

УДК 624.144.53; 551.321.3

## Дослідження особливостей очищення дорожнього полотна в зимовий період

Володимир Рашківський<sup>1</sup>, Ігор Русан<sup>2</sup>, Богдан Федішин<sup>3</sup>, Антон Саух<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03037,

<sup>1</sup>rashkivskyi.vp@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5369-6676>

<sup>2</sup>rusan.oi@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2901-752X>

<sup>3</sup>fedyshyn\_bm@knuba.edu.ua

<sup>4</sup>saukh\_av@knuba.edu.ua

Received: 02.05.2022; Accepted: 30.05.2022

<https://doi.org/10.32347/gbdmm.2022.99.0301>

**Анотація.** Представлено результати дослідження очищення дорожнього полотна в зимовий період. Серед найбільш трудоміких є роботи із забезпечення прохідності та безпеки руху шляхів у зимовий період. На їх частку припадає значна частина витрат праці з догляду за дорогами. На сучасному етапі розвитку техніки, яка призначена для руйнувань сніговольодяних утворень можна зробити поділ пристроїв за декількома ознаками, – це ручні пристрої та інструменти, за принципом дії робочого органу на середовище – механічний, ультразвуковий, термічний та термодинамічний. Сніговий покрив обробляють реагентами, які попереджують ущільнення снігу колесами автотранспорту та зберігають його сипучі властивості, а потім у роботу включається, залежно від ширини дорожнього покриття однієї смуги, кілька плугово-щіткових снігоочисників. Плугово-щіткові снігоочисники мають продуктивність 1500...7500 м<sup>3</sup>/год, роторні снігоочисники забезпечують продуктивність 500... 1375 т/год. Для видалення льоду найчастіше використовуються механічні робочі органи ударної дії, робочі елементи яких безпосередньо контактують з робочим середовищем. У загальному їх можна поділити за характером використовуваної енергії: вібраційні, скребокві, фрезерні, щіткові, комбіновані. Запропоноване обладнання для очищення доріг від льоду кріпиться до базової машини, а особливістю є те, що конструкція його сколювальних ножів дозволяє в процесі роботи не руйнувати дорожнє полотно.

**Ключові слова:** дорожнє полотно, плугово-щітковий, снігоочисники, сколювальне устаткування, гребінчастий ніж.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Незадовільне зимове утримання доріг призводить до зниження швидкості руху автомобілів, неповноцінного їх використання і простою, а також значному подорожчання автомобільних перевезень. Аналогічне утримання тротуарів міст призводить до збільшення травматизму, особливо серед людей похилого віку. Сніг і лід з проїзних частин доріг і тротуарів повинен прибиратись регулярно, так як з часом він набуває все більшої міцності й щільності й потребує використанню більш сучасних та дорожніх методів очищення.

Для підвищення ефективності використання доріг велике значення має своєчасне виконання різних робіт з підтримання їх експлуатаційних властивостей. Серед найбільш трудоміких є роботи із забезпечення прохідності та безпеки руху шляхів у зимовий період. На їх частку припадає значна частина витрат праці з догляду за дорогами [1].

Основними видами обслуговуючих впливів на шляхах є: очищення їх від сніговольодяних утворень, посипання піском та вивезення сніговольодяної маси з території, на яких при її таїнні може виникнути небезпека розмиву шляхового полотна.

МЕТА РОБОТИ

Дослідження технологічних особливостей утримання дорожнього полотна в зимовий період.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

На сучасному етапі розвитку техніки, обладнання, яке призначене для руйнувань снігольодяних утворень можна поділити за кількома ознаками (рис. 1). По-перше, за проведенням операцій з очищення – це ручні пристрої та інструменти, що встанов-

люються на рухомій базі. По-друге, за принципом дії робочого органу на середовище – механічний, ультразвуковий, термічний та термодинамічний. По-третє, за призначенням – для місцевого руйнування снігольодяних утворень, для очищення від льодяних утворень певних об'єктів та територій [2].

Систематизація відомих технічних рішень в області механізації очищення дорожнього покриття є основою для подальшої розробки високоефективних машин для видалення снігольодових утворень.

