

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механіки та інженерії
агрокосистем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Волуйко Дмитро Олександрович

УДК 602.31

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ІНЖЕНЕРНА ОПТИМІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕЗЕРВНО –
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СМУГ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

208 „Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело

/Д.О.Волуйко/

Керівник роботи
Б.А. Шелудченко
К.т.н., професор

Житомир – 2020

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ I. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ. ЗАДАЧІ РОБОТИ.	6
1.1. Аналіз рівнів екологічної безпеки транспортно-комунікаційних мереж ..	6
1.2. Загальна характеристика міграції та депонування забруднювачів в умовах антропогенно-змінених автошляховою мережею ландшафтів	10
1.3. Аналіз конструкцій ландшафтно - інженерних споруд	13
1.4. Аналіз конструкцій лісо-захисних смуг	15
РОЗДІЛ II. АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА МОДЕЛІ-СИМУЛЯТОРА ЛІСОВОЇ ГАЗО-ПИЛО ЗАХИСНОЇ СМУГИ	22
2.1. Розробка безрозмірного комплексу моделі-симулятора	22
2.2. Практична реалізація моделі-симулятора лісової газо-пило захисної смуги	34
РОЗДІЛ III. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	37
3.1. Програма експериментальних досліджень та основне обладнання	37
3.2. Методики експериментальних досліджень	39
3.3. Методи попередньої обробки результатів вимірювання	46
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51

АНОТАЦІЯ

Волюйко Д.О. **Інженерна оптимізація об'єктів інфраструктури резервно-технологічних смуг автомобільних доріг.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – агроінженерія. – Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, 2020.

В роботі обґрунтовано необхідність поліпшення захисту біля автошляхів, запропонована конструкція моделі-симулятора для дослідження аеродинамічних властивостей газо-пилізахисних лісосмуг як хімічного бар'єра в межах автошляхової мережі. Окреслена програма, комплект основного обладнання та основні методики для дослідження основних модельних аеродинамічних властивостей газо-пилізахисних лісосмуг автошляхової мережі.

SUMMARY

Voluyko D.O. **Engineering optimization of infrastructure objects of reserve - technological lanes of highways.** - Qualification work on the rights of the manuscript. Qualifying work for a master's degree in specialty 208 - agroengineering. - Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, 2020.

The paper substantiates the need to improve protection near highways, proposes the design of a simulator model to study the aerodynamic properties of gas-dust forest belts as a chemical barrier within the highway network. The program, a set of the basic equipment and the basic techniques for research of the basic model aerodynamic properties of gas-dust-protective forest belts of a road network are outlined.

ВСТУП

Автомобільна мережа України є комунікаційною системою, яка призначена для об'єднання населених пунктів та окремих господарських об'єктів.

Збільшення протяжності доріг в Україні з 29,2 тис. км. У 1940 році до 165,8 тис. км у 2010 році свідчить про інтенсифікацію впливу автошляхової мережі. Водночас із цим розвиток автомобільних доріг відстає від темпів автомобілізації в країні. З 1990 по 2015 їх протяжність майже не збільшувалася. [1]

В Україні щільність автомобільних доріг менша, ніж у країнах ЄС у 6,6 разів. Протяжність швидкісних доріг в свою чергу становить лише 0,28 тис. кілометрів (для прикладу у Федеративній Республіці Німеччина— 12,5 тис. км.) незважаючи на це негативний вплив їх на екосистеми пришляхових територій України є досить вагомим. Через те що 51% не підходить вимогам за рівністю, а 39% не відповідає стандартам міцності в Україні середня швидкість у 2-3 рази менша, ніж у ЄС, а отже збільшується маса викиду автотранспортним засобом на одиницю протяжності автодороги.

Ця ситуація ускладнюється і тим, фінансування автодоріг в Україні у 5,5 — 6 разів менший на один кілометр, ніж у зазначених країнах.

Актуальність роботи. Вплив на оточуюче середовище дорожньої мережі як сукупності інженерних споруд є поступовим у часі. Постійне зростання мережі автомобільних шляхів загального користування призводить до деградації екосистем.

Так, вміст складових викидів автотранспорту у пробах ґрунту, відібраних на відстані 50 – 200 метрів від осі автошляхів, може перевищувати

гранично допустимі концентрації екотоксикантів у декілька разів, що порушує динамічну рівновагу екосистем пришляхових територій.

Таким чином, обґрунтування та розробка інженерних, ландшафтних, експлуатаційних тощо заходів які спрямовані на екологічну раціоналізацію автотранспортної мережі є актуальною народногосподарською задачею.

Мета роботи. Підвищення рівнів екологічної безпеки автотранспортної мережі, шляхом створення газо-пилізахисних лісосмуг на пришляхових територіях.

Об'єкт роботи. Модельні процеси аеродинамічного переносу забруднювачів на територіях прилеглих до автошляхової мережі.

Предмет роботи. Конструкційні параметри моделі-симулятора газо-пилізахисної лісосмуги.

Завдання досліджень:

1. Розробити конструкцію моделі-симулятора для дослідження аеродинамічних властивостей газо-пилізахисних лісосмуг як хімічного бар'єра в межах автошляхової мережі, та реалізувати розроблену модель-симулятор у вигляді фізичної моделі по варіантах досліду;

2. Окреслити програму, комплект основного обладнання та основні методики для дослідження основних модельних аеродинамічних властивостей газо-пилізахисних лісосмуг автошляхової мережі.

Структура та обсяг роботи. Робота виконана на 54 сторінках друкованого тексту, містить вступ, 3 розділи, висновки, список використаної літератури із 47 джерел.

РОЗДІЛ І

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ. ЗАДАЧІ РОБОТИ

1.1. Аналіз рівнів екологічної безпеки транспортно-комунікаційних мереж.

В Україні шляхів загального користування нараховується 169 000 км доріг, з яких 165 800 км, з твердим покриттям. Характерні особливості регіонального розвитку автошляхової мережі по областях України наведено на рис. 1.1. [1]

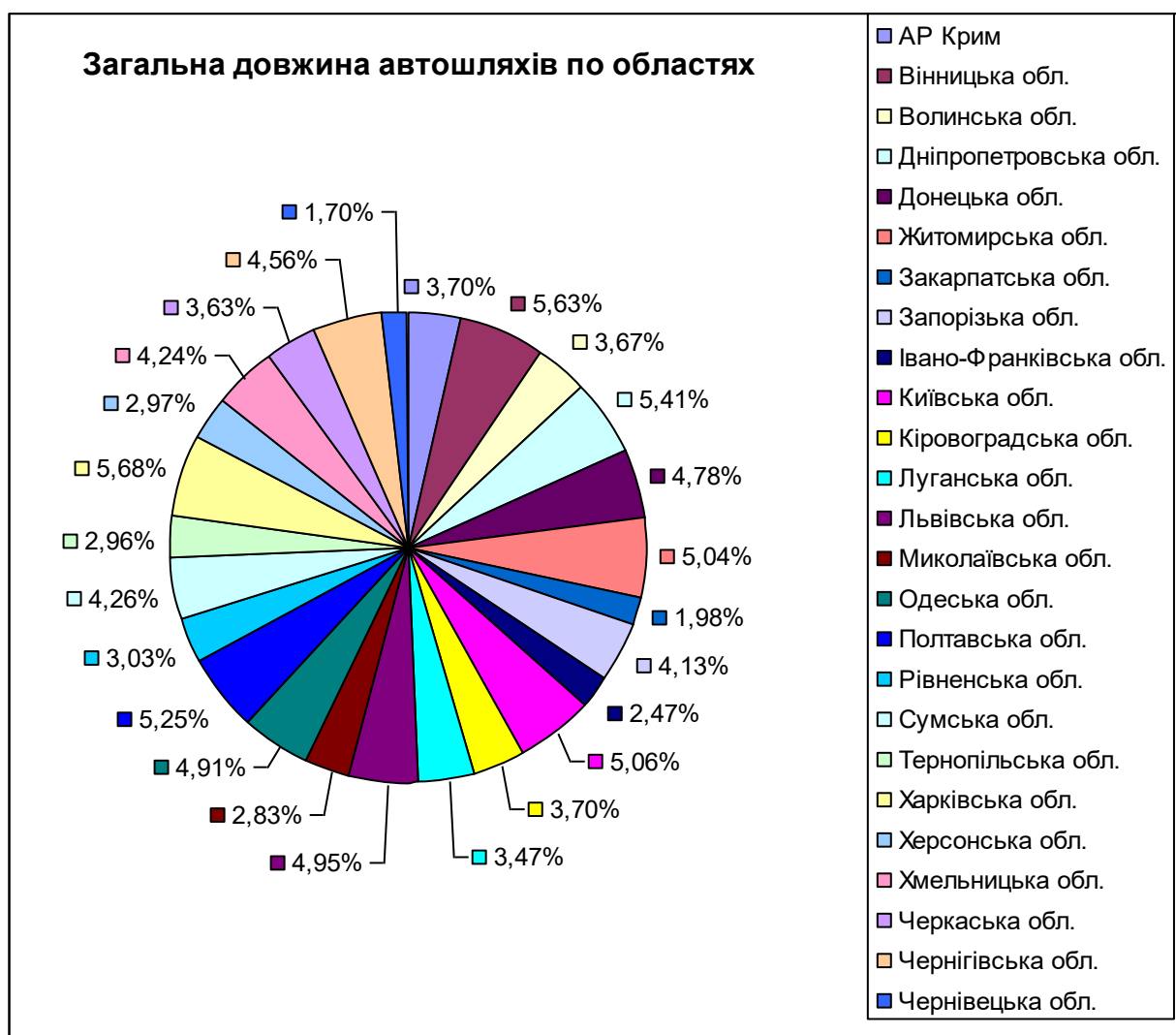


Рис. 1.1. Загальна довжина автошляхів по областях

Автомобільні дороги як інженерні споруди є об'єктом природно-техногенної конструкції певної екосистеми і призводять до порушення ландшафту природи, сток ґрунтових і поверхневих вод змінюється, через що процеси ерозії підсилюються. Всі ці зміни призводять до порушення швидкості вітру та зміни його напрямків, що в свою чергу несе зміни мікроклімату і структури екосистем прилеглих до дороги. Під час експлуатації автомобільного шляху, за різних погодних умов використовують різні матеріали антиожеледевого призначення, що в свою чергу призводить до забруднення територій і прилеглих водойм токсичними речовинами. Інженерні споруди автошляхової мережі (мостові переходи, труби, підпорні стінки або захисні споруди тощо) мають свій вплив на навколишнє середовище. Так, при зведенні мостових переходів берегова лінія водойм зазнає переформування контуру і зміна перерізів водотоків, порушується гідрологічний режим, з'являються розмиви тощо. [2]

Таким чином, основною причиною ландшафтних порушень територій, прилеглих до автомобільних доріг та дорожньо-інженерних споруд, є розсічення природного середовища автомобільною дорогою та дорожньою мережею загалом, що спричиняє штучну фрагментацію природної та техногенної ландшафтної структури. На дорожньо-заповідно-технологічних смугах, смугах спеціального відведення або там, де вони відсутні, на територіях, прилеглих до проїжджої частини, є «крайові зони» ландшафтів із трансформованими або повністю деградованими екосистемами.

Особливо яскраво «крайові ефекти» виявляються у вузлах автошляхової мережі – зонах перехрещення автодоріг. Візуальним (вторинним) проявом таких ефектів узимку є снігові та ожеледеві «перемети» (рис.1.2), а загалом, кожний промінь (автодорога) такого вузла є коридором найінтенсивнішого транскордонного масопереносу забруднювачів (в основному продуктів згорання двигунів автотранспортних засобів).



Рис. 1.2. Снігові “перемети” автодороги

Одним з суттєвих чинників забруднення земель через атмосферу є викиди автотранспорту. В деяких областях України, наприклад Київській, Сумській, вони складають понад 50% загальних обсягів викидів в атмосферу.

На ширину придорожньої смуги забруднення впливає ряд чинників. До них відносяться: погодно-кліматичні умови відповідної території (вологість повітря, характеристики опадів, повторюваність та сила вітру); співвідношення основних видів транспортних засобів; інтенсивність руху. [1]

Зона впливу дороги на параметри навколишнього середовища (ширина смуги надмірного забруднення, коли за рішенням санітарно-екологічних органів може бути заборонена господарська діяльність) в залежності від інтенсивності руху і за відсутності лісонасаджень складає 100-200 м. За

наявності лісонасаджень ширина смуги надмірного забруднення скорочується до 60-150 м. [2]

Автомобільні дороги поділяють на 5 категорій за критеріями інтенсивності руху, кількості смуг, ширини дороги и т.п.(табл. 1.2). [4]

Таблиця 1.2

Види автомобільних доріг за категоріями:

Категорія	1а	1б	2	3	4	5
Фактична інтенсивність руху (авт/добу)	>7000	>7000	>3000-7000	>1000-3000	>200-1000	<200
Найбільша інтенсивність руху (од/добу)	>14000	>14000	>6000-14000	>2000-6000	>400-2000	<400
Розрахункова швидкість руху, км/год	150	120	120	100	80	60
Кількість смуг (в обидві сторони), шт	4-6	4-6	2	2	2	1 (всього)
Ширина смуги, м	3,75	3,75	3,75	3,75	3,5	4,5
Ширина роздільної смуги, м	6	5	-	-	-	-
Ширина крайової зміцнювальної смуги на роздільній смузі, м	1	1	-	-	-	-
Ширина крайової зміцнювальної смуги на узбіччі, м	0,75	0,75	0,75	0,5	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5	27,5	15	12	10	6
Радіус кривої на повороті, м	1200	800	800	600	300	150
Максимальний уздовжній ухил, промілле	30	40	40	50	60	70

Перша категорія доріг має 2 - 4 розподільчі смуги в один напрям. В Україні протяжність таких доріг всього 2200 км.

