

Аналіз снігоочисної техніки та заходи, направлені на покращення зимового утримання автомобільних доріг

Analysis of snow removal equipment and measures aimed at improving the winter maintenance of highways

Шимчук О.П., к.т.н., доц., Процюк В.О., к.т.н., доц., Талах Л.О., к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет), Панчук Ю.М., к.т.н., доц. (Національний університет водного господарства та інженерії природокористування, м. Рівне)

Shymchuk O.P., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Protsiuk V.O., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Talakh L.O., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University), Panchuk Y.M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Environmental Engineering, Rivne)

У статті проведено аналіз існуючої снігоочисної техніки для зимового утримання автомобільних доріг та міських вулиць. Запропоновано шнековий снігоочисник, який забезпечить видалення снігу з проїзної частини, завантаження його в кузови автомобілів та вивезення за межі дороги.

The article analyzes the existing snow removal equipment for winter maintenance of highways and city streets. An auger snowplow is proposed to ensure snow removal from the roadway, loading it into car bodies and taking it off the road.

During operation, highways are subjected to constant loads and exposed to atmospheric influences. Weather conditions and destructive transport actions worsen the operational properties of the road as an engineering structure while reducing the efficiency and safety of road traffic.

The most important factors in the winter period that affect the safety of road traffic and the speed of movement of vehicles are the slipperiness of the surface and snow accumulation (when snow accumulates on the roadway). These factors lead to a decrease in the coefficient of adhesion of car tires to the road surface and an increase in the probability of skidding. As a result, the braking distance increases, traffic becomes more difficult, and the probability of traffic accidents increases.

The winter maintenance of highways includes a set of works performed by road organizations with the aim of ensuring safe and uninterrupted traffic in winter, in particular, snow removal, combating slippery conditions, and clearing roads.

Winter road maintenance is an expensive process, as it is quite often difficult to predict weather conditions.

Road cleaning measures affect their service life and safety. Therefore, the proper execution of works and the use of modern equipment for winter road maintenance is an urgent task today.

For full mechanization during winter road maintenance, we use a wide range of equipment. These are snow plows, snow loaders, ice scrapers, and sand throwers. Snowplows are rarely used on country roads, mainly where the ability of snowplows to throw snow a considerable distance from the roadway is limited or completely excluded. They are also used to clear snow drifts from roadsides. Snow plows are mainly used on road sections in populated areas.

The purpose of this scientific article is the analysis and comparison of existing snow removal equipment for winter maintenance of highways and city streets, and the development of an auger snow plow for maintenance of roads in the winter period, namely, the removal of snow cover from the carriageway.

Today, snow plows are manufactured by many companies around the world and are available for various types of vehicles. They are available with manual, electric, and hydraulic drives. They have different sizes and designs.

Ключові слова: автомобільна дорога, снігозанесення, слизькість, снігоочисна техніка, зимове утримання.

Keywords: road, snow drift, slipperiness, snow removal equipment, winter maintenance.

Вступ. Під час експлуатації автомобільні дороги зазнають постійних навантажень та піддаються атмосферним впливам. Погодні умови, руйнівні дії транспорту – це ті фактори, які погіршують експлуатаційні властивості автомобільної дороги як інженерної споруди, при цьому знижуючи ефективність та безпеку дорожнього руху.

Найважливішими факторами в зимовий період, які впливають на безпеку дорожнього руху та швидкість пересування транспортних засобів являються слизькість покриття та снігозанесення (коли накопичується сніг на прозійній частині). Дані фактори призводять до зменшення коефіцієнта зчеплення автомобільних шин із дорожнім покриттям та підвищення ймовірності заносу. В результаті росте гальмівний шлях, ускладнюється рух, підвищується ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод.

До зимового утримання автомобільних доріг відноситься комплекс робіт, які виконуються дорожніми організаціями з метою забезпечення безпечного та безперерйного руху транспорту взимку, зокрема прибирання снігу, боротьба зі слизькістю та розчищення доріг.

Зимове утримання доріг є дороговартісним процесом, оскільки досить часто передбачити погодні умови складно.