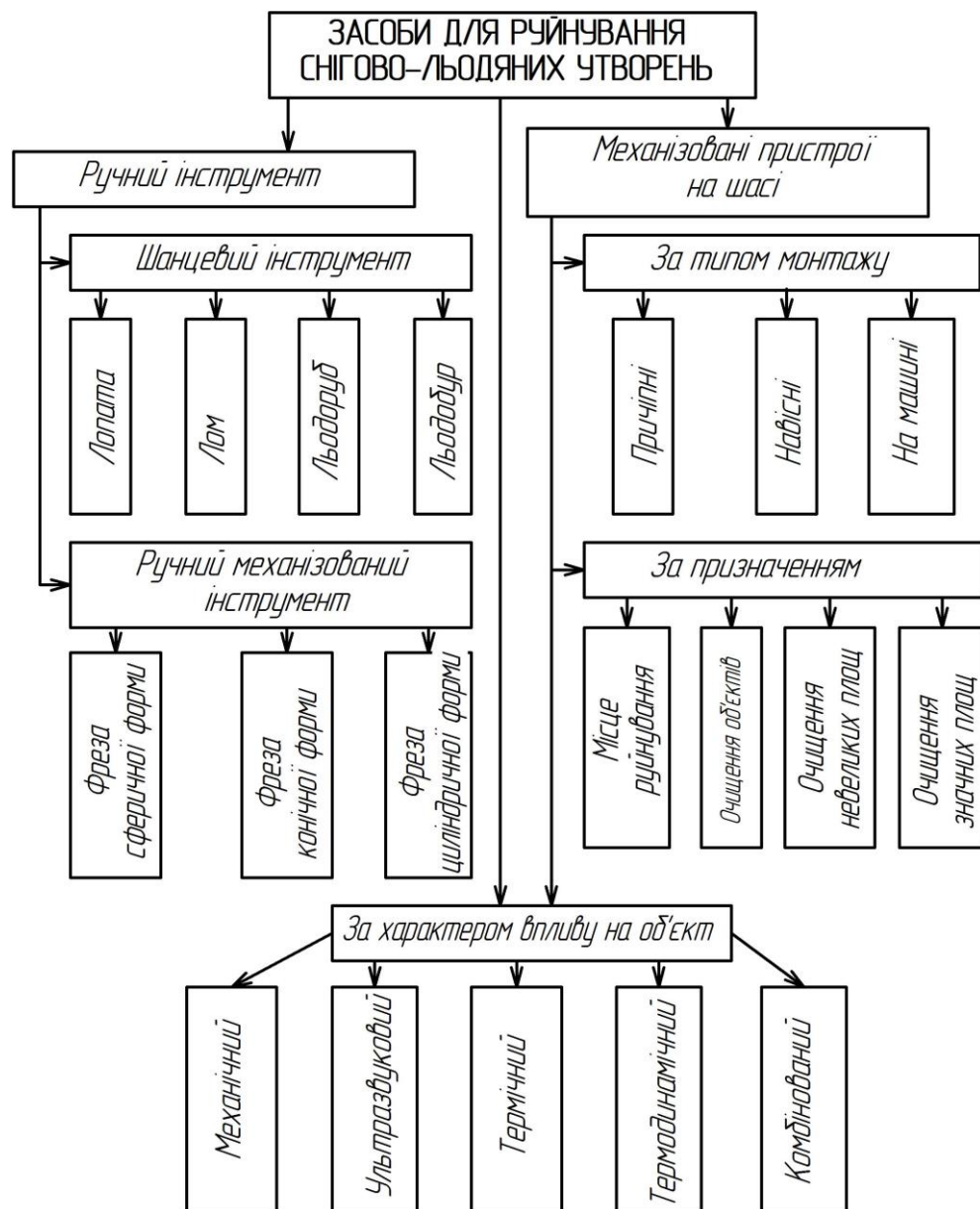


Рис. 1. Загальна класифікація робочих органів для руйнувань снігольодяних утворень

Fig. 1. General classification of working bodies for the destruction of snow and ice formation

Особливістю очищення дорожнього покриття є необхідність видалення снігольдових утворень без його пошкодження, що в значній мірі ускладнює застосування механічних пристроїв.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведений аналіз відомих технічних рішень робочих органів для видалення снігольдових утворень з дорожніх покриттів та тротуарів показав, що в основному відомі рішення мають такі недоліки: можливість пошкодження дорожнього покриття, складність конструкції, швидке спрацювання ріжучої кромки та жорсткий зв'язок навісного обладнання з базовою машиною, що виключає можливість копіювання поверхні покриття.