Найбільше доріг цієї категорії в Київській області – 404 км, Житомирській – 237 км, Дніпропетровській – 226 км і Харківській – 166 км.

Але наприклад Кіровоградська область не має так багато доріг такої якості і там їх всього 2 км. У Закарпатській лише – 12 км, а у Чернівецька – 13 км. [5]

До першої категорії доріг в Україні відносять 29 % всіх автошляхів, другої —15 %, третьої —18 %, четвертої —30 % та 8 % п'ятої.

Норми на будівництво, що прийняті в Україні, або як їх називають ДБН.А.2.2-1-2003 вимоги до спорудження та експлуатації автомобільних шляхів та доріг , причому враховуючи їх екологічність (підпункт 16, 22 дод. Е ДБН.А.2.2-1-2003). Таким чином, враховуючи особливості динаміки техногенного рельєфу в зоні впливу дорожньої мережі, необхідно вирішити проблему контрольованого управління нею, особливо в геодинамічно активних районах. [7]

1.2. Загальна характеристика міграції та депонування забруднювачів в умовах антропогенно-змінених автошляховою мережею ландшафтів

Будь-яка шкідлива домішка, потрапляючи в атмосферу, розноситься повітряними течіями. При цьому, крупномасштабні потоки повітря переносять об'єми домішки як ціле, а дрібномасштабні турбулентні пульсації, які хаотично переміщуються у цьому потоці, розсіюють домішки шляхом перемішування їх з навколишнім повітрям. При розсіюванні домішки в турбулентному середовищі молекулярну дифузію варто враховувати лише поблизу твердих меж, а також на межі розділення двох фаз середовищ (наприклад вода-повітря) або при дуже слабкому розвитку турбулентності. Процеси розсіювання домішки в турбулентному середовищі називається турбулентною дифузією. [9]

Рівень забруднення чистого атмосферного повітря викидами із автотранспорту на обмежених ділянках впливають на динаміку міграції отриманих забруднень, та їх забруднюючу активність в залежності від погоди на даній території, характеристик опорної поверхні.

При слабких вітрах викиди низьких і неорганізованих джерел скупчуються в приземному шарі. Найбільші концентрації домішок часто спостерігаються при швидкості вітру (0-1 м/с) Якщо окрім того спостерігається явище інверсії то воно утворює щось подібне до «стелі», яка перешкоджає підйому викидів у верхні шари тоді концентрація домішки в приземному шарі буде різко зростати. Велику небезпеку становлять так звані «застої повітря», тобто ситуації, коли приземні інверсії спостерігаються при штильових умовах. [12]

При сильних вітрах спостерігається перенесення домішок повітряним потоком на значні відстані від місця викиду.

Інтенсивність турбулентного перемішування (дифузії) обумовлюється метеорологічними умовами в атмосферному граничному шарі (АГШ). Як відомо, на інтенсивність турбулентного перемішування істотний вплив чинять:

- вертикальний градієнт швидкості вітру в АГШ;
- температурна стратифікація в АГШ.

Відомо, що вертикальний градієнт швидкості вітру є первинним джерелом кінетичної енергії турбулентних вихрів. Тому, збільшення цього градієнта однозначно спричиняє зростання інтенсивності турбулентного перемішування в граничному шарі атмосфери.

Загальною характеристикою величини вертикального градієнта швидкості вітру в граничному шарі може служити значення швидкості вітру на верхній межі АГШ, тому що вона характеризує перепад швидкостей на верхній і нижній межі АГШ (швидкість вітру на нижній межі – рівні земної поверхні дорівнює нулю).

Таким чином, швидкість вітру на верхній межі АГШ істотно впливає на умови переносу і розсіювання домішки у граничному шарі – чим вона більша тим більш потужною є турбулентна дифузія домішки в АГШ. [15]

Характер стратифікації в АГШ також істотно впливає на інтенсивність турбулентного перемішування, тому що стратифікація визначає знак дії сили плавучості на турбулентні вихри, що переміщуються у вертикальному напрямку.

При нестійкій стратифікації сила плавучості додає енергії турбулентним вихрам, а при стійкій – навпаки, сповільнює рух цих вихрів у вертикальній площині. Отже, посилення турбулентної дифузії за інших рівних умов варто очікувати при нестійкій стратифікації, а ослаблення – при стійкій стратифікації.

Характер температурної стратифікації обумовлюється значенням вертикального градієнта температури в АГШ:

якщо $\gamma > \gamma_a$ ($\partial\Theta/\partial z < 0$) - нестійка стратифікація;

якщо $\gamma = \gamma_a$ ($\partial\Theta/\partial z = 0$) - байдужа стратифікація;

якщо $\gamma < \gamma_a$ ($\partial\Theta/\partial z > 0$) - стійка стратифікація;

де $\gamma_a = \frac{\partial T}{\partial z}$ - сухоадіабатичний градієнт (зі знаком мінус) температури в

АГШ. Він дорівнює $0,98^\circ\text{C}/100\text{м}$. [19]

Особливий вплив на процеси дифузії домішки має наявність інверсії температури в АГШ. Під інверсією розуміють зростання температури повітря з висотою, тобто умови надстійкості.

У шарах повітря, де визначається інверсія, будь-які турбулентні рухи пригнічуються, тому ці шари мають назву «замикаючих» шарів – вище або нижче цих шарів домішка за рахунок турбулентної дифузії не переноситься.

Істотний вплив на рівні приземних концентрацій справляють фізико-хімічні процеси трансформації домішки. До таких процесів відносяться тумани й опади, процеси гравітаційного осадження домішки, радіаційні процеси. [11]

При туманах забруднення повітря в нижньому шарі атмосфери підсилюється. Краплі туману поглинають шкідливі речовини, як поблизу поверхні, так і із забруднених шарів повітря, що знаходяться вище, отже, концентрація домішки в тумані зростає. [6]

При наявності лісозахисних смуг автодороги інверсійний шар розташовується безпосередньо над верхівками лісозахисної смуги. Домішка не виходить за межі під інверсійного шару і тому її концентрація в приземному шарі зростає, що звичайно зменшує відстань перенесення забруднюючих речовин, а отже, зменшує територію забруднення.

Конструкція газо-пилізозахисних лісосмуг автомобільної мережі має максимально задовольняти умовам мінімізації перенесення продуктів згорання автотранспорту в межах пришляхових ландшафтів і забезпечувати їх максимальне депонування в ґрунтах та рослинних об'єктах лісосмуги.

1.3. Аналіз конструкцій ландшафтно-інженерних споруд

Одним з методів захисту пришляхової території є спорудження шумозахисних екранів (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Конструкція шумозахисних екранів

Цей метод доцільно використовувати в межах населених пунктів. Шумозахисні екрани використовуються для локалізації джерел, які

випромінюють звукову енергію з використанням явищ поглинання і відбивання потоків енергії. [1]

Найдієвішим методом захисту пришляхової території є створення лісозахисних смуг, які екранують поширення газопилових сумішей, утворених автотранспортними засобами. За вегетативний період лісозахисні смуги, в залежності від типу рослин, поглинають різну кількість шкідливих речовин. Листяні дерева можуть вловлювати в середньому 9-11%, а хвойні – 13% (у деяких випадках навіть до 30%) пилу та аерозолі. Ступінь цього поглинання залежить від багатьох факторів: механічного та конвективного перерозподілу потоків повітря, здатності рослинних тканин до накопичення, фізико-хімічних особливостей газопоглинання та ін. Рослини, уловлюючи частину викидів, локалізують їх у вузькій смузі, розсіюють не абсорбовану частину забруднень на велику площу, що запобігає накопиченню забруднюючих речовин у небезпечних концентраціях безпосередньо над полотном доріг. [2]

Лісозахисні смуги мають бути спроектовані як бар'єр для забруднювачів. Разом із цим слід зазначити, що практична реалізація проекту лісозахисної смуги (досягнення проектних параметрів) з огляду на біологічні особливості деревних і чагарникових порід, які використовуються вимагає досить тривалого часу (до 15...20 років). Саме ця особливість зумовлює необхідність розробки як відповідної моделі структури та складу лісозахисної смуги, так і модельного алгоритму виведення її на рівень проєктованих параметрів. [8]

На території України найефективнішим методом захисту пришляхової території є створення лісозахисних смуг, які екранують поширення газопилових сумішей, утворених автотранспортними засобами.

1.4. Аналіз конструкцій лісо-захисних смуг

Головними завданнями озеленення є захист доріг та їх конструктивних елементів від впливу несприятливих погодно-кліматичних умов, захист прилеглих до дороги територій від транспортних забруднень, створення елементів благоустрою та архітектурно-художнього оформлення автодороги.

Озеленення автомобільних доріг має два основних види: захисне озеленення і декоративне озеленення. [8]

До декоративного відносять озеленення (рис. 1.4), яке використовують для архітектурно-художнього оформлення автомобільних доріг.

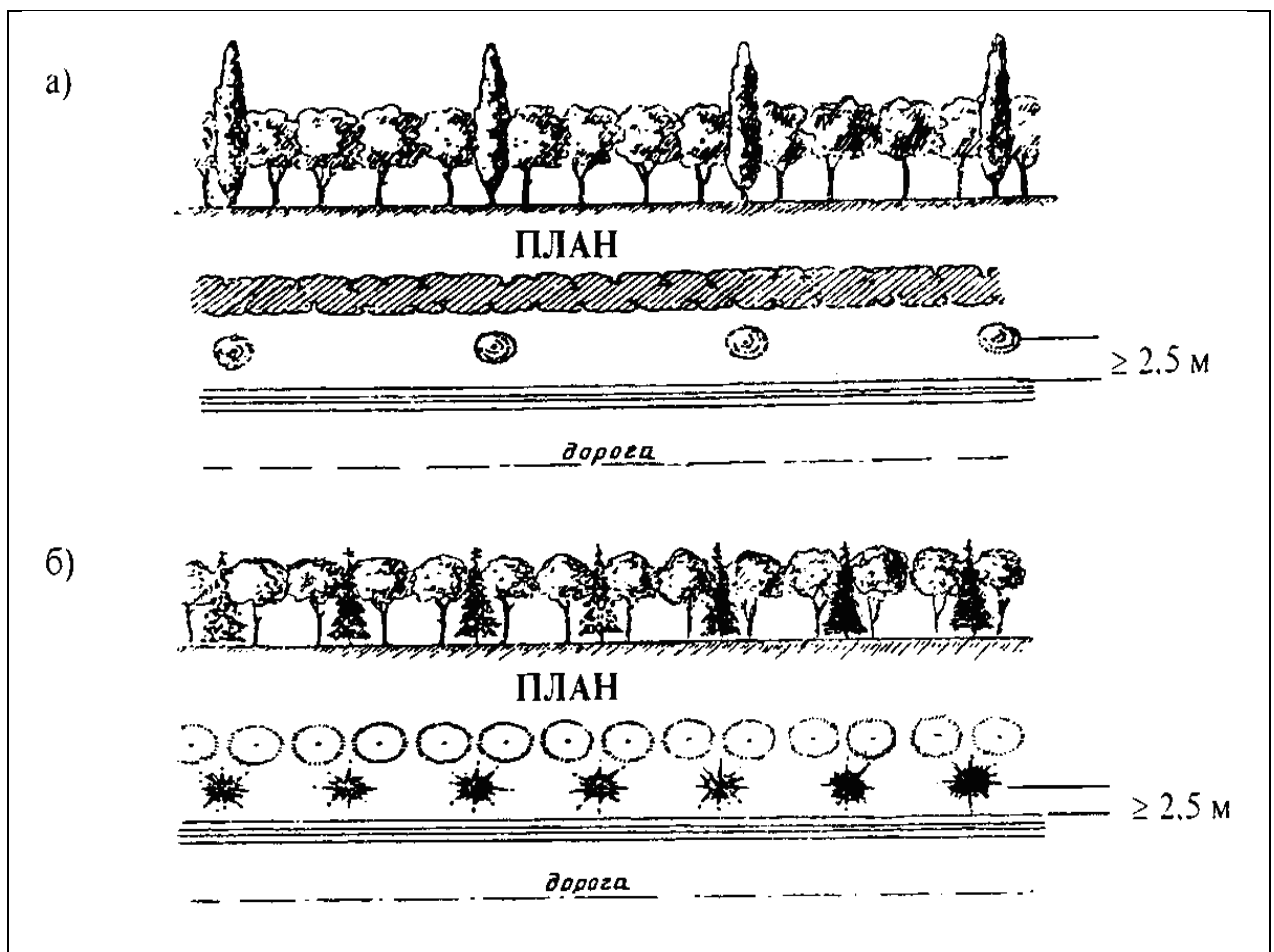


Рис. 1.4. Декоративне озеленення автомобільних доріг.

