

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Транспортна інфраструктура»

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД
ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ
ТА АЕРОДРОМІВ**

Методичні рекомендації до практичних занять

Електронний аналог
друкованого видання

Дніпро
2022

УДК 625.72:625.717(076)
НЗ4

Укладачі:

М. Б. Курган, О. Ф. Лужицький, М. А. Гусак, Н. П. Хмелевська

Експерти:

д-р. техн. наук, проф. *Д. М. Курган,*
канд. техн. наук, доц. *В. С. Андрєєв*

Рекомендовано ННЦ ОБД (протокол № 10 від 23.06.2022).
Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 589 від 26.12.2022)

Науково-технічний супровід проектування автомобільних доріг та аеродромів : метод. рекомендації до практичних занять / уклад.: М. Б. Курган, О. Ф. Лужицький, М. А. Гусак, Н. П. Хмелевська; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро; УДУНТ, 2022 – 57 с.

Методичні рекомендації складені з метою допомогти студентам у закріпленні теоретичного матеріалу з дисципліни «Науково-технічний супровід проектування автомобільних доріг та аеродромів». У методичних рекомендаціях розглянуто проблемні питання, які не обумовлені нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта.

Для студентів ОС «магістр» денної та заочної форм навчання спеціалізації 192 «Будівництво та цивільна інженерія», ОП «Автомобільні дороги і аеродроми».

Іл. 24. Табл. 19. Бібліогр.: 8 назв.

© Курган М. Б. та ін., укладання, 2022

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Практичне заняття № 1 ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПОХИЛУ ДОРОГИ ДЛЯ ВАНТАЖНОГО РУХУ	5
Практичне заняття № 2 РОЗРАХУНОК ПЕРСПЕКТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ НА РОЗГЛЯНУТІЙ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ	12
Практичне заняття № 3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ НАСИПІВ. ВИМОГИ ДО ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ В ТІЛІ НАСИПУ.....	19
Практичне заняття № 4 ВИБІР МАШИН ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	23
Практичне заняття № 5 МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ. ПОРІВНЯННЯ ВИТРАТ ДИЗПАЛИВА І ЧАСУ РУХУ ДЛЯ РІЗНИХ УМОВ РУХУ ТРАНСПОРТУ.....	28
Практичне заняття № 6 РОЗРАХУНОК ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ЗА ДОПУСТИМИМ ПРУЖНИМ ПРОГИНОМ	36
Практичне заняття № 7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ У ПРИДОРОЖНІЙ СМУЗІ АВТОТРАНСПОРТНИМИ ВИКИДАМИ СВИНЦЮ.....	40
Практичне заняття № 8 РОЗРАХУНОК РІВНЯ ШУМОВОГО ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ Й АВІАЦІЇ	48
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	56

ВСТУП

Метою науково-технічного супроводу є вирішення проблем, які не обумовлені нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта. Згідно з кваліфікаційною характеристикою після вивчення даної дисципліни фахівець повинен бути підготовленим до виробничо-технічної та проєктної діяльності з науково-технічного супроводу проєктування автомобільних доріг та аеродромів, вміння аналізувати стан організації руху та дорожнього середовища, стан доріг та аеродромів, вміння проводити технічне обстеження інженерних споруд автомобільної дороги і аеродромів.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є конструктивно-технічні та будівельно-технологічні проблеми, що не регламентовані чинними нормами й стандартами, та за відсутності достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній та світовій практиці, але можуть виникати під час проєктування автодоріг та аеродромів.

Основними видами робіт з супроводу є обстеження, науково-дослідні роботи, спостереження за технічним станом об'єкта, прогноз, пошукові, проєктні розробки технічних та будівельно-технологічних рішень, визначення характеристик будівельних матеріалів, перевірка відповідності вимогам будівельних норм та технічної документації окремих конструкцій та прийнятих конструктивних рішень, інженерні вишукування, аналіз технічних рішень щодо відповідності встановленим вимогам тощо.

Дотримання методичних рекомендацій дозволять студентам проводити моніторинг технічного стану об'єктів, прогнозувати зміну основних характеристик автомобільних доріг, перевіряти відповідність прийнятих в проєктах рішень вимогам будівельних норм та технічній документації, аналізувати й приймати раціональні технічні рішення на основі моделювання можливих варіантів.

Методичні вказівки складено у відповідності із робочою програмою з дисципліни «Науково-технічний супровід проєктування автомобільних доріг та аеродромів» та призначено для студентів денної й заочної форм навчання при виконанні практичних занять.

ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПОХИЛУ ДОРОГИ ДЛЯ ВАНТАЖНОГО РУХУ

Мета роботи: за вихідними даними щодо категорії автомобільної дороги і параметрів транспорту визначити максимальний похил дороги та перевірити його відповідність будівельним нормам і технічній документації.

Загальні положення

На етапі проектування автодороги може виконуватись науково-технічний супровід – виконання перевірних та дублюючих розрахунків [1]. Виконаємо перевірку проекту автодороги відповідності вимогам будівельних норм щодо визначення найбільшого поздовжнього похилу дороги.

Автомобільна дорога повинна забезпечити вигідний та безпечний рух автомобіля з максимальними технічно можливими для них швидкостями. Енергія згоряння палива у циліндрах двигуна витрачається на подолання сил опору руху автомобіля по дорозі та на подолання сил опору у трансмісії від колінчастого валу двигуна до ведучих коліс. Необхідно, щоб енергія, яка виробляється, була більшою від енергії, яка витрачається на подолання опорів рухові – умова руху автомобіля.

Під час руху автомобіля на нього діють такі сили опору (рис. 1.1):

- сила опору коченню

$$P_f = fG; \quad (1.1)$$

- сила опору руху на підйом

$$P_i = G \operatorname{tg} \alpha = \pm Gi; \quad (1.2)$$

- сила опору повітря

$$P_\omega = CFV^2 \rho = kFV^2; \quad (1.3)$$

- сила опору інерційних мас

$$P_j = ma\delta = \frac{G}{g} \delta \frac{dV}{dt} = \delta Gj. \quad (1.4)$$

У формулах (1.1)–(1.4):

f – коефіцієнт опору кочення (залежить від рівності, жорсткості покриття і тиску повітря в шинах);

G – вага автомобіля з вантажем;

- i – поздовжній похил дороги, $i = \operatorname{tg} \alpha$;
- C – коефіцієнт, який враховує форму й обтічність автомобіля;
- ρ – густина повітряного середовища;
- k – коефіцієнт опору повітря, $k = C\rho$;
- F – площа «лобової» проекції автомобіля, м^2 ;
- V – швидкість руху автомобіля, м/с ;
- j – відносне прискорення руху автомобіля, $j = \frac{1}{g} \frac{dv}{dt}$;
- a – прискорення автомобіля м/с^2 , $a = \frac{dv}{dt}$;
- g – прискорення сили тяжіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;
- δ – коефіцієнт, який враховує вплив обертових частин автомобіля.

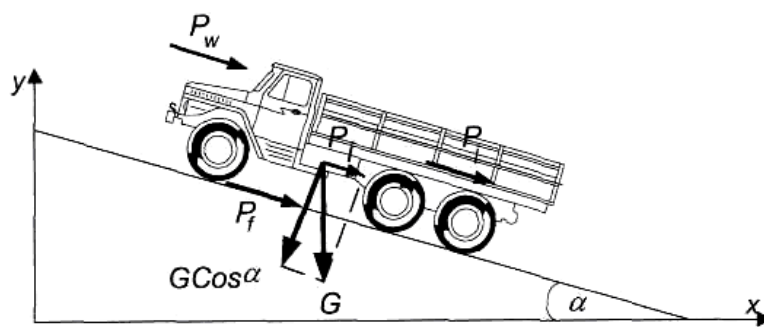


Рис. 1.1. Сили, які чинять опір руху автомобіля

Подолання усіх опорів під час руху автомобіля відбувається за рахунок ефективної потужності N , яка розвивається на колінчастому валу крутним моментом M .

Крутному моменту M відповідає пара сил P_a з плечем r (рис. 1.2), одна з яких урівноважується силою тертя шини на поверхні дороги, друга – є силою, яка називається тяговою і приводить автомобіль до руху.

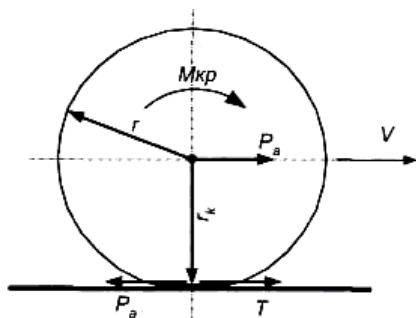


Рис. 1.2. Тягове зусилля на ведучих колесах автомобіля

Оцінка тягово-швидкісних властивостей автомобіля здійснюється на основі методу силового балансу, який заснований на співвідношенні сили тяги, що забезпечує рух автомобіля, і сил опору цьому рухові.

Умова силового балансу, тобто рівності зовнішніх і внутрішніх сил, виражається залежністю:

$$P_a = P_f \pm P_i + P_w \pm P_j. \quad (1.5)$$

Залежно від співвідношення зовнішніх опорів здійснюється рух з постійною швид-

кістю або розгін, або гальмування.

Перенесемо величину опору повітряного середовища в ліву частину рівняння (1.5) і підставивши значення опорів (формули 1.1–1.4), отримаємо:

$$P_a - P_\omega = fG \pm iG \pm jG. \quad (1.6)$$

Тягові якості автомобіля характеризуються динамічним фактором – різницею між повною силою тяги на ведучих колесах і опором повітряного середовища, віднесеною до одиниці ваги автомобіля

$$D = \frac{P_a - P_\omega}{G} = f \pm i \pm j. \quad (1.7)$$

Динамічний фактор характеризує резерв тягового зусилля автомобіля, що рухається зі швидкістю V , який може бути витрачений на подолання дорожніх опорів ($f \pm i$) і на відносне прискорення автомобіля j .

Сила тяги й опір повітря залежать від швидкості руху, тому величина динамічного фактору D змінюється зі зміною швидкості.

Під час рівномірного руху прискорення дорівнює нулю і динамічний фактор

$$D = f \pm i. \quad (1.8)$$

Графік залежності величини динамічного фактору від швидкості руху при повному завантаженні автомобіля називають динамічною характеристикою, яка використовується при тягових розрахунках як основний показник якості автомобілів [2].

За допомогою графіків динамічних характеристик автомобілів можна розв'язувати такі задачі [2]:

- визначити максимальну швидкість рівномірного руху автомобіля, використовуючи заданий коефіцієнт опору кочення і позовжній похил дороги;
- визначити максимальний похил підйому дороги за заданих швидкості руху і коефіцієнту опору коченню;
- визначити можливу величину прискорення на кожній передачі;
- визначити швидкість і час руху автомобіля залежно від позовжнього профілю дороги.

Для руху автомобіля необхідно, щоб тягова сила P_a , яка передається на ведучі колеса, дорівнювала або була меншою від сили тертя (зчеплення) між ведучими колесами і поверхнею дороги T (див. рис. 1.2). Максимальна сила зчеплення T_{\max} пропорційна навантаженню на ведучі колеса автомобіля $G_{\text{зч}}$ (зчіпна вага автомобіля):

$$T_{\max} = \varphi G_{\text{зч}}, \quad (1.9)$$

де φ – коефіцієнт поздовжнього зчеплення колеса з дорогою.

Зчіпна вага автомобіля із задніми ведучими колесами дорівнює для легкових автомобілів 0,50–0,55, для вантажних 0,65–0,70 від повної ваги автомобіля.

Для руху автомобіля без ковзання і буксування сила тяги автомобіля повинна бути меншою від сили зчеплення:

$$D = \varphi \frac{G_{зч}}{G} - \frac{P_{\omega}}{G}. \quad (1.10)$$

Отже,

$$P_a = \frac{M_{кр}}{r_k} = \frac{M_{ik} i_0}{r_k}, \quad (1.11)$$

або

$$P_a = \frac{270N\eta}{V}, \quad (1.12)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент на ведучих колесах, кГм;

i_k – передатне число коробки передач (змінне) [2, табл. 3.4];

i_0 – передатне число головної передачі (постійне) (табл. 1);

r_k – радіус ведучого колеса з урахуванням деформації шини (в середньому 0,93–0,96 радіуса колеса в недеформованому стані);

η – ККД трансмісії (для вантажних автомобілів і автобусів дорівнює 0,8–0,85, для легкових – 0,85–0,90);

V – швидкість руху, км/год.

Порядок виконання роботи

1. Підготувати вихідні дані.

Нижче наведено приклад вихідних даних для заданого автомобіля.

Автомобіль ЗІЛ-130

Тип покриття асфальтобетон

Швидкість руху, км/год $V = 80$

Зчіпна вага автомобіля, кГ $G = 8495$

Коефіцієнт опору кочення (табл. 1.2) $f = 0,015$

Інші технічні дані наведено в табл. 1.1, 1.3.

2. Визначити поздовжній похил дороги.

Поздовжній похил може бути визначений за формулою (1.8) $D = f \pm i$.

Динамічний фактор визначається як різниця між силою тяги P_a і силою опору повітря P_{ω} , поділена на вагу автомобіля G (формула (1.7)).

З табл. 1.1 для ЗІЛ-130 виписуємо: $N = 150$ к. с.; $\eta = 0,84$; $V = 80$ км/год.

Тоді за формулою (1.12)

$$P_a = \frac{270N\eta}{V} = \frac{270 \cdot 150 \cdot 0,84}{80} = 426.$$

Опір повітря залежить від швидкості руху і дорівнює

$$P_{\omega} = \frac{kFV^2}{3,6^2},$$

де V – швидкість руху, км/год;

F – лобова площа автомобіля (вантажний тип автомобіля 3,0–7,0 м²);

k – коефіцієнт обтічності автомобіля або коефіцієнт опору (вантажний 0,050–0,070 кГс²/м⁴).

Для заданого автомобіля приймаємо $k = 0,06$ кГс²/м⁴; $F = 5$ м².

$$P_{\omega} = \frac{0,06 \cdot 5 \cdot 80^2}{3,6^2} = 148 \text{ кГ}.$$

Динамічний фактор за формулою (1.10): $D = \varphi \frac{426 - 148}{8495} = 0,031$.

З формули (1.8) $i_{\max} = D - f = 0,032 - 0,015 = 0,017$ або 17 %.

Одержаний динамічний фактор не повинен перевищувати питомого тягового зусилля на ведучих колесах, який визначається за умови зчеплення.

Розрахунок виконуємо для поганого стану покриття дороги. Для брудного і мокрого покриття за даними роботи (див. табл. 1.3) приймаємо $\varphi = 0,2$.

Зчіпна вага для вантажних автомобілів ЗІЛ-130 дорівнює:

$$G_{зч} = 0,68 \cdot 8495 = 5780 \text{ кГ}.$$

Тоді динамічний фактор за формулою (1.10) дорівнює:

$$D_1 = 0,2 \frac{5780}{8495} - \frac{148}{8495} = 0,136 - 0,017 = 0,119,$$

що значно перевищує значення динамічного фактору D , розрахованого за умови використання потужності двигуна.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики вантажних автомобілів

Показник	Одиниця вимірювання	Вантажний автомобіль								
		ГАЗ-2752 «Соболь»	ГАЗ-2705 «Газель»	ЗИЛ-5301 АО «Бычок»	ЗИЛ-130	ЗИЛ ММЗ-45085	МАЗ-503А	МАЗ-555102-281	КамАЗ-55111	КрАЗ-6510-030
Вага з повним вантажем (водій, пасажери)	кг	2 800	3 500	6 950	8 495	11 200	15 250	18 200	22 300	26 000
Потужність двигуна	к. с.	98	110	105	150	150	180	230	240	240
Максимальна швидкість руху за технічних умов	км/год	120	115	95	80	90	75	90	90	80
Вантажопідйомність	т	0,95	1,35	3,0	4,0	5,5	8,0	10,0	13,0	13,5
Передатне число головної передачі	–	4,556	5,125	3,273	6,450	6,330	8,280	5,490	6,530	8,210
Радіус кочення коліс	м	0,34	0,33	0,36	0,48	0,50	0,50	0,52	0,48	0,52
Механічний ККД трансмісії	–	0,88	0,88	0,88	0,84	0,88	0,85	0,85	0,85	0,85

Таблиця 1.2

Значення коефіцієнта опору кочення автомобіля

Покриття проїзної частини	Коефіцієнт f
Цементобетонне і асфальтобетонне	0,01–0,02
Чорне щебенеve шосе з рівною поверхнею	0,02–0,05
Біле щебенеve шосе	0,03–0,05
Щебенеvі та гравійні з невеликими вибоїнами	0,03–0,04
Мостова з каменю	0,04–0,05
Ґрунтова дорога рівна, суха, щільна	0,03–0,06
Рілля, сипучі піски	0,05–0,30 і більше

Таблиця 1.3

Значення коефіцієнту зчеплення шини з поверхнею дороги

Стан покриття	Коефіцієнт ϕ	Стан покриття	Коефіцієнт ϕ
Сухе шорстке	0,7	Мокре	0,40–0,30
Сухе рівне	0,6	Брудне мокре	0,20–0,30
Вологе чисте	0,5	Покрите льодом	0,10–0,05

3. Перевірити відповідність отриманого рішення вимогам будівельних норм ДБН В.2.3-4:2015 та технічній документації.

Згідно [4] технічні рішення при проектуванні автомобільних доріг повинні забезпечувати високу транспортно-експлуатаційну якість дороги, ефективну охорону навколишнього природного середовища, безпеку дорожнього руху за мінімальних матеріальних та фінансових витрат.

