



Національний університет

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра автомобільних доріг, основ та фундаментів

053-101

Методичні вказівки

до виконання курсового проекту на тему
«Зимове утримання автомобільних доріг»
денної та заочної форм навчання

з дисципліни

„**Основи експлуатації автомобільних доріг**”
студентами напряму підготовки «Будівництво»
за професійним спрямуванням „Автомобільні дороги та
аеродроми” 6.060101

Рекомендовано до друку методичною комісією
факультету будівництва та архітектури.
Протокол № 3 від 01 листопада 2011 року

Рівне 2012



Національний університет

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Основи експлуатації автомобільних доріг” студентами напряму підготовки «Будівництво» за професійним спрямуванням „Автомобільні дороги та аеродроми” 6.060101 /Альтман В.В./ Рівне, НУВГП - 33с.

Упорядник – Альтман В.В., ст. викладач.

Відповідальний за випуск : Гайдукевич В.А., кандидат технічних наук, доцент, зав. кафедрою автомобільних доріг, основ та фундаментів.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

©Альтман В.В, 2012
©Національний університет водного
господарства та природокористування, 2012



ВСТУП

Завданням курсового проекту є поглиблення і закріплення теоретичних знань з дисципліни “ Основи експлуатації автомобільних доріг ”. Курсовий проект дозволить отримати уміння розробки заходів із зимового утримання автомобільних доріг.

Зимове утримання доріг – це комплекс робіт, що включає захист доріг від снігових заметів; очищення доріг від снігу; боротьбу із зимовою ожеледицею; захист доріг від лавин; боротьбу з льодом. Ці роботи направлені на забезпечення безперервного і безпечного руху автомобілів.

Вся система заходів із зимового утримання доріг повинна бути побудована таким чином, щоб забезпечити найкращі умови для руху автомобілів, максимально полегшити і здешевити зимове утримання.

Щоб забезпечити виконання цих завдань при зимовому утриманні автомобільних доріг, проводять:

- *Профілактичні заходи*, мета яких – не допустити або максимально послабити утворення снігових та крижаних відкладень на дорозі (профілактична обробка покриттів хімічними протиожеледними матеріалами);
- *Захисні заходи*, за допомогою яких перекривають доступ до дороги снігу і перешкоджають утворенню льоду (включаючи роботи з снігозахисту);
- *Заходи із видалення сніжних і крижаних відкладень на дорозі і зменшення їх впливу на автомобільний рух* (обробка снігу і обледенілої поверхні дороги матеріалами, що підвищують коефіцієнт зчеплення шин з дорогою).

Завдання до виконання курсового проекту вибирається з додатків відповідно до варіантів. Номер в списку групи – є варіантом для виконання курсового проекту.



1. СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Зміст курсового проекту

1. Природно-кліматичні, технічні умови роботи дороги.
2. Засоби зменшення снігозанесення.
3. Снігозаносимість та види пасивного снігозахисту доріг.
4. Визначення об'єму снігопринесення
5. Розробка захисних заходів захисту дороги від снігових заметів.
 - Захист дороги з допомогою дерев'яних щитів.
 - Захист дороги за допомогою снігозахисного огородження.
 - Захист дороги з допомогою снігової траншеї.
 - Захист дороги від снігових заметів за допомогою лісопосадок.
 - Обґрунтування вибору снігозахисних пристроїв.
6. Технологія розчистки снігових відкладень.
7. Технологія та організація боротьби із зимовою ожеледицею.
8. Список використаної літератури.

Курсовий проект з дисципліни «Основи експлуатації автомобільних доріг» присвячений рішенням вузького, але дуже важливого питання при експлуатації автомобільних доріг – зимовому утриманню.

Зимовий період року є дуже складним для експлуатації доріг і організації руху. Тривалість його становить в межах 20 діб в південних районах і до 70-90 діб у північних. Зимові умови характеризуються короткою світловою частиною доби, низькою температурою повітря, снігопадами й заметілями, що формують снігові відкладання, а також зимовою слизькістю.

В ході виконання курсового проекту необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати природно-кліматичні умови роботи автомобільної дороги в зимовий період;
- визначити снігозаносні ділянки і об'єми снігопринесення;
- розробити і обґрунтувати вибір методів захисту дороги від снігових заметів;



- визначити технологію розчистки снігових завалів;
- визначити засоби боротьби з ожеледицею і втрати, що спричинені ожеледицею;
- розробити графік зимового утримання автомобільної дороги.

1. Природно-кліматичні, технічні умови роботи дороги

В цьому розділі розглядається кліматична зона, в якій проходить автомобільна дорога, середньомісячна температура, напрямлення вітрів, мінімальна і максимальна кількість опадів, снігового покрыву та інше. Всі ці дані зводяться в таблицю.

2. Засоби зменшення снігозанесення

Кількість чинників, що викликають утворення снігових заметів, утрудняє правильне призначення в період проектування заходів, що запобігають снігозанесенню. Головними заходами, що забезпечують незаносимість насипів, є підйом земляного полотна до відмітки, що не заноситься, і яка надає поперечному профілю обриси обтічності.

Слід визначити снігозаносні ділянки. Висота насипу, що не заноситься визначають за виразом

$$H_n = h_s + \Delta h \quad (2.1)$$

де H_n – висота не заносного насипу, м;

h_s – розрахункова висота снігового покрыву в районі зведення насипу, з врахуванням перевищення 5%, м (додаток I);

Δh – підвищення брівки насипу над розрахунковим рівнем снігового покрыву, необхідне для її незаносимості, м.

Таблиця 1.

Підвищення брівки насипу над розрахунковим рівнем снігового покрыву

Категорія дороги	I	II	III	IV	V
Δh	1,2	0,7	0,6	0,5	0,4

Насипи, висота яких менше відмітки H_n , можуть підлягати сніговим заметам при заметілях, і тому їх необхідно піднімати до

незаносимої відмітки або огорожувати різними видами захисту.

Виймки не заносяться, якщо вся кількість снігу, що відкладається при заметілях та снігопадах, розміщена на підвітровому укосі, не виходячи на дорожнє полотно.

Виймки з пологими укосами (1:3 і більше) заносяться незалежно від того, яку снігомісткість мають їх підвітрові укоси.

Для зменшення снігозаносимості виїмок рекомендується розкривати виїмки завглибшки менш 1м (ухил укосу 1:10), у виїмках завглибшки до 5 м з крутими укосами (1:1.5...1:2) влаштувати додаткові полиці шириною не менше 4м для проїзду роторних снігоочисників.

