будують план смуги відведення під будівництво ділянки автодороги (див. рис. 5) і визначають площу цієї ділянки (у прикладі $F = 8,635$ га).

У такій самій послідовності, як описано вище, виконують розрахунки для поздовжнього профілю за варіантом 2. Об'єми земляних робіт за другим варіантом наведено на рис. 10, із якого видно, що для відсіпання насипу можна частково використовувати ґрунт виїмок, а більшу частину (37,7 тис. м³) завозити з кар'єру.

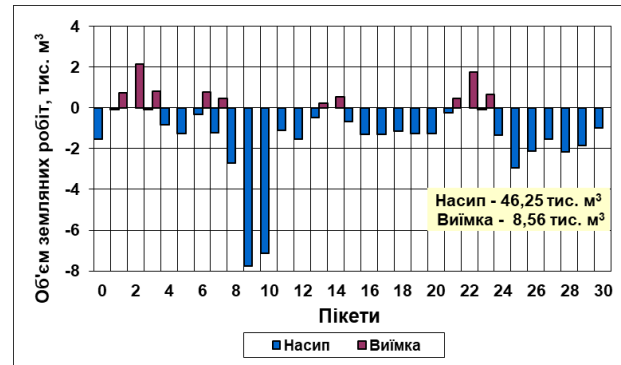


Рис. 10. Графік об'ємів земляних робіт на ділянці (варіант 2)

Fig. 10. Schedule of earthworks on the site (version 2)

Далі будують план смуги відведення під будівництво ділянки автодороги (див. рис. 8) і визначають площу цієї ділянки (у прикладі $F = 7,516$ га).

Для визначення вартості зайняття угідь необхідно знати, у якій області будують автодорогу і через яку територію вона проходить (рілля, сіножаті, пасовища). Показники нормативної грошової оцінки сільськогосподарських угідь можна взяти з наведених графіків (рис. 11) або безпосередньо за даними Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру [5].

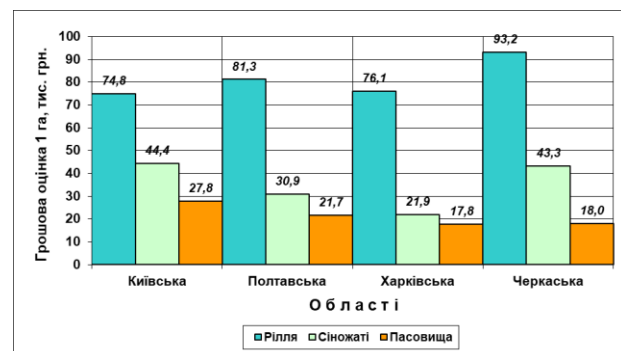


Рис. 11. Грошова оцінка зайняття 1 га угідь

Fig. 11. Monetary value of 1 hectare of land occupation

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

У прикладі взято, що автодорогу будують у Полтавській області, і траса проходить через сіножаті й пасовища.

Підраховану за формулою (1) вартість улаштування земляного полотна під час будівництва автомобільної дороги за першим і другим варіантами наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вартість улаштування земляного полотна автодороги

Table 3

Cost of road subgrade construction

Варіант	Складові вартості земляного полотна, тис. грн			
	$k_{зп} Q_H$	$k_{зп} Q_B$	$k_{зз} F$	$K_{зр}$ (форм. 1)
1	436,0	732,0	187,2	1 355,2
2	1 507,6	85,6	162,9	1 756,1

Аналіз даних табл. 3 показує, що прагнення прокласти трасу автодороги з максимально дозволеними похилами і мінімальними робочими відмітками не завжди може бути виправданим. З одного боку, досягається менша площа зайняття угідь (що позитивно), але за відсутності ґрунту виїмок доводиться закладати кар'єри для відсипання насипів. У цьому прикладі витрати на виконання земляних робіт виявились на 23 % меншими у варіанті 1, у якому передбачено приблизне збалансування об'ємів насипів і виїмок у разі збільшення площі зайняття угідь на 1,1 га [3].