А) – листяні породи; б) – змішанні породи

Декоративне озеленення переслідує мету посилення зв'язку автомобільної дороги з навколишньою природою. Воно включає в себе не тільки посадку нових дерев та чагарників але й збереження на придорожній смузі природної рослинності, доповнення її новими посадками, які органічно поєднуються з навколишнім ландшафтом.

Разом з тим декоративні посадки застосовують і для забезпечення безпеки руху: визначення траси дороги на великі відстані, особливо за межами фактичної видимості поверхні проїжджої частини; попередження водіїв про перехрестя доріг; захист від бокових вітрів та ін. [9]

Декоративні посадки поділяють на основні посадки вздовж дороги (алейні та рядові), групові посадки та змішані (тобто які включають основні та групові посадки).

До захисного озеленення відносять:

- протиерозійне озеленення;
- снігозахисне озеленення;
- піщано захисне озеленення;
- шумо-газо-пилізахисне озеленення.

Протиерозійне озеленення застосовують для захисту доріг від руйнівного впливу стоку атмосферних опадів і дефляційних вітрів. Ерозії найбільше піддаються незахищені ґрунтові поверхні узбіч і водовідвідних каналів. Особливо низька протиерозійна стійкість характерна для таких ґрунтів як мілкозернисті пилові піски, пилові суглинки та глини, леси, лесоподібні суглинки, мергелясті ґрунти з великим вмістом глинистих частинок.

Прилеглі до доріг дефлюємі ділянки пісків без застережливих заходів можуть призвести до заносів проїжджої частини.

Одним з ефективних заходів протиерозійного захисту ґрунтових поверхонь є створення на них рослинного покриву із трав з розвинутою кореневою системою, яка проникає на глибину 20 см і більше і створює

щільний міцний дерновий покрив. Створений трав'яний покрив крім захисних функцій є елементом естетичного оформлення дороги. [10]

До протиерозійного відносять також озеленення яке використовують для захисту доріг від руйнівного впливу ярів, розмиву і руйнування селевими потоками, а також з метою боротьби з зсувами. Такі насадження створюють в кожному випадку по спеціально розробленому проекту.

Снігозахисне озеленення (рис. 1.5) створюють для захисту дороги від снігових заносів. Цей вид озеленення використовують у вигляді однієї або декількох смуг, а при невеликих об'ємах наносу снігу – у вигляді живої огорожі з ялини або кущів. [11]

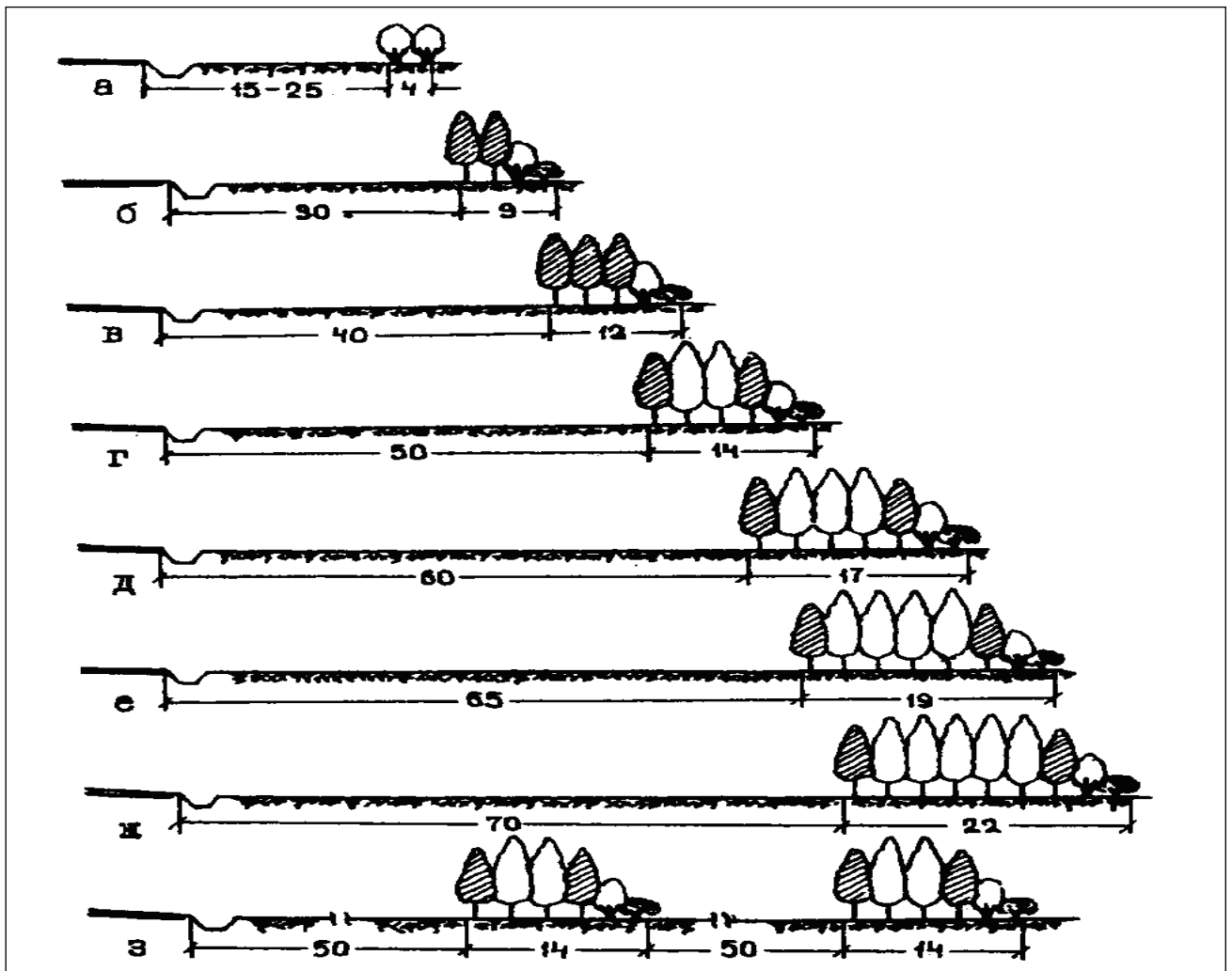


Рис. 1.5. Типові схеми снігозахисних лісосмуг автомобільних доріг при об'ємі снігопереносу (m^3/m).

а – до 25; б – до 50; в – до 75; г – до 100; д – до 125; е – до 150;

ж – до 200; з – до 250

Снігозахисна лісосмуга складається із декількох рядів дерев та чагарників розташованих з польової сторони. Жива огорожа являє собою густу двох рядову посадку дерев або кущів, яким шляхом систематичної стрижки надають певну висоту, щільність та форму.

По своїй дії снігозахисні посадки являють собою об'ємну перешкоду, в середині і поблизу якої знижується швидкість повітря і відбувається відкладання снігу.

Піщано захисне озеленення слугує для захисту автомобільних доріг від піщаних заносів і включає створення дерево-чагарникових насаджень (за схемами, аналогічним снігозахисним) а також закріплення прилеглих до дороги пісків посівом трав. Піски закріплюють рослинністю: по обидві сторони дороги якщо вісь співпадає з напрямленням руху пісків, або складає з ним кут менше 30 градусів; тільки з навітряної сторони дороги, якщо піски мають наступальний рух направлений під кутом більше 30 градусів до вісі дороги і заноси з протилежної сторони неможливі. [28]

При закріпленні пісків рослинністю допоміжними засобами, що призупиняють рух пісків на період проростання насіння і укріплення кореневої системи рослин, слугують механічні захисти, розлив в'язучих матеріалів або інші засоби фіксації поверхні пісків.

Шумо-газо-пилозахисне озеленення (рис. 1.6) являє собою щільну багаторядну посадку спеціально підібраних дерево-чагарникових порід і є ефективною перешкодою на шляху розповсюдження шуму, відпрацьованих газів та пилу, що накопичуються на дорожньому покритті. [32]

Форма поперечного профілю захисної смуги повинна мати форму з більш пологою стороною, спрямованою до джерела забруднення (до проїзної частини дороги рис. 1.6.) [49].

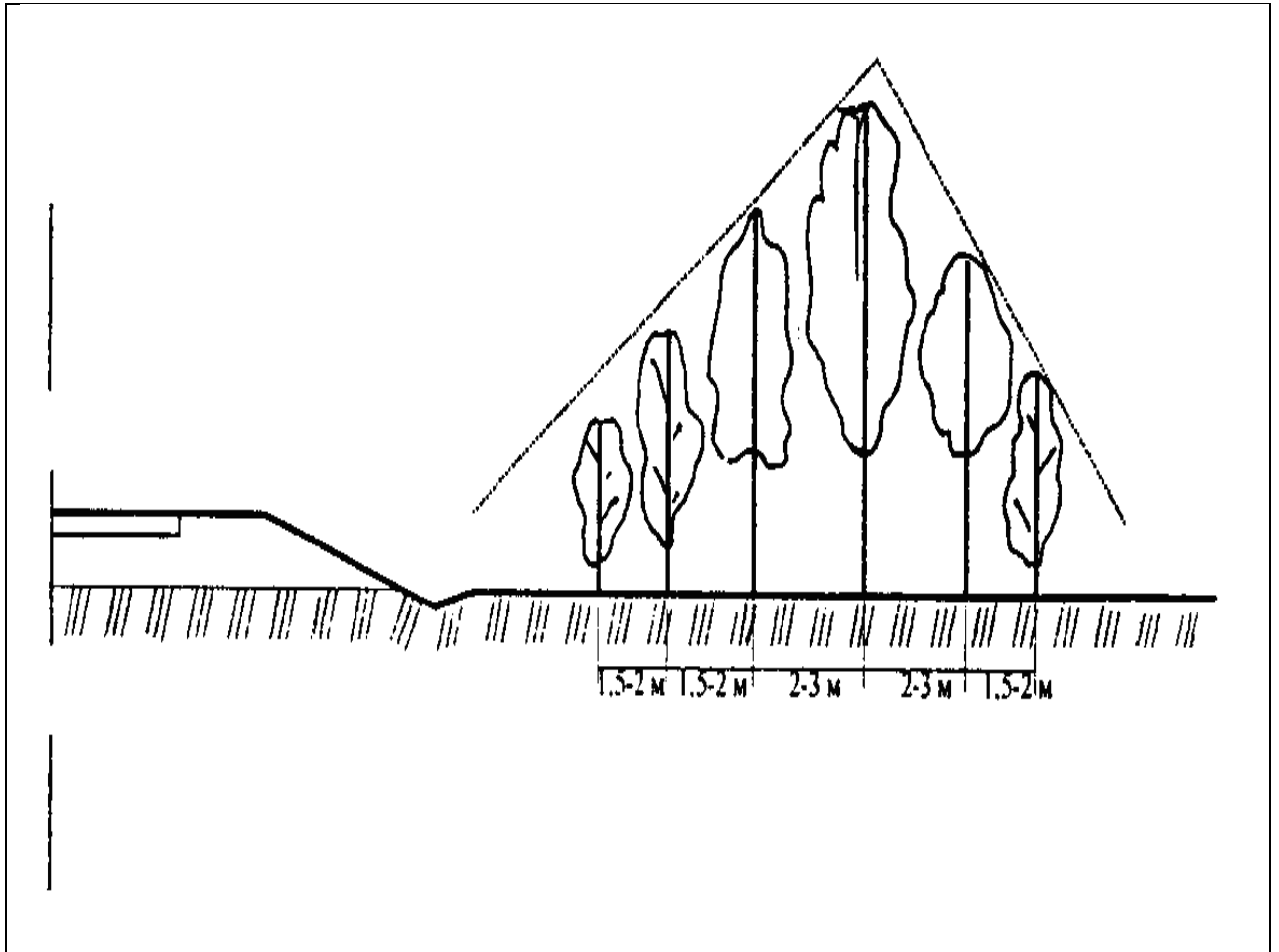


Рис. 1.6. Схема шумо-газо-пилозахисних насаджень

При підборі порід дерев для створення шумо-газо-пилозахисної лісосмуги смуги необхідно враховувати їх стійкість до впливу відпрацьованих газів двигунів автомобілів. Найбільшу стійкість мають:

- хвойні породи: лиственниця сибірська
- листяні породи: дуб, ясен, липа, тополя, граб, шовковиця.
- Чагарники: акація жовта, спи рея, жимолость, глід

Посадку слід здійснювати крупними саджанцями. Для покращення умов вирощування насаджень попередньо проводять обробку ґрунту. [46]

Створена у відповідності з діючими вимогами шумо-газо-пилізахисна лісосмуга характеризується наступними показниками (табл. 1.3)

Таблиця 1.3

Зниження рівня шуму і концентрації відпрацьованих газів різними типами шумо-газо-пилізахисних смуг

Типи захисної смуги	Зниження рівня шуму Дб, при інтенсивності руху авт/год				Зниження концентрації відпрацьованих газів, %
	200	600	1200	>1600	
Трирядна смуга листяних дерев в рядовій конструкції з чагарником шириною 10 м	7	8	8	8	40-50
Чотирирядна смуга листяних дерев в рядовій конструкції з чагарником шириною 15 м	8	9	9	9	50-60
Чотирирядна смуга хвойних дерев в шаховій конструкції з чагарником шириною 20 м	15	17	17	18	50-60
П'ятирядна смуга листяних дерев в шаховій конструкції з чагарником шириною 20 м	16	18	18	19	60-70

Шумо-газо-пилізахисні насадження можуть бути використанні в поєднанні з земляними валами і шумозахисними екранами.