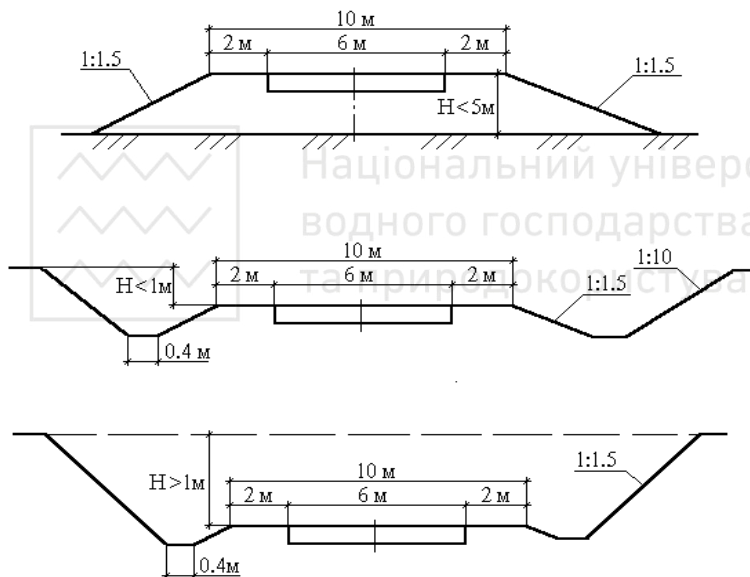


Рис. 2.1 Поперечні профілі виїмок і насипів, що не заносяться снігом.

3. Визначення об'єму снігопринесення

Снігопринесення – це об'єм снігу, що приноситься на погонну довжину 1м дороги в одиницю часу. Він залежить від розмірів басейну снігопринесення, орієнтації дороги відносно напрямку переважаючих вітрів, товщини снігового покриву, щільності, температури і вологості снігу, сили вітру і інших чинників. Об'єм



снігопринесення визначається на ділянках за формулою

$$W_{II} = \frac{\xi \cdot \sin \alpha}{\rho_c \cdot \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{L_I} \right)} \cdot W_a, \quad (3.1)$$

де W_{II} - об'єм снігопринесення, м³/м;

ξ - коефіцієнт здування твердих осадів, $\xi=0,5$;

α - кут між напрямом пануючого вітру і напрямом даної ділянки дороги (*додаток 3*);

ρ_c - щільність снігу, $\rho_c = 0,4$ т/м³;

L - шлях, який проходить завірюха від кордону басейну до дороги, $L=\infty$;

L_I – гранична дальність снігопринесення, $L_I=0,5$ км;

W_a - загальне число твердих опадів за зиму, мм.

Всі розрахунки проводимо в табличній формі (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1

Об'єм снігопринесення на ділянках автомобільної дороги

№	Вітер	Напрямок ділянки дороги	Розрахунок	W_{II} , м ³ /м
1.				

4. Розробка методів захисту дороги від снігових заметів

Ділянки автомобільних доріг, що заносяться, можна захистити від снігових заметів трьома методами:

- затримати сніг, що переноситься заметіллю на підступах до дороги і спонукати створення снігових відкладень на безпечній для дороги відстані;
- збільшити швидкість сніго-вітрового потоку, коли він проходить над дорогою і цим запобігти утворенню снігових відкладень на дорожньому покритті;
- повністю захистити дорогу від снігу за допомогою спеціальних споруд.



4.1. Захист дороги від снігових заметів за допомогою дерев'яних щитів

Переносні дерев'яні щити – маневровий засіб снігозахисту – можуть використовуватися в якості самостійного засобу захисту дороги від снігових заметів і як засіб посилення насаджень і постійних огорожень. Значно менше заносяться снігом щити з нерівномірним розподіленням заповнювача, де решітка згущена у верхній частині і розріджена в нижній. Використовуються чотири типи щитів:

Тип 1- щити висотою 2м із загальним просвітленням 50% (нижня – 60, верхня – 40)(рис.5.1 «I»).

Тип 2 - щити висотою 1,5м із загальним просвітленням 50% (нижня – 60, верхня – 40) (рис.5.1 «II»).

Тип 3 - щити висотою 2м із загальним просвітленням 50% (нижня – 70, верхня – 50) (рис.5.1 «III»).

Тип 4 - щити висотою 1,5м із загальним просвітленням 50% (нижня – 70, верхня – 50) (рис.5.1 «IV»).

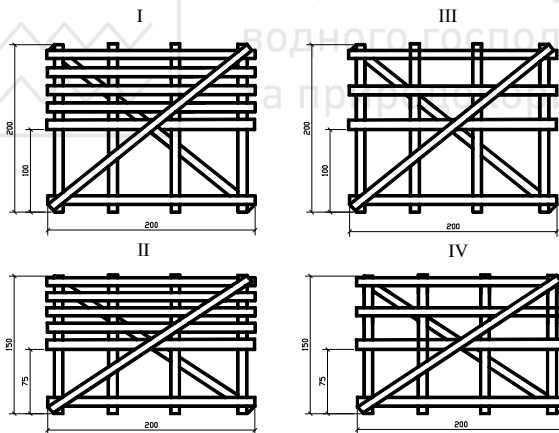


Рис. 4.1. Переносні дерев'яні щити.

Щити I типу використовують у районах з об'ємом снігопринесення більше $100 \text{ м}^3/\text{м}$ і швидкістю вітру більше 20 м/сек. , II типу – в районах з об'ємом снігопринесення менше $100 \text{ м}^3/\text{м}$ і швидкістю вітру більше 20 м/сек. , III типу – в районах з об'ємом снігопринесення більше $100 \text{ м}^3/\text{м}$ і швидкістю вітру



менше 20 м/сек., IV типу – в районах з об’ємом снігопринесення менше 100 м³/м і швидкістю вітру менше 20 м/сек.

У випадках інтенсивних завірюх щити ставлять в декілька рядів. Необхідну кількість рядів можна визначити за залежністю

$$N = \frac{W_{II} - K \cdot H^2}{K_p \cdot H \cdot L_p}, \quad (4.1)$$

де K – коефіцієнт накопичення снігу в зовнішніх рядів багаторядного захисту, $K = 9$;

H – висота щита, м;

L_p – відстань між рядами щитів, $L_p \approx 20 \cdot H$, м;

K_p – коефіцієнт заповнення снігом простору між рядами,

$K_p = 0,6 \dots 0,8$.

Всі розрахунки проводимо в табличній формі (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1
Кількість рядів снігозахисних щитів на ділянках автомобільної дороги.

№	$W_n, м^3/м$	$H, м$	$L_p, м$	Розрахунок	N	Прийнято
1.						

Найближчий до дороги ряд щитових ліній не може бути ближче 30 м (рис. 4.3.). Щитові лінії зазвичай розташовуються паралельно дорозі, але при косих вітрах на першій і другій ділянках рекомендується ставити перпендикулярно до основної щитової лінії короткі ланки щитів з таким розрахунком, щоб кінці їх підходили до дороги не ближче ніж 10 – 15 метрів.

Місце переходу з виїмки в насип захищаються (рис. 4.2). Кінці щитових ліній забезпечують розгалуженими відведеннями під кутом 135° (у бік дороги) і 170° (від дороги до основної щитової лінії). Між відведенням і основною лінією роблять розрив в 4 метри.