Необхідно перевірити, чи виконується проектування плану і поздовжнього профілю автомобільної дороги виходячи з інтенсивності руху, умови забезпечення безпеки та комфортності руху транспортних засобів. Для цього необхідно надати оцінку проєктних рішень за такими техніко-економічними показниками:

– *показники плану траси дороги*: протяжність, коефіцієнт розвитку траси, кількість кутів поворотів, найбільша величина кута повороту, найменший радіус кривої;

– *показники профілю*: протяжність ділянок з поздовжніми похилом понад 40 %, протяжність ділянок з похилом, що дорівнюють або перевищують гранично допустимі, мінімальним радіусом вертикальних кривих.

Для елементів плану та поздовжнього профілю основні параметри за ДБН В.2.3-4:2015 такі:

- поздовжні похили до 30 ‰ ;
- відстань видимості за умови зупинки транспортного засобу перед перешкодою – не менше ніж 450 м;
- радіуси кривих у плані – понад 3 000 м;
- радіуси опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 70 000 м;
- радіуси увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 8 000 м;
- довжина опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 300 м;
- довжина увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 100 м.

Відповідно до практичного заняття перевіряє похил дороги. Для запроєктованої автомобільної дороги, по якій у транспортному потоці переважають вантажні автомобілі заданого типу розрахунковий похил дороги склав 17 ‰, що менше значень, які встановлені нормативними вимогам [4, табл. 5.6] залежно від розрахункових швидкостей.

Контрольні питання

1. Як здійснюється оцінка тягово-швидкісних властивостей автомобіля. В чому суть методу силового балансу
2. Що таке динамічний фактор, як він визначається і що характеризує
3. Які сили опору діють на автомобіль під час руху
4. Чи враховуються параметри транспортного потоку і стан покриття дороги на величину похилу автодороги

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

РОЗРАХУНОК ПЕРСПЕКТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ НА РОЗГЛЯНУТІЙ ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

Мета роботи: виходячи із обсягу вантажних перевезень визначити перспективну інтенсивність руху, склад транспортного потоку та категорію автомобільної дороги.

Загальні положення

Найважливішим критерієм при обґрунтуванні інвестицій в будівництво нових або реконструкцію існуючих автомобільних доріг є перспективна інтенсивність руху.

Інтенсивність руху між кореспондуючими населеними пунктами визначають залежно від чисельності населення в цих пунктах.

При прогнозуванні інтенсивності руху використовують суму чисельності населення в кореспондуючих пунктах. Однак при рівній сумарній чисельності населення в кореспондуючих пунктах, але різному її

співвідношенні (300 тис. осіб + 300 тис. осіб і 590 тис. осіб + 10 тис. осіб), інтенсивність руху буде різною. Тому інтенсивність руху розраховують за приведеною сумарною чисельністю населення в двох кореспондуючих населених пунктах, яка визначається за чисельністю населення в меншому з пунктів і по співвідношенню чисельності населення в них.

Інтенсивність руху вантажних автомобілів на початковий рік

За даними економічних вишукувань встановлюють обсяг вантажних перевезень на дорозі, що проєктується, у початковому році (Q , тис. тонн/рік).

Інтенсивність руху вантажних автомобілів, що виконують основний обсяг перевезень N_B , авт./доб., на початковий рік можна визначити за формулою

$$N_B = \frac{Q}{q_{\text{сер}} \gamma \beta T_{\text{роб}}}, \quad (2.1)$$

де $q_{\text{сер}}$ – середня вантажопідйомність автомобіля, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів (приймають від 0,78 до 0,90);

β – коефіцієнт використання пробігу автомобілів (приймають від 0,55 до 0,65);

$T_{\text{роб}}$ – розрахункова кількість днів роботи автомобільного транспорту за рік. У розрахунках приймають для доріг державного значення $T_{\text{роб}} = 275$ днів, для доріг обласного значення – 250 днів, для доріг місцевого значення – 225 днів.

Визначають середню вантажопідйомність автомобілів у транспортному потоці за формулою

$$q_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (2.2)$$

де q_i – вантажопідйомність кожного типу автомобілів у потоці, т;

P_i – частка автомобілів кожного типу в складі потоку, %.

Обчислюють інтенсивність руху вантажних автомобілів, що виконують дрібні господарчі перевезення за формулою

$$N_{\Gamma} = a N_B, \quad (2.3)$$

де a – частка господарчих перевезень від потоку основних вантажних автомобілів (табл. 2.1);

Частка перевезень різноманітного характеру від загального обсягу перевезень

Ступінь розвитку району проєктування	Частка перевезень			
	господарчих <i>a</i>	спеціальних <i>b</i>	легкових <i>c</i>	автобусних <i>d</i>
Райони з високим розвитком виробництва, густонаселені	0,35	0,10	0,80	0,20
Райони з середнім розвитком виробництва, середня густина населення	0,25	0,05	0,60	0,10
Райони з незначним розвитком виробництва, мало населені	0,15	0,05	0,25	0,05

Визначають інтенсивність руху вантажних автомобілів, що виконують спеціальні перевезення (крани, автонавантажувачі тощо):

$$N_C = bN_B, \quad (2.4)$$

де b – частка спеціальних перевезень від потоку основних вантажних автомобілів (див. табл. 2.1).

Розраховують інтенсивність руху легкових автомобілів. При відсутності спеціальних обстежень та аналізу інтенсивності руху легкових автомобілів та автобусів, її рекомендується розраховувати в частках від сумарної інтенсивності руху автомобілів, що зайняті на перевезенні вантажів та на господарчому обслуговуванні, за формулою

$$N_L = c(N_B + N_T + N_C), \quad (2.5)$$

де c – частка легкових автомобілів від сумарної інтенсивності руху вантажних автомобілів (див. табл. 2.1);

Розраховують інтенсивність руху автобусів:

$$N_A = d(N_B + N_T + N_C), \quad (2.6)$$

де d – частка автобусних перевезень від сумарної інтенсивності руху вантажних автомобілів (див. табл. 2.1);

Сумарна середньорічна добова інтенсивність руху на початковий рік на ділянці автомобільної дороги, що проєктується, складає:

$$N_0 = N_B + N_T + N_C + N_L + N_A. \quad (2.7)$$

Визначення перспективної інтенсивності руху

Перспективну інтенсивність руху встановлюють за результатами економічних вишукувань з урахуванням прогнозів зміни складу та обсягу перевезень в районі, де передбачається будівництво.

Величину перспективної інтенсивності руху на розрахунковий термін визначають через інтенсивність руху на вихідний рік.

$$N_t = N_0(1 + \rho)^t, \quad (2.8)$$

де t – перспективний період часу; при визначенні категорії дороги на перспективний період необхідно згідно ДБН В.2.3-4:2015 приймати 20 років, починаючи з року завершення розробки проекту;

ρ – темп щорічного приросту інтенсивності руху (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Коефіцієнт щорічного приросту інтенсивності руху

Адміністративне значення дороги	Район		
	початкового освоєння	слабко розвинутий	високо розвинутий
Державного значення	0,06–0,07	0,05–0,06	0,04–0,05
Місцевого значення	0,07–0,08	0,06–0,07	0,05–0,06

Визначення категорії дороги та розрахункової швидкості руху

Залежно від перспективної інтенсивності руху на автомобільній дорозі, що проєктується, слід визначити категорію дороги за ДБН В.2.3-4:2015 [4], (табл. 2.3). Залежно від категорії дороги визначається розрахункова швидкість руху (табл. 2.4).

До горбистої місцевості належить рельєф, часто порізаний глибокими долинами з різницею позначок дно долин і вододілів понад 50 м на відстані не більше ніж 0,5 км, з бічними глибокими ярами і нестійкими схилами, долинами передгірських рік з бічними притоками.

До гірської місцевості належать ділянки перевалів (плюс один кілометр в кожний бік від перевалу) через гірські хребти і ділянки гірських ущелин із складними, сильно порізаними або нестійкими схилами, ділянки розповсюдження пластичних зсувів ґрунтів та осипів, долини гірських рік з бічними притоками.

Кількість смуг руху на дорогах I-а та I-б категорій слід призначати залежно від інтенсивності руху та рельєфу місцевості згідно з табл. 2.5.

Категорію дороги можна визначати за розрахунковою інтенсивністю руху у транспортних одиницях, якщо кількість легкових автомобілів становить менше 30 відсотків від загального транспортного потоку

Таблиця 2.3

Технічна класифікація автомобільних доріг

Категорія дороги	Перспективна інтенсивність руху, авт./добу	
	транспортних одиниць	зведена до легкового автомобіля
I-a	Понад 10 000	Понад 14 000
I-б	Понад 10 000	Понад 14 000
II	Від 3 000 до 10 000	Від 5 000 до 14 000
III	Від 1 000 до 3 000	Від 2 500 до 5 000
IV	Від 150 до 1 000	Від 300 до 2 500
V	До 150	До 300

Таблиця 2.4

Розрахункова швидкість руху, км/год

Категорія дороги	Основна	Допустима на ділянках місцевості	
		горбистій	гірській
Ia	150	120	100
Iб	140	110	80
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	90	60	30
V	90	40	30

Таблиця 2.5

Кількість смуг руху залежно від інтенсивності руху

Рельєф місцевості	Інтенсивність руху, привед. од./добу	Кількість смуг руху
Рівнинний та горбистий	Понад 14 000 до 40 000	4
	Понад 40 000 до 80 000	6
	Понад 80 000	8

Порядок виконання роботи

Встановити вихідні дані для розрахунку інтенсивність вантажних перевезень на основі проведених економічних обслідувань в зоні тяготіння з урахуванням прогнозу зміни складу транспортного потоку і експлуатаційних показників парку автомобілів.

Вихідні дані:

- обсяг вантажних перевезень за прогнозом Q , тис. т/рік;
- склад структури транспортного потоку наведено в табл. 2.6.

Для прикладу наведемо розрахунки для $Q = 2000$ тис. т/рік і за структурою рухомого складу, що відповідає 1-му варіанту.

Таблиця 2.6

Склад вантажної частини потоку

Марка автомобіля	Вигляд автомобіля	Склад руху P_i , %			Вантажопідйомність q_i , т
		Варіанти			
		1	2	3	
ГАЗ-53		32	45	40	4,0
ЗІЛ-130		35	37	31	6,0
МАЗ-500		21	8	14	7,5
КАМАЗ-5320		12	10	15	10,0

1. Визначити середню вантажопідйомність автомобілів у транспортному потоці за формулою (2.2):

$$q_{\text{сеп}} = \frac{4 \cdot 32 + 6 \cdot 35 + 7,5 \cdot 21 + 10 \cdot 12}{100} = 6,16 \text{ т.}$$

2. Розрахувати за формулою (2.1) інтенсивності руху вантажних автомобілів, що виконують основний обсяг перевезень N_B на початковий рік:

$$N_B = \frac{2000 \cdot 10^3}{6,16 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 275} = 2462 \text{ авт./добу.}$$

3. Обчислити інтенсивність руху вантажних автомобілів, що виконують дрібні господарчі перевезення за формулою (2.3):

$$N_T = 0,35 \cdot 2462 = 862 \text{ авт./добу.}$$

4. Визначити за формулою (2.4) інтенсивність руху вантажних автомобілів, що виконують спеціальні перевезення (крани, автонавантажувачі тощо):

$$N_C = 10 \cdot 2462 = 246 \text{ авт./добу.}$$

5. Розрахувати за формулою (2.5) інтенсивність руху легкових автомобілів. При відсутності спеціальних обстежень та аналізу інтенсивності руху легкових автомобілів та автобусів, її рекомендується розраховувати в частках від сумарної інтенсивності руху автомобілів, що зайняті на перевезенні вантажів та на господарчому обслуговуванні (див. табл. 2.1).

$$N_D = 0,80(2462 + 862 + 246) = 2856 \text{ авт./добу.}$$

6. Розрахувати за формулою (2.6). Частка автобусних перевезень від сумарної інтенсивності руху вантажних автомобілів приймається за табл. 2.1:

$$N_A = 0,20(2462 + 862 + 246) = 714 \text{ авт./добу.}$$

7. Визначити за формулою (2.7) сумарну середньорічну добову інтенсивність руху на початковий рік на ділянці автомобільної дороги, що проектується:

$$N_0 = 2462 + 862 + 246 + 2856 + 714 = 7139 \text{ авт./добу.}$$

8. Визначити перспективну інтенсивності руху. Величину перспективної інтенсивності руху на розрахунковий термін визначають через інтенсивність руху на вихідний рік за формулою (2.8), а темп щорічного приросту інтенсивності руху приймають за табл. 2.2 залежно від адміністративного значення автодороги.

$$N_t = 7139(1 + 0,05)^{20} = 18941 \text{ авт./добу.}$$

9. Визначити категорію дороги та розрахункову швидкість руху. Як було вище зазначено, категорія автодороги встановлюється за ДБН В.2.3-4:2015

залежно від перспективної інтенсивності руху на автомобільній дорозі, що проектується.

Автомобільна дорога з транспортним потоком $N_t = 18941$ авт./добу згідно табл. 2.3 відноситься до категорії І-б. Розрахункову швидкість руху при проектуванні автомобільних доріг приймаємо на основі визначеної категорії та конкретних умов рельєфу місцевості згідно з табл. 2.4. А саме, в рівнинній місцевості – 140 км/год, в горбистій – 110 км/год, в гірській – 80 км/год.

Відповідно до табл. 2.5 кількість смуг для розрахованої інтенсивності руху приймаємо рівною 4, якщо автомобільна дорога проходить по рівнинній і горбистій місцевості.

Проведені дублюючі розрахунки при виконанні науково-технічного супроводу є основою для прийняття правильного рішення щодо категорійності автодороги, кількості дорожніх смуг та інших параметрів.

Контрольні питання

1. Яким способом визначається величина перспективної інтенсивності руху.
2. Які фактори впливають на величину перспективної інтенсивності руху.
3. В чому різниця в інтенсивності руху транспорту на поточний рік і на перспективу.
4. В чому полягає зв'язок між потрібними інвестиціями в будівництво нових або реконструкцію існуючих автомобільних доріг і інтенсивністю руху.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ НАСИПІВ. ВИМОГИ ДО ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ В ТІЛІ НАСИПУ

Мета роботи: вивчити способи контролю якості ущільнення ґрунтів різними ґрунтоущільнюючими машинами. Для вихідних даних установити раціональну технологію ущільнення насипів, розраховувати виробність ґрунтоущільнюючої машини й час її роботи для ущільнення земляного полотна.

Загальні положення

Під час проектування технології спорудження насипів вирішується питання вибору ґрунтоущільнюючих машин та режимів їх роботи (товщина шару, що ущільнюється, кількість проходок, швидкість руху та ін.) для забезпечення якісного ущільнення ґрунту.

Насипи, як правило, зводять з однорідних ґрунтів, що відсипаються з розрівнюванням горизонтальними або слабко похилими шарами, товщину яких призначають залежно від використовуваних засобів, що ущільнюють, і норм щільності.

Технологія ущільнення. Відсипання ґрунту в насип виконується окремими шарами і включає такі технологічні процеси: підготовка поверхні, відсипання, розрівнювання, додаткова обробка ґрунту до потрібних технологічних властивостей, ущільнення, контроль якості (рис. 3.1).

Ущільнення здійснюється, як правило, проходками ґрунтоущільнюючих машин уздовж насипу зі зсувом від брівки насипу до її середини. Кожен наступний прохід машини повинен перекривати слід попередніх на 0,1–0,3 м.

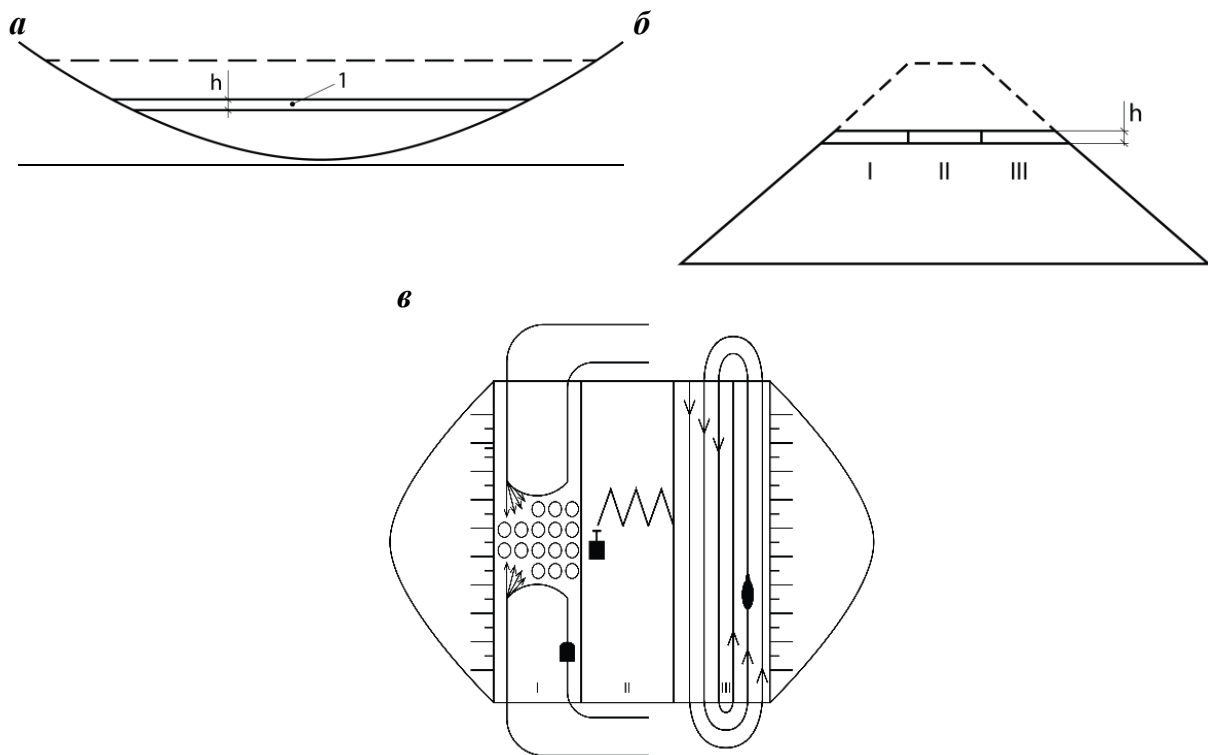


Рис. 3.1. Схема відсипання насипу:

a – переріз по вісі насипу; *б* – поперечний переріз насипу; *в* – план на відмітці насипу;
 I, II, III – карти відсипання відповідно відсипка, пошарове розрівнювання, ущільнення;
 1 – шар відсипання; 2 – землевоз; 3 – бульдозер; 4 – ущільнююча машина

Число проходок і товщина шару визначаються студентом залежно від виду ґрунту, типу ущільнюючої машини, часу на виконання роботи з ущільнення.