Для очищення міських дорожніх покриттів від снігу під час і після його випадання застосовують плугово-щіткові снігоочисники. Роботи виконують за спеціальною технологією, що забезпечує якісне очищення доріг. Спочатку сніговий покрив обробляють реагентами, що попереджують ущільнення снігу колесами автотранспорту та зберігають його сипучі властивості, а потім у роботу включається, залежно від ширини дорожнього покриття одnobічної смуги, кілька плугово-щіткових снігоочисників. Такі пристрої рухаються один за одним «віялом» від осьової лінії або розділового бордюру дороги, причому ширина смуги, що перекривається, для другої машини становить 0,5 м, для третьої 0,35...0,4 м і т. д.

Робочий процес машини розділений на дві операції:

- 1) відділення відвалом (плугом) від дороги шару снігу зі зрушуванням його убік;
- 2) подальші руйнування й відкидання його убік циліндричною щіткою з утворенням поздовжніх валів. При цьому, гумові ножі повинні мати рівномірну висоту й щільно прилягати до дорожнього покриття по довжині відвалу при його опусканні.

Плугово-щіткові снігоочисники встановлюють, в основному, на шасі автомобіля або на тракторі.

Вітчизняні плугово-щіткові снігоочисники мають ширину відвалу 2160...3060 мм, ширину щітки 1600...2700 мм, діаметр щітки 500...600 мм. Вони переміщуються з робочою швидкістю 11...30 км/год і мають продуктивність 1500...7500 м<sup>3</sup>/год.

Шнеко-роторні снігоочисники випускають, в основному, на базі шасі автомобілів, а фрезерно-роторні, на базі колісних тракторів, але можуть встановлюватися й на гусеничних тракторах і спеціальних шасі.

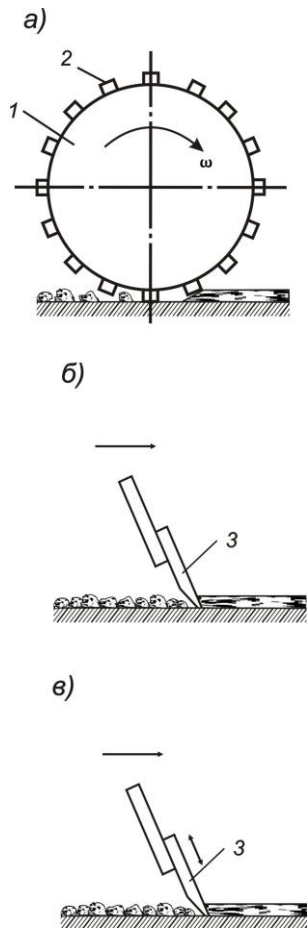
Роторні снігоочисники мають діаметри шнеків 450...550 мм і ротора 975...1220 мм з частотами обертання відповідно 5,03...5,9 і 5,63...7,08 с<sup>-1</sup>, при ширині захвату 2...2,8 м, висоті шару снігу 1,2...1,7 м, дальності відкидання 24...31 м і робочої швидкості 0,3...7,84 км/год та забезпечують продуктивність 500...1375 т/год.

Для видалення льоду найчастіше використовуються механічні робочі органи ударної дії, робочі елементи яких безпосередньо контактують з робочим середовищем. У загальному їх можна поділити за характером використовуваної енергії на: вібраційні, скребкові, фрезерні, щіткові, комбіновані.

Вібраційні робочі органи, залежно від конструктивних параметрів, можуть бути виконані у вигляді вібраційного сколювача, у якому на кожен зуб припадає індивідуальний вібратор, або у вигляді плити, яка містить набір зубів із загальним вібратором. Суть роботи вібраційних сколювачів полягає в періодично повторюваних ударах невеликої енергії, але значної частоти. Піддаючись навантаженням такого роду, лід у місці контакту з інструментом отримує об'ємну деформацію, що приводить до його руйнування й відділення від масиву дорожнього покриття. Це забезпечує високу якість очищення дорожнього покриття, низьку метало- та енергоємність, але є відносно складними в конструкції [3].