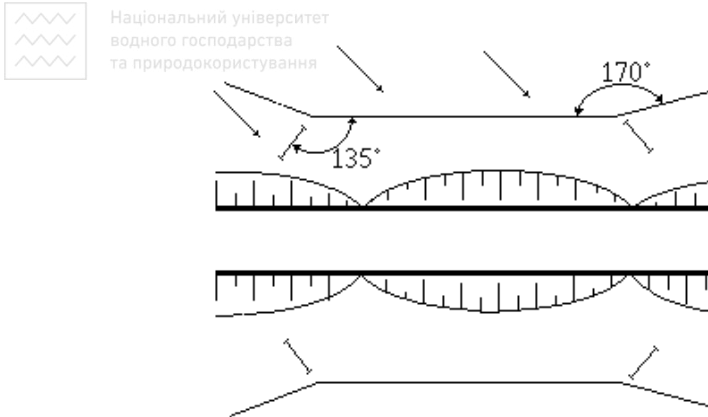


Рис. 4.2. Огородження місць переходу з виїмки в насіп



Рис. 4.3. Схема установки щитів

4.2. Захист дороги від снігових заметів шляхом установки снігозахисного огородження

Надійним захистом доріг від снігових заметів є високі снігоутримуючі огородження: *двохпанельні* з просвітлювальністю сітки 50% і *однопанельні* з просвітлювальністю 70%. Однопанельні огородження використовують для других і третіх рядів багаторядних ліній огородження, двох панельні – при влаштуванні огорожень в один ряд або найближчого до дороги ряду багаторядних ліній огорожень.

Залежно від напрямку домінуючих вітрів і рельєфу місцевості огородження встановлюють на відстані $l = (15-25)H$,

де H – висота огородження, м.



Висота огородження визначається базуючись на об'ємі снігопринесення до дороги за формулою

$$H_3 = 0,34 \cdot \sqrt{W_{C.Д.}} + h_s, \quad (4.2)$$

де H_3 – висота огородження, м;

$W_{C.Д.}$ – об'єм снігопринесення, м³/м;

h_s – розрахункова висота снігового покриву, м;

Огороження вище 5 м за техніко-економічними рахунками робити не варто. Якщо за розрахунками потрібна велика висота, то влаштовують 2, 3 і більше рядів огородження.

Всі розрахунки проводимо в табличній формі (табл. 4.2.).

Таблиця 4.2

Розрахунок висоти снігозахисного огородження по ділянкам автомобільної дороги

№	$W_n, \text{м}^3/\text{м}$	Розрахунок	$H_3, \text{м}$
1.			

4.3. Захист дороги від снігових заметів із застосуванням снігових траншей

Снігові траншеї прокладають в сніговому покриві проходами двовідвальних тракторних снігоочисників або бульдозерів. Снігозбиральна здатність траншеї (об'єм снігу, який може затримати 1 м траншеї) при глибині 1,5 м і ширині, що створюється за один прохід двовідвального тракторного снігоочисника, складає в середньому 12 м³/м.

Снігозахисні траншеї прокладають в декілька рядів паралельно дорозі.

Число працездатних траншей, які необхідно мати для надійного захисту дороги, призначають з врахуванням об'єму снігопринесення. Оптимальна відстань, яку слід призначити між осями сусідніх траншей складає 12-15 м. Найближча до дороги траншея має бути розташована не ближче 30 м і не далі 100 м (рис.4.4).

Об'єм снігу, який може затримати одна траншея, розраховується за формулою:



$$W_T = 0,5 \cdot (B_{сер} \cdot h_{c.n} + L_m \cdot \sqrt{B_{сер} \cdot h_{c.n}}), \quad (4.3)$$

де $B_{сер}$ – середня ширина траншеї, залежить від типу машини, що обладнає траншею;

$h_{c.n}$ - висота снігового покриву;

L_m – відстань між осями траншей (10-15), м.

Необхідна кількість траншей

$$n = \frac{W_{II}}{W_T}. \quad (4.4)$$

Для прокладки такої кількості траншей необхідне число бульдозерів визначається за наступною залежністю

$$N_{\sigma} = \frac{L \cdot m \cdot n_{II}}{V_p \cdot K_v \cdot t_m}, \quad (4.5)$$

де L - довжина ділянок, на яких прокладаються траншеї, км;
 m – число траншей, що одночасно прокладаються, приймається залежно від W_{II} , якщо W_{II} до $100 \text{ м}^3/\text{м}$ – не менше 3; до $200 \text{ м}^3/\text{м}$ – не менше 4;

n_{II} – кількість проходів машин по одній траншеї, $n_{II} = 2$;

V_p – робоча швидкість бульдозера, $V_p = 10 \text{ км/год}$;

K_v – коефіцієнт використання машини в часі, $K_v = 0,7$;

t_m – можливий час роботи при прокладці траншей протягом проміжку часу між завірюхами, (вибирається за даними гідрометеостанцій або за укрупненими показниками для зон різної трудності снігоборотьби : 72 год для 2 зони, 48 -для 3, 40 – для 4).

Всі розрахунки проводимо в табличній формі (табл. 4.3.).

Таблиця 4.3

Розрахунок кількості траншей і кількості бульдозерів

№	$W_n, \text{ м}^3/\text{м}$	n	$L, \text{ км}$	m	Розрахунок	N_{σ}
1.						

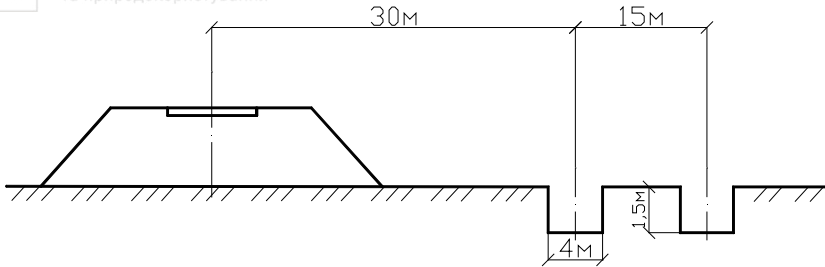


Рис. 4.4. Схема захисту автомобільної дороги за допомогою снігових траншей (приклад)

4.4. Захист дороги від снігових заметів за допомогою лісосмуг

Снігозахисні насадження – найбільш надійні і економічні засоби снігозахисту автомобільних доріг. Вони мають значно більший термін служби, ніж переносні щити і дерев'яні огорожі. Крім того, насадження сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур на прилеглих землях, покращують збереження земляного полотна, дають можливість заготовлювати деяку кількість деревини. Насадження для захисту автомобільних доріг від снігових заметів повинні задовольняти наступні основні вимоги:

- 1) їх конструкція повинна відповідати об'єму принесеного до дороги снігу;
- 2) відстань від посадок до дороги, ширина смуги та інші параметри приймаються так, щоб сніговий шлейф відкладався за захистом та не міг вийти на дорогу і складається за рекомендацією:
 - при $W_n \leq 25 \text{ м}^3/\text{м}$ відстань від брівки земляного полотна 15...25 м при ширині лісосмуги 4 м;
 - при $W_n \leq 50 \text{ м}^3/\text{м}$ відстань від брівки земляного полотна 30 м при ширині лісосмуги 9 м;
 - при $W_n \leq 75 \text{ м}^3/\text{м}$ відстань від брівки земляного полотна 40 м при ширині лісосмуги 12 м;
 - при $W_n \leq 100 \text{ м}^3/\text{м}$ відстань від брівки земляного полотна 50 м при ширині лісосмуги 14 м;



- 3) природно-видовий склад насаджень повинен відповідати місцевим ґрунтово-кліматичним умовам і підбиратися з урахуванням снігозахисних властивостей дерев і кущів, їх декоративних властивостей і господарської цінності;
- 4) насадження необхідно проектувати з урахуванням мінімального відведення земель на їх влаштування.