Вологість ґрунту. На щільність ґрунту суттєво впливає вологість, оскільки від неї змінюються фізико-механічні властивості ґрунту. Сухі або зайво вологі ґрунти мають меншу щільність. Вологість ґрунту W , при якій

досягнута найбільша щільність (названа максимальною стандартною щільністю), називається оптимальною вологістю.

Якщо дослідити вплив вологості на ущільнення сипучих ґрунтів, то можна отримати графічну залежність, яка наведена на рис. 3.2.

Встановлена така оптимальна вологість для ґрунтів: для піщаних 8–12, супіщаних 9–14, суглинків 12–20, пильоватих 16–22, глинистих 20–25 %.

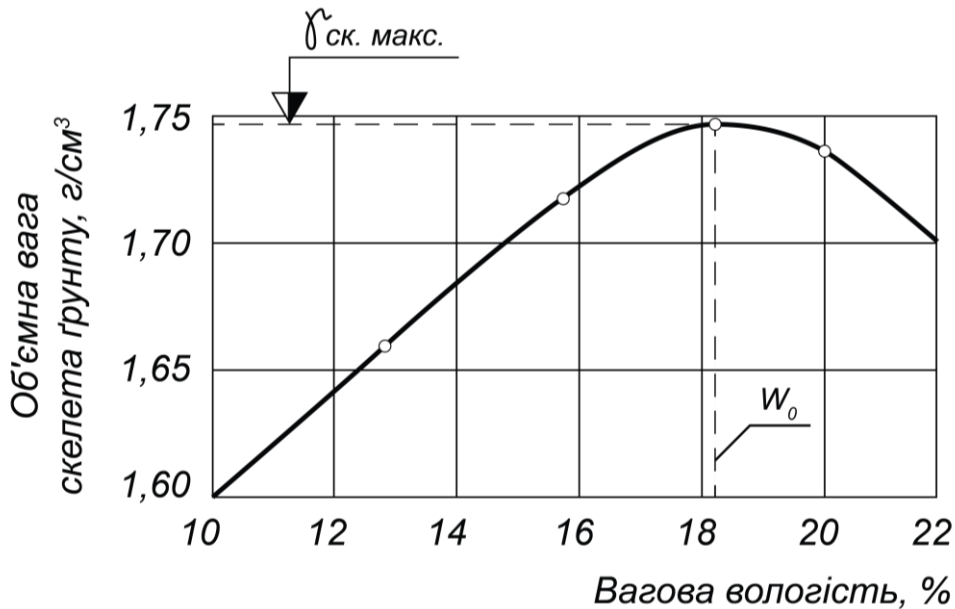


Рис. 3.2. Вплив вологості на щільність ґрунтів

Щільність ґрунту. Необхідна щільність ґрунту у разі відсипання земляного полотна для піщаних і глинистих ґрунтів визначається за формулою

$$\rho_d^H = k\rho_{dmax}, \quad (3.1)$$

де ρ_{dmax} – максимальна щільність сухого ґрунту, г/см³;

k – мінімальний коефіцієнт ущільнення для доріг першої категорії.

Відповідно до ландшафтно-географічного зонування, ґрунтово-гідрологічних умов та умов зволоження, а також досвіду експлуатації доріг територія України поділяється на чотири дорожньо-кліматичні зони [2].

Для робочого шару земляного полотна (до 1,5 м від поверхні покриття) в дорожньо-кліматичних зонах II, III найменший коефіцієнт ущільнення ґрунту дорівнює $k = 1,0-0,98$, в невідтоплюємі частині насипу (більше ніж 1,5 до 6,0 м) $k = 0,95$, (більше ніж 6,0 м) $k = 0,98$.

Ущільнення ґрунту залежить від товщини шарів, що ущільнюються та від числа проходок. Підвищення кількості проходок підвищують і щільність (рис. 3.3). Спочатку підвищення щільності відбувається більш інтенсивно, а після 10–12 проходок – майже припиняється.

Експлуатаційна продуктивність ґрунтоушільнюючих машин, м³/год, визначається за формулою

$$\Pi_e = \frac{60(B-b)hL}{\left(\frac{L}{V} + t\right)n} k_B, \quad (3.2)$$

де L, B, h – довжина, товщина і ширина шару ґрунту, що ушільнюються, відповідно, м;

b – ширина смуги перекриття попереднього шару, м;

V – робоча швидкість руху машини, м/хв;

t – витрати часу на повороти або рух заднім ходом без ушільнення, хв;

n – число проходів машини по одному сліду;

k_B – коефіцієнт використання машини в часі, приймається рівним 0,85.

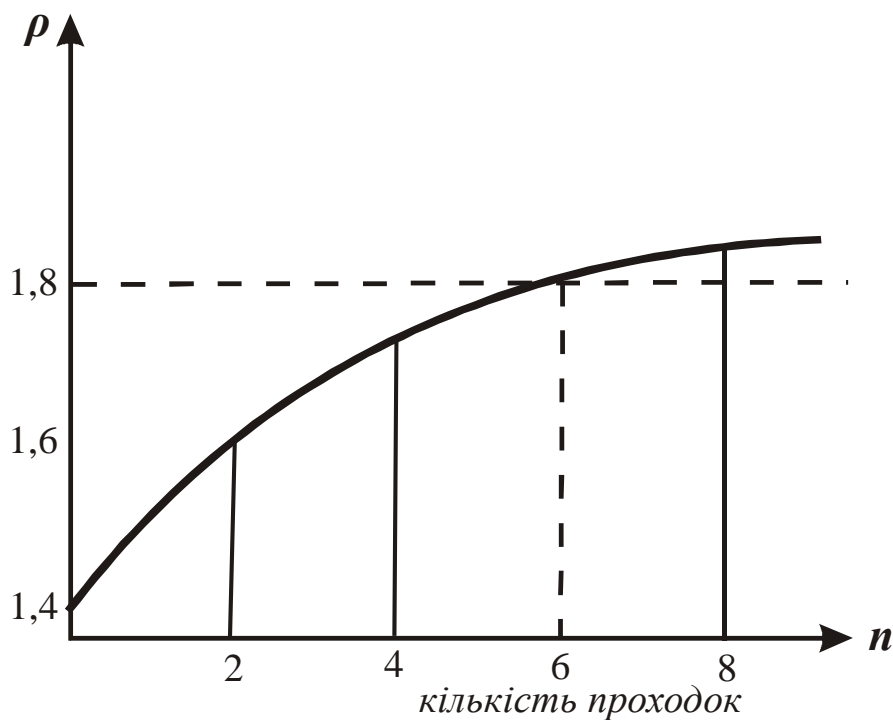


Рис. 3.3. Зміна щільності шару, що ушільнюється, від кількості проходок

Час T , год, необхідний для виконання роботи з ушільнення ґрунту насипу об'ємом Q можна визначити за формулою

$$T = Q / \Pi_e. \quad (3.3)$$

Для збільшення терміну служби автомобільних доріг потрібні не тільки нові технології, але і засоби операційного контролю технологічних операцій проведених при їх будівництві. Дорожня основа разом з земляним полотном і підстилаючих шаром служать своєю опорою або фундаментом для асфальтобетонного покриття. Від того, як буде виконано дорожня основа залежить, чи буде дорожній одяг міцним або після нетривалої експлуатації з'явиться колійність, просідання, тріщини та інші дефекти.

Для контролю якості ущільнення ґрунту використовують різні прилади операційного контролю в дорожньому будівництві. Наприклад, стаціонарний, напівавтоматичний прилад стандартного ущільнення ПСУ-МГ4 дозволяє значно прискорити отримання стандартних характеристик ґрунту. Випускаються пенетрометри статичної дії за допомогою яких можна побічно визначити механічні властивості ґрунту, такі як кут внутрішнього тертя, модуль пружності, коефіцієнт ущільнення, щільність (для піщаних ґрунтів).

Контрольні запитання

1. Які ґрунти не придатні для відсіпання насипу?
2. З якою метою виконується ущільнення насипів?
3. Який взаємозв'язок між щільністю й вологістю ґрунту?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

ВИБІР МАШИН ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Мета роботи: підібрати машини для ущільнення земляного полотна та провести розрахунки з метою порівняння результатів в проєкті реконструкції автодороги і отриманих під час науково-технічного супроводу.

Порядок виконання роботи

1. Для заданої категорії автодороги встановити значення коефіцієнта ущільнення (табл. 4.1). У таблиці глибина розташування шару ґрунту від поверхні покриття становить до 1,5 м.

2. За табл. 4.2 підібрати ґрунтоущільнюючу машину для виконання робіт з ущільнення насипу.

3. Визначити потрібну кількість проходок (вид ґрунту прийняти за табл. 4.3).

4. Для обраної ґрунтоущільнюючої машини побудувати залежність кількості проходок від коефіцієнта ущільнення (див. рис. 3.3).

5. Визначити експлуатаційну продуктивність ґрунтоущільнюючої машини і час на виконання роботи з ущільнення насипу (формули (3.1), (3.2)). Висота й довжина насипу приймається за табл. 4.3.

Таблиця 4.1

Коефіцієнти ущільнення земляного полотна

Елементи земляного полотна	Найменший коефіцієнт ущільнення ґрунту за типом дорожнього одягу та кліматичними зонами					
	Капітальний			Полегшений і перехідний		
	IV, I	II	III	IV, I	II	III
Робочий шар насипу та виїмки	від 1,0 до 0,98	від 1,0 до 0,98	від 1,0 до 0,98	від 1,0 до 0,95	0,95	0,95
Насип, що не підтоплюється	0,98	0,98	0,98	0,95	0,95	0,95
Насип, що не підтоплюється	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,95

Примітка. Більші значення коефіцієнту ущільнення ґрунту призначаються при дорожньому одязі капітального типу. При влаштуванні шарів основ з ґрунтів та кам'яних матеріалів, оброблених цементом, менші – в усіх інших випадках. Більше значення коефіцієнта ущільнення ґрунту основ призначається для насипів заввишки до 1,5 м.

6. Побудувати графіки залежності P_e від довжини ділянки насипу, кількості проходок машини, товщини шару ґрунту (рис. 4.1–4.3) й дослідити вплив основних факторів на експлуатаційну продуктивність ґрунтоущільнюючої машини.

7. Сформулювати висновки.

Пневмокаток ДСК-1

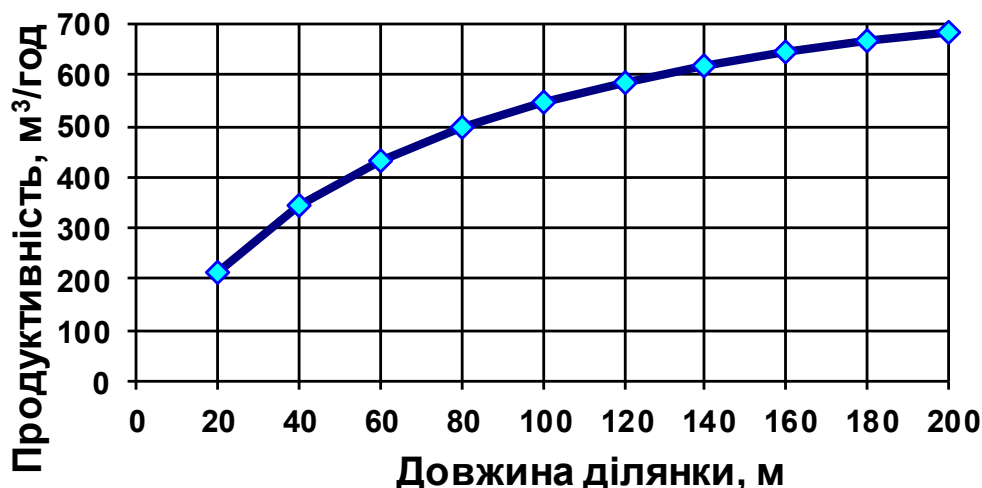


Рис. 4.1. Продуктивність катка залежно від довжини ділянки

Таблиця 4.2

Грунтоущільнюючі машини

Коефіцієнт ущільнення ґрунту	Пневмокатки масою 25–30 т	Ґратчасті катки масою 25 т	Віброкотки масою 3 т	Віброкотки масою 6 т	Віброкотки масою 12 т	Трамбувальні машини з віброударними органами	Дизель-трамбувальні машини	Тракторні трамбівки з падаючими плитами
Найбільша товщина шару в щільному тілі, м								
0,90	0,50/0,60	0,50/0,60	0,25/0,35	0,40/0,50	0,75/0,90	0,50/0,60	0,75/0,90	0,80/1,00
0,95	0,40/0,45	0,35/0,40	–/0,25	0,30/0,40	0,50/0,60	0,35/0,40	0,60/0,80	0,60/0,80
0,98	0,25/0,30	0,25/0,30	–	–/0,25	0,30/0,35	0,20/0,25	0,30/0,35	0,30/0,40
Необхідна кількість проходок								
0,90	4...6/4...6	3...5/2...4	3...5/2...3	4...5/3...4	5...6/4...5	1/1	1/1	1/1
0,95	8...10/6...8	6...8/5...7	–/4...6	6...8/5...7	7...9/6...8	1/1	1/1	1/1
0,98	12...15/10...12	11...13/10...12	–	–/8...10	10...12/9...11	1/1	1/1	1/1
Робоча швидкість руху машини, м/хв								
	330/415	180/250	280/300	200/250	180/200	28/45	9/13	8/12

Примітка. В чисельнику надана інформація для глин та суглинків, в знаменнику – для пісків та супісків.

Таблиця 4.3

Розміри ділянки насипу і вид ґрунту

Показник	Варіант													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>H</i>	4,0	3,6	4,4	2,8	19	20	21							
<i>L</i>	80	120	100	140	3,0	4,0	3,6							
Ґрунт	Суг.	Гл.	Суп.	Піс.	Гл.	Суп.	Гл.	Суп.	Піс.	Гл.	Суг.	Гл.	Суп.	Піс.
	15	16	17	18				22	23	24	25	26	27	28
<i>H</i>								4,4	2,8	5,5	6,0	4,8	5,2	4,0
<i>L</i>					200	80	120	100	140	150	120	240	180	250
Ґрунт	Гл.	Суп.	Гл.	Суп.	Суп.	Піс.	Гл.	Суг.	Суп.	Піс.	Гл.	Суп.	Гл.	Суп.

