

УДК 625.72

¹А.О. Белятинський, д.т.н., проф.
²Є.Б. Угненко, д.т.н., проф.
³О.М. Тимченко, асп.

АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СНІГОМІСТКОСТІ СНІГОЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ У ГІРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

¹ Національний авіаційний університет

E-mail: beljatynskij@mail.ru

^{2,3} Харківський національний автомобільно-дорожній університет

² E-mail: j.ugnenko@mail.ru,

³ E-mail: oleka55@gmail.com

Наведено в загальному виді вирази для визначення снігозатримуючої спроможності та снігомісткості снігозахисних засобів через відомі геометричні параметри.

Ключові слова: автомобільні дороги у гірській місцевості, сніговідкладення, снігозатримуюча спроможність, снігозахисні засоби, снігомісткість.

Постановка проблеми

Ефективним засобом снігоборотьби на автомобільних дорогах є затримання снігу.

Одна чотирирядова лісосмуга може затримати до 150 м³ снігу.

На дорогах снігозахисні смуги часто розташовані близько до земляного полотна, що сприяє занесенню дороги снігом. Дорога в таких випадках знаходиться в межах зони формування інтенсивного сніговідкладення.

Для вирішення цієї проблеми необхідна реконструкція існуючого снігозахисного озеленення, що пов'язано з виділенням землі, цінність якої швидко зростає. Це ставить тимчасові засоби, які не потребують землі, на перший план боротьби зі сніговими заметами.

Аналіз досліджень і публікацій

Найбільш поширеним тимчасовим засобом снігозахисту є дерев'яні ґратчасті щити, які за 120-річний період застосування застаріли за всіма показниками та мають значні недоліки. Невелика снігомісткість та засипання снігом визначає велику трудомісткість при їх експлуатації.

Довгий час застосування таких малоефективних засобів пояснюється недостатнім рівнем розробки теорії формування сніговідкладень унаслідок великої складності та малої вивченості процесу взаємодії важко обтічних перешкод з одно- та двофазовими газовими потоками.

Нині немає теоретичного способу визначення основних експлуатаційних характеристик снігозахисних засобів, таких, як снігозатримуюча спроможність та снігомісткість, які визначалися тільки експериментально [1].

Формування сніговідкладень відбувається внаслідок гальмуючої дії перешкоди на набігаючий сніговітровий потік.

Ця дія відбувається на визначеній частині по довжині та висоті потоку з обох боків у деяких межах зони аеродинамічного впливу. Чим більша ця зона, тим на більшій довжині потоку буде зниження швидкості, тим більша кількість сніговідкладень утвориться біля перешкоди [2; 3].

Виявити місця й оцінити частоту сходу снігових лавин можна за характерними ознаками, які вони залишають після себе, якщо лотоки, якими сходять лавини, позбавлені рослинності та мають чітко виражені форми.

У разі пологих схилів і малих басейнів снігозбору маси снігу можна утримати за допомогою поперечних загороджувальних стінок і кам'яних огорожень [4].

У деяких випадках у разі сприятливого рельєфу місцевості лавину можна спрямувати набік від дороги за допомогою лавино-відбійних стінок, лавинорізів. Лавиноподібні дамби споруджують у вигляді насипів з надійно укріпленими укосами від 10 до 15 м.

Капітальними спорудами, що надійно захищають автомобільні дороги від снігових обвалів, є галереї [5].

Галереї проектують на крутих схилах.

Покрівлю галереї проектують односхилою з похилом, що дорівнюють або більші від похилу косоугру. Така конструкція забезпечує вільне ковзання снігової маси по покрівлі без удару.

Галереї споруджують переважно закритими зі збірних залізобетонних елементів.

Мета роботи полягає у визначенні снігомісткості снігозахисних засобів на автомобільних дорогах у гірській місцевості.

Для проведення теоретичних досліджень застосовували аналітичні методи.

Дослідження снігомісткості снігозахисних засобів

Згідно з теорією турбулентних струменів довжина навітряної та завітряної зони аеродинамічної дії є функцією площі міделевого перерізу перешкоди, яку можна виразити через висоту [5].

За експериментальними даними багатьох досліджень довжина навітряних сніговідкладень біля будь-яких снігозахисних засобів дорівнює приблизно 10 висотам перешкоди [5].

Це дозволяє вважати

$$l = C_1 H_0,$$

де l – довжина навітряної частини сніговідкладень, м;

$C_1 = 10$ – постійний безрозмірний коефіцієнт;

H_0 – висота снігозахисного засобу, м.

Щодо підвітряної зони, де формується більша частина спільного об'єму сніговідкладень, то до останнього часу не було одностайної думки навіть за експериментальними даними відносно її розмірів.

Процес взаємодії перешкоди з двофазним сніговітряним потоком протягом часу супроводжується випаданням твердої фази, тобто формуванням сніговідкладень з обох боків.

Збільшення висоти навітряних сніговідкладень визначає пропорційне зменшення площі перешкоди, яка взаємодіє з набігаючим плоским сніговітряним потоком. Цю закономірність можна записати у вигляді

$$d(F_0 - F) = Z dh_n, \quad (1)$$

де F_0 – площа міделевого перерізу перешкоди, м²;

F – площа взаємодії перешкоди з потоком, м²;

Z – одиниця довжини лінії снігозахисту, м;

h_n – висота сніговідкладень з навітряного боку, м.

За незмінної швидкості заметілі об'єм нанесеного за одиницю часу снігу чи приріст об'єму снігоприносу є постійним. На кожний метр довжини лінії снігозахисту приноситься визначений об'єм снігу, що дорівнює загальній витраті заметілі Q_{\max} .

Згідно з численними експериментами поздовжній профіль сніговідкладень до початку засипання перешкоди снігом має форму трикутника [2; 5].