Однією з кращих хвойних порід для облаштування живоплотів є ялинка. Ялинові загорожі утворюють щільну перешкоду для сніговітрового потоку, причому ялина найбільш стійка проти сніголаму.

З листяних порід для облаштування живоплотів рекомендуються: верба біла, в'яз звичайний, акація жовта, ліщина, алича, бузок. Для створення непрохідних колючих загорож використовують шипшину.

Кожен ряд лісової смуги повинен складатися з однієї породи дерев або кущів.

Типові схеми снігозатримуючих насаджень для ділянок автомобільної дороги при відповідному снігоприносі приведені в [6].

На основі типових схем снігозахисних насаджень вибираються робочі схеми лісових смуг для кожної конкретної ділянки поздовжнього профілю. У робочій схемі визначаються склад деревних і чагарникових порід, їх розміщення, а також число рядів, ширина між рядами і відстані між рослинами в рядах.

Необхідна висота снігозатримуючої смуги захисних лісонасаджень визначається за формулою

$$H_s = \frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{\psi_w \cdot W_{II}}{\chi}}, \quad (4.6)$$

де θ – коефіцієнт, який залежить від просвітлюваності живоплоту, $\theta = 1,1$;

ψ_w – коефіцієнт снігозатримуючої здатності живоплоту, $\psi_w = 1,0$;
 χ – коефіцієнт, який характеризує плавність контуру снігового валу, $\chi = 0,5 \dots 1,0$.

Необхідне число рядів живоплоту визначається за формулою

$$n = \frac{W_{II}}{Q}, \quad (4.7)$$



де Q – снігомісткість однорядного живоплоту, м^3 ;

$$Q = 7 \cdot H_3^2, \quad (4.8)$$

Ширина лісосмуги визначається за формулою

$$L = \frac{W_{II}}{H_{сер}} - 8 \cdot H_{сер}, \quad (4.9)$$

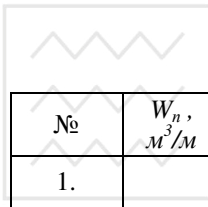
де $H_{сер}$ – середня висота снігових відкладень, м.

Необхідна відстань лісосмуги від брівки земляного полотна визначається за формулою

$$l = 20 + 0,25 \cdot W_{II}. \quad (4.10)$$

Визначимо параметри лісосадки: снігомісткість однорядного живоплоту, необхідне число рядів живоплоту, ширина лісосмуги, віддалення лісосмуги від брівки земляного полотна.

Всі розрахунки проводимо в табличній формі (табл. 4.4.).



Розрахунок параметрів лісосадки

Таблиця 4.4

№	$W_n, \text{м}^3/\text{м}$	$H_{сер}, \text{м}$	$Q, \text{м}^3$	n	$L, \text{м}$	$l, \text{м}$
1.						

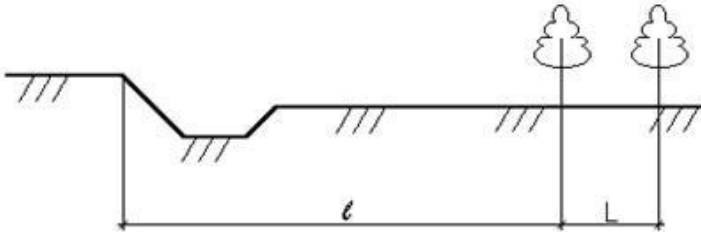


Рис.4.5. Схема захисту автомобільної дороги лісосмугою

4.5. Обґрунтування вибору снігозахисних пристроїв

Вибір ґрунтується на розрахунку і порівнянні снігомісткостей окремих видів захистів окремо для кожної ділянки.

Об'єм снігомісткості дерев'яних однорядних щитів можна визначити за формулою

$$Q_{щ} = 8 \cdot H^2, \quad (4.11)$$



де H - висота щита, м.
Обсяг снігомісткості снігозахисного огороження можна визначити за формулою

$$Q_3 = 8 \cdot H^2, \quad (4.12)$$

де H - висота огороження, м.

Об'єм снігомісткості снігової траншеї можна визначити за формулою

$$Q_{TP} = 10 \cdot h_s^2 + 2 \cdot B \cdot h_s, \quad (4.13)$$

де h_s - глибина траншеї, м.

Об'єм снігомісткості лісосмуги можна визначити за формулою

$$Q_{л.с} = 7 \cdot H^2, \quad (4.14)$$

де H - висота лісосмуги, м.

Всі розрахунки проводимо в табличній формі (табл. 4.5.).

Таблиця 4.5

Розрахунок снігомісткості окремих видів захисту, м³/м

Вид захисту	Об'єми снігомісткості різних методів снігозахисту
	Номера ділянок
Дерев'яні щити	
Снігозахисне огороження	
Снігова траншея	
Лісосмуга	

На основі розрахунків об'ємів снігової місткості снігозахисних споруд, призначаємо їх види на ділянках автомобільної дороги.

5. Технологія розчистки снігових відкладень

Мета снігоочищення – повністю видалити сніг, що випадає, або в найкоротші терміни прибрати з проїзної частини і узбіч сніг, що вже випав. Снігоочищення складається з двох технологічних операцій - різання і транспортування снігу. Основним процесом, що визначає продуктивність снігоочищення, є процес різання, тобто



відділення від сніжного масиву пластів ріжучим органом очисних машин.

Найбільш поширене – патрульне снігоочищення. Технологія патрульного снігоочищення зводиться до наступного: при невеликих снігопадах або за малої інтенсивності хуртовини сніг очищають одновідавльними швидкісними плужними снігоочисниками. При швидкості руху 30 – 40 км / год сніг відкидають відвалом без утворення на проїзній частині валів. Зі збільшенням швидкості руху до 60 – 80 км/год сніг відкидають відвалом на відстань 10 – 20 м, і ефективність патрульного очищення зростає, оскільки на узбіччях не утворюються снігові вали.

Патрульне очищення ведуть поздовжніми проходами, зміщуючись від осі до узбіч. Якщо снігопад не перевищує 3-5см на годину, то можливе застосування одиночної машини. В іншому випадку, а так само при інтенсивному русі, роботу ведуть загоном снігоочисників: машини рухаються в одному напрямку в 30 – 60 м один від одного і с перекриттям сліду на 30 – 50 см. За один прохід сніг видаляється зі всієї смуги руху.