Наукова новизна та практична значимість

Запропоновано методичні підходи до визначення обсягів робіт і вартості улаштування земляного полотна за умови мінімізації ширини смуги відведення під час проектування автодо-

роги. Вартість земляного полотна представлена двома складовими – вартістю розробки й транспортування ґрунту і вартістю зайняття угідь. Підсумовуючи отримані під час проведення дослідної роботи результати, можемо зазначити, що завдання з визначення обсягів робіт і вартості улаштування земляного полотна за умови мінімізації ширини смуги відведення земель для будівництва автодороги вирішено. Надані рекомендації сприятимуть ефективності проектних рішень, визначатимуть якість проекту автомобільної дороги в цілому і доцільність його реалізації зокрема.

Висновки

Дослідження підтверджують, що під час розробки проектів слід дотримуватися принципів ландшафтного проектування і використання раціональних поєднань елементів плану і поздовжнього профілю для забезпечення плавності автомобільної дороги, а також її взаємозв'язку з навколишнім середовищем. Для збереження наявного ландшафту під час проектування поздовжнього профілю слід застосовувати найбільш раціональні ухили, які призводять до зниження робочих відміток насипів та виїмок, що, у свою чергу, сприяє зменшенню ширини смуги відведення для автодороги.

У разі збалансованого розподілу об'ємів насипів та виїмок досягнуто значної зміни ширини смуги відведення, яка збільшилась в 1,6 раза, однак завдяки використанню ґрунту з виїмок для відсипання насипів (так зване поздовжнє возіння) вдалося скоротити загальні витрати на земляні роботи на 27 %, незважаючи на збільшення ширини смуги.

Важливо зазначити, що аналіз проведено з урахуванням сільськогосподарських угідь, таких як сіножаті й випаси. Проте, якщо розглядати пасовища або багаторічні насадження, розташовані в межах смуги відведення, висновки можуть зазнати змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.3-4:2015 *Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво*. [Чинний від 01.04.2016]. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ, 2015. 91 с.

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

2. ДСТУ Б В.2.3-33:2016 *Автомобільні дороги. Визначення меж смуг відведення*. [Чинний від 01.01.2017]. Мінрегіон України, Київ, 2016. 31 с.
3. Курган М. Б., Гаврилов М. О., Гусак М. А., Хмелевська Н. П. *Ресурсозбереження та новітні технології в дорожньому будівництві матеріалів* : метод. рекомендації до виконання практичних занять. Дніпро : УДУНТ, 2023. 41 с.
4. *Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено Кабінетом Міністрів України від 30.05.2018*. URL: <https://mtu.gov.ua/news/28581.html>
5. *Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок. Кабінет Міністрів України. Постанова від 3 листопада 2021 р. № 1147. Київ (Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 753 від 01.07.2022)*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1147-2021-%D0%BF#Text>
6. Строменко Є. О. *Науково-технічний супровід на етапі проектування реконструкції автомобільної дороги* : магістерська робота. Український державний університет науки і технологій. Дніпро, 2021. 122 с. URL: http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14698/1/Stromenko_dyp_2021.pdf
7. Цілі сталого розвитку та Україна. Національна доповідь (2017 рік). *Урядовий портал*. <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina>
8. Cannas I., Lai S., Leone F., Zoppi C. Green infrastructure and ecological corridors: a regional study concerning Sardinia. *Sustainability*. 2018. Vol. 10. Iss. P. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10041265>
9. Kim Y. J., Han H. J. Straw effects of new highway construction on local population and employment growth. *Habitat International*. 2016. Vol. 53. P. 123–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.11.009>
10. Lu Y., Liu Y., Huang D., Liu Y. Evolution Analysis of Ecological Networks Based on Spatial Distribution Data of Land Use Types Monitored by Remote Sensing in Wuhan Urban Agglomeration, China, from 2000 to 2020. *Remote Sens*. 2022. Vol. 14. Iss. 11. P. 1–30. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14112618>
11. Marquard E., Bartke S., Gifreu i Font J., Humer A., Jonkman A., Jürgenson E., ... Bovet J. Land Consumption and Land Take: Enhancing Conceptual Clarity for Evaluating Spatial Governance in the EU Context. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Iss. 19. P. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12198269>
12. Pelorosso R., Gobattoni F., Geri F., Monaco R., Leone A. Evaluation of Ecosystem Services related to Bio-Energy Landscape Connectivity (BELC) for land use decision making across different planning scales. *Ecological Indicators*. 2015. Vol. 61. P. 114–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.016>
13. Song J., Ye J., Zhu E., Deng J., Wang K. Analyzing the Impact of Highways Associated with Farmland Loss under Rapid Urbanization. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2016. Vol. 5. Iss. 6. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi5060094>
14. Zheng F., Huang J., Feng Z., Xiao C. Impact of the Kunming–Bangkok Highway on Land Use Changes along the Route between Laos and Thailand. *Land*. 2021. Vol. 10. Iss. 9. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10090991>
15. Živanović Miljković J., Dželebdžić O., Čolić N. Land-Use Change Dynamics of Agricultural Land within Belgrade–Novi Sad Highway Corridor: A Spatial Planning Perspective. *Land*. 2022. Vol. 11. Iss. 10. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11101691>
16. Żróbek-Różańska A., Zielińska-Szczepkowska J. National Land Use Policy against the Misuse of the Agricultural Land—Causes and Effects. Evidence from Poland. *Sustainability*. 2019. Vol. 11. Iss. 22. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11226403>

