АЕРОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИДОРОЖНІХ ЛІНІЙНИХ НАСАДЖЕНЬ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ

С. І. МАКСИМЦЕВ*, аспірант

<http://orcid.org/0000-0002-2390-0533>, e-mail: msi.serhiy@nubip.edu.ua

С. М. ДУДАРЕЦЬ, кандидат сільськогосподарських наук

<http://orcid.org/0000-0002-9449-3023>, e-mail: dudarec@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено значення придорожніх лісових смуг у контексті захисту шляхів автомобільного сполучення від несприятливих природно-кліматичних чинників, виконання ними санітарно-гігієнічних, шумопоглинальних та естетичних функцій. Приділено увагу історичним аспектам створення захисних смугових насаджень різного функціонального призначення. На основі аналізу вітчизняних і зарубіжних наукових літературних джерел окреслено комплексний захисний вплив лінійних насаджень різних конструкцій на прилеглі польові угіддя, шляхи транспорту та довкілля.

Основна мета проведених досліджень полягала в обґрунтуванні ефективності придорожніх лісових смуг різних конструкцій та різного видового складу щодо їх впливу на зміну вітрового режиму шляхів автомобільного транспорту в умовах Західного Полісся. Зазначено, що виконання програмних завдань проводилося з використанням комплексної методики, яка передбачає дослідження лісівничо-меліоративних та аеродинамічних особливостей смугових насаджень. Аеродинамічні властивості придорожніх смуг встановлювали з урахуванням їхніх конструктивних особливостей і категорії доріг.

У всіх варіантах досліджень виявлено сталу тенденцію до уповільнення швидкості вітру. Найбільшою мірою на цей показник впливали смуги щільної конструкції. У самих придорожніх насадженнях швидкість вітру також зменшується, що свідчить про порівняльний аналіз показників на їхніх узліссях. Проведені розрахунки також показали найменший показник вітропроникності у смугах щільної, а найбільший – у смугах продувної конструкції. Аналіз показників уповільнення швидкості вітру та вітропроникності придорожніх лісових смуг залежно від категорії (інтенсивності руху) доріг засвідчив, що певної тенденції щодо цього не простежується. Різні категорії доріг перебувають під захистом лінійних насаджень різних конструкцій, які своєю чергою визначаються особливостями їхньої будови. Зазначено, що для магістральних і регіональних доріг державного значення з інтенсивним рухом автомобільного транспорту

* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент С. М. Дударець.

найбільшу ефективність мають смуги щільної, а для територіальних і районних доріг місцевого значення – ажурної і продувної конструкції.

Ключові слова: захисна висота, швидкість вітру, дороги державного значення, конструкція, вітропроникність, анемометр.

Актуальність. Природні ліси та штучно створені лісові смуги, групово-куртинні насадження дерев і чагарників уздовж автомобільних доріг та у смугах їхнього відведення призначені захищати транспортні магістралі від снігових і піщаних занесень, селів, лавин, обвалів, осипів, ерозії та дефляції, а також знижувати рівень шуму, виконувати санітарно-гігієнічні та естетичні функції, убезпечувати рухомий транспорт від несприятливого впливу сильних вітрових потоків.

Дослідження захисних функцій смугових насаджень в умовах зростання антропогенного навантаження поряд із теоретичним має важливе практичне значення. Тому від наявного стану таких насаджень залежить стійкість лісоаграрних ландшафтів, інтенсивність і характер різноманітних процесів, які в них відбуваються.

Останніми роками доволі гостро постала проблема екологічних аспектів захисного впливу лісових насаджень через емісію шкідливих речовин від вихлопних газів автомобілів та іншого рухомого складу поза межами смуги відведення доріг (Environmental protection, ISO 7173: 2010).

Зазначені обставини спонукають до розроблення та впровадження нових, удосконалених принципів розміщення, складу деревних рослин та експлуатації систем захисних лісових насаджень уздовж шляхів автомобільного транспорту, що забезпечували б належний рівень захисту від негативного впливу екзогенних факторів.

Поділ лісів на категорії залежно від основних функцій, що їх вони виконують, проводять згідно з Лісовим кодексом України (Forest Code of Ukraine, 2006). Придорожні лісові смуги (ПЛС) належать до категорії захисних лісів. Для умов Західного Полісся найпоширенішими функціями придорожніх лісових смуг є пониження швидкості вітру та снігозатримання. Вітропослаблювальні функції таких насаджень полягають у захисті шляхів транспорту і споруд біля них від дії сильних вітрів і заносів дрібними частинками ґрунту.