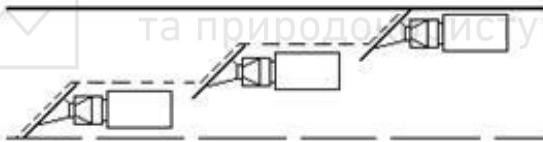


Рис.5.1. Очищення доріг від осі до узбіччя

На малюнку 5.1. представлена схема руху машин при русі снігоочисного загону, що очищає дорогу від осі до узбіччя. При застосуванні цієї технології необхідні очисники з поворотним відвалом.

Час між проходами плужнощіткових снігоочищувачів при патрульному снігоочищенні визначаємо за формулою

$$t = \frac{\rho_c \cdot h_{\max}}{\rho_B \cdot i_{ch}}, \quad (5.1)$$



де ρ_c – щільність снігу на покритті, г/см^3 $\rho_c = 0,07 - 0,25 \text{ г/см}^3$;

h_{\max} – максимально допустима товщина пухкого снігу, мм.
(додаток 4);

ρ_B – щільність води, $\rho_B = 1 \text{ г/см}^3$;

$i_{\text{сн}}$ – інтенсивність снігопаду, мм/годину, яка вимірюється товщиною шару води, що утворюється після розтавання снігу
 $i_{\text{сн}} = 5 - 10 \text{ мм/год}$.

Кількість необхідних плужних снігоочисників для патрульного снігоочищення визначаємо за формулою

$$N = \frac{L \cdot B_{\min}}{t \cdot \Pi_n}, \quad (5.2)$$

де L – довжина ділянки патрульного снігоочищення, м;

B_{\min} – мінімальна ширина очищеної поверхні, яка дорівнює ширині земляного полотна, м;

Π_n – продуктивність снігоочищувача, $\text{м}^2/\text{год}$, визначається

$$\Pi_n = V_p \cdot K_g \cdot (b - \Delta b), \quad (5.3)$$

де V_p – робоча швидкість снігоочисника, м/год , $V_p = 30 \dots 40 \text{ км/год}$;

K_g – коефіцієнт використання робочого часу, ($K_g = 0,7 - 0,9$);

b – ширина захватки плужно-щіткового снігоочисника, м
($b = 2,0 \dots 3,0 \text{ м}$);

Δb – ширина перекриття проходів ($\Delta b = 0,25 - 0,3$).

6. Технологія та організація боротьби із зимовою слизькістю

Всі заходи боротьби з зимовою слизькістю можна розділити на три групи за цільовою спрямованістю:

- заходи, спрямовані на зниження негативного впливу вже утвореної зимової слизькості (підвищення коефіцієнта зчеплення шляхом розсипання фрикційних матеріалів);
- заходи, спрямовані на швидке видалення з дорожнього покриття крижаного та снігового покривів із застосуванням різних методів;
- заходи, спрямовані на запобігання утворення сніжно-льодового шару або послаблення його зчеплення з покриттям.



Боротьба із зимовою слизькістю ведеться різними способами: фрикційним, хімічним, фізико-хімічним, тепловим та іншими комбінованими методами.

Суть **фрикційного методу** полягає в тому, що по поверхні крижаного або льодового шару розсипають пісок, дрібний гравій, відходи дроблення та інші матеріали з розміром часток не більше 5-6 мм без домішок глини. Розсипаний матеріал підвищує коефіцієнт зчеплення до 0,3 але затримується на проїзній частині короткий час.

Значно більше поширення отримав **комбінований хіміко-фрикційний метод**, коли розсипають фрикційні матеріали з твердими хлоридами $NaCl$, $NaCl_2$. Піщано-сольову суміш готують на базах шляхом змішування фрикційних матеріалів з кристалічною сіллю у відношенні 4:1; 6:1; або 9:1. Суміші розподіляють піскорозподільвачем або комбінованими дорожніми машинами з універсальним обладнанням типів КДМ-130, ЕД-403.

Хімічний метод боротьби полягає в застосуванні для плавлення снігу і льоду твердих або рідких хімічних речовин, що містять хлористі солі.

Тепловий метод полягає у виконанні двома методами:

- покриття нагрівається глибинним або поверхневим нагрівом, який викликає плавлення снігу по мірі його випадання;
- покриття нагрівається тепловими самохідними машинами, які під дією відпрацьованих газів розтоплюють лід і видаляють утворені шари води.

Комбінований метод полягає у розподілі по сніжному накату твердих або рідких хлоридів, які розплавляють або послаблюють сніжно-льодяний шар, після чого снігову масу прибирають плужним або плужно-щітковими очисниками, а за їх відсутності автогрейдером.

Найбільш розповсюджений хімічний метод, при якому по проїзній частині наносять тверді або рідкі хлориди в чистому вигляді або в суміші з фрикційними матеріалами. Як фрикційний матеріал найчастіше використовується пісок, а також відсів, шлаки та інші відходи промисловості. Чисті хлориди застосовують на особливо небезпечних або важливих ділянках доріг, або на ділянках доріг з товщиною льоду 1-2 мм. Фрикційні матеріали в чистому вигляді малоефективні і застосовуються тільки на дорогах IV-V



категорії.

6.1. Розрахунок необхідності протижелезних матеріалів для одної обробки покриття при боротьбі з льодоутворенням

Необхідність матеріалів, т, розраховується за формулою

$$Q_i^n = q_i \cdot B \cdot L \cdot h_{li} \cdot \alpha, \quad (6.1)$$

де q_i - норма розподілення реагентів залежно від температури повітря, т/км²; (додаток 5 табл.5.1)

B - ширина проїзної частини з укріпленими узбіччями, км;

L - довжина ділянки, що обробляється, км;

h_{li} - товщина льодоутворення, мм, визначається за формулою

$$h_{li} = \frac{h_{\max} + h_{\min}}{2}, \quad (6.2)$$

α - коефіцієнт втрат, $\alpha = 1,03$;

h_{\min} , h_{\max} – мінімальна і максимальна товщина льодяної кірки, мм; (додаток 5 табл. 5.2)

Потрібно визначити необхідність в піщано-соляні суміші і соляному розчині.

6.2. Розрахунок необхідності в реагентах на весь зимовий період для боротьби із льодоутворенням

Визначення необхідності в реагентах для боротьби із льодоутворенням, т, розраховують за формулою

$$Q_{\text{общ}}^n = Q_i^n \cdot n, \quad (6.3)$$

де n – кількість випадків льодоутворення;

$$n = \frac{P_{\text{л}} \cdot N}{100}, \quad (6.4)$$

де $P_{\text{л}}$ - відсоток льодоутворення від загальної кількості випадків N (додаток 5 табл. 5.3).

Потрібно визначити необхідну кількість піщано-соляної суміші і соляного розчину на весь зимовий період.



6.3. Розрахунок витрат реагентів для обробки покриття проти відкладання снігу

Витрати реагентів, т, визначається за виразом

$$Q_i^c = \frac{q_i \cdot B \cdot L \cdot \alpha}{1000} \cdot K_{СП}, \quad (6.5)$$

де $K_{СП}$ - коефіцієнт суцільності обробки покриття,

$$K_{СП} = 0,5 \dots 0,6.$$

Потрібно визначити витрату піщано-соляної суміші і соляного розчину для профілактичної обробки покриття при сніговідкладеннях.