Пневмокаток ДСК-1

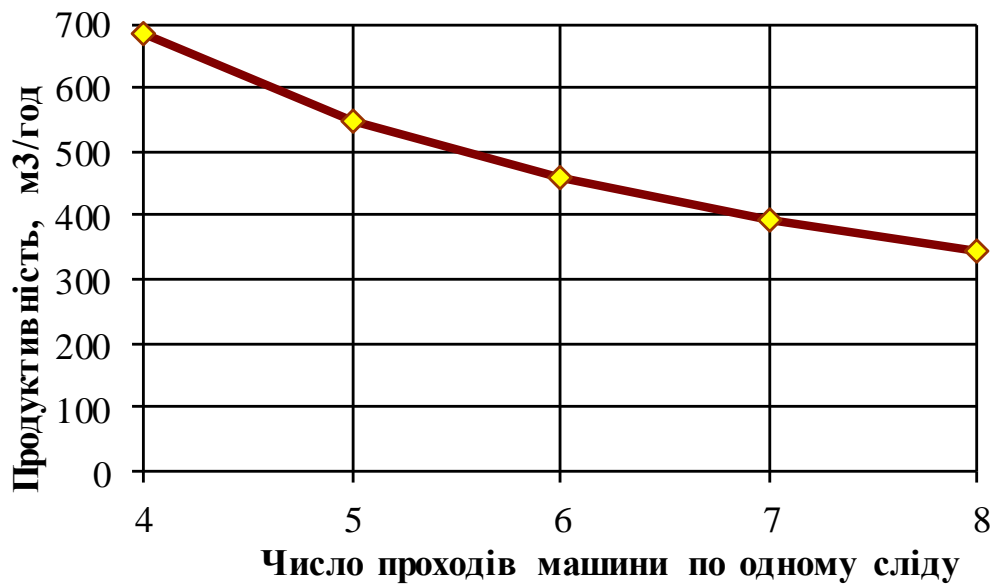


Рис. 4.2. Продуктивність катка залежно від числа проходів машини

Пневмокаток ДСК-1

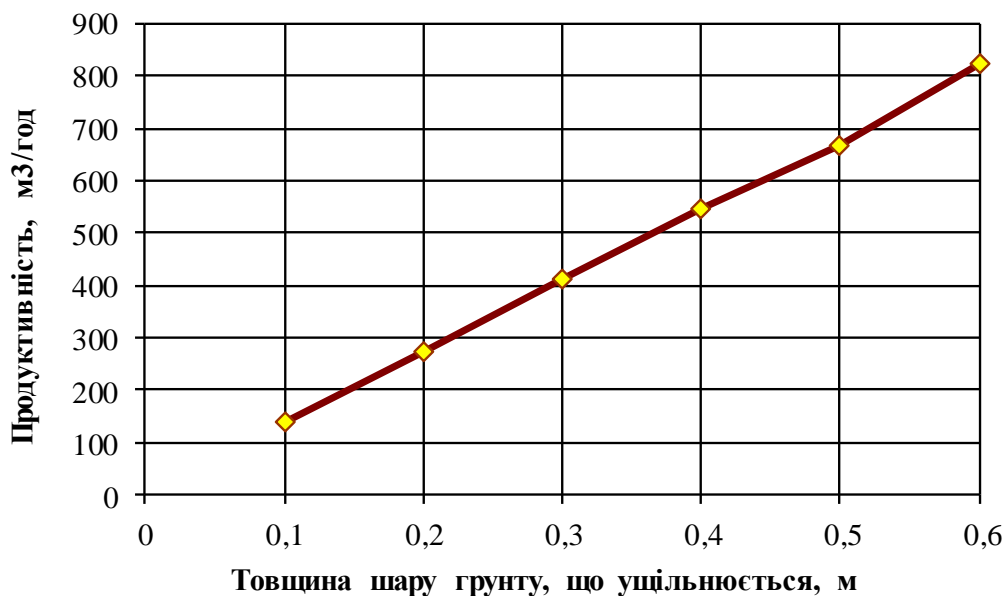


Рис. 4.3. Продуктивність катка залежно від товщини шару ґрунту

У практичній роботі проведено розрахунки з метою порівняння результатів в проєкті реконструкції автодороги і отриманих під час науково-технічного супроводу. При виконанні науково-технічного супроводу може бути врахована зміна окремих показників, наприклад, тип ґрунтоущільнюючої машини, вологість ґрунту тощо.

Контрольні запитання

1. У якому випадку для ущільнення ґрунту число проходок ґрунтоущільнюючої машини буде більшим: при коефіцієнті ущільнення 0,98 чи 0,90?
2. Від яких факторів залежить товщина шару ґрунту, з якого відсипається земляне полотно?
3. Які фактори впливають на продуктивність машин, що застосовуються для ущільнення ґрунту?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ. ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ

На сьогодні актуальним є завдання заощадження енергії, починаючи зі стадії проектування автодороги і закінчуючи умовами експлуатації автомобільного транспорту.

Мета роботи: проведення дублюючих розрахунків з метою перевірки проекту автодороги в частині правильності прийняття технічних рішень.

Як приклад розглядається транспортування вантажів по ділянці Дніпро–Красноград. Перевезення може здійснюватися тягачами МАЗ-6422, Mercedes, МАЗ-5432 з напівпричепами вантажопідйомності відповідно 32, 26 і 20 тонн.

Поздовжній профіль і план автодороги задається. Швидкість руху, витрати дизельного палива і час руху визначаються тяговими розрахунками.

Загальні положення

Для виконання варіантного моделювання руху автомобіля в цій роботі використовується програма MoveRW, яка включає три модулі. За допомогою першого модулю встановлюються допустимі швидкості руху в кривих ділянках. Другий модуль використовується для проведення моделювання руху різних транспортних засобів. Режим ведення автомобіля показується на кривій швидкості руху різним кольором. Третій модуль дозволяє виводити на папір поздовжній профіль, план лінії, криву швидкості руху автопоїзда по довжині ділянки з встановленими обмеженнями в кривих для подальшого аналізу.

Порядок виконання роботи

Підготувати вихідні дані по профілю, плану, обмеженням швидкості та марки автомобіля.

Параметри поздовжнього профілю. Відомості щодо профілю автомобільної дороги записують у файл [ім'я файлу].prf у такій послідовності: кількість елементів, початкова відмітка (м), початковий пікет (км), похил (%), довжина ділянки (м). Похил на спуск записують зі знаком мінус.

Перший елемент подовжнього профілю задається від початку ділянки на відстані не менше $L_{\text{авто}}/2$. Зразок вікна вигляду профілю у програмі «MoveRW» зображено на рис. 5.1.

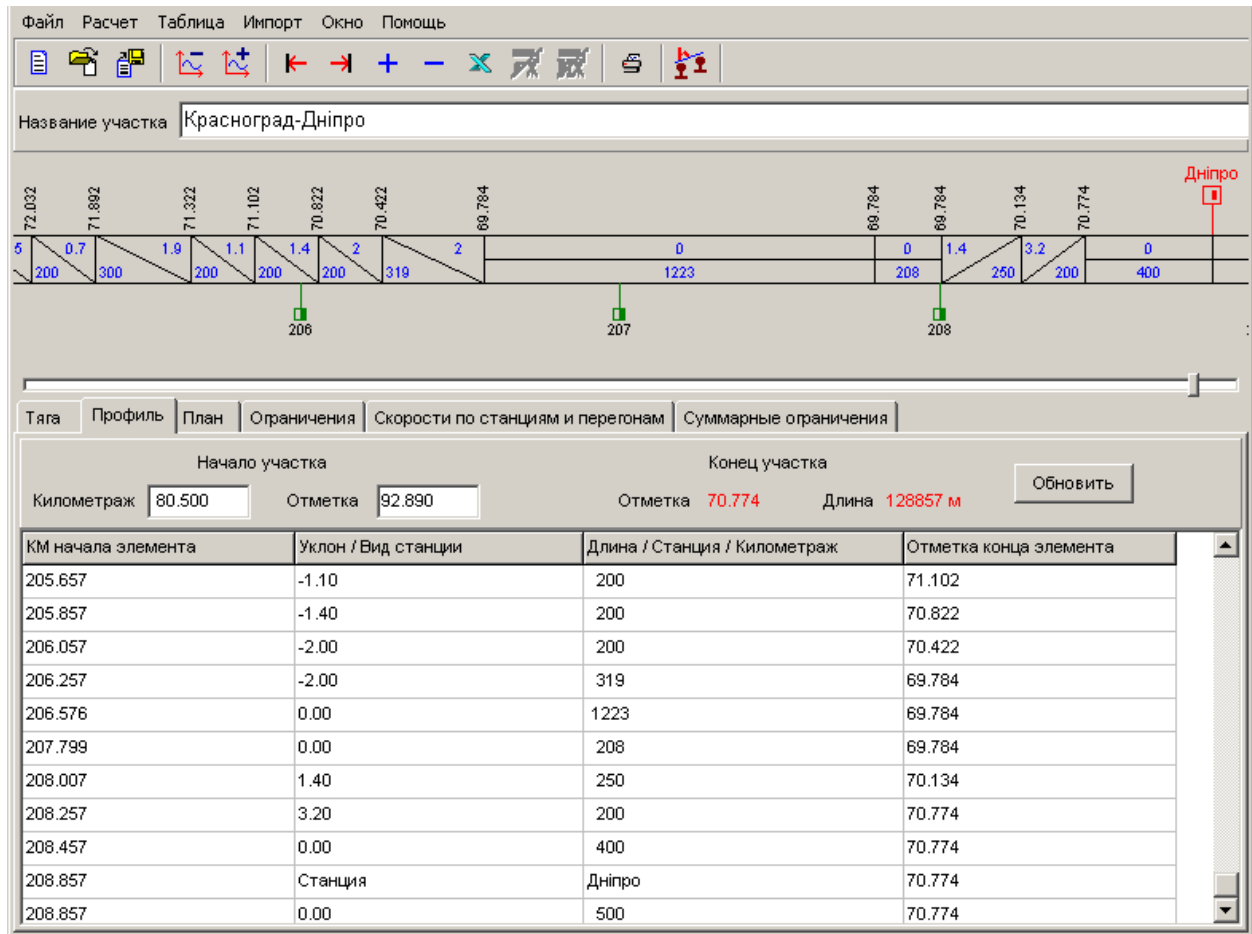


Рис. 5.1. Фрагмент параметрів профілю

Параметри плану лінії. Відомості про план записують у файл [ім'я файлу].sur. Інформація про план лінії включає такі дані: кількість елементів (прямих і кривих), радіус кривої, довжина колової та перехідних кривих, перевищення зовнішньої крайки, яке відповідає похиліві віражу та довжина прямих ділянок (рис. 5.2).

Значення обмежень швидкості руху вводять у табличній формі та являють собою ланцюжок елементів – довжина (у метрах) і максимально допустима швидкість на ділянці (у км/год) (рис. 5.3).

Тягова характеристика автомобіля-тягача. Відповідно до завдання необхідно ввести в програму MoveRW значення сили тяги автомобіля для відповідної швидкості руху.

Як приклад розглянуто автомобіль-тягач МАЗ-6422 виробництва Білорусь, Мінськ. Максимальна швидкість 100 км/год. Двигун – дизельний. Споріднений – МАЗ-5432, наступник – МАЗ-6430.

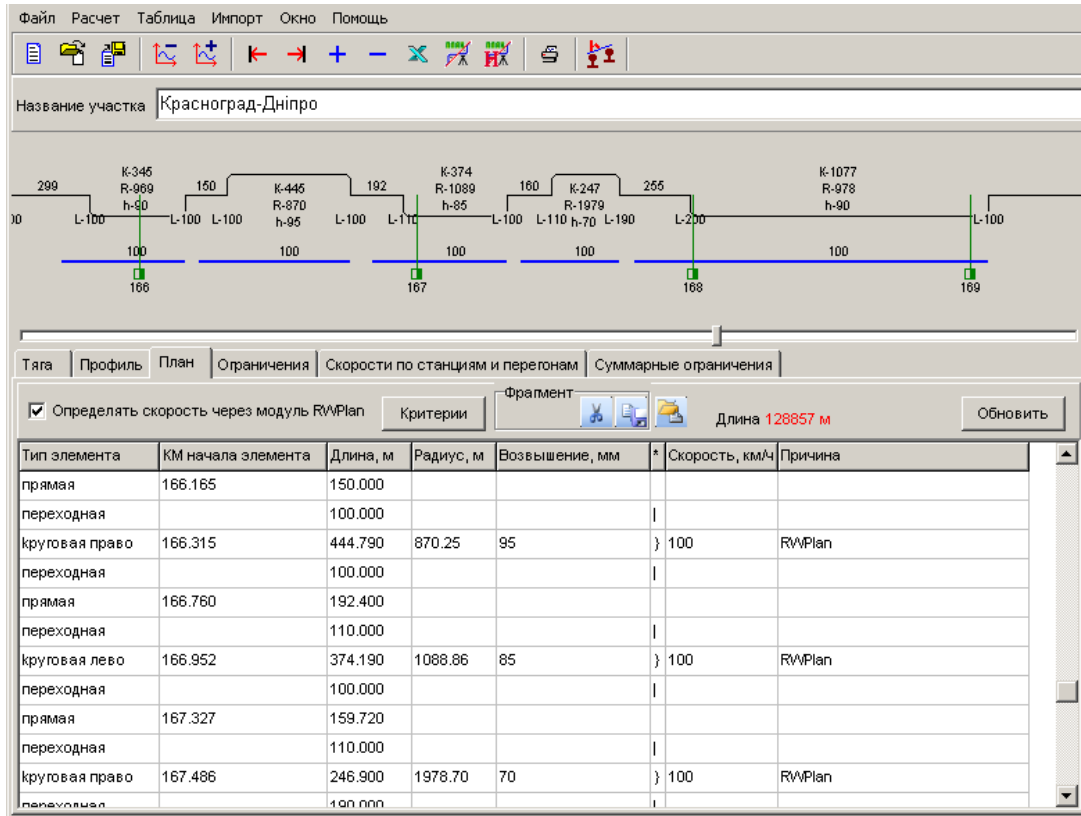


Рис. 5.2. Фрагмент плану лінії

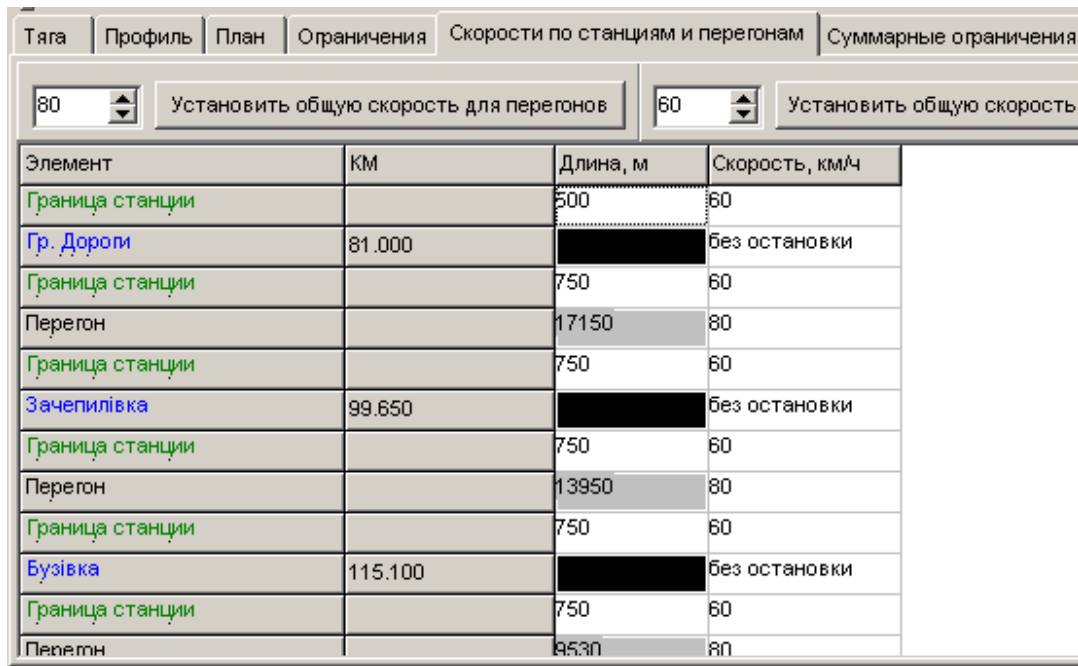


Рис. 5.3. Вікно обмежень швидкості руху

Нагадаємо, що тягова характеристика автомобіля це залежність $P_T = f(V)$ (рис. 5.4), де сила P_T під час побудови тягової характеристики визначається з рівняння силового балансу автомобіля, який має вигляд:

$$P_T = P_f + P_h + P_w + P_j, \quad (5.1)$$

де P_f – сила опору коченню;
 P_h – сила опору при русі на підйом;
 P_w – сила опору повітря;
 P_j – сила опору розгону.

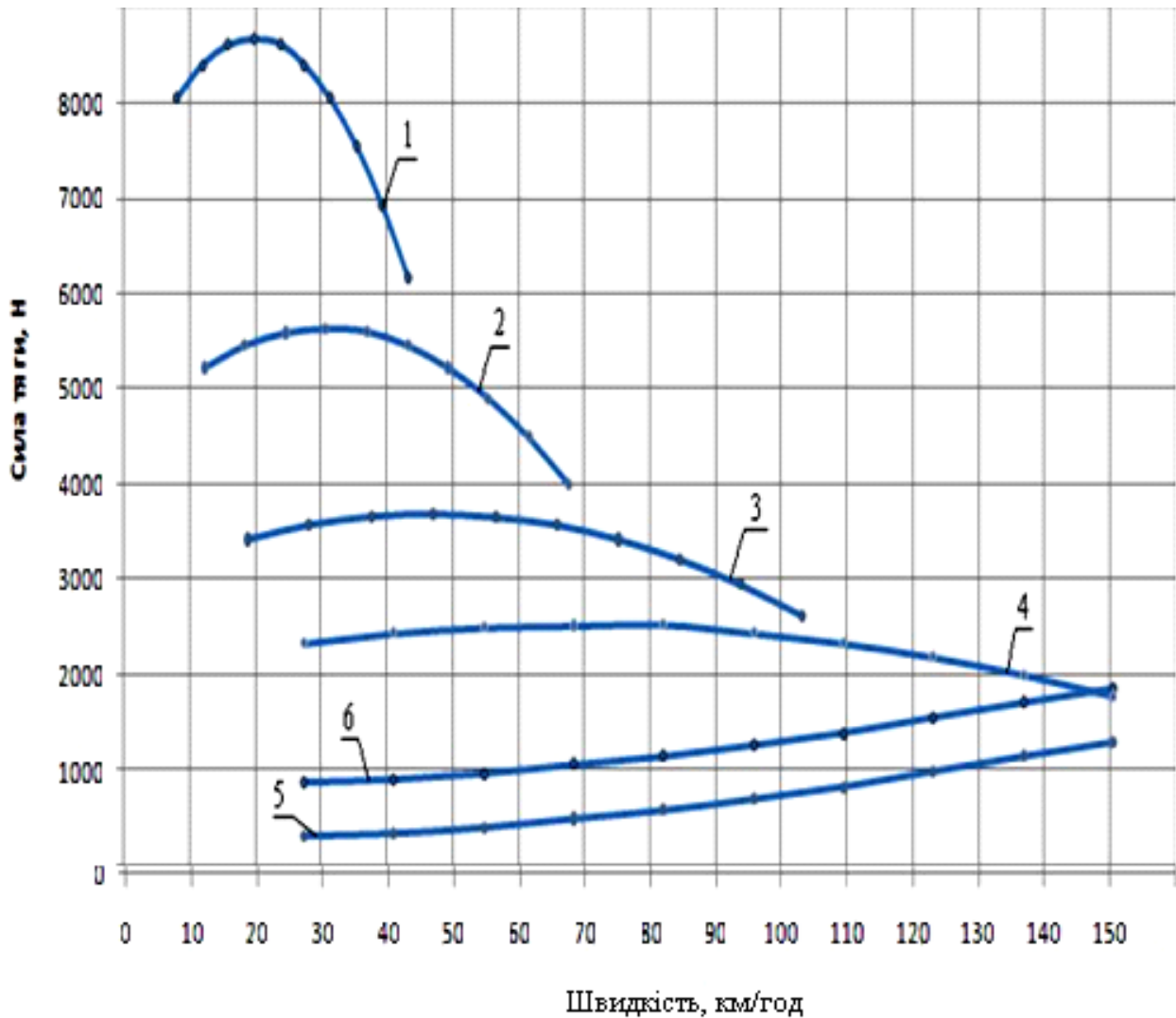


Рис. 5.4. Тягова характеристика автомобіля:
1, 2, 3, 4 – сила тяги відповідно на 1, 2, 3 і 4-й передачі; 5 – сила опору руху на горизонтальній ділянці дороги; 6 – сила опору руху на керованому похилі

Після введення паспортних даних тягача з напівпричепом в програму MovRW тягова характеристика має зображення, що зображено на рис. 5.5.