Сколювальне устаткування з ножовими робочими органами пасивного типу встановлюється на колісних тракторах, що мають плугово-щіткове снігоочисне устаткування (Рис. 2). На такому снігоочиснику кріпляться снігоприбиральний відвал, гідросистема, обладнання для сколювання

ущільненого снігу, вантажі й циліндрична щітка, що підмітає. Устаткування, що сколює, змонтоване між передньою та задньою ходовими осями машини на П-подібній рамі коробчатого перетину та складається з двох гребінчастих ножів із двостороннім заточенням і відстанню між ними 500 мм.



**Рис. 2.** Робочі органи машин для видалення ущільненого снігу:  
*a* – фрезерний робочий орган; *б* – відвальний робочий орган; *в* – сколювальний робочий орган

**Fig. 2.** Working bodies of machines for removing compacted snow

Регулювання положення ножів по товщині снігу, що сколюється, або льоду щодо основної рами машини здійснюється гвинтами. Запобігання металоконструкцій машини від поломок забезпечують пружинні амортизатори з фіксаторами.

Основними параметрами склювального устаткування снігоочисників є довжина ножів (600 мм), кут їх установки в плані

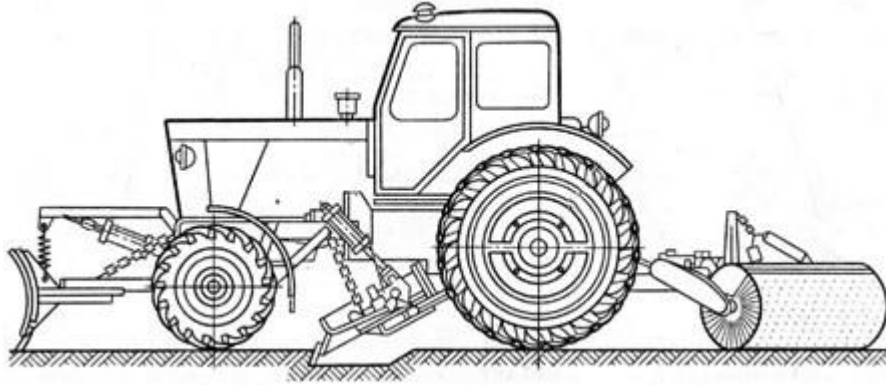
(90), кут різання (60) і максимальна висота ущільненого снігу, що прибирається (100 мм). До переваг цих машин слід віднести виконання робіт не тільки по сколюванню снігу й льоду, але й по зрушуванню їх відвалом і змітанню щіткою убік.

Для видалення ущільненого снігу й шару льоду (при використанні реагентів, що знижують сили змерзання льоду з дорожнім покриттям) застосовують сколювально-розрихлювальне устаткування. По виду впливу на середовище, що сколюється, розрізняють пасивні і активні робочі органи. У якості пасивних застосовують обертовий металевий барабан із установленими на йому гребенями (Рис. 2, *a*) або ніж бульдозерного типу (Рис. 2, *б*), який зминає і відокремлює ущільнені шари снігу або льоду з поверхні доріг і тротуарів під дією зусилля, що прикладається, при русі машини. Активним органом, що використовується у вітчизняних машинах, є ніж (Рис.2, *в*), який може здійснювати зворотно-поступальні рухи уздовж осі.

Для навантаження снігу з валів до автомобілів та самоскидів, використовують снігонавантажувачі безперервної дії, що включають у себе два основні робочі органи: живильник для розробки і подачі снігу та конвеєр, який переміщує сніг в транспортні засоби.

За конструктивним виконанням розрізняють снігонавантажувачі з лаповим або фрезерним живильником [7]. Лаповий живильник з напрямним сухарем являє собою два ідентичні загартні механізми, які кріпляться на рамі робочого органа й розташовані на верхній поверхні лопаті паралельно один одному.

Основними частинами кожного живильника є приводний диск, на якому на ексцентрично встановленій осі балансира закріплена лапа та балансир. Балансири виконані з П-подібними пазами, які з'єднані з напрямними сухарями, жорстко закріпленими на лопаті. При синхронному обертанні (від приводу) дисків балансири роблять коливальні рухи, а лабети живильників — захоплюючі. Слід зазначити, що обидва живильника працюють синхронно із протилежним напрямком обертання дисків з лабетами,



**Рис. 3.** Снігоочисник на тракторі

**Fig. 3.** Snow plow on a tractor

що забезпечують змінне захоплювання з валів і куп снігу й подачу його на конвеєр. При цьому рух лабетів живильника при відділенні снігу з валів і куп відбувається порівняно повільно, а при переміщенні їх у вихідне положення ( холостий хід) — прискорено [4]. Як правило, снігоавантажувальне устаткування монтується на шасі автомобіля, на колісних тракторах, а також на спеціальні шасі з використанням агрегатів автомобілів. Машина випускають із лаповими або фрезерними живильниками й скребковими або стрічковими конвеєрами, ширина захоплення 2,3...2,46 м, виліт стріли конвеєра 1,9...2,36 м і при робочій швидкості машини, рівній 0,07...2,7 км/год, забезпечують продуктивність в 250...330 м<sup>3</sup>/год.