6.4. Розрахунок витрат реагентів для обробки покриття на весь зимовий період

Витрати реагентів (т) для боротьби з виникненням льоду на покритті визначається за виразом:

$$Q_{общ}^c = Q_i^c \cdot n_c, \quad (6.6)$$

де n_c – кількість випадків зимової слизькості;

$$n_c = \frac{P \cdot N}{100}, \quad (6.7)$$

де $P=25-30\%$ – відсоток виникнення льоду на покритті від загальних випадків N .

Потрібно визначити витрату піщано-соляної суміші і соляного розчину при заметілях та сніговідкладеннях за весь зимовий період.

6.5. Розрахунок піщано-соляної суміші на весь зимовий період

$$Q_i^c = \frac{Q_{общ}^a + Q_{общ}^c}{P_x} \cdot 100, \quad (6.8)$$

де P_x - відсоток реагенту в піщано-соляній суміші (15-20%).

6.6. Розрахунок необхідності в інгібіторі

Для послаблення корозії в хлориди потрібно вводити фосфати в якості інгібітора. Інгібітори – це хімічні речовини, що вводяться до складу солей для зниження їх корозійної дії на металеві частини

автомобілів, дорожніх машин, металевих огорожень та інших елементів із металу. Ефективним інгібітором є фосфат натрію, суперфосфат.

Загальний об'єм інгібітора визначають за формулою

$$Q_i^c = \frac{(Q_{\text{обц}}^a + Q_{\text{обц}}^c) \cdot P_{\text{інг}}}{100}, \quad (6.9)$$

де $P_{\text{інг}}$ - відсоток інгібітора від загальної кількості хлоридів, використовуваних при обробці (додаток 5 табл. 5.4).

Потрібно визначити необхідність інгібітора для піщано-соляної суміші та соляного розчину.

Відстань між базами протиожеледних матеріалів визначають залежно від способу та термінів ліквідації зимової слизькості та кількості смуг руху.

Після розміщення баз зимового утримання доріг визначаємо потрібну кількість розподілювачів протиожеледних матеріалів. Тип розподілу вибирають залежно від технічних характеристик розподілювача. Необхідну кількість розподілювачів протиожеледних матеріалів обчислюємо за формулою

$$N_p = \frac{B_p \cdot L}{t_{\text{max}} \cdot \Pi_p}, \quad (6.10)$$

де t_{max} – максимальний термін ліквідації зимової слизькості, год (додаток 5 табл. 5.5);

Π_p – продуктивність розподілювача протиожеледних матеріалів, м²/год.

Продуктивність розподілювача при використанні чистих хлоридів визначаємо за формулою

$$\Pi_p^a = \frac{10^3 \cdot Q \cdot K_3 \cdot \gamma \cdot K_{BЧ}}{g_l \cdot h_l \cdot \left(\frac{Q \cdot K_3 \cdot \gamma}{g_l \cdot h_l \cdot V_p \cdot B_p} + \frac{2 \cdot l_{\sigma}}{V_T} t_n + t_{n3} \right)}, \quad (6.11)$$

При використанні піщано-соляної суміші продуктивність розподілювача визначаємо за формулою

$$\Pi_p^{nc} = \frac{10^3 \cdot Q \cdot K_3 \cdot K_{BЧ}}{g_{nc} \cdot \left(\frac{Q \cdot K_3}{g_{nc} \cdot V_p \cdot B_p} + \frac{2 \cdot l_{\sigma}}{V_T} t_n + t_{n3} \right)}, \quad (6.12)$$



де Q – місткість кузова, m^3 ; (додаток 5 табл. 5.6)

K_3 – коефіцієнт заповнення кузова, $K_3 = 0,9-1,0$;

γ – об'ємна вага протижелезного матеріалу (чистого хлориду або піщано-соляної суміші), $\gamma = 1300-1400 \text{ кг/м}^3$;

$K_{вч}$ – коефіцієнт використання часу, $K_{вч} = 0,7-0,9$;

g_1 – норма розподілу чистих хлоридів $г/м^2$ на 1 мм товщини льоду; (додаток 5 табл. 5.1)

$g_{пс}$ – норма розподілу піщано-соляної суміші, $м^3/1000м^2$ (додаток 5 табл. 5.1 примітка) ;

V_p – робоча швидкість розподілювача, $км/год$ (додаток 5 табл. 5.6);

B_p – ширина посипання, $м$, (додаток 5 табл. 5.6) ;

V_T – транспортна швидкість розподілювача, $км/год$ (додаток 5 табл. 5.6) ;

t_n – середній час навантаження одного розподілювача, $год$, $t_n = 0,2-0,4 \text{ год}$.

$t_{нз}$ – час підготовчо-заклучних операцій, $год$, $t_{нз} = 0,15-0,25 \text{ год}$;

l_6 – середня відстань до бази, $км$;

$$l_6 = \frac{L_6}{4}, \quad (6.13)$$

де L_6 – відстань між базами зимового утримання доріг, $км$.

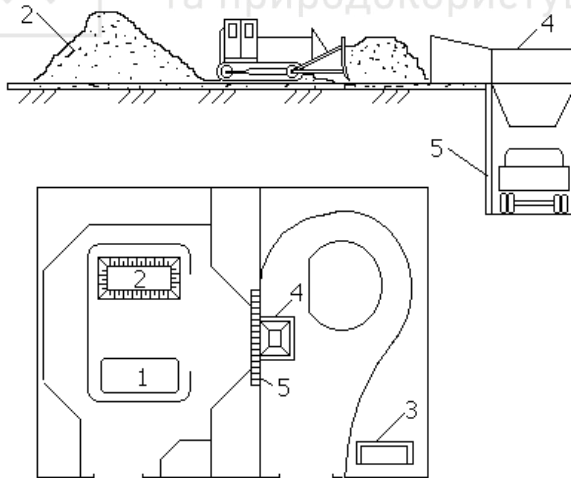


Рис. 6.1. База протижелезних матеріалів спрощеного типу:

1 - соляна суміш; 2 - піщано-соляна суміш; 3 - контора;

4 - бункер подачі; 5 - підпорна стіна; 6 - бункер загрузки



Розрахункова висота снігового покриву в районі зведення насипу

№ варіанта	Області України	h_s , мм	h_s з врахуванням перевищення 5%, мм
1	Вінницька	74	77,7
2	Волинська	57,5	60,4
3	Дніпропетровська	57,5	60,4
4	Донецька	48	50,4
5	Житомирська	94	98,7
6	Закарпатська	46,7	49
7	Запорізька	33,3	35
8	Івано-Франківська	51,7	54,3
9	Кіровоградська	23	24,2
10	Київська	95	99,8
11	Кримська АР	27,5	28,9
12	Луганська	35	36,8
13	Львівська	55	57,8
14	Миколаївська	17,5	18,4
15	Одеська	45	47,3
16	Полтавська	80	84
17	Рівненська	42,5	44,6
18	Сумська	165	173,3
19	Тернопільська	80	84
20	Харківська	60	63
21	Херсонська	27,5	28,9
22	Хмельницька	77,5	81,4
23	Черкаська	72	75,6
24	Чернівецька	70	73,5
25	Чернігівська	90	94,5



Середньомісячне число твердих опадів, мм.