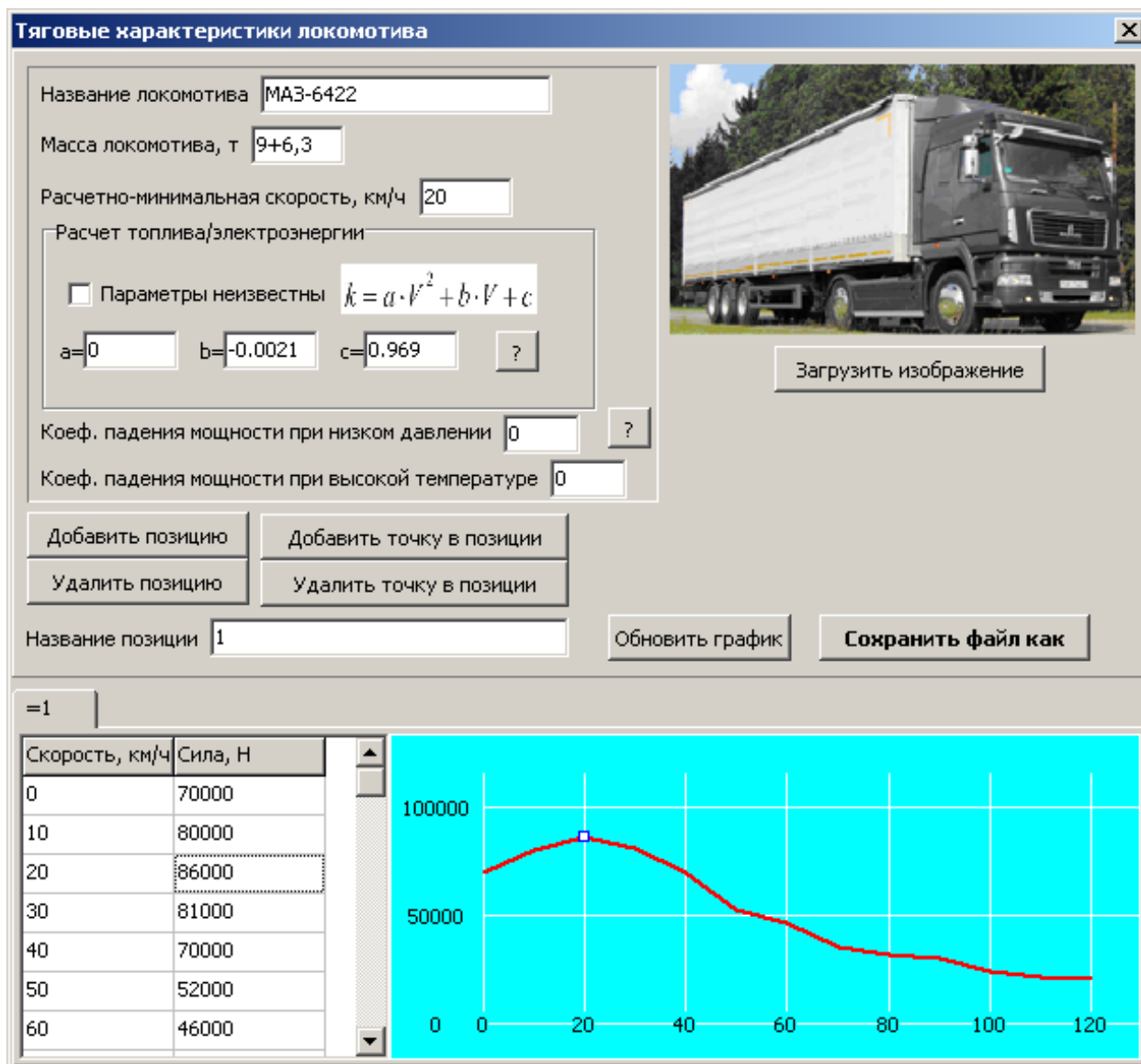


Рис. 5.5. Тяговая характеристика тягача MA3-6422 (сила тяги наведена в кГс)

Провести моделирование руху транспортного засобу. Після введення вихідних даних по профілю, плану й обмеженням швидкості руху додатково слід вказати: (на рис. 5.6 ліворуч) масу тягача з причепом – 32 т), довжину автопоїзда (15 м), швидкість руху на початку і в кінці ділянки в прямому й зворотному напрямках (0, 0; 0, 0), напрям руху; на рис. 5.6 праворуч: тип тягача (MA3-6422), сила тяги за станом автомобіля (100 %).

Після введення всіх даних програма створює текстовий файл результатів та видає графічне зображення кривої швидкості руху, обмежень та обрис профілю ділянки (рис. 5.7).

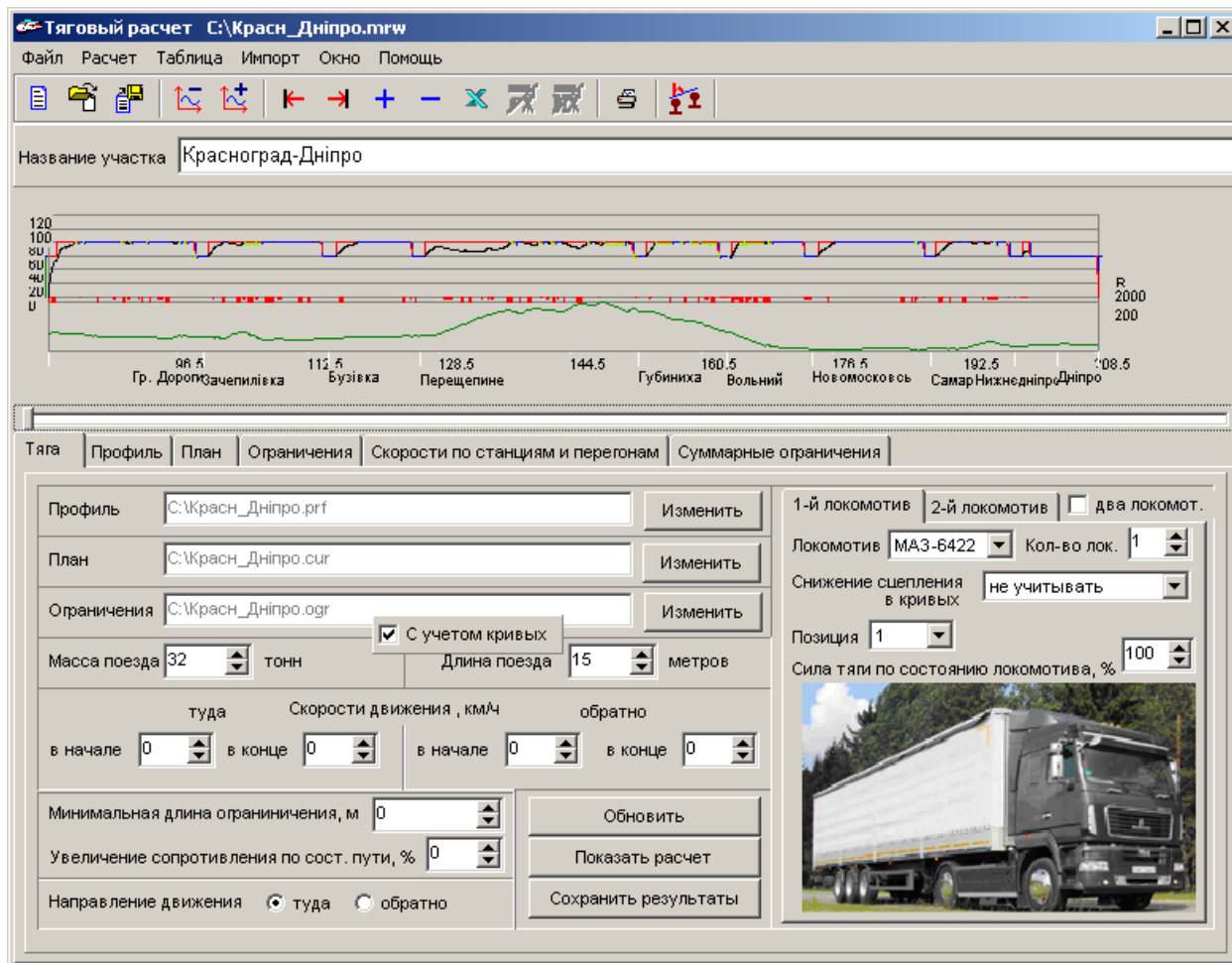


Рис. 5.6. Вихідні дані в вікні меню програми для виконання тягових розрахунків

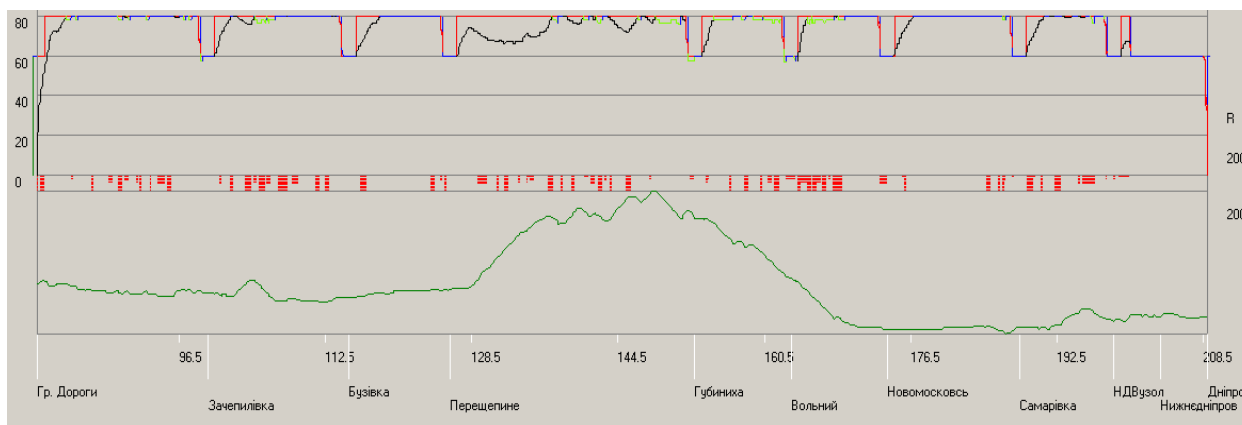


Рис. 5.7. Графічні результати швидкості руху (знизу доверху):
 поздовжній профіль; план лінії; крива швидкості руху

Провести аналіз результатів тягових розрахунків. Згідно з завданням при моделюванні руху транспортного засобу можуть розглядатись різні варіанти: тип автомобіля, що планується ввести в перспективі; максимальна швидкість руху, завантаженість тягача з причепом тощо.

Для проведення аналізу рекомендується отримані результати для різних варіантів звести в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

**Результати моделювання руху автомобіля МАЗ-6422
на ділянці Дніпро–Красноград за різною максимальною швидкістю руху**

V_{\max} , км/год	Напрямок руху	Довжина, м	$V_{\text{сеп}}$, км/год	Витрати палива, кг	Механічна робота, ткм	Час руху, хв
100	Прямий	127 857	79	23,2	29,20	96,60
	Зворотній		79	24,1	30,20	96,60
90	Прямий		77	21,2	26,40	100,00
	Зворотній		77	22,2	27,60	99,90
80	Прямий		72,0	19,0	23,30	106,00
	Зворотній		73,0	20,3	24,80	105,80
70	Прямий		67	16,7	20,20	115,40
	Зворотній		67	18,0	21,80	115,20
60	Прямий		59	14,4	17,09	129,94
	Зворотній		59	15,7	18,62	129,77

За даними табл. 5.1 слід побудувати відповідні графіки або гістограми і на основі порівняння (співставлення) провести аналіз і надати висновки.

З позиції енергозбереження необхідно зробити висновок щодо витрат дизельного палива залежно від максимальної швидкості руху.

Для міжнародного ринку одиницею виміру нафти рахується барель, тобто 158,99 літра. У середньому з бареля нафти отримують 25–30 літрів дизельного палива. Використовуючи дані табл. 5.1, можна розрахувати витрати нафти на перевезення вантажу в прямому й зворотному напрямках.

Результати розрахунків для транспортування вантажів по ділянці Дніпро–Красноград наведено в табл. 5.2. З табл. 5.2 видно, що кожне підвищення швидкості руху на 10 км/год потребує додаткових витрат дизельного палива 4–4,5 кг на ділянці довжиною 128 км в прямому й зворотному напрямках. При використанні максимальної швидкості 100 км/год у порівнянні з 60 км/год витрати нафти для виробництва дизельного палива зростають з 1,1 до 1,7 барелів, тобто в 1,57 рази. При цьому виграш у часі руху складе 29 хв. Остаточне рішення слід приймати на основі техніко-економічних розрахунків, враховуючи кількість транспортних засобів, частоту рейсів тощо. Нагадаємо, що нафта за джерелами походження відноситься до мінеральних, невідновлюваних ресурсів.

У загальних витратах на матеріально-технічне забезпечення на шини припадає не менше ніж 10 %. На автотранспортних підприємствах з добре налагодженим технічним обслуговуванням витрати від ресурсу шин становлять 10–15 % і більше. Значних втрат підприємства несуть через збільшення витрат палива, причини якого також пов'язані з шинами.

Таблиця 5.2

**Порівняння витрат дизпалива і часу руху для різних рівнів
максимальної швидкості**

V_{\max} , км/год	Дизпаливо, кг	Час руху, хв	Кількість барелів	Об'єм нафти, л	Збільшення витрат нафта, рази	Збільшення витрат час руху, рази
100	47,30	193,20	1,72	273,5	1,57	1,00
90	43,40	199,92	1,58	250,9	1,44	1,03
80	39,30	211,83	1,43	227,2	1,31	1,10
70	34,70	230,53	1,26	200,6	1,15	1,19
60	30,10	259,71	1,09	174,0	1,00	1,34

Так як відсутні дослідження впливу багатьох чинників на процес зношування протектора і на роботу автомобільної шини в цілому, то врахувати ступінь впливу кожного фактору не видається можливим. Також відсутні дослідження щодо впливу поєднання різних чинників на знос шин (температури повітря, вологості, шорсткості поверхні дороги, швидкості руху та ін.). Тому в практичній роботі слід розглянути чинники, які в більшій мірі впливають на довговічність шин. Серед факторів, що впливають на знос шин такі: порушення норми тиску в шинах, швидкість руху, температура навколишнього середовища, стан дорожнього покриття, завантаженість автомобіля і його технічний стан тощо. На знос шин впливають і інші фактори, але вплив їх значно менший.

Вплив таких факторів як швидкість руху, завантаженість автомобіля і дорожні умови можна оцінити під час моделювання руху транспортних засобів. Для цього в програмі MoveRW необхідно виконати наступні дії:

Розрахунок \ Тяговий розрахунок \ Установка параметрів тягового розрахунку. В останньому випадку необхідно змінити основний питомий опір автомобіля і причепа, а також коефіцієнт тертя, що враховує стан зчеплення коліс транспортного засобу з дорожнім одягом. У папці «Обмеження» необхідно ввести значення максимально допустимої швидкості. В основному меню програми вводяться маса автомобіля з причепом з урахуванням роду вантажу, що перевозиться, і коефіцієнта використання вантажопідйомності.

За результатами розрахунків (див. приклад табл. 5.1 і 5.2) необхідно провести аналіз результатів і зробити висновки.

У практичній роботі проведено розрахунки з метою порівняння результатів в проекті реконструкції автодороги і отриманих під час науково-технічного супроводу. Слід зазначити, що вихідні дані на момент розробки проекту приймалися детермінованими. При виконанні науково-технічного супроводу може бути врахована динаміка зміни окремих показників, наприклад, швидкість руху і завантаженість транспортних засобів, інтенсивності дорожнього руху та ін.