M. B. KURHAN^{1*}, M. A. HUSAK², O. F. LUZHYTSKYI³, N. P. KHMELEVSKA⁴

^{1*}Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 48, e-mail kunibor@gmail.com, ORCID 0000-0002-8182-7709

²Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 48, e-mail marka2410@gmail.com, ORCID 0000-0001-8187-7792

³Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 48, e-mail oleg.luzhickii@gmail.com, ORCID 0000-0001-6519-7447

⁴Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 48, e-mail hmelevnela@gmail.com, ORCID 0000-0002-2360-8671

Minimization of the Land Right-of-Way During the Landscape Design of a Road

Purpose. The main purpose of this work is to solve the problem of designing a longitudinal profile, provided that the volume of earthworks is rationally distributed and the width of the right-of-way is reduced when designing a road on the ground in conjunction with the landscape. **Methodology.** The study was conducted in accordance with the requirements of SBS B.2.3–4:2015 regarding the need to comply with the principles of landscape design and the use of rational combinations of plan elements and longitudinal profile to ensure the smoothness of the road, as well as its relationship with the environment to reduce destruction and preserve the existing landscape in each case. **Findings.** The paper considers two options for drawing the design line relative to the ground line: in the first option, the design line is drawn based on the condition of approximate equality of the volumes of excavations and embankments, in the second – on the condition of designing the longitudinal profile with the maximum permissible slopes to reduce the value of the working elevations. The research confirms that designing the longitudinal profile with maximum slopes leads to a decrease in the working elevations of embankments and excavations. This, in turn, leads to a reduction in the width of the road right-of-way. In the case of a balanced distribution of embankment and excavation volumes, the width of the right-of-way increased by 1.6 times. However, the use of soil from the excavations for embankment filling (the so-called longitudinal dumping) reduced the total cost of earthworks by 27%, despite the increase in the width of the right-of-way. **Originality.** Methodological approaches to determining the scope of work and cost of subgrade construction are proposed, provided that the width of the right-of-way is minimized during the design of the road. The cost of the subgrade is represented by two components – the cost of soil development and transportation and the cost of land occupation. **Practical value.** The results obtained in the course of the research work indicate that the task of determining the scope of work and cost of the subgrade construction, while minimizing the width of the right-of-way during the construction of the road, has been solved. The provided recommendations will contribute to the effectiveness of design solutions, determine the quality of the road project in general and the feasibility of its implementation in particular.