Заходи, направлені на розчищення автомобільних доріг, впливають на термін їх служби та безпеку. Тому належне виконання робіт та застосування сучасної техніки для зимового утримання доріг є актуальною задачею сьогодення.

Аналіз досліджень. Перша машина для очищення снігу була побудована Гербертом Фріцом в 80-х роках XIX століття. Так як в ній не було двигуна, то для роботи необхідно було постійно крутити ручку, яка

приєднана до вала снігоочисника. Машина змітала сніг всього на півтора метра в сторону, в зв'язку з чим не набула широкого застосування в тодішній Австрійській імперії [1].

Першими плужними снігоочисниками були кінні дерев'яні плужні снігоочисники. Із появою автомобіля інженери-винахідники постійно намагалися їх вдосконалити, як результат було запатентовано новий прилад в 1940-х роках [2].

З тих пір пройшло багато часу, а тому накопичився великий досвід виробництва та експлуатації даних конструкцій.

На сьогоднішній день снігоочисники виробляються багатьма компаніями по всьому світу та доступні для різних видів транспортних засобів. Вони бувають з ручним, електричним та гідравлічним приводом. Мають різні розміри та конструкції.

Постановка мети і задач досліджень. Метою даної наукової статті є аналіз та порівняння існуючої снігоочисної техніки для зимового утримання автомобільних доріг та міських вулиць, розробка шнекового снігоочисника для утримання автомобільних доріг у зимовий період, а саме прибирання снігового покриву з проїзної частини.

Виклад основного матеріалу. Для повної механізації під час зимового утримання доріг ми використовуємо широкий спектр техніки. Це снігоочисники, снігонавантажувачі, скребки для очищення льоду та піскорозкидачі.

Плужні снігоочисники (рис. 1) можна розділити на однолопатеві, які відкидають сніг з одного боку, і дволопатеві, які можуть відкидати сніг з одного або з обох боків. Деякі марки снігоочисників мають один або два бічних відвали (крила). Снігоочисники монтуються на шасі транспортних засобів або рамах тракторів.

Переваги автомобільних плужних снігоочисників полягають у наступному: завдяки відносно високій робочій швидкості сніг відкидається на значну відстань (до 5-8 м), а сніговий вал, що утворюється після проходження снігоочисника, має м'яку форму; висока мобільність дозволяє швидко переміщати снігоочисники з одного місця роботи на інше; після демонтажу снігоочисника автомобіль можна використовувати за первісним призначенням.

До переваг тракторних снігоочисників відносяться: вони можуть працювати в складних снігових умовах; трактор можна використовувати для інших завдань після демонтажу снігоочисника.

Промисловість виробляє плугові снігоочисники, які можна встановлювати на автомобілі та трактори.



Рис. 1. Плужний снігоочисник

Роторні снігоочисники зазвичай складаються із двох робочих органів, один із яких зрізає сніговий покрив, подаючи його в центральну частину машини, а інший захоплює сніг і відкидає його вбік. Однак, ці снігоочисники не дуже популярні через низьку продуктивність, високе енергоспоживання, складну конструкцію робочого органу і малу дальність відкидання снігу. Роторні снігоочисники залежно від типу робочої секції поділяються на шнеково-роторні (рис. 2), фрезерно-роторні (рис. 3) і плужно-роторні (рис. 4).

Найпоширенішим снігоочисником є шнекороторний снігоочисник (рис. 2), який має два або три шнеки для зрізання снігу.



Рис. 2. Шнеко-роторний снігоочисник

Хоча ці снігоочисники конструктивно прості і надійні в експлуатації, вони не підходять для зрізання важких снігових пластів ущільненого снігу. Фрезерно-роторні снігоочисники - це тип снігоочисних машин, який забезпечує комбінований метод видалення снігу. Вони об'єднують у собі фрезерний і роторний принципи роботи.



Рис. 3. Фрезерно-роторний снігоочисник

Плужно-роторні снігоочисники — це тип снігоочисних машин, які поєднують у собі два основних методи очищення від снігу: плугування і роторне видалення.



Рис. 4. Плужно-роторний снігоочисник

Комбінація плуга та ротора дозволяє не лише збирати сніг, а й дрібнити його, полегшуючи процес очищення.