Вітрозахисна дія лісових смуг значною мірою залежить від їхніх конструктивних особливостей. Конструкція, як відомо, визначається будовою поздовжнього вертикального профілю лісової смуги в листяному стані, що зумовлює її аеродинамічні властивості. Тому визначення оптимальних конструкцій придорожніх лісових смуг залежно від категорії доріг має забезпечити ефективний захист транспортних магістралей від негативного впливу вітрових потоків, зменшення опору під час руху автомобільного транспорту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Численними дослідженнями встановлено, що одним із дієвих та ефективних засобів захисту транспортних магістралей від негативного впливу природних чинників, а також прилеглих територій від шкідливих викидів і шумового забруднення транспортних засобів

є лісові ділянки різної просторової форми на основі принципу штучного бар'єру, які проектують із використанням максимально можливого захисного ефекту (Pavlishyna, 2009; Sheludchenko & Vasyk, 2010; H. Hladun & Yu. Hladun, 2013).

Захисні насадження уздовж автошляхів поділяють на насадження лінійного типу та масиви лісу, через які було прокладено автомобільні дороги. Земельна ділянка для захисного насадження виділяється як унормована смуга.

До 1940-х рр. у створенні смугових захисних насаджень значної зацікавленості і єдиної системи не спостерігалось, оскільки в них не вбачали необхідності. Мали місце лише поодинокі спроби захистити незначні за площею земельні ділянки від шкідливого впливу вітрів шляхом створення за їх межами смугових насаджень. Від 1948 р. набувають значного розмаху лісовпорядні та лісокультурні роботи, пов'язані, насамперед, зі створенням полезахисних лісових смуг, а також подальшим захистом шляхів автомобільного сполучення такими насадженнями. Широке впровадження механізації сільського господарства, сучасної техніки забезпечило розширення площ польових угідь та більш інтенсивний прояв ерозійних процесів, які почали розвиватися на поверхні ґрунту внаслідок його обробітку. Агролісомеліоративні дослідження захисних смугових насаджень проводили з метою визначення їхнього позитивного впливу на розвиток сільського господарства, довкілля, шляхів транспорту тощо (State Road Agency of Ukraine, 2019).

Вплив смугових насаджень різних конструкцій на вітровий режим у різні часи досліджували Pylypenko et

al. (2019), Sovakov (2009), Polishchuk (2009), Sytnyk (2005), Hladun (2013).

У дослідженнях О. В. Совакова, які проводили у системі лісових смуг, показано їхній комплексний вплив на зниження швидкості вітру, снігозатримання, поліпшення властивостей ґрунту (Sovakov, 2009). О. П. Поліщук встановив, що лісові смуги ажурної та продувної конструкції із середньою ажурністю між стовбурами 20–25 % та у кронах 5–10 % найбільшою мірою проявляють свої аеродинамічні властивості. Коефіцієнт рівномірності зниження вітрового потоку становить 0,42–0,76, також відслідковується чітка тенденція зниження швидкості вітру на відстані до 15–20 Н, що сприятливо впливає на агрономічну ситуацію прилеглих територій (Polishchuk, 2009).

Своєю чергою О. С. Ситник виокремив найефективніші щодо запобігання суховійним вітрам у літній період 3–5-рядні лісосмуги з помірною середньою ажурністю (до 20 %). За таких умов їхній сумарний вітрозахист досягає 40–50 % і його зниження відносно рівномірне (Sytnyk, 2005).

Випробуваннями штучних захистів із чотирма різними проникностями займалися Rain & Stevenson (1977). Їхні дослідження показали, що модельні огорожі, які протестовано у потоці вітрового тунелю, можуть передбачити повномасштабні показники за умови моделювання атмосферного вітру. Вимірювання інтенсивності та спектрів турбулентності для компонента швидкості повітряних потоків через штучні захисти надали чіткішу картину щодо відповідних зон впливу потоку циркуляції та потоку переміщення і показали значне домінування поля підвітрених рівнів за рахунок турбулентності повітряних мас. До-

слідники вивели рівняння, що стосується інтенсивності турбулентності та відносної середньої швидкості.