Недоліком шумо-газо-пилізахисної лісосмуги (рис 1.6) неможливість дотримання профілю поперечного перерізу посадки у формі трикутника при

рядності деревно-чагарникових насаджень, яка перевищує 5 рядів, що зумовлено біологічними особливостями використовуваних дерев та чагарникових порід. Оскільки висота основної породи в різних рядах посадки зумовлена породою обраних дерев і є приблизно однаковою на всіх стадіях вегетації, то і висота профілю лісосмуги над поверхнею ґрунту обмежена висотою головної деревної породи, а отже досягти гостроверхого профілю смуги у вигляді трикутника при рядності посадки >5 рядів неможливо. Окрім того, орієнтація трикутного профілю захисної смуги більш похилою стороною до автодороги забезпечує захист дороги від снігових та піщаних заметів з боку прилеглого до автодороги ландшафту, а функція захисту прилеглого до дороги ландшафту від впливу автотранспорту, який рухається автодорогою виконується не ефективно, що зумовлено значним прискоренням аеродинамічних потоків, які утворюються на прилеглому до автодороги боці лісозахисної смуги через те, що площа його поверхні більша за площу зворотного боку лісозахисної смуги. В результаті використання в дорожньому будівництві таких неузгоджених за конструктивними параметрами шумо-газо-пилізахисних лісосмуг (рис 1.6), не забезпечується ефективний захист від джерела забруднення, яким є автодорога, прилеглого до дороги ландшафту та навколишнього середовища в цілому.

РОЗДІЛ II

АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА МОДЕЛІ СИМУЛЯТОРА ЛІСОВОЇ ГАЗО-ПИЛО ЗАХИСНОЇ СМУГИ

2.1. Розробка безрозмірного комплексу моделі-симулятора

Найраціональнішою, з точки зору захисту пришляхових ландшафтів автотранспортної мережі, є газо-пилозахисна смуга [заявка на патент] запропонована лабораторією екосистемних досліджень кафедри моніторингу навколишнього середовища та збалансованого природокористування Подільського державно аграрно-технічного університету. [2]

Методологічні основи обґрунтування параметрів лісозахисних смуг автотранспортної мережі. Якщо розглянути дві схожі за фрактальною будовою системи (наприклад, два відкоси з однаковим закладенням, але різних за висотою) і зробити припущення, що деформуючи одну з цих систем та порівнюючи з другою можна досягти їх співпадання при порівнянні (накладенні) між собою. Тоді всі точки першої і другої систем, які при такому накладенні співпадуть можна називати *збіжними*. Умовні відстані між такими збіжними точками в обох системах називають *збіжними відстанями* [3]. Подібність таких систем означає, що відповідні один одному узагальнені координати E_i обох систем для всіх збіжних точок відстаней між ними для будь-якого з моментів часу завжди пропорційні між собою з коефіцієнтом подібності [46, 47, 48]:

$$\frac{E_{i1}}{E_{i2}} = \mu, \quad (2.1)$$

де, μ – коефіцієнт подібності для фрактальних, хаусдорфових і масових розмірностей.

Якщо в співвідношеннях

$$\frac{E_{11}}{E_{12}} = \frac{E_{21}}{E_{22}} = \dots = \frac{E_{i1}}{E_{i2}} = \dots = \frac{E_{n1}}{E_{n2}} = \mu \quad (2.2)$$

розділити всі члени рівності на коефіцієнт подібності, наприклад на

$$\frac{E_{i1}}{E_{i2}} = \mu, \text{ тоді попереднє співвідношення буде перетворено на безрозмірну}$$

рівність:

$$\frac{E'_{11}}{E'_{12}} = \frac{E'_{21}}{E'_{22}} = \dots = \frac{E'_{n1}}{E'_{n2}} = 1, \quad (2.3)$$

в якій всі елементи являються безрозмірними координатами, що виражені в одиницях різних величин E_{i1} та E_{i2} збіжних систем, і у відношенні верхня частина кожної дробі дорівнює нижній частині тієї ж дробі, тобто безрозмірні збіжні відстані між системами дорівнюють між собою.[44]

Вище викладені припущення дозволяють встановити наявність чисто якісної залежності поміж сукупністю параметрів деякої системи n_i .

Традиційно така залежність може бути представлена у вигляді:

$$f(n_1, n_2, \dots, n_k) = 0. \quad (2.4)$$

Елементи сукупності n_i можуть бути як постійними (константами), так і змінюваними. Їх розмірність буде відома.

В такому випадку будь-який елемент сукупності n_i , можна виразити через іншу функцію, наприклад:

$$n_k = \varphi(n_1, n_2, \dots, n_{k-1}), \quad (2.5)$$

З цього можна зробити висновок, що значення параметру n_k залежить від обраної нами системи одиниць вимірювання величин сукупності n_i .

Однак якщо ми говоримо про одну і ту ж фізичну величину (той самий параметр системи), то виникає питання, чи можливо, що числовий вираз цієї величини залишається незмінним (інваріантним) при будь-якому перетворенні вимірювальних систем.

Важливо, що однаковими при перетворенні величин можуть бути лише безрозмірні величини або системи, що збудовані з розмірних

параметрів таким чином, що їх розмірності можуть скоротитись. Такі системи це *безрозмірні комплекси*. [44]

Якщо змінити одиниці вимірювання будь-якого елементу p_i (параметра системи), це можна вважати зміною масштабу, в якому ми вимірюємо цей параметр.

Ми вважаємо, що всі співвідношення розмірних величин можна розглядати як шкалу, яка не змінюється, коли всі величини (параметри) безрозмірного комплексу відносин змінюються однаково, і тому такий масштаб вважається розміром Хаусдорфа фрактала. [46]

Отже, параметри систем та їх динаміка для подібних (інваріантних) систем є збіжними (подібними), коли всі безрозмірні співвідношення однорідних величин будуть збігатися між собою.

Для того, щоб визначити кількість безрозмірних комплексів, яка і мінімально необхідно для аналітичного моделювання системи, застосуємо так звану π -теорему (теореми Бекінгема). Суть теореми в тому, що до будь-яких величин, які мають неоднакову розмірність, можна скласти $k - m$ безрозмірних комплексів, де m це кількість основних розмірностей, які визначають систему що досліджується.

Як вимагає методологія опису систем на вербальному рівні моделювання, систему необхідно описувати функціональним, морфологічним та інформаційним описами. В цьому випадку:

1. Функціональним описом системи будемо вважати *транспортну ємність автошляхової мережі* D , це здатність ландшафту витримувати транспортні навантаження без порушення екологічної рівноваги. Цей параметр будемо визначати у вигляді питомої інтенсивності руху, $\left[\frac{1}{m} \right]$:

$$D_m = \frac{Y_a}{a}, \quad (2.6)$$

де Y_a – інтенсивність руху автотранспорту за категорією дороги, [авт.];

a – ширина полотна проїжджої частини дороги відповідної категорії, [m];

Іншим параметром буде питома площа захисних смуг на одиниці довжини автошляхової ділянки, $[м]$:

$$\sigma = \frac{s_{33}}{l_0}, \quad (2.7)$$

де s_{33} – це питома площа захисних смуг, $[м^2]$;

l_0 – одиниця довжини автошляхової ділянки, $[км]$.

2. Інформаційним описом системи вважаємо значення репродуктивного індексу I , $\left[\frac{т}{рік}\right]$, що визначається репродуктивною здатністю території по відтворенню кисню

$$П_k, \left[\frac{т}{рік}\right]:$$

$$П_k = \sum_{i=1}^n C_i \cdot S_m \cdot K_1, \quad (2.8)$$

де C_i – це щорічне відтворення органічної речовини i – $м$ рослинним покривом, $\left[\frac{т}{га}\right]$

K_1 – коефіцієнт переходу від органічної речовини до кисню;

$$\text{Якщо } П_с, \left[\frac{т}{рік}\right]:$$

$$П_с = \sum_{i=1}^n S_i \cdot \lambda \cdot K_2, \quad (2.9)$$

де λ – модуль поверхневого стоку даної ділянки, $\left[\frac{л}{м^2}\right]$;

S_i – повна площа території ділянки з визначеним модулем поверхневого стоку, $[м^2]$;

K_2 – коефіцієнт нерівномірності стоку $[0,1...1,0]$;

$$П_{zp} = 100 \cdot K_E \cdot \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{B}, \quad (2.10)$$

де B – час перетворення, [років] (обирається 25...30);

S_i – площа території i – ої ділянки з індивідуальною характеристикою, [га];

K_E – коефіцієнт еродованості ґрунту [0,1...1,0];

по рослинному покриву Π_p , $\left[\frac{m}{\text{рік}} \right]$:

$$\Pi_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot S_i, \quad (2.11)$$

де C_i – щорічне продукування органічної речовини i – м рослинним угрупованням, $\left[\frac{m}{\text{га}} \right]$

S_i – площа території i – ої обмеженої ділянки, [га].

В результаті подальших перетворень отримано [49]:

$$\left(\begin{array}{l} D \left[\frac{1}{M} \right] \Rightarrow [L^{-1}] \\ I \left[\frac{m}{\text{рік}} \right] \Rightarrow [M \times T^{-1}] \\ R \left[\frac{M^2}{M^2} \right] \Rightarrow [L^2 \times L^{-2}] \\ \sigma \left[\frac{M^2}{M} \right] \Rightarrow [L^2 \times L^{-1}] \end{array} \right), \quad (2.12)$$

де $[L]$ – це розмірність довжини;

$[M]$ – це розмірність маси;

$[T]$ – це розмірність часу.

Аналітична модель досліджуваної системи можна представити як:

$$\sigma = D^a \times I^b \times R^c, \quad (2.13)$$

або, згідно з π -теоремою Бекінгема, у вигляді єдиного безрозмірного комплексу:

$$(\pi) \Rightarrow \frac{\sigma}{D^a \cdot I^b \cdot R^c}. \quad (2.14)$$

В даному співвідношенні розмірність верхньої частин має дорівнювати розмірності нижньої частини, а тому:

$$[L^2 \times L^{-1}] = [L^2 \times L^{-4}]^a \times [M \times T^{-1}]^b \times [L^2 \times L^{-2}]^c. \quad (2.15)$$

Аналітичний розв'язок цього рівняння відносно a, b, c дає:

$$\begin{cases} a = -1 \\ b = c = 0 \end{cases}, \quad (2.16)$$

Цей розв'язок визначає безрозмірний комплекс системи:

$$(\pi) \Rightarrow \frac{\sigma}{l_0} \cdot D, \quad (2.17)$$

або після відповідних підстановок:

$$\mu = \frac{(\pi_n)}{(\pi_{n+1})} = \frac{Y_n}{Y_{n+1}}, \quad Y_{n+1} > Y_n. \quad (2.18)$$

Основою розробки лісозахисної смуги ізолюючого типу (рис. 2.1) було запропоноване використання кривої Пеано-Пойа з фрактальною розмірністю:

$$D_0 = 1 + \varepsilon = 1 + \frac{1}{9\sqrt{3}} = 1.0642, \quad (2.19)$$

де $\varepsilon = \frac{1}{9\sqrt{3}}$ – деяке число, яке визначає нерівномірний поділ генератора

фракталу на інтервалі $[0,1]$ – «відстань Пеано» [2].