Контрольні питання

1. Призначення тягових розрахунків
2. Які вихідні дані вводяться в програму MoveRW для виконання тягових розрахунків?
3. Які тягово-експлуатаційні показники можна отримати за результатами тягових розрахунків?
4. За рахунок яких заходів можна зменшити витрати дизельного палива, а, отже, і нафти при перевезенні вантажів.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

РОЗРАХУНОК ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ЗА ДОПУСТИМИМ ПРУЖНИМ ПРОГИНОМ

Мета роботи: навчитись виконувати розрахунок дорожнього одягу за допустим пружним прогином. Надавати оцінку дорожнього одягу за критерієм допустимого пружного прогину.

Загальні положення

Надійність і безпека транспортних об'єктів в процесі всього періоду їх експлуатації безпосередньо залежить від якості розробленого проекту та виконаних будівельних робіт. Нерідко виникають ситуації, коли грамотно виконаний проект не вдається успішно реалізувати на практиці і, навпаки, завдяки досвіду інженерів-будівельників на місці робіт усуваються недоробки проекту. Подібні ситуації можуть бути обумовлені багатьма причинами. Однією з них є незв'язаність величин деформаційних або міцності параметрів, що враховуються при проектуванні, і величин, контролюємих на стадії будівництва. Так, наприклад, в процесі проектування дорожнього одягу виконуються розрахунки за критерієм міцності по пружному прогину відповідно до вимог [ГБН В.2.3-37641918-559:2019], результатом яких є визначення товщини конструктивних шарів і їх модулів пружності.

Для забезпечення належного рівня будівельних робіт, необхідно виконати контроль якості ущільнення матеріалів конструктивних шарів, тобто досягти закладених в проєкті величин товщини і модулів пружності.

Найбільш несприятливими умовами роботи дорожнього одягу за критерієм допустимого пружного прогину вважається рання весна, коли розмерзається перезволожений ґрунт земляного полотна, що супроводжується істотним падінням його несучої здатності [7].

Надійність і міцність дорожнього одягу за критерієм пружного прогину буде забезпечено за умови:

$$K_{\text{міц}}^{\text{пр}} \leq \frac{E_{\text{заг}}}{E_{\text{потр}}}, \quad (6.1)$$

де $K_{\text{міц}}^{\text{пр}}$ – коефіцієнт міцності дорожнього одягу за критерієм пружного прогину залежно від рівня надійності;

$E_{\text{заг}}$ і $E_{\text{потр}}$ – загальний і потрібний модуль пружності відповідно, МПа.

Потрібний модуль пружності визначають за графіком (рис. 6.1), побудованим за результатами статистичної обробки експериментальних даних залежно від сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу ($\sum N_p$). Незалежно від даних, отриманих за графіком, потрібні модулі пружності для доріг загальної мережі не повинні бути меншими ніж зазначено в табл. 6.1.

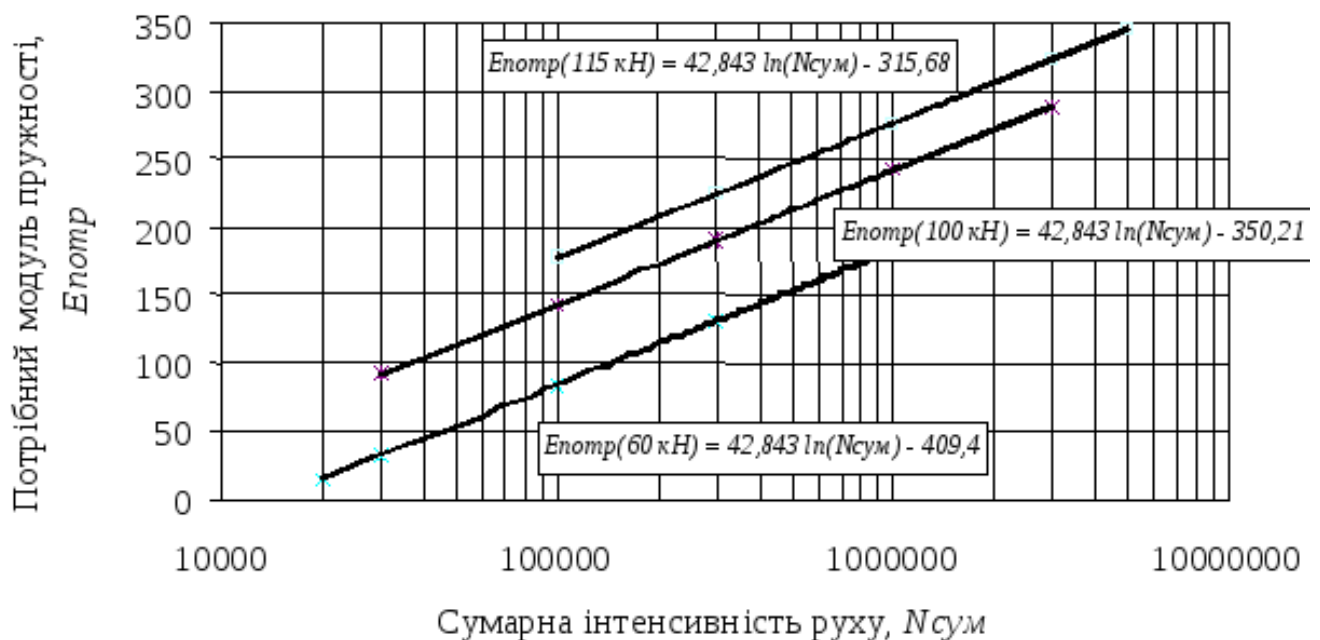


Рис. 6.1. Потрібні мінімальні модулі пружності

Мінімально допустимий модуль пружності

Категорія дороги	Сумарна мінімальна розрахункова кількість прикладання розрахункового навантаження на найбільш завантажену смугу $\sum N_p$		Мінімальний потрібний модуль пружності $E_{\text{потр}}$, МПа		
			Капітальний тип	Полегшений тип	Перехідний тип
I-а	700 000	—	260	—	—
I-б	500 000	—	250	—	—
II	375 000	—	235	200	—
III	300 000	70	225	190	—
IV	110 000	50	—	150	100
V	40 000	—	—	100	50

Пошаровий розрахунок багат шарової конструкції можна вести знизу вгору, починаючи з грушу, що підстеляє дорожній одяг, коли потрібно визначити загальний модуль пружності конструкції, чи згори донизу, коли задані потрібний модуль і коефіцієнт КМПІ міцності дорожнього одягу.

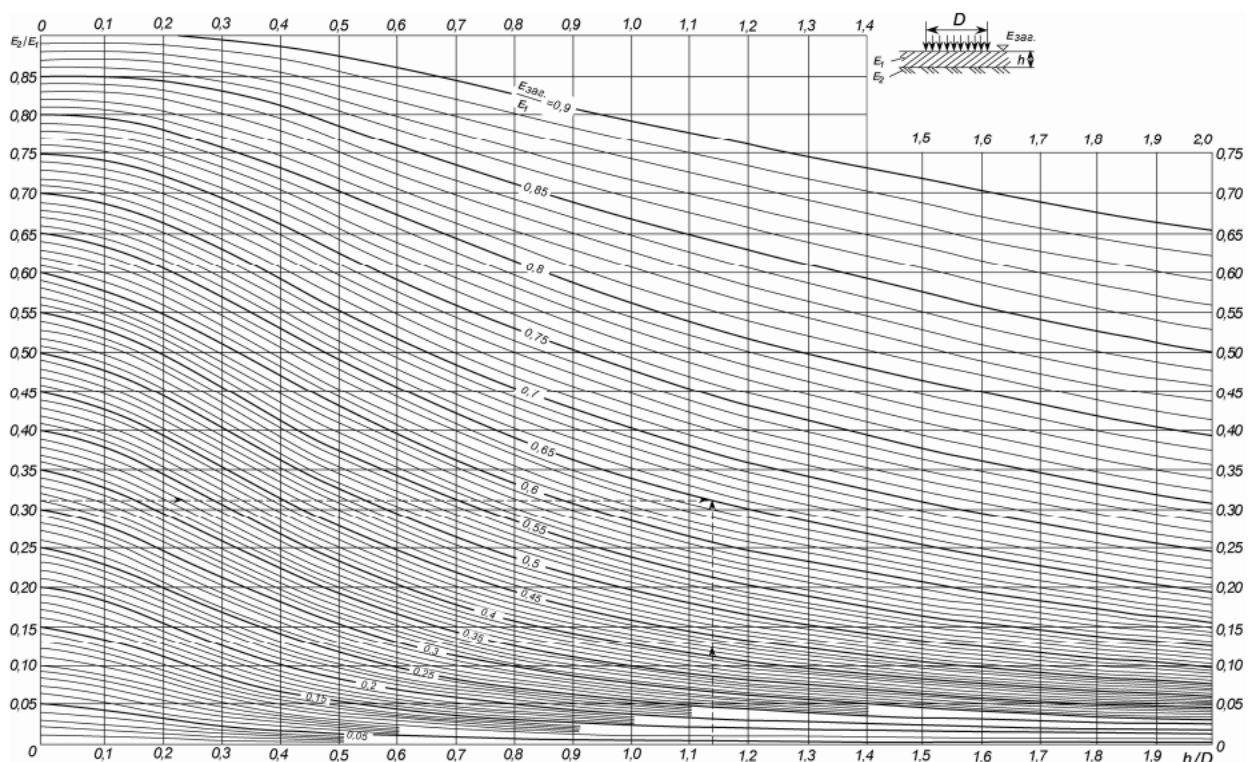


Рис. 6.2. Фрагмент номограми для визначення загального модуля пружності двошарової системи

Знаючи значення потрібного модуля пружності, можна пошарово розрахувати одяг за допомогою номограми (рис. 6.2), яка побудована на основі рішень теорії пружності для пружного напівпростору (ГБН).

Ця номограма пов'язує відношення E_2/E_1 модулів пружності нижнього і верхнього шарів, відносну товщину h/D_1 верхнього шару і відношення $E_{\text{заг}}/E_1$ загального модуля пружності на поверхні двошарової системи до модуля пружності верхнього шару (див. рис. 6.1). Для визначення $E_{\text{заг}}$ на номограмі проводять вертикаль із точки на горизонтальній осі, що відповідає значенню h/D_1 , і горизонтальну пряму з точки па вертикальній осі, що відповідає відношенню E_2/E_1 . Точка перетину цих прямих дає шукане значення $E_{\text{заг}}/E_1$. Знаючи величину E , обчислюють $E_{\text{заг}}$.

Порядок виконання розрахунку

1. Залежно від категорії дороги і капітальності дорожнього одягу встановлюють коефіцієнт міцності конструкції за заданим рівнем надійності [6, табл. 3.2].

2. Перспективну інтенсивність дорожнього руху відповідного складу приводять до розрахункового автомобіля із використанням коефіцієнтів приведення [6, табл. 3.5].

3. За номограмою (див. рис. 6.2) або формулою (3.4, [6]) визначають потрібний модуль пружності дорожнього одягу.

4. Корегують за необхідності модуль пружності відповідно до рекомендацій [6, табл. 3.4].

5. Якщо модуль пружності є переважним критерієм, то вираховують значення $E_{\text{заг}} = K_{\text{міц}}^{\text{пр}} E_{\text{потр}}$.

6. Складають розрахункову схему дорожнього одягу, враховуючи наявність місцевих дорожньо-будівельних матеріалів, природних умов району проектування і особливостей водно-теплого режиму земполотна.

7. Розрахунок проводять «знизу догори», послідовно визначаючи модулі пружності на поверхні конструктивних шарів. Розрахунок закінчують знаходженням фактичного модуля пружності на поверхні дорожнього одягу і порівнянням його з потрібним значенням. Якщо умова (6.1) виконується, розрахунок завершено.

8. Використовуючи номограму, можна виконати пошаровий розрахунок «згори донизу». Розрахунок закінчують знаходженням товщини нижнього шару (морозозахисного, теплоізолювального тощо), що розташований безпосередньо на ґрунтовій основі.

Під час розрахунку нежорсткого одягу необхідно враховувати особливості технології виробництва робіт із влаштування окремих конструктивних шарів. Так, товщини верхніх шарів із матеріалів, оброблених органічно

в'язучими матеріалами, рекомендується залежно від E_n визначати в таких межах:

- від 22 до 24 см $E_n = 250\text{--}300$ МПа;
- від 18 до 22 см $E_n = 220\text{--}250$ МПа;
- від 12 до 18 см $E_n = 180\text{--}220$ МПа;
- від 7 до 12 см $E_n = 125\text{--}180$ МПа;
- від 4 до 6 см $E_n < 125$ МПа;

Крім того, повинна бути забезпечена мінімальна товщина конструктивних шарів, за якої забезпечуються формування і нормальна експлуатація шарів дорожнього одягу.

Контрольні питання

1. Назвіть основні фактори, які впливають на вибір конструкції дорожнього одягу
2. Як визначається потрібний модуль пружності і від чого залежить його значення?
3. При якому співвідношенні загального модуля пружності до потрібного буде забезпечена надійність і міцність дорожнього одягу?
4. Яким повинен бути потрібний модуль пружності при товщині верхнього шару дорожнього одягу 20 см?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ У ПРИДОРОЖНІЙ СМУЗІ АВТОТРАНСПОРТНИМИ ВИКИДАМИ СВИНЦЮ

Мета роботи: проаналізувати основні механізми забруднення приземного шару атмосфери і верхнього ґрунтового шару викидами автомобільного транспорту у придорожній смузі. Розглянути основні чинники забруднення, забруднюючі компоненти та специфіку їх негативного впливу на довкілля.

Загальні положення

Автомобільний транспорт будемо розглядати як індустрію, пов'язану з виробництвом, обслуговуванням і ремонтом автомобілів, їх експлуатацією, з розвитком і експлуатацією дорожньо-транспортної мережі та ін. Урахування всіх складових дозволяє сформулювати схему забруднення довкілля автомобільним транспортом (рис. 7.1).

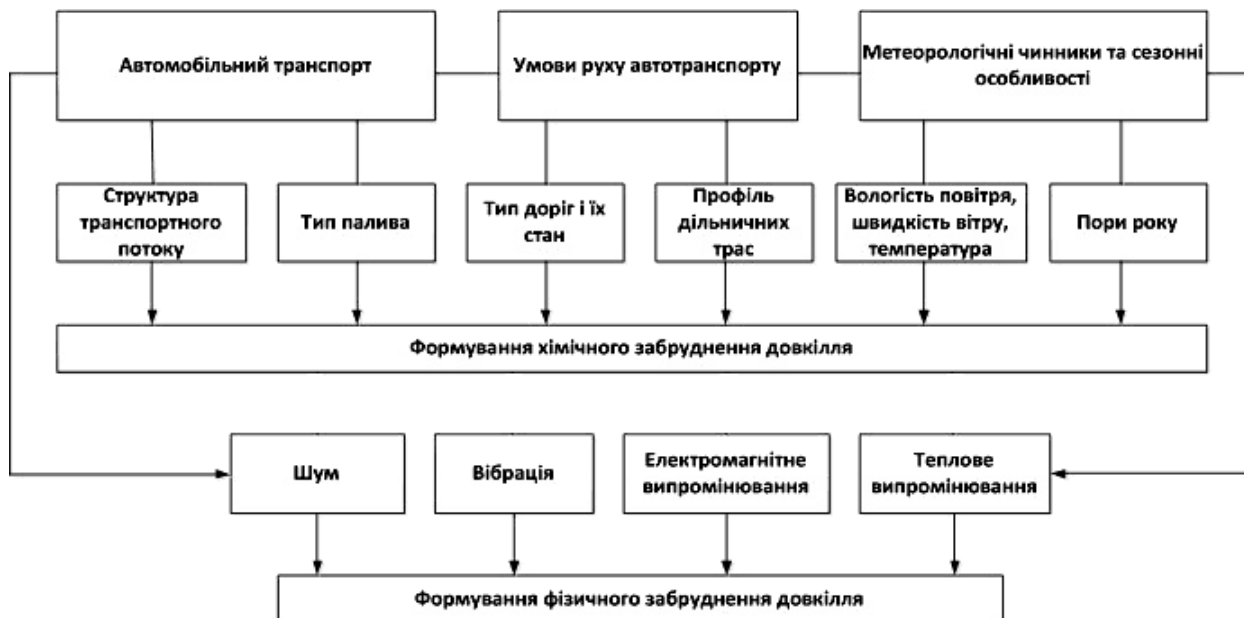


Рис. 7.1. Схема формування хімічного і фізичного забруднення довкілля автомобільним транспортом

Найбільш негативні наслідки автотранспортне забруднення складає для територій, що знаходяться поблизу основних автошляхів. Вплив транспортних викидів відчувається на відстані 1–2 км від автодороги та розповсюджується на висоту близько 300 м.

Під час роботи двигуна внутрішнього згоряння джерелами викидів шкідливих речовин є відпрацьовані гази, які чинять негативний вплив на довкілля. Основними є: оксид вуглецю CO, вуглеводні C_xH_y, оксиди азоту NO_x, альдегіди RHC=O, сполуки свинцю PbO₄ і сажа C.