Розробкою оптимальної конструкції лінійних захисних насаджень щодо їх впливу на вітрові потоки, будовою таких смуг займалися Cornelis & Gabriels (2005). Вони провели вітроенергетичне дослідження вимірювання загального коефіцієнта відновлення швидкості вітрів під час використання лісосмуг із різними просвітами. Автори зробили висновок, що просвіти у межах 20–35 % є оптимальними з погляду зменшення швидкості вітру. Рівномірний розподіл просвітів за всією висотою насадження (між стовбурами і в кронах) забезпечує найбільшу площу захисту, де послаблення швидкості вітру становить понад 50 %. На підставі проведених експериментів вони також дійшли висновку, що оптимальна конструкція захисних лінійних насаджень залежить від їхнього функціонального призначення – захист польових угідь чи захист інфраструктури від засипання пісками.

У своїх дослідженнях Vigiak et al. (2003) займалися просторовим моделюванням швидкості вітру та пошуком варіантів його зменшення. Автори порівнювали розподіл напрямку вітру з індексом вітрозахисту та дійшли висновку, що вітрозахисна мережа забезпечує належний захист площі, але розподіл вітрозахисту не завжди є оптимальним. Проведення досліджень із небезпечними щодо виникнення ерозії вітрами, або у періоди, коли ґрунт є найбільш піддатливий ерозії, зумовили розробку різних пропозицій щодо мережі вітрозахисту. Запропонований авторами індекс захисту можна вважати інструментом для оцінки ефективності

вітрозахисних мереж у межах всього ландшафту.

Згадані вітчизняні та зарубіжні автори зосереджували увагу на питаннях оптимізації складу та будови захисних смуг з урахуванням їхнього впливу переважно на прилеглі польові угіддя. На теперішній час через збільшення віку створених придорожніх насаджень та зміну їхньої будови, зміни кліматичних показників у регіоні досліджень, значне зростання чисельності автомобільного транспорту постає необхідність розгляду цих питань у контексті сучасних умов.

Мета досліджень: на підставі з'ясування лісівничо-меліоративних характеристик придорожніх лісових смуг, анемометричних вимірювань і статистичного оброблення отриманих показників визначити аеродинамічні властивості таких насаджень з урахуванням їхніх конструктивних особливостей і категорій доріг в умовах Західного Полісся. Також передбачалося виконання порівняльного аналізу уповільнення швидкості вітру під впливом захисних смуг та їх вітропроникності.

Матеріали і методика досліджень. Для проведення досліджень використано комплексну методику, яку розробила кафедра відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України. Така методика охоплює аспекти виявлення лісівничо-меліоративних особливостей смугових насаджень та аеродинамічні дослідження.

Дослідження вітрового режиму проводили в усіх основних конструкціях придорожніх лісових смуг. Конструкція, як відомо, визначається будовою поздовжнього вертикального профілю лісової смуги в листяному стані, що визначає її аеродинамічні властивості. Під час досліджень було

враховано основні конструкції смугових насаджень: продувну, щільну, ажурну, ажурно-продувну.

Аеродинамічні властивості придорожніх лінійних насаджень встановлювали з урахуванням їхніх конструктивних особливостей і категорії доріг (міжнародні (М), національні (Н), регіональні (Р), територіальні (Т)) у літній період 2019 р. Потрібно зазначити, що попередньо у цих насадженнях було закладено тимчасові пробні площі (ТПП) на предмет визначення їхніх основних лісівничо-меліоративних характеристик. Дослідження виконували за узагальненими методиками з певними уточненнями відповідно до специфіки об'єкта досліджень (Pylypenko & Sovakov 2006). Заміри швидкості вітру проводили з 10:00 до 16:00 години з використанням анемометрів Фусса МС-13.

Анемометри встановлювали на висоті 1,0 м від поверхні землі. Враховуючи особливості об'єкта досліджень (незначна відстань завітреної сторони смугових насаджень) анемометричний «ланцюг» (АЛ) формували із розміщенням приладів в узлісних рядах і на відстанях 0,1Н, 0,25Н і 0,5Н із навітряної і завітрянної сторін смуги (Н – захисна висота придорожніх смуг, яку визначали на підставі попереднього закладання тимчасових пробних площ).