Області України	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Вінницька	40	38	35								42	44
Волинська	31	31										38
Дніпропетровська	45	36	34								42	52
Донецька	42	34	33								42	52
Житомирська	32											38
Закарпатська	57	47									59	70
Запорізька	49	39	36								43	52
Івано-Франківська	31	32										41
Кіровоградська	32	31										42
Київська	48	46	39								51	52
Кримська АР	42											53
Луганська	36	29									42	43
Львівська	42	43	43								46	57
Миколаївська	36	35	30									45
Одеська	42	41	31								42	48
Полтавська	43	37	35								49	51
Рівненська	30	29										37
Сумська	43	33									52	53
Тернопільська	39	35	30								40	48
Харківська	44	33									45	46
Херсонська	33	31										40
Хмельницька	38	40	32								42	43
Черкаська	36	33									41	44
Чернівецька	32	32										37
Чернігівська	42	36	35								48	47



Номер варіанта	Напрямок та швидкість вітру	Напрямок дороги		
		Ділянки		
		№1	№2	№3
1	Пд.Зх. 3,7м/с	Пн.26°	Пд.Сх.26°	Пн.Сх.31°
2	Зх. 4,1 м/с	Пн.Сх.16°	Пн.Зх.35°	Пн.41°
3	Пн. 5,4м/с	Пн.Зх.11°	Пд.Зх.18°	Пн.Зх.23°
4	Сх. 5,7м/с	Пд.Сх.38°	Пд.13°	Сх.39°
5	Пн.Зх. 4,7м/с	Сх.31°	Пн.Сх.10°	Пн.Сх.19°
6	Пд.Сх. 2,2м/с	Пн.Сх.9°	Пн.28°	Сх.13°
7	Пн.Сх. 3,1м/с	Пн.11°	Сх.11°	Пд.16°
8	Пн.Зх. 2,9м/с	Пн.Зх.12°	Пн.Сх.40°	Пн.14°
9	Пн.Зх. 4,5м/с	Пн.6°	Пд.34°	Сх.8°
10	Пд.Зх. 2,8м/с	Пд.Сх.7°	Пн.Сх.20°	Пн.12°
11	Пн.Сх. 5,0м/с	Пд.Сх.27°	Пн.Сх.15°	Пд.32°
12	Сх. 3,3м/с	Пд.8°	Пн.Зх.8°	Пн.12°
13	Зх. 4,1м/с	Пн.Сх.29°	Пн.Сх.21°	Сх.15°
14	Пн. 4,1м/с	Пн.Зх.23°	Пн.Зх.11°	Пд.Зх.18°
15	Пн.Зх. 4,6м/с	Пн.Сх.9°	Сх.13°	Пн.28°
16	Зх. 4,6м/с	Пд.16°	Пд.Сх.27°	Пн.Сх.15°
17	Зх. 4,8м/с	Пд.Сх.26°	Пн.7°	Пн.Сх.38°
18	Пд.Сх. 4,4м/с	Пд.Зх.18°	Пд.34°	Пд.Сх.10°
19	Пн. 2,7м/с	Зх.9°	Пд.Сх.38°	Пн.Сх.11°
20	Сх. 4,7м/с	Пн.8°	Пн.Сх.10°	Пн.Зх.13°
21	Пн.Сх. 4,3м/с	Сх.9°	Пн.9°	Сх.9°
22	Пн.Зх. 4,1м/с	Пн.Зх.10°	Зх.10°	Пн.Сх.17°
23	Пн.Зх. 4,5м/с	Пн.Сх.11°	Пд.Сх.38°	Сх.7°
24	Пн.Зх. 4,0м/с	Пн.Зх.40°	Пн.Сх.24°	Пн.19°
25	Зх. 4,3м/с	Сх.10°	Пн.Сх.21°	Пн.Сх.22°

Примітка: Довжина ділянок №1=30км, №2=20км, №3=50км.



Характеристика зон за трудністю снігоборотьби.

Номер зони	Характеристика зони	Райони з трудністю снігоборотьби
1	2	3
I-II	Тривалість періоду випадання снігу: $T_{см} = 10...60$ діб Середня температура повітря в найбільш холодний період: $t^{\circ} = + \dots - 8^{\circ}\text{C}$ Кількість твердих опадів за зиму: $h_{max} = 20...40$ мм Максимальний об'єм снігу, що приноситься до доріг: $W_{max} = 10...15$ м ³ /м	<i>Періодичною</i>
III	$T_{см} = 100...180$ діб $t^{\circ} = -9 \dots - 30$ °C $h_{max} = 50...200$ мм $W_{max} =$ не більше як 75 м ³ /м	<i>Середньою</i>
IV	$T_{см} = 100...180$ діб $t^{\circ} = - 16 \dots - 34$ °C $h_{max} = 115...205$ мм $W_{max} =$ до 250 м ³ /м	<i>Важкою</i>



Норми розподілу хлоридів (г/кв. м) при різних температурах повітря на
1 мм товщини шару льоду

Реагенти	Температура повітря, град. С			
	від 0 до -3	від -4 до -6	від -7 до -10	від -11 до -20
Технічна сіль	15-20	20-30	40-50	50-250
Каїніт природний	40-60	80-120	120-190	50-250
Хлористий кальцій: - лусковидний - фосфатований	20-30 25-35	30-60 35-65	70-80 60-80	- 270-300
Суміш хлористого натрію та хлористого кальцію	15-25	25-30	40-60	70-170
Розчини: - хлористого натрію - хлористого кальцію	60-110 50-110	110-160 110-140	170 150	- -

Примітка: норма розподілу піщано-соляної суміші, $\text{м}^3/1000\text{м}^2$ (для небезпечних ділянок з ускладненими умовами руху $0,3 - 0,4 \text{ м}^3/1000\text{м}^2$, за рештою ділянок – $0,1 - 0,2 \text{ м}^3/1000\text{м}^2$).



Таблиця 5.2.