Незважаючи на більшу номенклатуру спеціалізованих машин, для прибирання міських доріг і інших територій використовують універсальні машини на шасі колісних тракторів. Вони призначені для цілорічної роботи та містять у собі комплекти плугово-щіткового, поливомийного, роторного устаткування. При цьому основне устаткування є начіпним, а поливомийне та роторне – причіпним, яке встановлюється на одноосьовому причепі. Спеціальні машини мають додаткове устаткування для підрізання чагарнику й огорож з нього, а також гідробури для утвору ям під посадку дерев і установку знаків.

Для всесезонного прибирання тротуарів, доріжок, дворів, майданчиків, територій промислових підприємств і т.п. використо-

вують тротуарно-приральні машини, установлені на базі автомобіля або на шасі спеціальної конструкції. Вони так само, як і універсальні машини, обладнані підметально-збиральним, плугово-щітковим, що й розкидають обладнаннями й забезпечують продуктивність при підмітанні й снігоочисненню до 10 тис. м<sup>2</sup>/год [5].

Часто інтенсивність випадання снігу взимку буває такою, що при плановому русі парку прибиральних машин на автошляхах утворюється шар ущільненого снігу, або льоду. До цього також призводять різкі перепади температур, зміна вологості, зливи тощо.



**Рис. 4.** Снігове покриття автошляхів

**Fig. 4.** Snow coverage of highways

Ефективність прибирання снігових утворень з автошляхів залежить від багатьох чинників. Зокрема, стану автошляху (відсутності тріщин, ям), наявності почергових

явищ відлиги та заморозку, вітру, температури навколишнього середовища, типу прибирального обладнання, завантаження автошляху.

Для підвищення ефективності прибирання снігових та льодових утворень на дорозі пропонується використовувати модифіковане щіткове обладнання прибиральної машини, оснащене зколювальними елементами. Очікується, що таке обладнання дозволить ефективно виконувати руйнування снігових та льодових утворень в прямках, тріщинах дорожнього покриття та в зонах налипання льоду [6].

Особливістю запропонованого робочого органу є те, що конструкція його сколювальних ножів дозволяє в процесі роботи не руйнувати дорожнє полотно.

Запропоноване обладнання для очищення доріг від льоду кріпиться до базової машини (Рис. 5).

При цьому, щіткове обладнання являє

собою масив жорсткого ворсу, що встановлюється на пустотілому валу. Всередині пустотілого валу розміщується штовхач, наприклад у вигляді сильфонів. По поверхні пустотілого валу щітки розміщуються пружинні зколювальні елементи, що мають можливість відцентрового руху в отворах встановлення та рухаються за рахунок штовхача.

Якщо необхідно прибирати лід або ущільнений сніг, ріжучі елементи витягнуті коли сильфони знаходяться в нижньому положенні подається тиск у камери сильфонів. Сильфон розширюється за рахунок цього змушуючи різальні елементи входити в лід а камера іншого сильфона при цьому стискується.

При включенні генератора коливань, виникає спрямована збуджуюча сила, яка діє на штовхач та пустотілий вал щітки і приводить до руху зколювального елемента. Під час руху, ножі впроваджуються в шар