За допомогою флюгера фіксували напрямок стійкого вітру (східний або західний), який був перпендикулярним до придорожньої лісової смуги, оскільки лише за такого напрямку досягається максимальна вітрозахисна ефективність насадження. Максимальне відхилення допускали у межах $\pm 30\%$. Контрольний анемометр (К) встановлювали за 5 м від дороги із зони, де немає відсутності ПЛС, із

навітряного боку. Перед початком досліджень здійснювали перевірку анемометрів в аеродинамічній трубці та польових умовах. Для забезпечення достовірності результатів досліджень на кожному насадженні було використано три анемометричні «ланцюги». Тривалість кожної експозиції під час вимірювань становила 30 хвилин. Під час оброблення інформації було використано статистичний та аналітичний методи.

Вітропроникність розраховували відношенням швидкості вітру на завітреному узліссі лісосмуги до його швидкості на контролі за формулою 1:

$$П = \left(\frac{V_o}{V_k} \right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $П$ – вітропроникність, %; V_o – середньозважена швидкість вітру на завітреному узліссі лісосмуги, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; V_k – середньозважена швидкість вітру на контролі, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ (Yukhnovskyi et al., 2015).

Результати дослідження та їх обговорення. Для проведення аеродинамічних досліджень було відібрано придорожні лісові смуги різних конструкцій. Їхню лісівничо-меліоративну характеристику наведено в табл. 1. Такі насадження створювалися переважно чистими за складом із використанням сосни звичайної, клена гостролистого, липи серцелистої, вільхи клейкої, тополі сірої. Вікова структура лісових смуг досить широка і становить від 30 до 53 років. Підріст деревних видів рослин розвинений переважно в узлісних частинах насаджень, а підлісок дуже слабо розвинений, навіть у смугах щільної конструкції. Завдяки інтенсивному розвитку підросту навіть у дворядних смугах із клена гостролистого та тополі сірої сформувалася щільна конструкція.

1. Лісівничо-меліоративна характеристика придорожніх лісових смуг

№ ТПП	Кількість рядів, шт.	Склад насадження	Вік, років	Захисна висота (Н, м)	Ажурність, %		Конструкція	Дороги державного значення
					між стовбурами	у кронах		
1	4	10Сз+Тс+Бп	48	20	25	20	ажурна	Н-22
2	2	10Сз	44	12	20	15	ажурна	М-07
3	4	10Сз+Бп	53	18	18	14	ажурна	Н-22
4	3	10Лп+Кг	30	20	30	12	ажурно-продувна	М-06
5	2	10Сз	54	24	30	15	ажурно-продувна	Р-05
6	2	10Сз	30	20	35	13	ажурно-продувна	Р-05
7	2	10Кг+Бп	45	18	40	8	продувна	М-19
8	2	10Вхч+Сз+Бп	38	16	40	9	продувна	Р-76
9	5	10Ясз	41	19	35	5	продувна	Р-05
10	2	10Тпс+Кг	43	14	5	7	щільна	Р-05
11	2	10Кг+Бп	40	18	3	10	щільна	Т-1806
12	2	10Кг+Лпд+Кг	46	13	2	5	щільна	Т-1812

Захисну (максимальну) висоту розраховували за висотою найвищих дерев у насадженні. Ажурність придорожніх лісових смуг у листяному стані визначали шляхом співвідношення кількості просвітів до загальної площі повздожнього вертикального профілю у нижній (між стовбурами) та верхній (у кронах) частинах насаджень. Цей показник коливався від 2 до 40 % між стовбурами та від 5 до 20 % у кронах.

Вплив вітрового режиму на шляхи автомобільного транспорту залежить від швидкості вітру, кута його підходу до придорожньої смуги, конструктивних особливостей захисних насаджень.

Характер уповільнення швидкості вітру на захищених ділянках автомобільних доріг, як наведено вище, визначали в зоні 0–0,5Н із навітряної і завітряної сторін смуги, що надало можливість встановлювати цей показник практично біля самої брівки дороги. Щоб отримати більш достовірні результати, для проведення до-

сліджень було обрано по три смуги кожної конструкції. Як контрольні показники використано анеометричні заміри біля доріг в умовах, де немає захисних насаджень. У придорожніх лісових смугах різних конструкцій і на контрольній ділянці прокладали анеометричні «ланцюги», а саме: в ажурній – варіант I (ТПП № 1–3); ажурно-продувній – варіант II (ТПП № 4–6); продувній – варіант III (ТПП № 7–9); щільній – варіант IV (ТПП № 10–12). Швидкість вітру на контролі становила 3,2–5,3 м·с⁻¹.

Для з'ясування основних закономірностей генеральної сукупності отриманих значень швидкості вітру виконано статистичне оброблення даних за всіма чотирма варіантами, а в межах кожного з них – за трьома вибірками (табл. 2).