Номер варіанта	Район проходження дороги, область України	Категорія дороги	$P_{заг}$, випадків	V , м/с	i_n , мм/год.	K_t	h_{min} , мм	h_{max} , мм	L , км
1	Вінницька	II	13	12	10	0,41	0,6	2	17
2	Волинська	IV	14	16	9	0,37	1	2,8	10
3	Дніпропетровська	III	10	15	11	0,45	0,3	2,2	16
4	Донецька	III	11	9	13	0,43	0,3	2,2	14
5	Житомирська	IV	10	17	8	0,34	0,7	1,8	12
6	Закарпатська	II	14	11	9	0,4	0,6	1,7	11
7	Запорізька	I	12	13	14	0,38	0,8	1,8	12
8	Івано-Франківська	IV	15	10	10	0,45	0,5	1,5	8
9	Київська	III	15	10	12	0,45	0,7	2,8	10
10	Кіровоградська	IV	8	8	15	0,41	0,5	2,1	18
11	Крим	III	4	7	6	0,33	0,2	1,5	13
12	Луганська	I	9	14	7	0,47	0,4	1,7	10
13	Львівська	I	9	7	7	0,42	0,3	2,2	16
14	Миколаївська	II	8	8	14	0,38	0,6	2,1	9
15	Одеська	IV	5	9	8	0,35	0,4	1,8	12
16	Полтавська	II	12	11	6	0,44	0,3	1,8	14
17	Рівненська	I	12	15	11	0,5	0,8	2,9	15
18	Сумська	I	10	14	11	0,48	0,6	2,1	15
19	Тернопільська	III	13	9	11	0,35	0,4	2,1	7
20	Харківська	I	9	12	15	0,37	0,5	2,4	12
21	Херсонська	IV	11	10	12	0,46	0,2	2,1	15
22	Хмельницька	III	11	15	8	0,42	1	2,4	9
23	Черкаська	II	7	15	10	0,4	0,8	2,1	13
24	Чернівецька	III	8	18	9	0,35	0,5	1,9	11
25	Чернігівська	II	9	17	12	0,52	0,4	2,2	19

Примітки:

$P_{заг}$ – загальна повторюваність заметілевих вітрів за січень, випадки;

V – швидкість вітру при заметілях, м/с;

i_n – інтенсивність снігопаду, мм/ч;

K_t – динамічний коефіцієнт втрат снігової маси у захисту;

h_{min} , h_{max} – мінімальна і максимальна товщина льодоутворення, мм;

L – дальність розміщення бази протижеледих матеріалів, км.



Середні багаторічні дані початку, закінчення і тривалість періоду боротьби із зимовою слизькістю, число днів з випадками утворення зимової слизькості, середньорічна потреба хлоридів в різних областях України

№ варіантів	Області України	Зимова слизькість			Число днів з випадками утворення зимової слизькості	Середня річна потреба твердих хлоридів, т/1000 м ²
		Середня дата початку	Середня дата кінця	тривалість періоду, дні		
1	Вінницька	23.11	16.03	113	60	0,6
2	Волинська	25.11	13.03	108	52	0,3
3	Дніпропетровська	23.11	14.03	111	48	0,6
4	Донецька	21.11	18.03	117	66	0,6
5	Житомирська	21.11	17.03	116	63	0,6
6	Закарпатська	21.11	16.03	115	63	0,5
7	Запорізька	23.11	13.03	110	42	0,2
8	Івано-Франківська	24.11	8.03	104	46	0,4
9	Кіровоградська	24.11	14.03	110	49	0,4
10	Київська	20.11	18.03	118	64	0,8
11	Кримська АР	20.12	1.03	49	16	0,1
12	Луганська	28.11	4.03	97	28	0,4
13	Львівська	02.12	6.03	94	60	0,4
14	Миколаївська	05.12	5.03	90	40	0,2
15	Одеська	14.12	2.03	81	30	0,2
16	Полтавська	18.11	20.03	122	67	0,6
17	Рівненська	24.11	12.03	108	59	0,3
18	Сумська	15.11	25.03	130	69	0,8
19	Тернопільська	23.11	15.03	112	58	0,3
20	Харківська	16.11	23.03	127	60	0,8
21	Херсонська	09.12	2.03	83	49	0,1
22	Хмельницька	27.01	10.03	103	56	0,4
23	Черкаська	20.11	17.03	117	50	0,6
24	Чернівецька	28.11	7.03	99	35	0,5
25	Чернігівська	17.11	21.03	124	66	0,8



Назва хлориду	Назва інгібітора, який додають в хлорид	Кількість інгібітора, який додають в хлорид, % за масою
Хлористий натрій у вигляді кухонної солі і солі сильвінітових відвалів	Однозаміщений фосфат натрію	2-3
	Двозаміщений фосфат натрію	5-7
	Простий суперфосфат	5-7
	Подвійний суперфосфат	3
Хлористий кальцій лускуватий	Простий суперфосфат	5-7
Суміш хлористого натрію і хлористого кальцію	Однозаміщений фосфат натрію	2-3
	Простий суперфосфат	5-7
Хористо-натрійовий сольовий розчин	Однозаміщений фосфат натрію	0,5-1
	Двозаміщений фосфат натрію	2-3
Хористо-кальцієвий сольовий розчин	Подвійний суперфосфат	2-3



Терміни ліквідації зимової ожеледиці відповідно інтенсивності руху

Інтенсивність руху, авт/добу	Економічно доцільний термін ліквідації зимової слизькості, год
Більше 5000	Не більше 1
5000-1600	2
1600-600	3
600-300	4
300-200	5
Менше 200	Більше 5

Таблиця 5.6
Технічна характеристика розподілювачів сипучих матеріалів

Параметри	КО-144А	До-105
Тип	Навісний	
Базовий автомобіль	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130А
Ширина смуги, що посипається, м	9,5	9,0
Місткість кузова, м ³	2,2	2,7
Щільність посипання, л/м ²	0,1...0,4	0,225...0,425
Робоча швидкість, км/год	20	10...18
Транспортна швидкість, км/год	50	50
Габаритні розміри, м	7,75x2, 34x2, 24	8,45x2, 34x2, 31
Маса (з повним навантаженням), кг	7250	11000



8. Список використаної літератури:

1. Ремонт и содержание автомобильных дорог : Справочник инженера-дорожника/ А. П. Васильев, В. И. Баловнев и др. П/р А. П. Васильева. — М.: Транспорт, 1989. - 287 с.
2. ДБН В.2.3-4.2007. Автомобільні дороги Споруди транспорту. Київ. Мінрегіон України 2007. - 91 стор.
3. Заворицький В.Й., Аленіч М.Д., Кизима С.С. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг. – К.: ІСДО, 1995. – 136 с.
4. Технічні правила ремонту і утримання автомобільних доріг загального користування України. – К.: Будівельник, 1998. – 182 с.
5. Зимнее содержание автомобильных дорог / Г. В. Бялобжесский, А. К. Дюнин и др. П/р А. К. Дюнина. 2-Е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, — 1983.- 197 с.
6. Методы оценки эксплуатационных показателей дорожных одежд. УК 218 УССР 087-80. – К.: Миндорстрой УССР, 1980. – 48 с.
7. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. – К., 1998.
8. Методы оценки эксплуатационных показателей дорожных одежд. УК 218 УССР 087-80. – К.: Миндорстрой УССР, 1980. – 48 с.
9. Аленіч М.Д., Савенко В.Я., Титаренко О.М. Інженерне обладнання автомобільних доріг. – К.: МО України, 1998. – 125 с.
10. Сиденко В.М., Михович С.И. Эксплуатация автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1976. – 286 с.
11. Ремонт и содержание автомобильных дорог : Справочник инженера-дорожника/ А. П. Васильев, В. И. Баловнев и др. П/р А. П. Васильева. — М.: Транспорт, 1989. - 287 с.