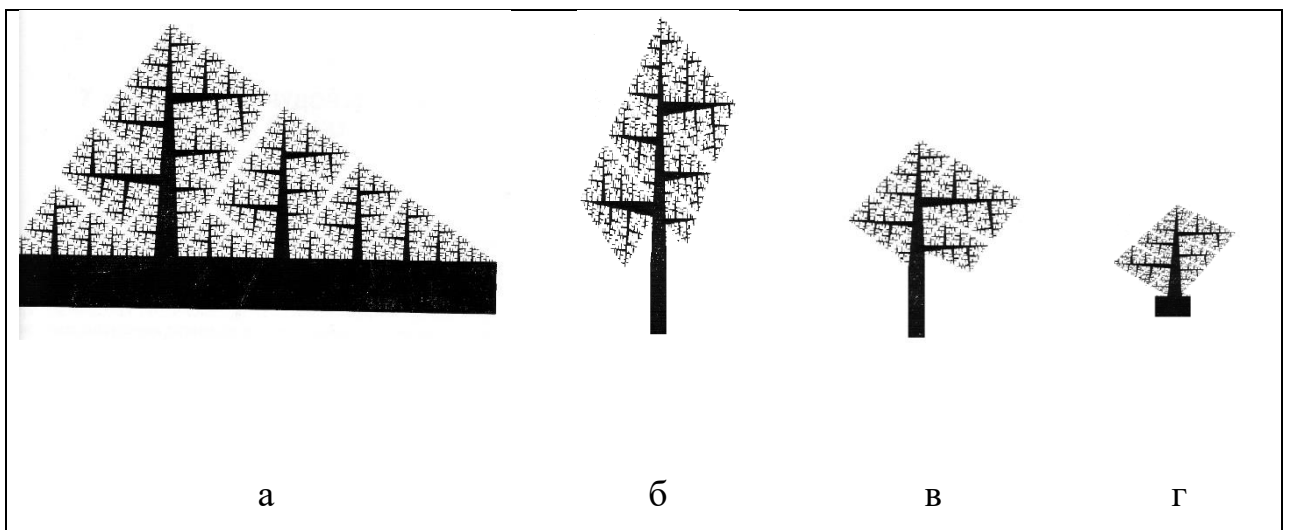


Рис 2.1. Фрактальні елементи лісозахисних смуг: а – вихідний (крива Пеано-Пойа); б – головна порода; в – другорядна порода; г – чагарник [46, 47]

На підставі вищевикладеного запропоновано модель лісозахисної смуги ізолюючого типу (рис. 2.2) з коефіцієнтом густини крони K_1^a :

$$K_1^a = \frac{1}{D_0} (D_1 \cdot D_2)^0 = 0.9397 \quad (2.20)$$

де K_1^a – коефіцієнт густини крони (величина зворотна до ажурності);

D_0 – фрактальна розмірність моделі лісозахисної смуги;

D_1, D_2 – показники (фрактальна розмірність за Кантором і Серпінським відповідно) розрідження крон лісозахисної смуги в горизонтальній і вертикальних площинах.

При цьому:

$$D_1 = \frac{\log \frac{3}{2}}{\log 2} = 0.5851, \quad (2.21)$$

$$D_2 = \frac{\log 2}{\log 3} = 0.6309. \quad (2.22)$$

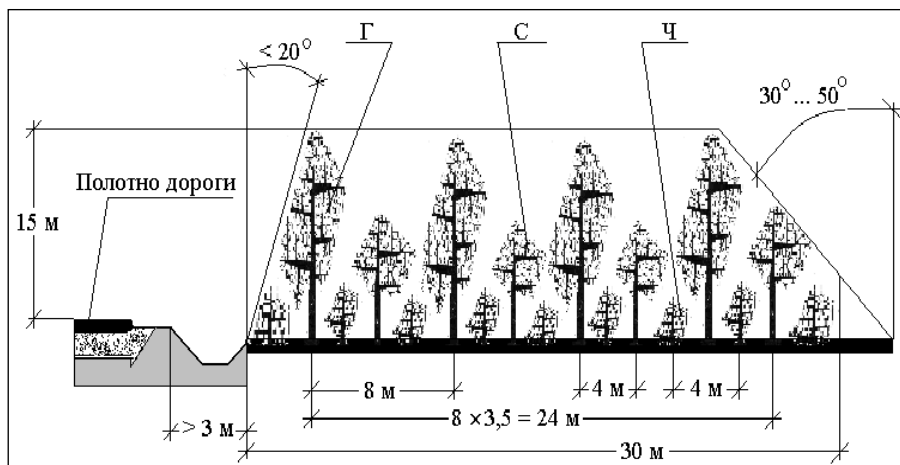


Рис 2.2. Фрактально-інваріантна лісозахисна модель смуг ізолюючого типу: Г – головна порода; С – супутня порода; Ч – чагарник [46, 47, 49]

Для запобігання інтенсифікації масопереносу у вузлах автошляхової мережі запропоновано модель лісозахисних смуг фільтруючого типу з поступовим підвищенням (у міру наближення до зон маневрування автотранспорту) фільтруючих властивостей смуги як у вертикальній площині її перерізу, так і в горизонтальній площині посадки (рис. 2.3). В основу побудови моделі структури розрідження лісозахисної смуги покладено фрактально-геометричні принципи множини Кантора («порох» Кантора) та побудови «серветки» Серпінського, двомірним аналогом якої є трикутник Паскаля. [44]

На підставі запропонованої моделі розроблено (як варіант) проект структури лісозахисної смуги у вузлах автошляхової мережі (рис. 2.4).

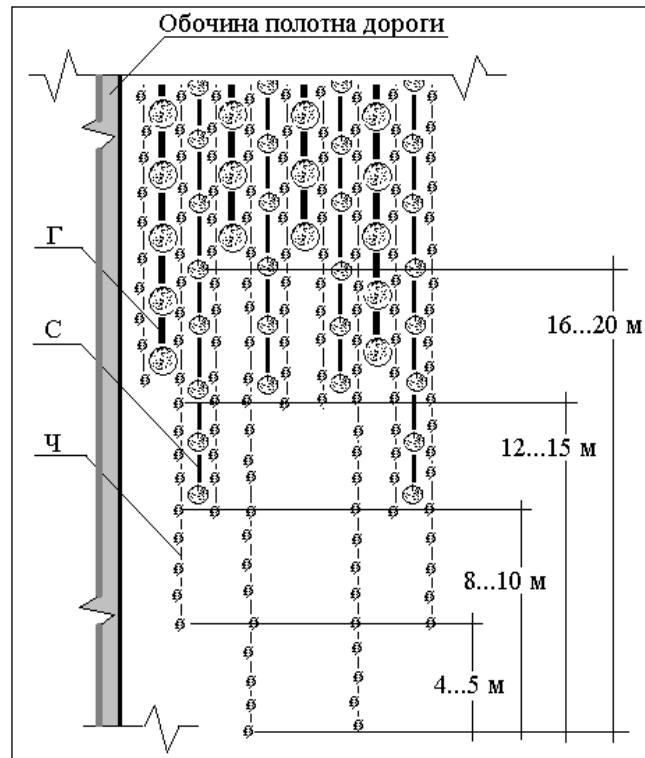


Рис.2.3. Фрактально-інваріантна модель розрідження лісозахисної смуги фільтруючого типу у вузлах автошляхової мережі: Г – головна порода; С – супутня порода; Ч – чагарник [46, 47]

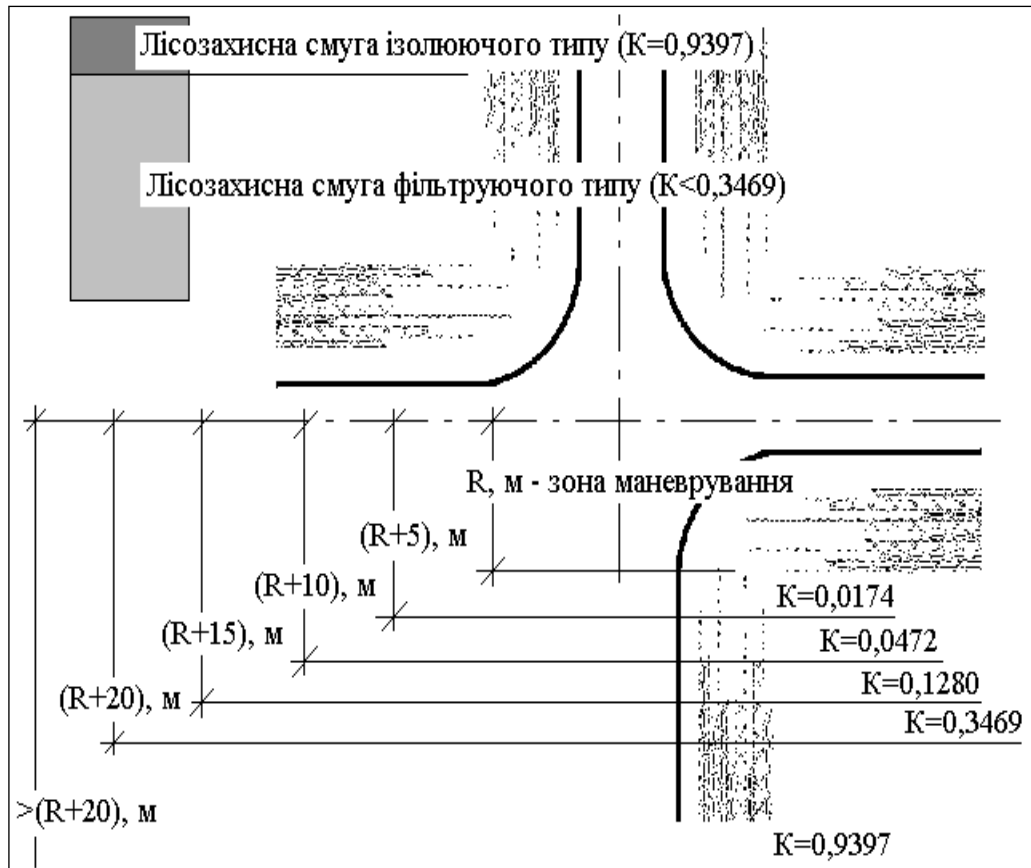



Рис. 2.4. Варіант проекту структури лісозахисної смуги у вузлі автошляхової мережі [46, 48]


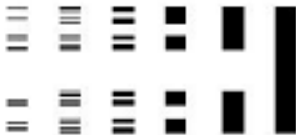



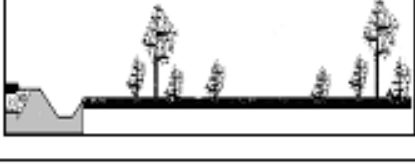


У таблиці 2.1 наведені елементи морфологічного опису.

Таблиця 2.1

Елементи морфологічного опису моделі лісозахисних смуг автошляхової мережі

Вихідний фрактал (крива Пеано-Пойа)	
Геометрична інтерпретація фракталу	Аналітична інтерпретація фракталу (D – розмірність Хаусдорфа-Безиковича)
	$D_0 = 1 + \varepsilon = 1 + \frac{1}{9\sqrt{3}} = 1.0642$

Продовження таблиці 2.1

Розрідження смуги у вертикальній площині («серветка» Серпінського)	Розрідження смуги у горизонтальній площині («порох» Кантора)	Розмірність фракталу
		$D_1 = \frac{\log 3}{\log 2} = 0.5851$ $D_2 = \frac{\log 2}{\log 3} = 0.6309$
Фрактально-інваріантні аналоги перерізів лісозахисної смуги		
Вертикальний поперечний переріз лісозахисної смуги	Горизонтальний план насаджень лісозахисної смуги	Коефіцієнт ажурності поперечного перерізу лісозахисної смуги
		$K_1^z = \frac{1}{D_0} (D_1 \cdot D_2)^0 = 0.9397$
		$K_2^z = \frac{1}{D_0} (D_1 \cdot D_2)^1 = 0.3469$
		$K_3^z = \frac{1}{D_0} (D_1 \cdot D_2)^2 = 0.1280$
		$K_4^z = \frac{1}{D_0} (D_1 \cdot D_2)^3 = 0.0472$
		$K_5^z = \frac{1}{D_0} (D_1 \cdot D_2)^4 = 0.0174$

Середнє значення безрозмірного модельного комплексу дорожньої мережі за значеннями інтенсивності руху залежно від категорії дороги, яке становить - 0,620 (табл. 2.2).

Вищевказане середнє значення безрозмірного комплексу відповідає фрактальній розмірності (розмірність Хаусдорфа-Безіковича) набору Кантора з похибкою, що не перевищує 1,7%:

$$\mu = \frac{\log 2}{\log 3} = 0,6309. \quad (2.23)$$

На основі фрактально-інваріантного моделювання лісозахисних смуг автотранспортної мережі встановлюються основні структурні взаємозв'язки та структура вертикального перерізу лісозахисної смуги ізоляційного типу залежно від категорії (інтенсивності руху) дороги визначається (табл. 2.3). Запропоновано варіанти структури лісозахисних смуг для автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху (рис. 2.5). [3]

Оцінка адекватності (за критерієм Пірсона) запропонованих конструкцій лісозахисних смуг, за показниками трансграничного переносу таких забруднювачів як CO , NO_x , SO_2 , дозволила визначити довірчу ймовірність запропонованих моделей на рівні 95%. [46]

Таблиця 2.2

Результати визначення значення безрозмірного комплексу та фрактальної розмірності автошляхової мережі за показником категорії автодороги

Категорія дороги	1-а	1-б	2	3	4	5
Розрахунковий коефіцієнт інтенсивності руху, D^1_m	$\frac{7000}{30} = 500$	$\frac{7000}{20} = 350$	$\frac{2000}{8} = 250$	$\frac{1000}{7,5} = 133$	$\frac{500}{7} = 71$	$\frac{200}{4,5} = 44$

Продовження таблиці 2.2

Розрахунковий безрозмірний комплекс, (π)	0,700	0,714	0,532	0,534	0,620	
Усереднене значення безрозмірного комплексу, $\overline{(\pi)}$	0,620					
Фрактальна розмірність, μ	0,631					
Моделльний коефіцієнт інтенсивності руху, $D_m^{-1} m$	504	318	200	126	79	50
Погрішність моделі	0,008	0,091	0,200	0,053	0,112	0,136

Таблиця 2.3

Результати визначення конструктивної ширини лісозахисних смуг
автотранспортної мережі в залежності від категорії автодороги

Категорія дороги	1-а	1-б	2	3	4	5
Фрактальна розмірність,	0,631					
Моделльна ширина шляхової зони, м	104	68	45	29	18	

Продовження таблиці 2.3

Модельна ширина лісозахисної смуги, м	104 — 27,5 — 12	68 — 7,5 — 12	45 — 7,5 — 6	29 — 7 — 6	18 — 4,5
	2 = 32,25	2 = 23,25	2 = 15,75	2 = 8	2 = 3,75
Конструктивна ширина лісозахисної смуги, м	32	24	16	8	4
Конструктивна погрішність	0,007	0,031	0,047	0,056	0,063

2.2. Практична реалізація моделі-симулятора лісової газо-пилозахисної смуги.