Також рух автотранспорту призводить до відкладання сполучень важких металів в придорожніх смугах як результат роботи автотранспортних засобів, так і при стиранні полотна дороги. У результаті стирання автомобільних шин в ґрунті поблизу автодороги осідають такі елементи як алюміній, кобальт, мідь, залізо, цинк, кадмій, свинець та ін. Первинну їх дію відчувають рослинні організми.

Масштаби та специфіка забруднення залежать від низки чинників: завантаженості автодороги, типу транспорту (технічні характеристики двигуна), рельєфу місцевості, метеорологічних умов, наявності та параметрів захисних лісосмуг тощо (див. рис. 7.1).

До того ж спрацьовує ряд інших чинників, що впливають на режим руху автомобіля: рельєф місцевості, якість покриття автодороги. Ідеальним є постійний рух зі швидкістю 60 км/год. При гальмуванні та прискоренні загальний об'єм викидів зростає.

У процесі експлуатації автомобільної дороги буде відбуватись забруднення прилеглих до дороги ґрунтів важкими металами. Оцінку забруднення

території важкими металами проведено за свинцем зважаючи на його пріоритетність за класом небезпеки.

У зв'язку з заборонаю використання етильованого бензину на території України значного забруднення прилеглої території свинцем не передбачається, але враховуючи, що в неетильованому бензині наявні незначні домішки свинцю, проведено розрахунки для визначення можливої зони забруднення.

Порядок виконання роботи

Оцінка рівня забруднення ґрунтів у придорожній смузі автотранспортними викидами свинцю.

1. Визначити потужність емісії свинцю за даної середньодобової інтенсивності руху автотранспорту за формулою

$$P_e = K_n K_o K_T \sum (G_i P_i N_i), \quad (7.1)$$

де P_e – визначається в мг/мі на добу;

K_n – коефіцієнт перерахунку одиниць виміру, $K_n = 0,74$;

K_o – коефіцієнт, що враховує осідання свинцю в системі випуску відпрацьованих газів, $K_o = 0,8$;

K_T – коефіцієнт, що враховує частку викидів свинцю у вигляді твердих елементів в загальному об'ємі викидів, $K_T = 0,8$;

G_i – середні експлуатаційні витрати палива для відповідної моделі автотранспорту;

P_i – вміст добавки свинцю в паливі, що застосовується на автомобілі обраного типу;

N_i – середньодобова інтенсивність руху автотранспорту вибраної моделі, авт./добу.

2. Визначити рівень забруднення свинцем поверхневого ґрунтового шару на різних відстанях від автодороги за формулою

$$P_c = P_n / (hp), \quad (7.2)$$

де P_c – рівень забруднення ґрунту з'єднаннями свинцю, мг/кг;

h – товщина ґрунтового шару, в якому розташовуються викиди свинцю, для орних земель приймається 0,2 м;

p – щільність ґрунту;

P_n – відклади свинцю на поверхні землі, мг/м³, величина яких визначається за формулою

$$P_n = 0,4 K_i U_v T_p P_e, \quad (7.3)$$

де K_i – коефіцієнт, що враховує відстань від автодороги;

U_v – коефіцієнт, що залежить від сили та напрямку вітру, приймається як рівний відношенню площі рози вітрів з боку дороги, протилежного досліджуваній зоні, до загальної площі;

T_p – розрахунковий строк експлуатації дороги в добах, приймається за 7 300 діб, що відповідає 20-річному прогнозованому строку;

P_e – потужність емісії свинцю.

За методикою приймається, що 80 % викидів важких металів накопичується за розрахунковий період експлуатації дороги в ґрунті на глибині орного шару. Розрахунок кількості свинцю, який накопиться на поверхні ґрунту за весь термін експлуатації об'єкту (20 років) наведений на рис. 7.2.

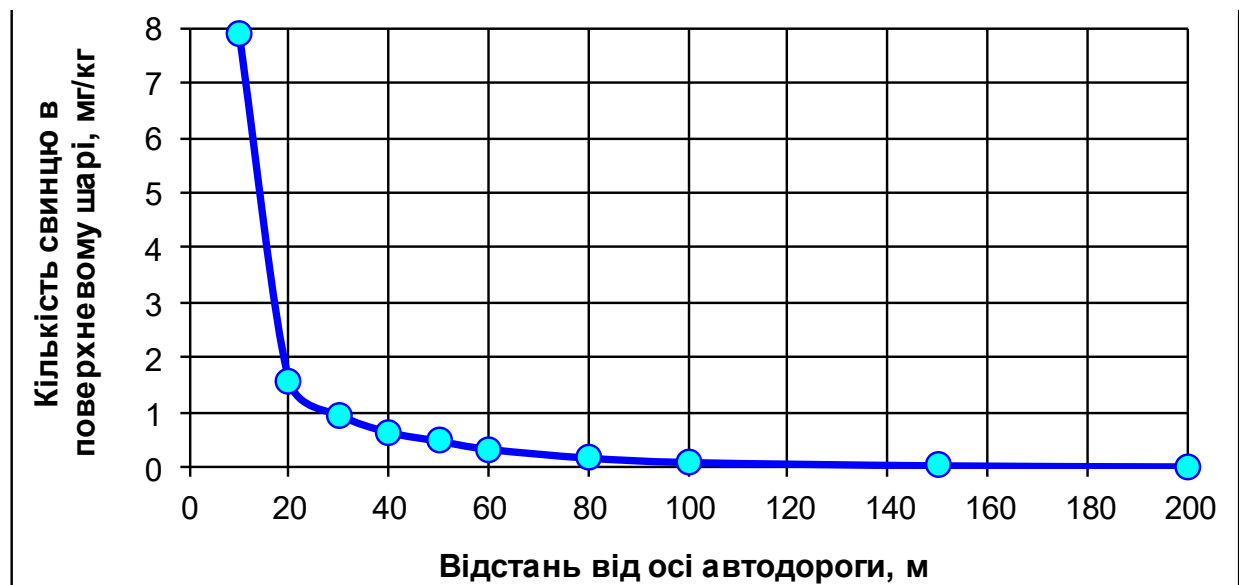


Рис. 7.2. Кількість накопичення свинцю на поверхні ґрунту

Гранично допустима концентрація (ГДК) складає 32 мг/кг. Перевищень ГДК не прогнозується вже на відстані 10 метрів від проїзної частини. Ступінь забруднення ґрунту, на 20 рік експлуатації можна вважати допустимим.

Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря. При експлуатації автомобільної дороги джерелом впливу на атмосферне повітря будуть транспортні засоби, що по ній пересуватимуться.

Розрахунки величин викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря необхідно провести для прогнозованої інтенсивності руху на 20-річну перспективу експлуатації дороги, після реалізації проекту [5].

3. Розрахувати забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами за концентрацією оксиду вуглецю (мг/мі) за формулою:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01NK_T) K_a K_y K_c K_b K_n, \quad (7.4)$$

- де 0,5 – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/мі;
 N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на міській дорозі, авт./год;
 K_T – коефіцієнт токсичності автомобілів по викидах в атмосферне повітря оксиду вуглецю;
 K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;
 K_y – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря залежно від величини поздовжнього ухилу;
 K_c – коефіцієнт, що враховує зміну концентрації СО залежно від швидкості вітру;
 K_b – коефіцієнт відносної вологості повітря;
 K_n – коефіцієнт, що залежить від типу транспортного засобу.

4. Визначити середньозважений коефіцієнт токсичності автомобілів для потоку автомобілів за формулою

$$K_T = P_i K_3, \quad (7.5)$$

- де P_i – склад руху в долях одиниць;
 K_3 – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря СО на перехрестях.

Нижче наведено величини відповідних коефіцієнтів залежно від конкретних параметрів:

Тип автомобіля	K_n
Середній вантажний.....	2,9
Автобус	3,7
Легкий вантажний.....	2,3
Важкий вантажний (диз.)	0,2
Легковий.....	1,0
Тип місцевості за ступенем аерації	K_a
Транспортні тунелі.....	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці та дороги	
з багатоповерховою забудовою з 2-х сторін.....	1,0
Житлові вулиці з одноповерховою забудовою, вулиці та дороги у виїмці	0,6
Міські вулиці та дороги з одноповерховою забудовою, набережні, естакади, віадуки, високі насипи	0,4

Відносна вологість, %	K_B
100.....	1,45
90.....	1,30
80.....	1,15
70.....	1,00
60.....	0,85
50.....	0,75
40.....	0,60

Поздовжній ухил, ‰	K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Швидкість вітру, м/с	K_c
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Тип перехрестя	K_z
Перехрестя, що регулюється:	
світлофорами звичайне	1,8
світлофорами кероване.....	2,1
саморегулюєме	2,0
Нерегулюєме:	
зі зниженням швидкості	1,9
кільцеве	2,2
з обов'язковою зупинкою	3,0

Для прикладу, наведено вплив різних чинників на кількість забруднень для середніх умов експлуатації.

При впливі чинника на кількість забруднень: рельєф (R) – 0,0145; викиди автотранспорту ($K_{авт}$) – 0,28; опади (O) – 0,145; вітер (N_B) – 0,086; наявність лісосмуги (L) – 0,26; швидкість автотранспорту ($V_{авт}$) – 0,1156;

При взаємному впливі чинників: рельєфу на швидкість транспорту ($R \cdot V_{авт}$) – 0,176; рельєфу і опадів ($R \cdot O$) – 0,057; викиди автотранспорту і швидкість автотранспорту ($K_{авт} \cdot V_{авт}$) – 0,057.

Отримані значення вагових коефіцієнтів використовуються для подальших розрахунків.

Наявність великих транспортних потоків з низькою швидкістю призводить до інтенсивного забруднення навколишнього середовища. Не виключення – сучасний авіаційний транспорт. В 3,5–4,0 рази менші забруднення від експлуатації високошвидкісного залізничного транспорту (рис. 7.5).

Додатково повинен враховуватись факт наявності і класифікації лісонасаджень (рис. 7.3).

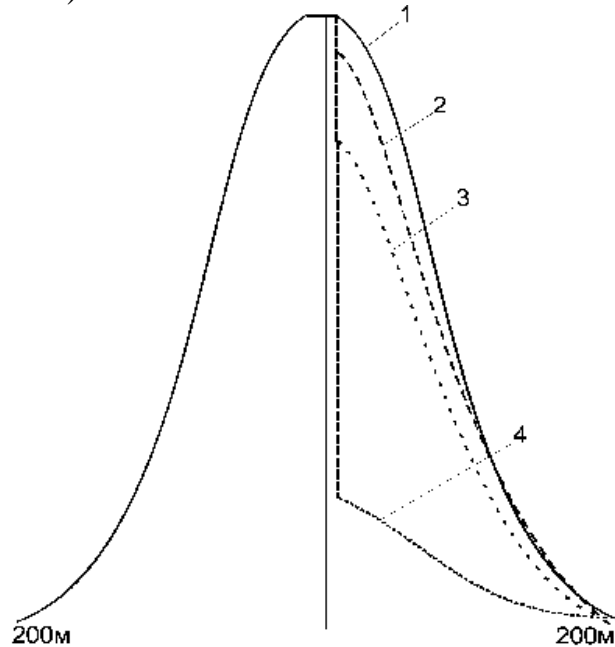


Рис. 7.3. Розподіл забруднення упродовж дороги:
 1 – лісосмуги немає; 2 – смуга чагарника; 3 – смуга дерев;
 4 – зелений масив

5. Визначити вплив різних чинників на забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту і навести у вигляді рис. 7.4.

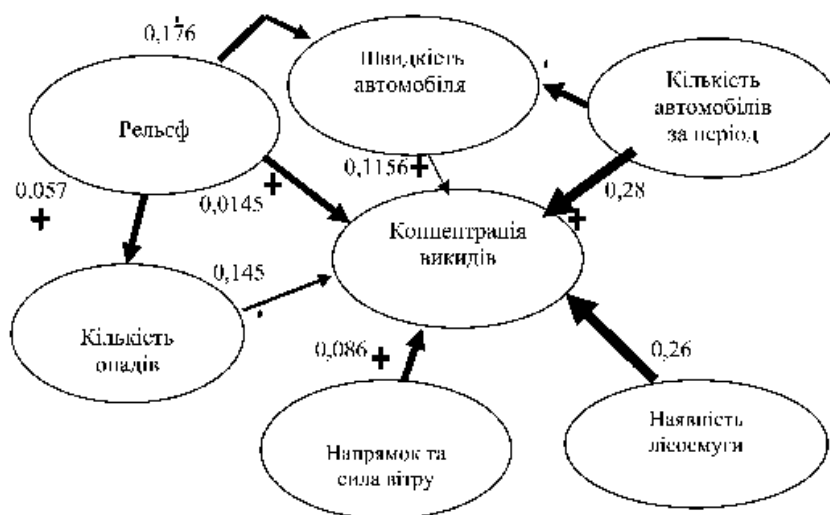


Рис. 7.4. Базова структура моделі обліку забруднень автомобільним транспортом уздовж доріг



Рис. 7.5. Показники викиду вуглекислого газу CO₂

Негативні наслідки роботи автотранспорту й авіації приводять до забруднення територій і, як наслідок, до верхнього шару ґрунту.

Повернення у господарське використання техногенно порушених земель передбачено Земельним кодексом України, Законом України «Про охорону земель» та іншими нормативними документами, є важливою складовою вирішення комплексної проблеми охорони навколишнього природного середовища та відтворення родючості порушених земель.

Збереження родючості земель передбачає рекультивацію земель – штучне відновлення родючості ґрунтів і рослинного покриву після техногенного порушення природи. Це комплекс заходів спрямованих на покращення умов навколишнього середовища відповідно до інтересів суспільства (табл. 7.1).

Під час науково-технічного супроводу будівництва нової чи реконструкції існуючої дороги належить за вище викладеною методикою провести дублюючі розрахунки рівня забруднення ґрунтів в придорожній смuzі автотранспортними викидами свинцю, рівня забруднення атмосферного повітря та надати оцінку запропонованим в проекті заходам щодо рекультивації земель (див. табл. 7.1).

**Основні коригувальні заходи
щодо зниження ступеня забруднення ґрунтового покриву
шкідливими речовинами в придорожній території автомобільних доріг**

Спосіб	Опис способу
Механічний	Видалення верхнього, найбільш забрудненого шару ґрунту і його поховання. Перемішування верхнього забрудненого шару з незабрудненим ґрунтом. Нанесення на забруднений ґрунт шару чистої родючої землі товщею до 10 см. Посадка зеленої смуги (дерева, чагарник і т. д.).
Хімічний	Заснований на переводі токсичних шкідливих речовин в малорухливі з'єднання
Фітомеліорація	Спосіб заснований на використанні виносу хімічних елементів рослинами. Для цієї мети використовуються рослини, здатні накопичувати важкі метали в великих кількостях
Організація дорожнього руху	Регулювання інтенсивності і щільності автотранспортного потоку залежно від ступеня забруднення приземного шару атмосфери і ґрунтового покриву. Використання екологічно чистих палив (біодизель, метан та ін.), перехід на гібридні та електродвигуни. Установка захисних екранів

Контрольні питання

1. Які чинники і в якій мірі впливають на рівень забруднення ґрунтів в придорожній смузі автотранспортними викидами свинцю
2. Які чинники і в якій мірі впливають на забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами
3. Чи впливає інтенсивність руху автомобілів на забруднення ґрунтів в придорожній смузі

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

РОЗРАХУНОК РІВНЯ ШУМОВОГО ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ Й АВІАЦІЇ

Мета роботи: розглянути й оцінити різні заходи, що зменшують акустичне забруднення при проєктуванні автодороги. Запропонувати

найбільш ефективний або зручний спосіб захисту від шуму на обраній ділянці.

Загальні положення

Для визначення рівня дорожнього шуму за основу прийнято методика розрахунку дорожнього шуму від автотранспорту. За методикою оцінюється базовий рівень шуму L_{10} як на 1 годину, так і на 18 годин. Цей рівень одержують на еталонній відстані 10 м від найближчого краю проїжджої частини автодороги.

Параметри, що беруть участь у цій моделі: інтенсивність і склад, середня швидкість руху, похил дороги та тип дорожнього покриття. Основні припущення моделі – помірна швидкість вітру і сухе дорожнє покриття.

Процедура розрахунку ділиться на п'ять етапів:

1. Розділити схему дорожнього руху в один або більше сегментів, таким чином, щоб коливання рівня шуму в межах сегмента становить менше 2 дБА;

2. Розрахувати базовий рівень шуму в 10 метрах від краю узбіччя проїжджої частини для кожного сегмента. Він залежить від швидкості, інтенсивності та складу руху. Рух вважається лінійним джерелом, розташованим на відстані 0,5 м від поверхні дороги та в 3,5 м від краю транспортного засобу;

3. Оцінити рівень шуму для кожного сегмента, враховуючи ослаблення через відстань та екранування вихідної лінії;

4. Об'єднання даних усіх сегментів, щоб дати прогнозований рівень шуму в точці прийому для всієї дорожньої схеми.

Швидкий базовий рівень шуму, дБА, прогнозується на відстані 10 метрів від найближчої проїжджої частини, згідно з наступним рівнянням:

$$L_{10}(1 \text{ год}) = 42,2 + 10 \text{Log}(q) \quad (8.1)$$

та базовий рівень шуму, дБА, в термінах загального 18-годинного транспортного потоку:

$$L_{10}(18 \text{ год}) = 29,1 + 10 \text{Log}(Q), \quad (8.2)$$

де q і Q – погодинна інтенсивність руху (транспортні засоби/годину) і 18-годинна інтенсивність (транспортні засоби/годину) відповідно.