Keywords: highway; landscape design; longitudinal profile; embankment; excavation; subgrade; right-of-way; subgrade volumes; cost of land

REFERENCES

1. *DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo.* (2015). Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. Kyiv. (in Ukrainian)
2. *DSTU B V.2.3-33:2016 Avtomobilni dorohy. Vyznachennia mezh smuh vidvedennia.* (2016). Ministry of Regions of Ukraine. Kyiv. (in Ukrainian)
3. Kurhan, M. B., Gavrilov, M. O., Husak, M. A., & Khmelevska, N. P. (2023). *Resursozberezhennia ta novitni tekhnologii v dorozhnomu budivnytstvi materialiv: metod. rekomendatsii do vykonannia praktychnykh zaniat.* Dnipro: UUST. (in Ukrainian)
4. *Natsionalna transportna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku. Skhvaleno Kabinetom Ministriv Ukrainy vid 30.05.2018.* Retrieved from <https://mtu.gov.ua/news/28581.html> (in Ukrainian)
5. *Pro zatverdzhennia Metodyky normatyvnoi hroshovoi otsinky zemelnykh dilianok.* Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1147-2021-%D0%BF#Text> (in Ukrainian)
6. Stromenko, E. O. (2021). *Naukovo-tekhnichnyi suprovid na etapi proektuvannia rekonstruksii avtomobilnoi dorohy* (Master's thesis). Ukraine state University of Science and Technology. Dnipro. Retrieved from http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14698/1/Stromenko_dyp_2021.pdf (in Ukrainian)
7. Sustainable Development Goals and Ukraine. National report (2017). *Government Portal.* Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina> (in Ukrainian)
8. Cannas, I., Lai, S., Leone, F., & Zoppi, C. (2018). Green Infrastructure and Ecological Corridors: A Regional Study Concerning Sardinia. *Sustainability*, 10(4), 1-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10041265> (in English)
9. Kim, J. Y., & Han, J. H. (2016). Straw effects of new highway construction on local population and employment growth. *Habitat International*, 53, 123-132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.11.009> (in English)

10. Lu, Y., Liu, Y., Huang, D., & Liu, Y. (2022). Evolution Analysis of Ecological Networks Based on Spatial Distribution Data of Land Use Types Monitored by Remote Sensing in Wuhan Urban Agglomeration, China, from 2000 to 2020. *Remote Sensing*, 14(11), 1-30. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14112618> (in English)
11. Marquard, E., Bartke, S., Gifreu i Font, J., Humer, A., Jonkman, A., Jürgenson, E., ... & Bovet, J. (2020). Land Consumption and Land Take: Enhancing Conceptual Clarity for Evaluating Spatial Governance in the EU Context. *Sustainability*, 12(19), 1-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12198269> (in English)
12. Pelorosso, R., Gobattoni, F., Geri, F., Monaco, R., & Leone, A. (2016). Evaluation of Ecosystem Services related to Bio-Energy Landscape Connectivity (BELC) for land use decision making across different planning scales. *Ecological Indicators*, 61, 114-129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.016> (in English)
13. Song, J., Ye, J., Zhu, E., Deng, J., & Wang, K. (2016). Analyzing the Impact of Highways Associated with Farmland Loss under Rapid Urbanization. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(6), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ijgi5060094> (in English)
14. Zheng, F., Huang, J., Feng, Z., & Xiao, C. (2021). Impact of the Kunming–Bangkok Highway on Land Use Changes along the Route between Laos and Thailand. *Land*, 10(9), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10090991> (in English)
15. Živanović Miljković, J., Dželebdžić, O., & Čolić, N. (2022). Land-Use Change Dynamics of Agricultural Land within Belgrade–Novi Sad Highway Corridor: A Spatial Planning Perspective. *Land*, 11(10), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11101691> (in English)
16. Żróbek-Róžańska, A., & Zielińska-Szczepkowska, J. (2019). National Land Use Policy against the Misuse of the Agricultural Land—Causes and Effects. Evidence from Poland. *Sustainability*, 11(22), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11226403> (in English)

Надійшла до редколегії: 02.02.2023

Прийнята до друку: 09.06.2023