Слід зазначити, що практична реалізація проекту лісозахисної смуги (досягнення проектних параметрів) з урахуванням біологічних характеристик використовуваних деревних та чагарникових порід вимагає тривалого часу (до 15... 20 років). Саме тому, в лабораторії екосистемних досліджень кафедри моніторингу навколишнього середовища та збалансованого природокористування Подільського державно аграрно-технічного університету було запропоновано принципову конструкцію моделі-імітатора для перевірки проектних аеродинамічних параметрів пропонованої конструкції газо-пилозахисної смуги (рис. 2.4).

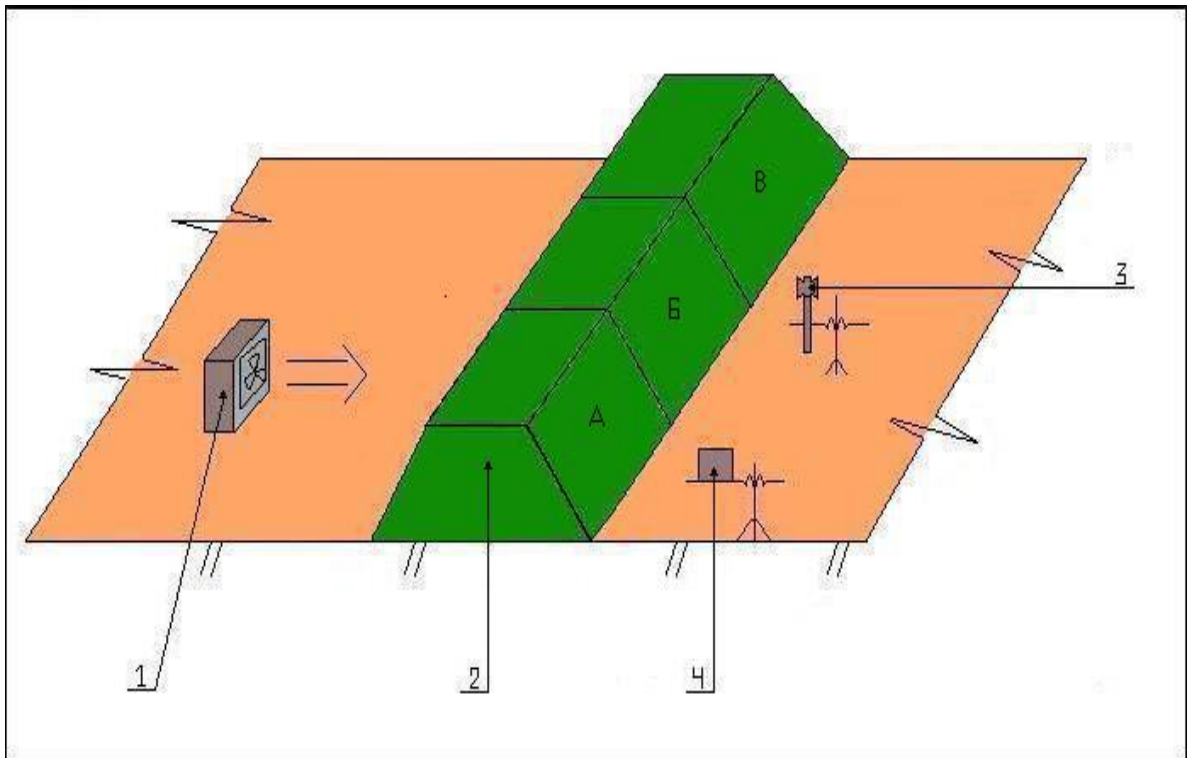


Рис.2.6. Принципова конструкція моделі-імітатора газо-пилозахисної смуги:

1 – вентилятор; 2 – лісова газо-пилозахисна смуга з модельною ажурністю: А – 0,9397; Б – 0,5929; В – 0,3741; 3 – анемометр; 4 – мікроманометр [48]

Для першого варіанту дослідів модельна ажурність лісозахисної смуги ізолюючого типу складає – 0,9397. Для двох інших варіантів дослідів ми визначаємо ажурність лісозахисної смуги ізолюючого типу розріджуючи її на підставі множини Кантора («порох» Кантора). Фрактальна розмірність множини Кантора $\frac{\log 2}{\log 3} = 0,6309$. Таким чином ажурність лісозахисної смуги для другого варіанту дослідів становить – $0,9397 * 0,6309 = 0,5929$; а для третього варіанту – $0,9397 * 0,6309^2 = 0,3741$.

Запропонована модель та відповідні методи моделювання є основою для проектування та досягнення спроектованих параметрів лісозахисних смуг

дорожньої мережі (включаючи як вузли мережі, так і зони маневрування) на дорогах з різною інтенсивністю руху. Дотримання розумних параметрів лісозахисних смуг дозволить значно підвищити показник автотранспортної спроможності територій зі збільшеною щільністю автотранспортної мережі.

РОЗДІЛ ІІІ

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень та основне обладнання.

Програмою експериментальних досліджень передбачено вимірювання швидкості та динамічного тиску аеродинамічних потоків на аверсному та реверсному газо-пилізахисній смузі, по трьох варіантах ажурності.[44]

Основне обладнання: анемометр ручний АРІ-49 та крильчастий АСО-3 (рис 3.3, 3.2), а також мікроманометр (рис 3.4) все це на моделі симуляторі (рис 3.1).



Рис 3.1. Модель-симулятор газо-пилізахисної смуги [49]

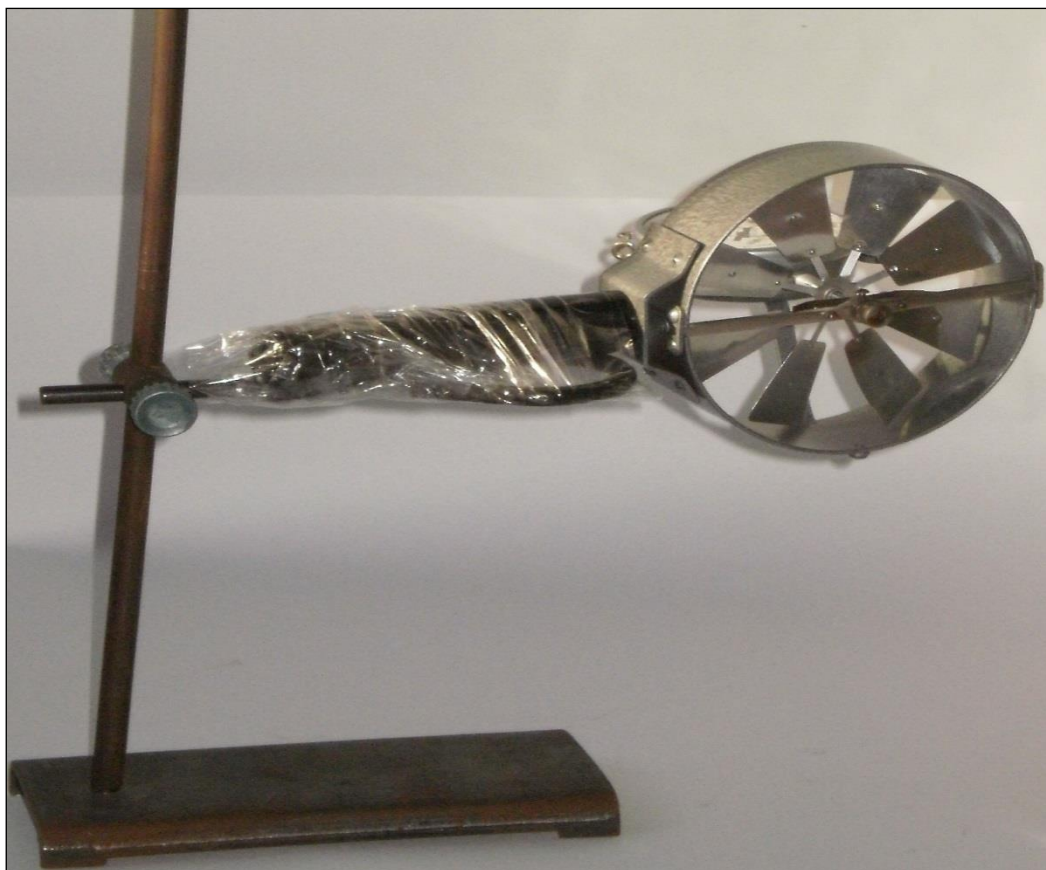


Рис. 3.2. Анемометр крильчастий АСО-3 [46, 47]



Рис 3.3. Анемометр ручний індукційний АРІ-49 [46, 47]



Рис. 3.4. Мікроманометр для вимірювання атмосферного тиску [46, 47]

3.2. Методики експериментальних досліджень

Для визначення швидкості потоку ми використовували анемометр

Чутливий елемент приладу (приймальну частину) поділяють на два види:

- Чашкові – підходять для замірів середньої швидкості потоку в незалежності від напрямку (наприклад АРІ -49).
- Крильчасті – для замірів тієї ж середньої швидкості, але вже спрямованого повітряного потоку (як приклад АСО - 3).

Під час проведення експериментальних досліджень застосовувались прилади: анемометр (ручний індукційний АРІ-49 та АСО-3).

Прилад АСО-3 (ГОСТ 6376-74) призначений для замірів направленого повітряного потоку, а саме його середньої швидкості. Прилад має дві версії для різних погодних умов. Модифікація У5 - для помірною клімату, Т-5 підходить для тропічного клімату. [37]

Діапазон умов використання анемометра:

- При температурі прилад працюватиме від мінус 10 до плюс 50^oC.
- При температурі повітря 20^oC, відносно вологість повітря не більше 90%.

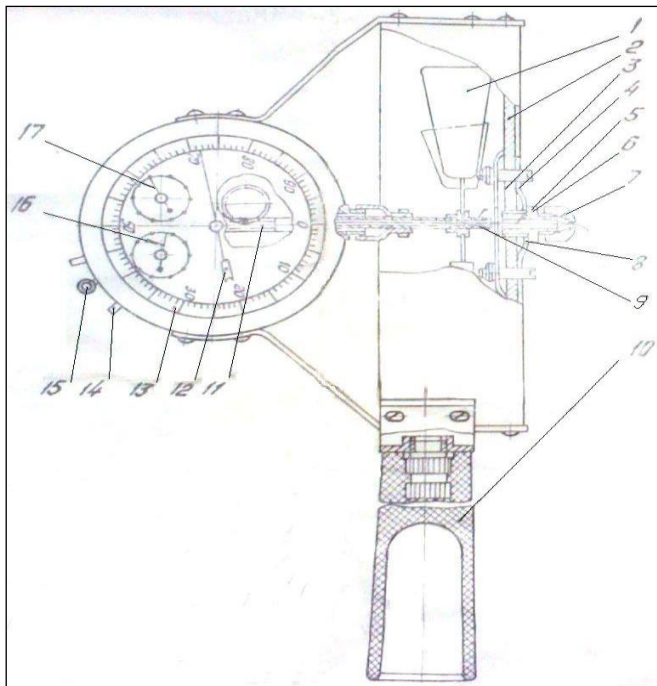
Технічні характеристики анемометра АСО-3 наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

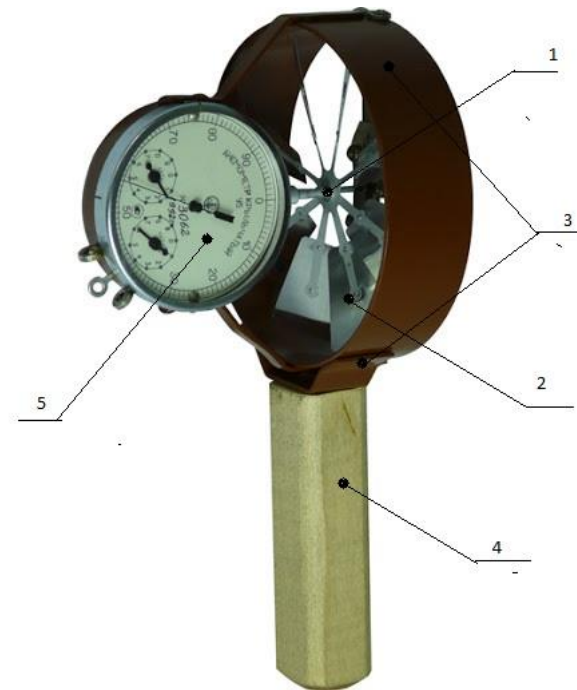
Технічні характеристики анемометра АСО-3

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання швидкості, м/с	0,3 - 5
Чутливість не більше, м/с	0,2
Основна похибка, м/с	±0,1+0,5
Час вимірювання, с	5
Середній строк служби анемометра, років	8
Габаритні розміри зі знятою ручкою, не більше, мм	110x110x105
Маса не більше, кг	0,45

Чутливий елемент анемометра (рис 3.5) є крильчатка (1), яка насаджена на трубчасту вісь (3), з підшипниковими втулками (9). Втулки обертаються на сталевій вісі (5), один кінець якої впаяний в об'єм і закріплений в нерухомій опорі, а другий затягнутий гайкою (7) у втулці (6), яка знаходиться в отворі розпірного стержня (2). Натягнення вісі (5) здійснюється пружиною вісі. Вістовий люфт вісі (3) регулюється пружиною (4).