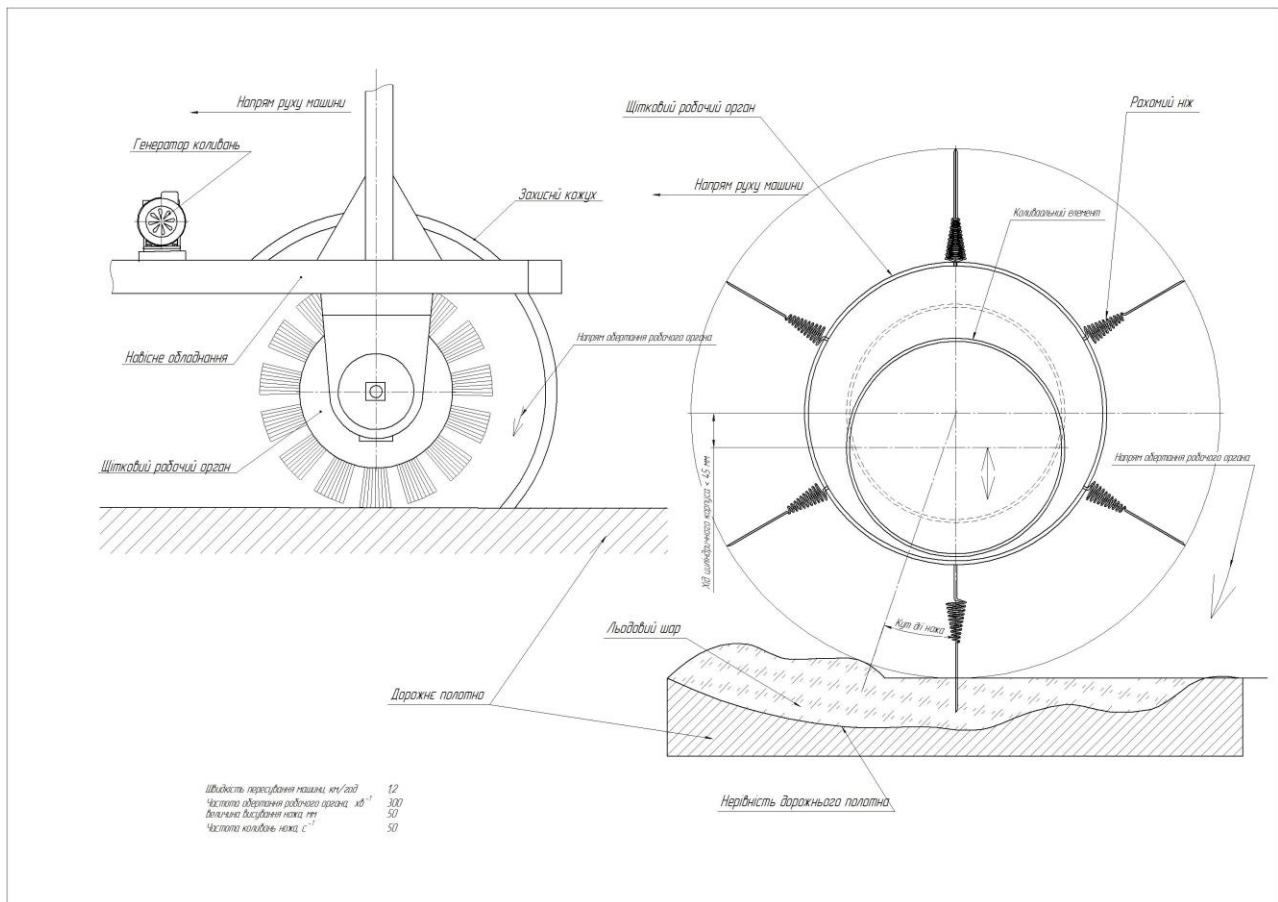


Рис. 5. Принцип роботи щіткового робочого органа для прибирання льоду

Fig. 5. The principle of operation of the brush working body for cleaning ice

льоду, контактують з дорожнім полотном та утворюють коливальні рухи, що руйнують шар льоду. Зруйнований об'єм льодових утворень виносяться щіткою з зони виконання робіт.

## ВИСНОВКИ

Проведене дослідження очищення дорожнього полотна в зимовий період. Серед найбільш трудоміких є роботи із забезпечення прохідності та безпеки руху шляхів у зимовий період. Для очищення міських дорожніх покриттів від снігу під час і після його випадання застосовують плугово-щіткові снігоочисники мають продуктивність 1500...7500 м<sup>3</sup>/год, роторні снігоочисники забезпечують продуктивність 500...1375 т/год.

Для видалення ущільненого снігу й шару льоду (при використанні реагентів, що знижують сили змерзання льоду з дорожнім покриттям) застосовують сколювально-розрихлювальне устаткування. З основними параметрами сколювального устаткування снігоочисників ставляться довжина ножів (600 мм), кут їх установки в плані (90), кут різання (60) і максимальна висота, що вбирається ущільненого снігу (100 мм).