З метою забезпечення снігоочищення в зимовий період нами запропоновано шнековий снігоочисник, який складається з забірної насадки та транспортуючого трубопроводу (рис. 5).

Визначальними критеріями під час проектування шнекових снігоочисників мають стати їх надійність та забезпечення екологічності в процесі виконання робіт. Для запропонованого шнекового снігоочисника (рис. 5) потрібно знати його раціональні геометричні і кінематичні параметри.

Визначимо основні параметри механізмів шнекового снігоочисника.

Для шнекового снігоочисника вибираємо вихідні параметри, виходячи з інформації про відомі снігоочисники, в яких робочим органом виступає шнек, зокрема:

- діаметр витків гвинтів $D = d_1 = d_2 = 0,45\text{ м}$;

- крок гвинта транспортуючого трубопроводу $P = 0,45\text{ м}$;
- кут відхилення осі механізму від вертикалі транспортуючого трубопроводу $\alpha = 30^\circ$, та $\alpha = 0^\circ$;
- діаметр вала $d_e = 0,1\text{ м}$;
- частота оборотів гвинта $n = 18\text{ хв}^{-1}$;
- об'ємна маса снігу $j = 0,45\text{ м} / \text{м}^3$ (може змінюватися, залежно від вологості снігу);
- коефіцієнт заповнюваності робочого простору $K_3 = 1$;
- коефіцієнт тертя снігу з кожухом $\mu = 0,55$;
- приймаємо довжину транспортуючого трубопроводу $L_1 = 6\text{ м}$.

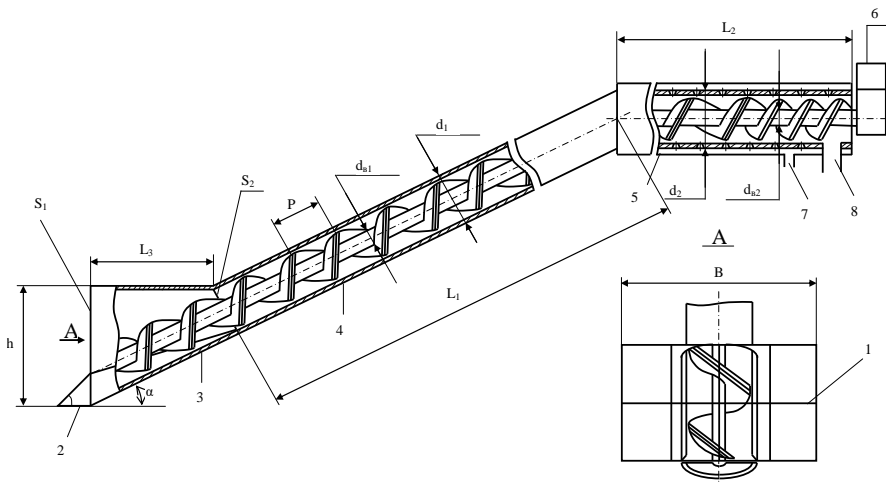


Рис. 5. Схема шнекового снігоочисника: 1 - захисна решітка; 2 - регулятор ходу; 3 - забірна частина; 4, 5 - транспортуючий трубопровід; 6 - привод; 7 - патрубок для води; 8 - патрубок для снігу

Продуктивність шнекового снігоочисника визначається по формулі за продуктивністю транспортуючого трубопроводу:

$$Q = 47 \cdot D^2 \cdot K_3 \cdot n \cdot P \cdot \gamma \cdot K_\alpha, \quad (1)$$

- тут D - діаметр шнека, м;
 K_3 - коефіцієнт заповнюваності;
 n - частота обертання шнека, хв^{-1} ;
 P - крок витків, м;
 γ - об'ємна маса снігу, $\text{т}/\text{м}^3$;

K_α - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу вісі гвинта до горизонту на його продуктивність (за умови $\alpha = 30^\circ$, $K_\alpha = 0,72$).

$$Q = 47 \cdot 0,45^2 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 0,45 \cdot 0,450 \cdot 0,72 = 24,98 \text{ м/год}.$$