а)



б)

Рис. 3.5.а) Анемометр крильчастий (АСО-3):

1 – крильчатка; 2 – стержень; 3 – трубчата вісь; 4 – пружина; 5 – сталеві вісь;
 6 – втулка; 7 – гайка; 8 – пружина; 9 – втулка підшипникова; 10 – ручка; 11 –
 черв'як; 12 – стрілка шкали одиниць; 13 – циферблат; 14 – вушко; 15 –
 аретир; 16 – стрілка шкали тисяч; 17 – стрілка шкали сотень

Рис.3.5.а)

1 – крильчатка; 2 – вісь; 3 – корпус; 4 – ручка; 5 – часовий механізм; [46, 47]

На кінці трубчастої вісі (3) закріплений черв'як (11), який передає обертання вітроприймача зубчастому редуктору лічильного механізму. Циферблат механізму має три стрілки, відповідно на приладі є три шкали вимірювань: одиниці, сотні, тисячі.

Механізм підрахунку працює наступним чином: черв'як (11) через черв'ячне колесо передає рух на центральне колесо, на осі якого закріплена стрілка (12) яка показує одиниці. Триб центрального коледжу через проміжне колесо веде невелике колесо, на осі якого встановлена стрілка (17) показуючи

сотні. Від малого колеса через проміжне колесо, обертання передається до другого малого колеса, вісь якого несе стрілку (16) що демонструє шкалу тисяч.

Для вимкнення підрахункового механізму замок, на цьому приладі-аретир (15) повертається за висунутим кінцем за годинниковою стрілкою.

При повороті замку (15) проти годинникової стрілки черв'ячне колесо стикається з черв'яком (11), а анемометр вітрогенератора підключається до лічильного механізму.

Механізм приладу закріплений в металічному корпусі, який має ручку (10). Ручка виконана у вигляді трубки та може бути використана для встановлення приладу на дерев'яному стояку.

В корпус приладу по обидві сторони кінців аретиру (15) є кільця (14). Через які проводиться нитка, за допомогою якої відбувається включення і виключення анемометра. Вона використовується, якщо анемометри потрібно підняти на стойку, при цьому не маючи доступу до замка, шнур прив'язується через два кільця, згадані вище, до самого аретиру(15).

Приймальний елемент анемометру захищений від механічних пошкоджень металічним циліндром, який одночасно обмежує січення вимірюваного повітряного потоку.

Далі розглянемо прилад, який вимірює середнє значення швидкості потоку на землі в будь яких напрямках – називається АРІ-49

Приймальною частиною анемометру (рис.3.6) є вертушка, яка складається з трьох чашок (1), які жорстко закріплені у втулці (2), насадженої на вісь (3), яка обертається в насипних підшипниках (4) і (5).

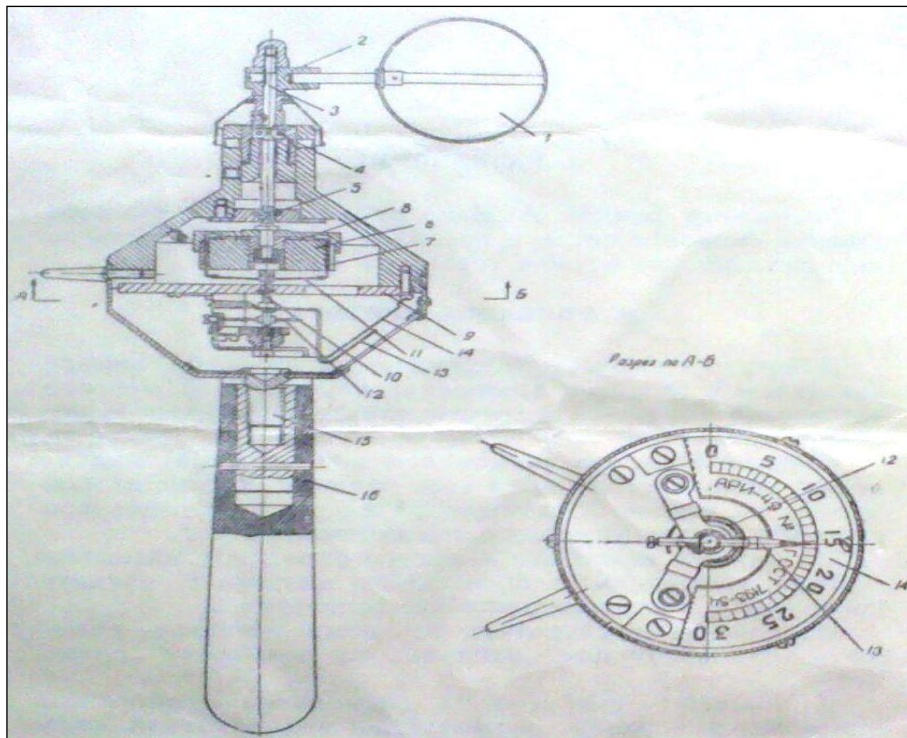


Рис. 3.6. Ручний індукційний анемометр(АРІ-49):

1 – вертушка; 2 – втулка; 3 – вісь; 4 і 5 – підшипники; 6 – магніт; 7 – магніто провід; 8 – температурний компенсатор; 9 – плата; 10 – вісь; 11 – ковпачок; 12 – воловок; 13 – стрілка; 14 – шкала; 15 – різьба; 16 - ручка [46, 47]

На нижньому кінці вісі (3) жорстко закріплена магнітна система, яка складається із постійного магніту (6), магнітопроводу (7) і температурного компенсатору (8).

Призначення температурного компенсатору – зменшити температурні впливи на показники анемометру.

До нижньої частини корпусу анемометру прикріплена плата (9), на якій змонтована індикаторна частина приладу, яка складається із вісі (10), на яку насаджені металічний ковпачок (11), виготовлений із спеціального сплаву, волосок (12) та стрілка (13). Циліндрична частина ковпачка (11) знаходиться в кільцевому зазорі між магнітом (6) та магнітопроводом (7). Швидкість вітру визначається за положенням стрілки (13) відносно шкали (14), закріпленої на платі (9). У нижній частині корпусу є вікно для спостереження за положенням стрілки.

В нижній частині корпусу вкручені дві ніжки, які є опорою тоді, коли анемометр без футляра кладеться на стіл або іншу плоску поверхню.

Під час дії на прилад повітряного потоку, незалежно від його напрямку, вертушка разом з віссю завжди обертається в одну і ту саму сторону. Магнітна система, яка обертається разом з віссю створює магнітне поле, яке обертається і викликає у металічному ковпачку (11) вихрові потоки. Під дією цих потоків ковпачок (11) повертається, закручуючи волосок (12). Величина кута повороту вісі з ковпачком (11) пропорційна числу обертів вертушки; відповідно відхилення стрілки анемометру пов'язано деякою залежністю від швидкості вітру.

Ручний анемометр доцільно використовувати за таких умов:

- даний прилад має більший діапазон температур в порівнянні з АСО-3, і працює від мінус 45 до плюс 50 °С;
- відносна вологість така ж сама, як у вище згаданого АСО. При температурі 20 °С 90% вологості.

Технічні характеристики:

Технічні характеристики	
Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання швидкості вітру від м/с	2,0 - 30
Чутливість не більше м/с	1,5
Ціна поділки шкали м/с	1,0
Похибка, в межах	$\pm 0,5 + 0,05V$ м/с, де V – вимірювана швидкість вітру, м/с
Температурний режим	40 до плюс 45°С і відносній вологості повітря 80% при температурі 20°С
Термін служби анемометра до списання не менше	6 років
Габаритні розміри не більше	діаметр – 120мм, висота – 200мм, вага не більше 0,35кг

Прилади вимірювання атмосферного тиску поділяються на рідинні, газові, деформаційні та ін.

До рідинних слід віднести манометри сифонного та чашкового типу, ртутні, газові.

Для вимірювання незначних величин тисків, як у нашому випадку, застосовують мікроманометр з похилою трубкою (рис 3.7.б). різниця від чашкового в розміщенні посуду малого діаметру (вона розміщена під кутом до горизонту).

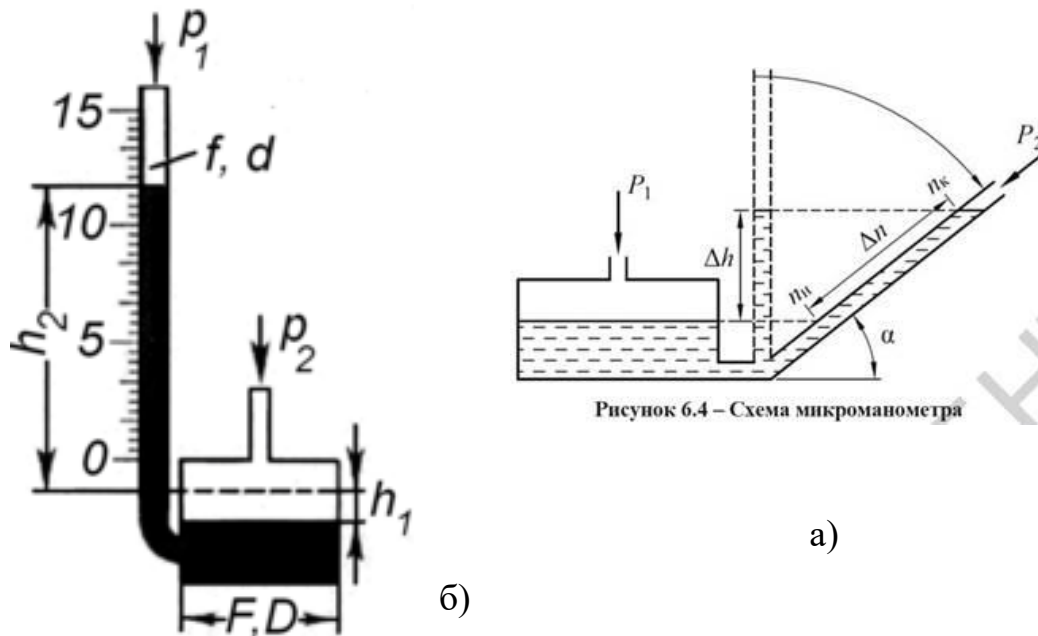


Рисунок 6.4 – Схема мікроманометра

Рис. 3.7. Манометри чашкового типу

3.3. Методи попередньої обробки результатів вимірювання

Для отримання результатів попередньої обробки вимірювань потрібно обчислити найбільш вірогідні значення виміряної фізичної величини. Для величин, які мають імовірнісний характер, для їх аналізу, використовується обробка результатів вимірювань, яка базується на методах теорії ймовірностей та математичної статистики.

Зогляду на те, що невід'ємною частиною загальної помилки є випадкові похибки, а також складова систематичної похибки. Враховуючи те, що випадкові похибки є складовою частиною загальної похибки, до складу якої входить і систематична складова похибок результатів вимірювань, то на

початку процесу вимірювання необхідно виявити і усунути систематичні похибки. [43]

Систематична складова помилки є постійною або закономірно змінюється при повторному вимірюванні однієї і тієї ж фізичної величини, наприклад, похибка через неправильне калібрування шкали відліку вимірювального приладу; помилка, яка змінюється природним шляхом, наприклад, через розряд акумуляторів вимірювального приладу і т. д. Такі похибки можна усунути, вводячи поправки:

$$\nabla = -\Delta x. \quad (3.1)$$

Для виявлення інструментальної похибки, доцільно перевірити заміри за допомогою приладу який має більш високу точність. Дізнаємося величину абсолютної похибки приладу, що використовуємо, за виразом:

$$\Delta x_{II} = x - x_{II}, \quad (3.2)$$

де x_{II} – показання приладу, що перевіряється;

x_{II} – значення вимірюваної величини, знайдене при використанні зразкового приладу, який має значно вищий клас точності. [43]

Для визначення інструментальних та систематичних похибок, потрібно, для різних поділок на шкалі приладу, скласти таблицю поправок.