Статистичні дані, наведені у табл. 2, показують, що розмах швидкості вітру під захистом придорожніх смуг продувних конструкцій становить 39 %, ажурно-продувних – 42 %, а ажурних – 31 %.

2. Статистичне оброблення генеральної сукупності показників швидкості вітру

Варіант	Номер пробної площі	Статистичні показники					
		розмах	середнє арифметичне	медіана	дисперсія	середнє квадратичне відхилення	коефіцієнт варіації
I	1	48	51,9	58,5	278,1	16,7	0,3
	2	47	53,6	55,5	262,8	16,2	0,3
	3	39	54,0	62,5	264,9	16,3	0,3
За варіантом		44	53,1	58,5	237,0	15,4	0,3
II	4	34	55,1	62,5	201,6	14,2	0,3
	5	58	47,5	48,5	384,3	19,6	0,4
	6	44	50,9	48,0	271,6	16,5	0,3
За варіантом		42	51,1	51,5	239,6	15,5	0,3
III	7	46	48,0	48,5	321,1	17,9	0,4
	8	29	56,9	60,5	112,4	10,6	0,2
	9	44	56,3	61,0	221,6	14,9	0,3
За варіантом		39	53,6	57,0	193,4	13,9	0,3
IV	10	42	43,8	48,5	287,6	17,0	0,4
	11	45	44,3	48,0	274,8	16,6	0,4
	12	44	44,3	45,5	225,6	15,0	0,3
За варіантом		43	44,0	48,5	259,4	16,1	0,4

Примітка: I варіант – ажурна, II – ажурно-продувна, III – продувна, IV варіант – щільна конструкції.

щільних – 43 %, ажурних – 44 %. Тому досить різних перепадів швидкості вітрових потоків із урахуванням конструктивних особливостей насаджень не спостерігається. На підставі аналізу табличних даних можна також зазначити, що зі зменшенням середнього арифметичного значення і медіани показників швидкості вітру зростає ефективність захисту смугових насаджень, і навпаки, зі зменшенням цих показників їхні захисні функції послаблюються. За всіма іншими статистичними показниками простежується закономірність їх певного зростання під впливом смуг щільної конструкції та зменшення у смугах

продувної конструкції. Насадження решти конструкцій щодо цього займають проміжне положення. Коефіцієнт варіації для смуг щільної конструкції становить 0,4, а для решти – 0,3.

Із метою виконання порівняльного аналізу аеродинамічних властивостей придорожніх смуг різних конструкцій швидкість вітру розраховували у відсотках до показників на контрольній ділянці. Зниження швидкості вітру характеризують показники, що наведені у табл. 3.

Із метою візуалізації отриманих даних щодо зміни вітрового режиму під впливом захисних насаджень також було побудовано лінії тренду

3. Зниження швидкості вітру під захистом лісових смуг різних конструкцій

Варіант	Номер пробної площі	Швидкість вітру на контролі, м·с ⁻¹	Швидкість вітру на висоті 1 м на різних відстанях від лісової смуги Н, % від контролю								Вітропроникність, %
			навітряна сторона				завітряна сторона				
			0,5Н	0,25Н	0,1Н	лісосмуга 0Н 0Н		0,1Н	0,25Н	0,5Н	
I	1	4,2	69	67	61	59	58	37	43	21	36
	2	6,2	78	69	48	59	57	54	31	33	32
	3	5,6	71	66	66	63	62	36	36	32	34
За варіантом		5,3	73	67	58	60	59	42	37	29	34
II	4	2,4	67	69	65	62	63	42	38	35	33
	5	3,3	82	61	57	49	48	24	33	26	32
	6	3,9	74	75	54	44	42	52	31	35	32
За варіантом		3,2	74	68	59	52	51	39	34	32	32
III	7	3,6	72	61	67	50	47	35	26	26	35
	8	4,1	69	60	67	63	61	50	45	40	37
	9	4,5	70	71	65	62	60	50	45	27	35
За варіантом		4,1	70	64	66	58	56	45	39	31	36
IV	10	3,1	62	64	47	50	53	30	22	22	27
	11	3,6	65	60	53	51	45	38	22	20	29
	12	4,3	67	56	54	49	42	35	23	28	28
За варіантом		3,7	65	60	51	50	47	34	22	23	28

(рис. 1) з використанням поліноміального рівняння третього ступеня у розрізі їх конструкцій:

- продувна ($y = 0,01260x^3 - 0,7242x^2 + 0,1205x + 69,51$) із рівнем достовірності $R^2=0,9478$;
- ажурних ($y = -0,1086x^3 + 1,008x^2 - 7,503x + 78,79$ із $R^2=0,9478$);
- ажурно-продувна ($y=0,0481x^3 - 0,4394x^2 - 5,654x + 80,01$ із $R^2=0,9835$);
- щільна ($y=0,0606x^3 - 1,068x^2 - 1,033x + 66,07$ із $R^2=0,9557$).