Крутний момент на валу шнека розраховуємо за співвідношенням:

$$T_1 = 0,5 \cdot D_{\text{сер}} \cdot \text{tg}(\beta + \delta) \cdot F_a, \quad (2)$$

тут $D_{\text{сер}} = 0,6D$;

β - кут нахилу шнека до горизонту, в градусах;

$$\text{tg}\beta = \frac{P}{\pi \cdot D_{\text{сер}}} = \frac{0,45}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,45} = 0,5308,$$

$$\beta = \text{arctg} 0,5308 = 28^\circ;$$

δ - кут тертя снігу з шнеком;

$$\text{tg}\delta = \mu, \quad \delta = \text{arctg} 0,72 = 36^\circ;$$

μ - коефіцієнт тертя снігу із кожухом.

F_a - осьова сила, яка діє на шнек, H .

$$F_a = q \cdot L_1 \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha), \quad (3)$$

тут q - вага снігу на 1 м довжини трубопроводу, $H/м$;

L_1 - довжина транспортуючого трубопроводу, $л$;

α - кут нахилу осі шнека, град.

Вага снігу буде:

$$q = 250 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot K_\alpha \cdot K_3 \cdot \gamma, \quad (4)$$

тут d - діаметр вала, $м$.

$$q = 250 \cdot 3,14 \cdot (0,45^2 - 1^2) \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 0,450 = 51,50 \text{ Н/м}$$

Тоді: $F_a = 51,50 \cdot 6 \cdot (\sin 30^\circ + 0,72 \cdot \cos 30^\circ) = 347,17 \text{ Н}$

По формулі (7.2):

$$T_1 = 0,5 \cdot (0,6 \cdot 0,45) \cdot 347,17 \cdot \text{tg} 64^\circ = 96,09 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Шнековий снігоочисний пристрій встановлюється на трактор або автомобіль. Під час руху пристрою шар снігу розрізається захисною решіткою і потрапляє до забірної насадки, де стискається до об'єму, що може пройти через січення нерухомого корпусу транспортуючого трубопроводу, робочим органом якого теж є шнек. Його коефіцієнт заповнення повинен бути рівним $K_3=1$. Переміщення снігу у

транспортуючому трубопроводі супроводжується його стисканням шнековим робочим органом із зменшенням кроку витків. В подальшому транспортований сніг потрапляє в кузов агрегатованої машини та вивозиться.

Під час нормальної роботи снігоочисника швидкість обертання шнека пов'язана зі швидкістю руху машини. Порівнюючи продуктивність окремих вузлів, можна встановити, що поступальна швидкість снігоочисника з певним геометричним розміром, певною кутковою швидкістю шнека та певною щільністю снігу залежить від поперечного перерізу снігового покриву, що прибирається. Тому для забезпечення ефективності роботи снігоочисників в різних умовах трансмісія ходової частини машини повинна плавно змінювати свою робочу швидкість в значному діапазоні. Цього можна досягти за рахунок використання турбомуфти.

Висновки. Важливим завданням при розчищенні автомобільних доріг від снігових заметів є правильний вибір снігоочисної техніки, яка використовується на сьогоднішній день. Головною відмінністю шнекового снігоочисника, який запропонований в статті, від інших є шнековий робочий орган, виконаний із змінним кроком витків, що забезпечить підпресовування снігу та зменшення його в об'ємі. Таке конструктивне рішення дозволяє збільшити продуктивність пристрою, дозволяє забезпечити простоту технічного обслуговування та управління.

References

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BD%D1%96%D0%B3%D0%BE%D0%BE%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0
2. <https://web.archive.org/web/20180518072801/https://nsidc.org/cryosphere/snow/removal.html>
3. PG.1-218-118:2005. Uniform rules for winter road maintenance. Ukrdorttechnology. - Kharkiv, 2005.

Література

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BD%D1%96%D0%B3%D0%BE%D0%BE%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0
2. <https://web.archive.org/web/20180518072801/https://nsidc.org/cryosphere/snow/removal.html>
3. ПГ.1-218-118:2005. Єдині правила зимового утримання автомобільних доріг. Укрдорттехнологія. – Харків, 2005.