Застосування модернізованого обладнання щіткового робочого органа для прибирання льоду дозволяє ефективно виконувати роботи по видаленню льодових творень на автошляхах. Проте для дослідження довговічності сколювальних елементів необхідно виконати моделювання процесу їх зносу при дії абразивних впливів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Баладінський В. Л.** Будівельна техніка: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2001. 368 с.
2. **Даценко А. И.** Коммунальные машины и оборудование: Уч.пос. – М. Архитектура, 2005–344 с.
3. **Білоконь Я. О., Окоча А. І.** Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 249 с.
4. **Гарнець В. М., Безуха А. В.** Методологія створення машин: Навч. Посібник. – К.: Хай-Тек Прес, 2010. – 376 с.

5. **Клименюк О. В.** Технологія наукового дослідження: Авторський підручник. – К. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф»», 2006. – 308 с.
6. **Рашківський В. П. Балака М. М.** Винахідницько-пошукова робота у науковій діяльності та міжнародне співробітництво: метод. вказівки до виконання індивідуального завдання для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». К.: КНУБА, 2021. 44 с.
7. **Флора В. Д.** Принципи технічної творчості. Навч. Посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – 398с.

## REFERENCES

1. **Baladinskyi V. L.** (2001). *Budivelna tekhnika: navchalnyi posibnyk*. Kyiv, Lybid, 368.
2. **Datsenko A. Y.** (2005). *Komunalnue mashynu y oborudovanye: Uch.pos.* Moscow, Arkhytektura, 344.
3. **Bilokon Ya. O., Okocha A. I.** (2011). *Spetsializovani rukhomyi sklad avtomobilnoho transportu*. Kyiv, Ahrar Media Hrup, 249.
4. **Harnets V. M., Bezukha A. V.** (2010). *Metodolohiia stvorennia mashyn: Navch. Posibnyk*. Kyiv, Khai-Tek Pres, 376.
5. **Klymeniuk O. V.** (2006). *Tekhnolohiia naukovooho doslidzhennia: Avtorskyi pidruchnyk*. Kyiv–Nizhyn, Aspekt-Polihraf Publ., 308.
6. **Rashkivskyi V. P. Balaka M. M.** (2021). *Vynakhi-dnytsko-poshukova robota u naukovii diialnosti ta mizhnarodne spivrobitnyts-tvo: metod. vkazivky do vykonannia indyvidualnoho zavdannia dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity stupenia doktora filosofii spetsialnosti 133 «Haluzeve mashynobu-duvannia»*. Kyiv, KNUBA Publ., 44.
7. **Flora V. D.** (2005). *Pryntsypy tekhnichnoi tvorchosti. Navch. Posibnyk. Zaporizhzhia, ZNTU Publ.*, 398.

## Research of the features of road cleaning in the winter period

*Volodymyr Rashkivskyi<sup>1</sup>, Igor Rusan<sup>2</sup>, Bogdan Fedyshun<sup>3</sup>, Anton Sayh<sup>4</sup>*

*<sup>1,2,3,4</sup>Kyiv National University of Construction and Architecture*

**Abstract.** The results of the research on road surface cleaning in the winter period are presented. Among the most time-consuming are works to ensure the passability and safety of road traffic in the winter period. They account for a significant part of road maintenance labor costs. At the current stage of the development of equipment designed for the destruction of snow-covered formations, it is possible to divide the devices according to several characteristics: manual devices and tools, according to the principle of action of the working body on the environment - mechanical, ultrasonic, thermal and thermodynamic. The

snow cover is treated with reagents that prevent the compaction of snow by the wheels of motor vehicles and preserve its loose properties, and then, depending on the width of the road surface of the one-sided lane, several plow-brush snow plows are included in the work. Plow-brush snow plows have a productivity of 1500...7500 m<sup>3</sup>/h, rotary snow plows provide a productivity of 500...1375 t/h. To remove ice, mechanical working bodies of shock action are most often used, the working elements of which are in direct contact with the working environment. In general, they can be divided according to the nature of the energy used: vibration, scraping, milling, brushing, combined. The proposed equipment for cleaning roads from ice is attached to the base machine, its feature is that the design of its chipping knives allows not to destroy the road surface during operation.

**Keywords:** road surface, plow and brush, snow plows, chipping equipment, comb knife.