Дані табл. 3 і рис. 1 засвідчують, що лінійні придорожні насадження різних конструкцій неоднаково впливають на зміну швидкості вітру у зоні досліджень.

У всіх варіантах досліджень виявлено сталу тенденцію до уповільнення швидкості вітру. Найбільшою мірою на цей показник впливали смуги щіль-

ної конструкції (варіант IV). У зоні 0,5Н із навітряної сторони таких смуг швидкість вітру зменшилася на 35 %, а в зоні 0,5Н із завітряної – на 80 % порівняно із контрольними замірами. Смуги решти конструкцій (варіанти I–III) дещо меншою мірою впливають на уповільнення швидкості вітру. Так, на початку зони вимірювань дані показники суттєво не відрізняються і лежать у межах 25–30 %, а за смугою – 71–68 %. Потрібно зазначити, що в самих придорожніх насадженнях швидкість вітру також зменшується, про що свідчить порівняльний аналіз показників на їхніх узлісних рядах.

Важливою характеристикою аеродинамічних властивостей придорожніх смуг є їхня вітропроникність. Проведені розрахунки показали найменший показник вітропроникності у смугах щільної (28 %, варіант IV), а найбіль-

Рис. 1. Швидкість вітру (висота 1 м) на різних відстанях від прикордонної смуги із навітряної і завітряної сторін

ший – у смугах продувної конструкції (36 %, варіант III, табл. 2). У варіантах I і II (смуги ажурної і ажурно-продувної конструкцій) цей показник характеризується проміжним значенням.

Висновки і перспективи. Придорожні лінійні насадження регіону досліджень виконують важливі функції щодо уповільнення швидкості вітру та послаблення його негативного впливу у зоні руху транспорту. Поряд із цим насадження захищають інші об'єкти інфраструктури (повітряні електромережі, мережі зв'язку), що прокладені уздовж шляхів автомобільного сполучення.

На всіх дослідних об'єктах має місце стала тенденція до уповільнення швидкості вітру. Біля смуг щільної конструкції на ділянках із навітряної і завітряної сторін спостерігається найбільше зниження швидкості вітру, що відповідним чином позначилося і на показнику вітропроникності.

Аналіз показників уповільнення швидкості вітру та вітропроникності придорожніх лісових смуг залежно від категорії (інтенсивності руху) доріг засвідчив, що певної тенденції

щодо цього не простежується. Різні категорії доріг перебувають під захистом лінійних насаджень різних конструкцій, які своєю чергу визначаються кількістю рядів у смузі, типом змішування, розміщенням посадкових місць, ажурністю крон деревних рослин, наявністю підросту і підліску.

Із урахуванням отриманих результатів аеродинамічних властивостей придорожніх лінійних насаджень різних конструкцій можна зазначити, що для магістральних і регіональних доріг державного значення із інтенсивним рухом автомобільного транспорту найбільшу захисну ефективність проявлятимуть смуги щільної конструкції. Для територіальних і районних доріг місцевого значення оптимальними будуть смуги ажурної і продувної конструкції.

Список літератури

- Pavlishyna, O. M. (2009). Protective forest plantations of the southwestern railway. *Scientific Bulletin of UNFU*, 19 (15), 98–102 [in Ukrainian].