Приріст об'єму снігоприносу внаслідок цього розподіляється на деяку троху зростаючу площу сформованих сніговідкладень.

Із часом зростає кількість снігу, який переноситься повз перешкоду внаслідок зменшення F , тому записуємо процес збільшення висоти сніговідкладень у вигляді залежності

$$h(T) = a_3 T^3 + a_2 T^2 + a_1 T + a, \quad (2)$$

де h – висота сніговідкладень, м;

$a \dots a_3$ – постійні безрозмірні коефіцієнти;

T – час, с.

Для снігозахисту рекомендується застосовувати перешкоди, які продуваються знизу з просвітом 0,3–0,5 [4].

Згідно з даними роботи [1] більш снігомісткими є перешкоди з меншим з цих значень провітності та більшою розрідженістю нижньої частини площі міделевого перерізу. У цих випадках характерна залежність

$$dh_n = dh_n,$$

де h_n – висота завітрової частини сніговідкладень, м.

Згідно з теорією за незмінної швидкості довжина сніговідкладень із підвітрового боку перешкод із часом не змінюється [2].

За експериментальними даними довжина сніговідкладень майже не змінюється в інтервалі швидкостей 6–15 м/с. З урахуванням цього та трикутної форми профілю сніговідкладень подаємо за допомогою виразів (2) формулу для визначення снігозатримуючої спроможності перешкод:

$$N = C_3 F_0 \frac{dh}{dT}, \quad (3)$$

$$C_3 = C_1 + C_2,$$

де N – снігозатримуюча спроможність, м³/с.

Інтегруючи вираз (3) визначаємо снігомісткість снігозахисних засобів:

$$W = C F_0 \int_0^T dh. \quad (4)$$

Висота сніговідкладень у кінцевій момент часу процесу формування сніговідкладень $T_k = T$ дорівнює висоті снігозахисного засобу [4]:

$$h_k = H_0.$$

Це дозволяє подати в загальному вигляді вирази для визначення снігозатримуючої спроможності та снігомісткості снігозахисних засобів через відомі геометричні параметри.

Замінивши у виразах (3)–(4) $\frac{dh}{dT}$ на $\frac{dF}{dT}$ згідно з виразом (1), після деяких перетворень маємо

$$N = C_5 F_0 \frac{d(F_0 - F)}{dT};$$

$$C_5 = \frac{5}{Z} \left(\frac{1}{1-P} + 22,5 \right).$$

де P – провітність снігозахисного засобу в частках одиниці.

Тоді

$$W = C_5 F_0. \quad (5)$$

Справедливість виразу (5) підтверджується експериментальними даними.

Згідно з виразом (5) максимальна снігомісткість дерев'яних гратчастих щитів з $P = 0,3$ становить 36,16 м³, а за даними більшості авторів вона дорівнює 36 м³ [2; 5].

Протилавинні споруди розраховують на вертикальні й горизонтальні складові тиснення від удару і ваги снігового обвалу [5].

Для наближеного визначення розрахункової швидкості лавини використовують формулу

$$v = \sqrt{2qz},$$

де z – відстань:

$$z = H_B - \frac{H}{L} l_B.$$

Паралельне схилу тиснення на поверхню лавинорізу, відбійної дамби або напрямної стінки визначають за формулою

$$P_r = \frac{\gamma v^2}{2q} \sin^2 \alpha,$$

де γ – питома вага снігу, Н/м³;

α – кут між напрямком руху лавини та поверхнею споруди, град.

Для снігу, який щойно випав:

$$\gamma = 0,3 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3,$$

для старого снігу

$$\gamma = 0,4 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3,$$

для мокрого снігу

$$\gamma = 0,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3.$$

Тиснення лавини на покрівлю галереї визначають за формулою

$$P_b = \gamma h_n \cos \beta,$$

де h_n – товщина шару лавини;

β – кут нахилу покрівлі галереї до горизонту.

Висновки

Для розроблення ефективних рекомендацій захисту автомобільних доріг у гірській місцевості від снігових заметів необхідно визначити снігомісткість снігозахисних споруд.

Згідно з рекомендаціями [3] приймаємо такі засоби захисту від снігових заметів:

- влаштування стінок та інших споруд для запобігання здуванню снігу з навколишньої місцевості в улоговини, що перешкоджає накопиченню снігу на схилах та у лощинах;

- заліснення басейну снігозбору;

- влаштування ровів, валів, підпірних стінок упоперек руху снігу для запобігання його переміщенню;

- відведення снігових мас напрямними стінками набік від спорудження, яке необхідно захистити.

Література

1. *Гончаренко Ф.П.* Експлуатаційне утримання та ремонт автомобільних доріг за складних погодних та екологічних умов / Ф.П. Гончаренко, Є.Д. Прусенко, В.Ф. Скорченко. – К.: Міністерство освіти і науки України, 1999. – 264 с.

2. *Білеуш А.І.* Інженерний захист та освоєння територій: довід. / А.І. Білеуш, В.С. Ніщук, А.С. Штекель. – К.: Основа, 2000. – 329 с.

3. *МР Р В.2.3-218-02071168-776:2010* Методичні рекомендації щодо методів захисту від стихійних лих автомобільних доріг у гірській місцевості. – Харків: Укравтодор, 2010. – 51 с.

4. *Бялобжеский Г.В.* Зимнее содержание автомобильных дорог / Г.В. Бялобжеский, А.К. Дюнин, Л.Н. Плакса. – М.: Транспорт, 1983. – 198 с.

5. *Кунгурцев А.А.* Проектирование снегозащитных мероприятий на дорогах / А.А. Кунгурцев. – М.: Автотрансиздат, 1961. – 108 с.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2011.