Систематичні похибки можуть бути виключеними або мінімізованими, якщо при вимірюванні скористатися одним із методів – компенсації похибки за знаком чи методом заміщення. Також дієвим методом є симетричні спостереження.

Компенсація похибки за знаком. Метод полягає у виключенні відомої за природою похибки, але в той час не відому за величиною систематичну похибку. Він є дієвим якщо джерело помилки має спрямовану дію і при зміні напрямку вимірювання на протилежний призводить до зміни знаку, але не змінює значення похибки. Зміну напрямку вимірювань виконують парне число раз, при цьому для половини випадків джерело похибок викликає похибки одного знаку, а для інших випадків – протилежного.

У цьому випадку похибки ігноруються при вичисленні середнього значення вимірюваної величини:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{(x_d + \Delta_c) + (x_d - \Delta_c)}{2}, \quad (3.7)$$

де \bar{x} – середнє арифметичне значення вимірюваної величини;

x_1, x_2 – покази вимірювання;

x_d – дійсне значення величини, що вимірюється;

Метод заміщення. Він полягає в тому, що вимірюваний об'єкт (невідомо фіз. величина) замінюється у відомій мірі, яка знаходиться в однакових умовах.

Для цього спочатку виміряйте невідому фізичну величину, в результаті чого маємо:

$$x_{II} = x + \Delta_c, \quad (3.3)$$

де x_{II} – показання приладу;

x – значення невідомої величини;

Δ_c – систематична складова похибки.

Потім, не міняючи умов вимірювання, відтворюють замість x вимір регульованої міри x_M і підбирають такий зміст, за якого досягається попереднє показання приладу. У цьому випадку:

$$x_{II} = x_M + \Delta_c. \quad (3.4)$$

Якщо ми порівняємо два попередні вирази, отримуємо значення вимірюваної величини X :

$$X = x_M. \quad (3.5)$$

Також складові систематичної помилки, потрібно обчислити Δ_c :

$$\Delta_c = x_{II} - x_M. \quad (3.6)$$

Метод симетричних спостережень дієвий для виключення прогресивного впливу будь-якого коефіцієнта вимірювання, який є лінійною функцією часу (нагрів приладів, чи різке падіння напруги.

тощо). Цей метод полягає в тому, що за певні відрізки часу виконують кілька вимірювань постійного розміру. Для кінцевого результату виберіть півсуму окремих результатів, симетричну за часом відносно середини інтервалу. Наприклад, було проведено сім вимірювань з часу, коли помилка була значною (рис. 3.8).

Очевидно що:

$$\frac{\Delta_1 + \Delta_5}{2} = \frac{\Delta_2 + \Delta_4}{2} = \Delta_3. \quad (3.8)$$

Даний метод спостережень рекомендується для використовувати в тому випадку, коли прогресивна помилка, а саме її наявність не є очевидною.

Якщо з отриманих результатів виключаються розглянуті систематичні помилки, то такі виміри називаються виправленими. Однак виявити всі систематичні похибки вимірювань не є можливим.

Якщо навіть ми виключимо методичні та інструментальні помилки, все одно в результатах вимірювань залишаються так звані залишки систематичних похибок.

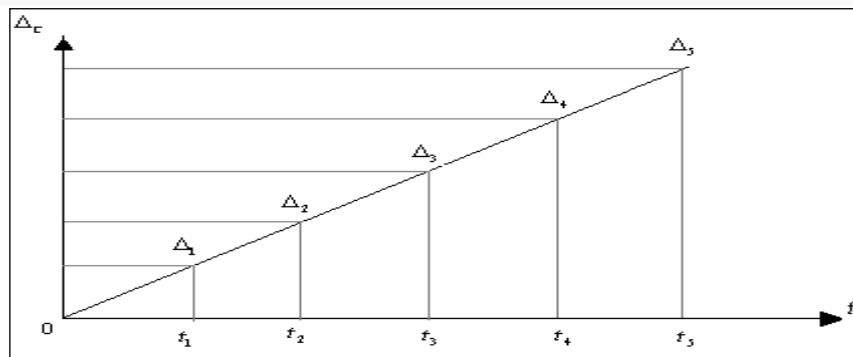


Рис 3.8. Структура похибок за способом симетричних спостережень

Якщо відомо, що похибка результату вимірювання визначається низкою залишків невиключених систематичних помилок, кожна з яких має свою ймовірність, то для невідомих законів розподілу їх меж загальна похибка обчислюється за формулою:

$$\Theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2}, \quad (3.9)$$

де m – кількість невиключених похибок;

Θ_i – межа i -тої невиключеної систематичної похибки;

k – коефіцієнт, який дорівнює 1,10 за рівня довірчої ймовірності результату вимірювання $P=0,95$. [43]

Розроблена модель-симулятор газо-пилізахисної лісосмуги автодороги дозволяє визначити її модельні характеристики, а саме швидкість та динамічний тиск аеродинамічних потоків на аверсному та реверсному боці смуги, побічні характеристики рівнів захисту прилеглих ландшафтів від забруднення механічними та хімічними забруднювачами автотранспортних потоків.

ВИСНОВКИ

1. Постійне зростання мережі автомобільних шляхів загального користування призводить до деградації екосистем, яка зумовлена розсіченням природного середовища мережею штучною фрагментацією природно-техногенних конструкцій ландшафтів та значними обсягами трансграничного перенесення «забруднювачів».

2. Найефективнішим методом захисту пришляхової території є створення лісозахисних смуг, які екранують поширення газопилових сумішей, утворених автотранспортними засобами. Однак, виведення цих

смуг на рівень експлуатаційних показників потребує значного часу (10-15р.) в силу їх біологічних властивостей, а отже, дослідження їх конструкційних параметрів на стадії проектування може бути здійснене лише за допомогою їх фізичних моделей.

3. Розроблена модель-симулятор газо-пилозахисної лісосмуги автодороги дозволяє визначити її модельні характеристики, а саме швидкість та динамічний тиск аеродинамічних потоків на аверсному та реверсному боці смуги, побічні характеристики рівнів захисту прилеглих ландшафтів від забруднення механічними та хімічними забруднювачами автотранспортних потоків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. – М.: Высшая школа, 2001. – 326с.
2. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. – К.: Манускрипт, 1997. – 349с.
3. Бахмат О.М., Васик Л.С., Шелудченко І.А. Моніторинг транскордонного переносу забруднюючих речовин у штучних ландшафтах автошляхової мережі // Збірник наукових праць ПДАТУ. Спеціальний випуск до IV наук.-практ. конференції "Сучасні проблеми збалансованого природокористування" – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2008. – С.101-104.
4. Васик Л.С., Гаврилянчик Р.Ю., Шелудченко І.А. та ін. Міські екосистеми / Інженерна екологія. Ч.VIII. – Кам'янець-Подільський: ТОВ "Каліграф", 2010. – 136с.
5. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – 656с.
6. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Конструктивна геоecологія. – К.: ТОВ "Маклаут", 2008. – 320с.
7. Шелудченко Б.А. Методологія досліджень екосистем. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2008. – 110с.
8. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. – 43с.
9. Указания по производству изысканий и проектированию лесонасаждений вдоль автомобильных дорог, ВСН 33-87, 1988 г – 37с.
10. Денисов И.П. Справочник по озеленению автомобильных дорог, М., 1968. – 87с.
11. Герасимчук А.А., Палеха Ю.І. Основи екології. Соціальні та прикладні аспекти: Навч. посібник – 2-ге вид. доп. – К.: Вид-во Європейського ун-ту, 2001. – 325с.
12. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього середовища: Навч. посібник – 2-ге вид., стереотип. – К.; знань, КОО, 2002. – 203с.

13. Белова С.В. Охрана навколишнього середовища. – М.: Вища школа, 1991. – 274с.
14. Государственные лесные насаждения, М., Лесная промышленность, 1971. – 54с.
15. Орнатский И.П. Благоустройство автомобильных дорог. М.,Транспорт. 1986. – 49с.
16. Горелов А.А. Экология: Учебное пособие. – М: Центр, 1998. – 247с.
17. Сторожук В.М., Батлук В.А., Назарук М.М. Промислова екологія. Підручник. – Львів, Українська академія друкарства, 2005. – 425с.
18. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2003. – 243с.
19. Білявський Г. О. та ін. Основи загальної екології: Підручник/ Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. – Г – е вид., зі змінами. К.: Либідь, 1995. – 354с.
20. Заверуха Н.М. Основи екології.— К.: Каравела, 2006. – 327с.
21. Голубець М.А. Від біосфери до соціосфери. – Львів: Пеллі, 1997. – 215с.
22. Демина Т.А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды. Учебное пособие. – М.: Аспект Прес, 1997. – 267с.
23. Бурдіян Б.Т. Навколишнє середовище та його охорона. Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1993. – 289с.
24. Иванов Б.А. Инженерная экология. – Л.: Изд. Ленингр. университета, 1989. – 231с.
25. Куклев Ю.И. Физическая экология. – М.: Высшая школа, 2003. – 376с.
26. Небел Б. Наука об окружающей среде.— М.: Мир, 1993.— 198 с.
27. Сухарев С.М., Чудак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. – Видавництво «Новий Світ-2000», Львів, 2005. – 278с.

28. Чернюк Л. Г., Клиновий Д. В. Економіка та розвиток регіонів (областей) України. - К.: 2002. – 112с.
29. Злобін Ю. А. Основи екології. К.: - Видавництво “Лібра”, ТОВ, 1998. – 345 с.
30. Моисеев Н.И. Экология человечества глазами математика. – М.: Мол. гвардия, 1988. – 254с.
31. Некос В.Е. Основы общей экологии и неоекологии. Харьков: Прапор, 2001. – 287с.
32. Романовский Ю.М. Процессы самоорганизации в физике, химии, биологии. – М.: Знание, 1981. – 404с.
33. Хакен Г. Синергетика. – Мир, 1980. – 404с.
34. Числові імітаційні моделі в агротехнологічній механіці ґрунтів / за ред. Б.А. Шелудченка/ – Житомир: ПМАН, 1996. – 89с.
35. Шелудченко Б.А., Забровський П.П. Використання критеріальних методів в проектуванні агротехнічних ґрунтообробних систем. – Житомир: Новітехс, 1993. – 45с.
36. Шелудченко Б.А., Малиновський А.С., Зосимович М.В. та ін. Інженерна екологія, ч.1. Основи техноекології. – Житомир: Волинь, 1999. – 216с.
37. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958. – 200с.
38. Глендорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. – М.: Мир, 1973. – 280с.
39. Иоселевич Г.Б., Лебедев П.А., Стреляев В.С. Прикладная механика. – М.: Машиностроение, 1985. – 575с.
40. Климонтович Н.Ю. Без формул о синергетики. – Минск: Вышш. шк., 1986. – 223с.
41. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика – теория самоорганизации. Идеи, методы, перспективы. – М.: Знание, 1983. – 64с.

42. Беккер А. А., Агаев Т. Б. Охрана и контроль загрязнений природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 97с.

43. Васик Л.С., Тарнавський В.С., Ніколайчук Ю.С. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище (лабораторно-практичний курс). / методичний посібник, ПДАТУ, 2010.

44. Л.С. Шелудченко Розроблення конструкцій газо-пилрозахисних лісосмуг автодорожньої мережі : монографія /. - Кам'янець-Подільський: В-воПДАТУ,2015.–134с.

45. Аеродинаміка газо-пилових повітряних аерозолів : монографія / Шелудченко Б.А., Кухарець С.М., Шелудченко Л.С., Ярош Я.Д, Білецький В.Р.– LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 95 с. ISBN: 978-3-659-93838-2. Особистий внесок - розроблено інформаційну модель резервно-технологічної смуги автомобільної дороги. Встановлено основні чинники формування мікроклімату в зоні смуги відведення автомобільної дороги.

46. Вознюк С.В. Екологічна ефективність газо-пилрозахисних лісосмуг в інфраструктурі автомобільних доріг / Л.С. Шелудченко, Б.А. Шелудченко, С.В.Вознюк // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції “Екологічний стан і здоров’я жителів міських екосистем. Горбуновські читання”. – Чернівці.: “Місто”, 2016. – С.197-198.

47. Вознюк С.В. Аналітичне обґрунтування параметрів лакуарності лісових газо-пилрозахисних смуг автомобільних доріг / Л.С. Шелудченко, Б.А. Шелудченко, С.В. Вознюк // Наук.-техн. журнал “Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування” Спец. вип. – ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, 2014. – С.56 - 60. (Особистий внесок – виконано аналітичні дослідження на підставі формули А.Стодола).

48. http://www.kdu.edu.ua/spec_rada/vidguk/DissVoznyuk.pdf

49. Шелудченко Л.С., Овчарук О.В. Модель-імітатор лісової газопилрозахисної смуги. Екологічна безпека. 2011. №2. С. 76-79