- Sheludchenko, B. A., & Vasyk, L. S. (2010). Rationale for the panels of the forest protection stripes of the road network. *Ecological safety and balanced nature management*, 2, 35–41 [in Ukrainian].
- Environmental protection. Forest areas along railways and highways and in strips of drainage are protective. Selection rules: ISO 7173: 2010. [Effective on 2012-07-01] State Consumer Standard of Ukraine, 2011. 10. (National Standard of Ukraine) [in Ukrainian].
- Pylypenko, O. I., & Sovakov, O. V. (2006). Influence of forest protection strips of optimal construction on soil properties in the conditions of the central Right-bank Forest-steppe. *Interagency Scientific and Technical Collection. Forestry, wood, paper and wood industry*, 31, 12–18 [in Ukrainian].
- Pylypenko, O. I., Yukhnovskyi, V. Yu., & Sovakov, O. V. (2019). *Soil protection systems from erosion*. Kyiv: Vydavnychi Dim Kondor, 372 [in Ukrainian].
- Yukhnovskyi, V. Yu., Dudarets, S. M., Maliuha, V. M., & Sovakov, O. V. (2015). *Forest reclamation: workshop teaching manual*. Conдор Publishing House [in Ukrainian].
- Hladun, H. B., & Hladun, Yu. H. (2013). Protection of highways by forest plantations of linear type and their forecast volumes. *Scientific hanging UkrNDILGA*, 123, 103–113 [in Ukrainian].
- Forest Code of Ukraine. Codes of Ukraine. (2006). № 6. 74 [in Ukrainian].
- Sovakov, O. V. (2009). Field-protective effectiveness of the forest stripe system in the conditions of the Right-bank Forest Steppe. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 135, 274–282 [in Ukrainian].
- State Road Agency of Ukraine. (2019). Retrieved from <https://ukravtodor.gov.ua> [in Ukrainian].
- Polishchuk, O. P. (2009). *Forestry and reclamation efficiency of field protective forest strips of different structures formed by felling in the conditions of the Kyiv highlands*. Education and Research Institute of Forestry and Landscape-Park Management, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
- Sytnyk, O. S. (2005). *Forestry features and protective role of forest strips of different constructions in the conditions of the right-bank forest steppe*. Education and Research Institute of Forestry and Landscape-Park Management, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
- Rain, J. K., & Stevenson, D. C. (1977). Wind protection by model fence in a simulated atmospheric boundary layer. *Journal of Industrial Aerodynamics*, 2, 159–180. [http://doi.org/10.1016/0167-6105\(77\)90015-0](http://doi.org/10.1016/0167-6105(77)90015-0).
- Cornelis, W., & Gabriels, D. (2005). Optimal windbreak design for wind-erosion control. *Journal of Arid Environments*, 2, 315–332. <http://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.005>.
- Vigiak, O., Sterk, G., Warren, A., & Hagen J. (2003). Spatial modeling of wind speed around windbreaks. *Catena*, 52 (3/4), 273–288. [http://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00018-3](http://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00018-3).

Maksimtsev, S. I., Dudarets, S. M. (2020). Aerodynamic properties of roadside line plantings of various designs. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (1), 34–44. <https://doi.org/10.31548/forest2020.01.034>.

The article deals with the value of roadside forest strips in the context of automobile road communications protection against unfavorable climatic factors, their performance of sanitary-hygienic, sound-absorbing and aesthetic functions. The attention is paid to the historical aspects of creating protective strip plantings of various functional purposes. A comprehensive protective effect of

linear plantings of various designs on adjacent field lands, transport routes and the environment are presented on the basis of domestic and foreign scientific literary sources.

The main purpose of the conducted researches was to substantiate the effectiveness of roadside forest strips of different structures and different species composition with regard to their influence on changing wind regime of road transport in the Western Polissia. It is indicated that the implementation of the program tasks was carried out using a complex methodology, which includes the study of forest reclamation and aerodynamic features of strip plantings.

The aerodynamic properties of roadside strips were established taking into account their design features and the category of roads. A steady tendency to slow down the wind velocity was detected in all variants of studies. Strips of the dense construction were most influenced by this indicator. The wind velocity also reduces in most roadside forest stands, as it is evidenced by a comparative analysis of the indicators on their fringes.

The calculations also showed the lowest wind penetration into dense forest strips, and the highest one into the thinly planted strip constructions. The analysis of slowing down the wind velocity indicators and wind penetration of roadside forest strips depending on the road category (traffic intensity) showed that there is no certain trend in this regard. Different categories of roads are protected by linear plantations of various design, which in turn are determined by the peculiarities of their structures. It is noted that dense forest strips will be the most effective for highways of national importance and regional roads with heavy traffic, whereas open shelterbelts and thinly planted ones (blown design) will be the most suitable for territorial roads of local importance.

Keywords: *protective height, wind speed, roads of national importance, design, wind permeability, anemometer.*

Отримано: 2020-03-10