При цьому передбачається, що базова швидкість дорівнює $V = 75$ км/год, відсоток важких транспортних засобів $P = 0$ і похил дороги $G = 0$ %. Крім того передбачається, що джерело лінії шуму знаходиться в 3,5 м від краю дороги для проїжджої частини, розділеної менше ніж на 5,0 метрів.

Потім рівень буде відкоригований, враховуючи середню швидкість руху, відсоток важких транспортних засобів та похил дороги.

Зокрема, виправлення для важких транспортних засобів та швидкості визначаються за допомогою таких виразів:

$$\Delta_{pV} = 33 \text{Log} \left(V + 40 + \frac{500}{V} \right) + 10 \text{Log} \left(1 + \frac{5P}{V} \right) - 68,8, \quad (8.3)$$

де середня швидкість V залежить від типу дороги й транспортних засобів.

Відсоток важких транспортних засобів визначається як:

$$P = \frac{100f}{q} = \frac{100F}{Q}, \quad (8.4)$$

де f і F – погодинний і 18-годинний потік важких транспортних засобів відповідно.

Значення V , яке буде використано в рівнянні (8.3), залежить від похилу дороги. Зокрема, для доріг з похилом, швидкість руху, км/год, в попередньому відношенні буде зменшена на величину ΔV , яка визначається як:

$$\Delta V = \left[0,73 + \left(2,3 - \frac{1,15P}{100} \right) \cdot \frac{P}{100} \right] G, \quad (8.5)$$

де G – похил дороги, виражений у відсотках.

Коли відома швидкість руху, рівень звуку регулюється для додаткового шуму від руху на похилах з поправкою, дБА :

$$\Delta_G = 0,3G. \quad (8.6)$$

Шум також залежить від дорожнього покриття. Насправді для доріг, які непроникні і на яких швидкість руху, що використовується у виразі (8.3), становить $V > 75$ км/год, застосовується поправка до базового рівня шуму як:

– для бетонних поверхонь $\Delta = 10 \text{Log} (90TD + 30) - 20$;

– для бітумної поверхні $\Delta = 10 \text{Log} (20TD + 60) - 20$,

де TD – глибина текстури покриття.

Якщо $V \leq 75$ км/год поправка складає:

– для бітумного дорожнього покриття $\Delta_{TD} = -1$;

– для стійких дорожніх покриттів $\Delta_{TD} = -3,5$.

Модель також враховує поправку для точок приймача, розташованих на відстані $d \geq 4,0$ м від краю найближчої проїжджої частини:

$$\Delta_{TD} = -10 \text{Log} \left(\frac{d'}{13,5} \right), \quad (8.7)$$

де d' – найкоротша відстань між ефективним джерелом і приймачем.

Остання поправка пов'язана з перешкодами для поширення, наприклад: характер поверхні землі між краєм проїжджої частини та точкою приймача (наприклад, трав'яниста земля, оброблювані поля тощо) або наявність будівель, стін, загороджень тощо.

Порядок виконання роботи

Прийmemo, що автодорога I-б категорії з такими параметрами та умовами:

1. Інтенсивність руху транспортних засобів складає 12 000 авт./добу.
2. Середня швидкість руху приймається в діапазоні від 50 до 170 км/год з інтервалом в 20 км/год.
3. Склад вантажних автомобілів приймається в діапазоні від 20 до 40 % від загальної кількості автомобілів.
4. Похил дорожнього покриття складає $G = 5$ %.
5. Покриття виконане з асфальтобетону.
6. У розрахунку припускається що швидкість вітру помірна, а дорожнє покриття сухе.

Розрахунок базового рівня шуму. Базовий рівень шуму – основний рівень шуму, який розраховується виходячи з кількості автомобілів, що проїжджають в певному місці за певний період часу, без врахування будь-яких факторів які можуть впливати на нього.

Розраховуємо базовий рівень шуму в інтервалах за 1 та 18 годин, без урахування типу автомобіля: $q = 500$ автомобілів за 1 годину; $Q = 671$ автомобілів за 18 годин.

$$L_{10}(1 \text{ год}) = 42,2 + 10 \text{Log}(500) = 69,19 \text{ дБА},$$

$$L_{10}(18 \text{ год}) = 29,1 + 10 \text{Log}(671) = 57,37 \text{ дБА}.$$

Додатки до розрахунку відносно базового рівня шуму. За основу береться розрахунок базового рівня шуму з врахуванням кількості важких автомобілів за певний період часу, похилу дороги, розрахункової швидкості, текстури і типу покриття, відстані від джерела шуму до його приймача.

Розрахунок відсотка важких транспортних засобів із загальної кількості автомобілів визначається як:

$$f_1 = 100; f_2 = 150; f_3 = 200 \text{ – важких автомобілів за 1 год};$$

$$F_1 = 134; F_2 = 201; F_3 = 269 \text{ – важких автомобілів за 18 год}.$$

$$P_1 = \frac{100 \cdot 100}{500} = \frac{100 \cdot 134}{671} \approx 20 \%; P_2 = \frac{100 \cdot 150}{500} = \frac{100 \cdot 201}{671} \approx 30 \%;$$

$$P_3 = \frac{100 \cdot 200}{500} = \frac{100 \cdot 269}{671} \approx 40 \%$$

Корегування швидкісного режиму для автомобілів на автодорогах з похилим профілем:

$$\Delta V_1 = \left[0,73 + \left(2,3 - \frac{1,15 \cdot 20}{100} \right) \cdot \frac{20}{100} \right] 5 = 5,72 \text{ км/год};$$

$$\Delta V_2 = \left[0,73 + \left(2,3 - \frac{1,15 \cdot 30}{100} \right) \cdot \frac{30}{100} \right] 5 = 6,58 \text{ км/год};$$

$$\Delta V_3 = \left[0,73 + \left(2,3 - \frac{1,15 \cdot 40}{100} \right) \cdot \frac{40}{100} \right] 5 = 7,33 \text{ км/год}.$$

Швидкість, км/год, з урахуванням корегування швидкісного режиму, яка враховує вплив великовантажних транспортних засобів, розраховується за формулою (8.8), а результати наведено в табл. 8.1.

$$V - \Delta V. \quad (8.8)$$

Корегування для важких транспортних засобів із середнім швидкісним режимом руху від 50 до 170 км/год виконується за формулою (8.3) і зводиться до табл. 8.2.

За результатами розрахунків будується графік (рис. 8.1). Як випливає з рис. 8.1, з поступовим збільшенням швидкості майже лінійно збільшується і рівень шуму.

Таблиця 8.1

Швидкість з урахуванням великовантажних транспортних засобів

V, км/год	20 % (ΔV_1)	30 % (ΔV_2)	40 % (ΔV_3)
50	38	38,29	38,69
70	58	58,29	58,69
90	78	78,29	78,69
110	98	98,29	98,69
130	118	118,29	118,69
150	138	138,29	138,69
170	158	158,29	158,69

Корегування рівня шуму від типу покриття визначають за формулою (8.6): $\Delta_G = 0,3G = 0,3 \cdot 5 = 1,5$ дБА.

Таблиця 8.2

Корегування рівня шуму з урахуванням швидкості руху транспортних засобів

V, км/год	Δ_{pV_1}	Δ_{pV_2}	Δ_{pV_3}
50	1,47	2,82	3,85
70	2,47	3,68	4,64
90	3,91	5,01	5,90
110	5,39	6,39	7,21
130	6,80	7,72	8,48
150	8,12	8,97	9,68
170	9,35	10,13	10,81

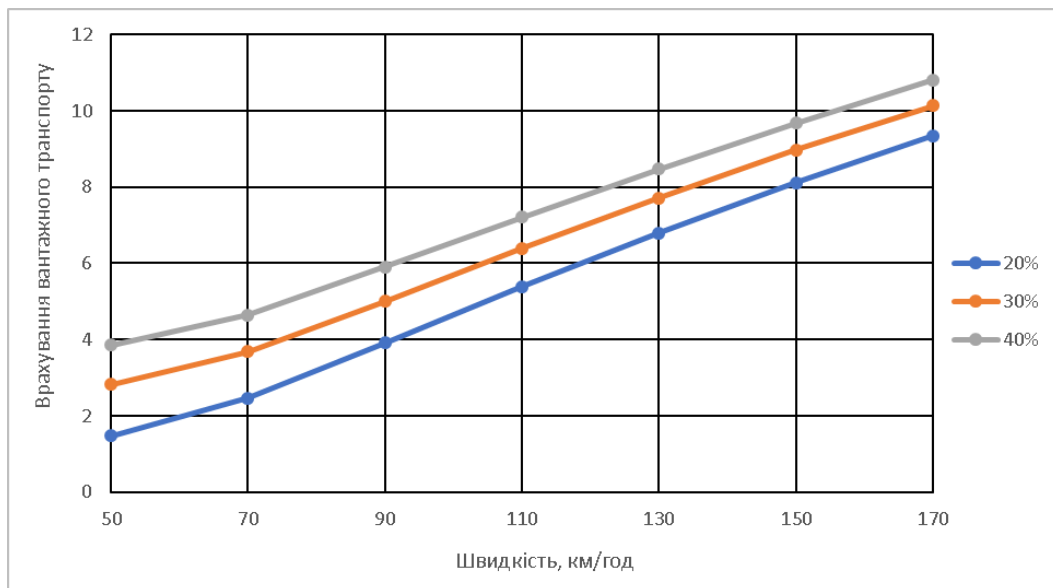


Рис. 8.1. Діаграма впливу кількості великовантажного транспорту за різної швидкості на рівень шуму

Для транспортного руху зі швидкісним режимом 50 та 70 км/год приймаємо виправлення $\Delta_{TD} = -1$ дБА, всі інші швидкісні режими розраховуються за формулою (8.7):

$$\Delta_{TD} = 10 \text{Log}(90 \cdot 0,8 + 60) - 20 = -1,19,$$

де TD – глибина текстури покриття, дорівнює $TD = 0,8$.

Поправка для точок приймача, розташованих на відстані $d \geq 4,0$ м від краю найближчої проїжджої частини:

$$\Delta_{TD} = -10 \text{Log} \left(\frac{d'}{13,5} \right) = -10 \text{Log} \left(\frac{4,2}{13,5} \right) = 5,07 \text{ дБА},$$

де d' – найкоротша відстань між ефективним джерелом і приймачем, та дорівнює 4,2 м.

Підсумкове значення для рівня шуму за 1 годину з урахуванням усіх факторів. Остаточне приймання розрахунку, який враховує такі показники шумів: базовий рівень шуму, шум від руху на похилах, шум від типу покриття, коригування для точок приймача та наявності важких транспортних засобів. Варіанти розрахунку враховують швидкості від 50 до 170 км/год (табл. 8.3).

Таблиця 8.3

Підсумкове значення для рівня шуму за 1 год з урахуванням усіх факторів

V , км/год	$L_{(10)1}$	$L_{(10)2}$	$L_{(10)3}$
50	76,23	77,58	78,62
70	77,23	78,44	79,40
90	78,48	79,58	80,46
110	79,96	80,96	81,78
130	81,37	82,28	83,05
150	82,69	83,53	84,25
170	83,92	84,70	85,38

За результатами, наведеними в табл. 8.3, побудований рис. 8.2, з якого випливає, що зі збільшенням швидкості рівень шуму майже лінійно зростає при будь-якому складі великовантажних автомобілів на дорозі.

Проведені дублюючі розрахунки при виконанні науково-технічного супроводу є основою для прийняття правильного рішення щодо оцінки рівня шумового впливу автотранспорту, а, отже, і заходів щодо зниження акустичного забруднення навколишнього середовища.

Відповідно до нормативів, на прилеглих до житлових будинків територіях допустимий рівень шуму вдень до 70 дБА, а вночі – до 60 дБА.

З рис. 8.2 випливає, що з урахуванням швидкості й наявності в транспортному потоці великовантажного транспорту рівень шуму може змінюватись від 76 до 85 дБА, що є перевищенням нормативних даних.

Мета практичної роботи – розглянути різні можливості пониження акустичного забруднення і порівняти з тими, що запропоновано в проєкті.

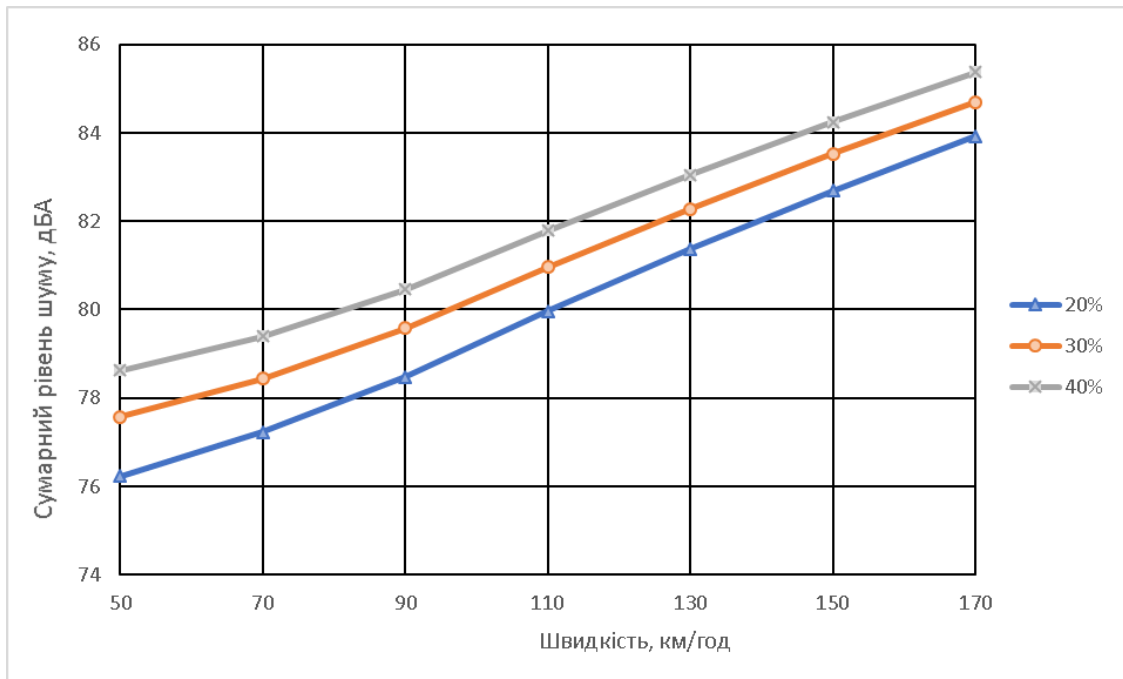


Рис. 8.2. Діаграма впливу усіх показників з урахуванням швидкості та кількості великовантажного транспорту на сумарний рівень шуму

Відомо дві групи заходів боротьби із шумом:

- 1) технічні;
- 2) планувально-конструктивні.

До першої групи відносять удосконалення покриттів дорожнього одягу та удосконалення конструкцій автотранспортних засобів.

До другої групи відносять захисні конструкції на автомобільних дорогах, наприклад, озеленення вулиць та доріг, встановлення шумозахисних екранів. Конструкції захисних екранів досить різноманітні й відрізняються за багатьма показниками. Найбільш ефективними є комбіновані захисні інженерні конструкції. Такі екрани поряд з звукоізолюючими властивостями містять звукопоглинаючі, що збільшує їх ефективність.

Розглянуті та структуровані фактори впливу дорожньо-транспортної інфраструктури на навколишнє середовище дозволяють розробити заходи щодо мінімізації впливу автомобільної дороги і авіації на навколишнє середовище.

Контрольні запитання

1. Які фактори впливають на рівень акустичного забруднення прилеглих до автомобільної дороги територій?
2. Як впливає швидкість руху автотранспорту на рівень шуму?

3. В чому відмінність базового рівня шуму і остаточного, що приймається?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007. – Київ : Мінрегіонбуд, 2007. – 91 с.
2. Мовчан М. І. Проектування автомобільних доріг: навч. Посіб / М. І. Мовчан, Ю. М. Собко. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 116 с.
3. Бойчук В. С. Довідник дорожника. / Бойчук В. С. .– Київ: Урожай, 2002. – 560 с.
4. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво: ДБН В.2.3-4:2015. – Київ: Мінрегіон України, 2015. – 104 с.
5. Бутенко О. С., Охарев В. О. Характеристика рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту / О. С., Бутенко В. О. Охарев //Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць. Київ, 2009. –Вип. 3. – С.14-33
6. Солодкий С. И. Дорожні одяги: навч. посіб. / С. И. Солодкий. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – 164 с.
7. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. – Київ.: Міністерство інфраструктури України , 2019.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013 Настанова з проведення розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях. – Видання офіційне. – К.: Мінрегіон України, 2013.
9. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. – Видання офіційне. – К.: Мінрегіон України, 2014.
- 10.Курган М. Б. Науково-технічний супровід проектування автомобільних доріг та аеродромів /. М. Б. Курган, Н.П Хмелевська.– Режим доступу: <https://lider.diit.edu.ua/enrol/index.php?id=481>

Навчально-методичне видання

Курган Микола Борисович
Лужицький Олег Федорович
Гусак Марина Анатоліївна
Хмелевська Неля Петрівна

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД
ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ
ТА АЕРОДРОМІВ**

Методичні рекомендації до практичних занять

Редактор А. В. Безверхня
Комп'ютерна верстка В. В. Бердо

Формат 60x84 ¹/₁₆. Ум. друк. арк. 1,65. Обл.-вид. арк. 3,31.
Замовлення. № 145

Український державний університет
науки і технологій
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010