



CHAPTER 6 / РОЗДІЛ 6

EFFICIENCY OF APPLYING VARIOUS TYPES OF TEMPORARY SNOW DETAINING DEVICES

Від рівня розвитку мережі автомобільних доріг залежить як соціальний розвиток, так і економічний розвиток країни в цілому. В зимовий період транспортно-експлуатаційні показники автомобільних доріг значно погіршуються тому дорожні організації повинні зробити все можливе для забезпечення безперебійного та безпечного руху на автомобільній дорозі. Це є основним завданням зимового утримання автомобільних доріг. Дорожньо-експлуатаційні служби повинні виконувати профілактичні заходи, ціль яких не допустити або максимально ослабити утворення снігових відкладень на дорозі, проводити профілактичну обробку покриттів хімічними протижеледними матеріалами, проводити захисні міри для перешкоджання доступу снігу до дороги, який настає з прилеглої місцевості під час хуртовини. Заходи із зимового утримання повинні виконуватися у найкоротші строки та за наявності відповідних ресурсів. Система заходів із зимового утримання повинна бути побудована таким чином, щоб забезпечити найкращі умови руху транспорту, максимально полегшити та здешевити виконання робіт і при цьому сприяти досягненню цілей сталого розвитку [1], які постановлено забезпечувати на період до 2030 року [2].

Боротьба зі сніговими заметами є однією з найголовніших проблем зимового утримання автомобільних доріг. Не зважаючи на 150-ти річний досвід активного удосконалення способів, засобів та методів снігозахисту, проблеми утворення сніжних заметів залишаються до кінця невирішеними. Одним з найефективніших засобів снігозахисту доріг вважаються лісосмуги, які надійно працюють і економічні. На території нашої країни є безліч доріг, які піддаються сніжним заносам по тій чи іншій причині, інколи навіть і дороги з лісосмугами [3], тому слід використовувати тимчасові засоби снігозатримання. Окрім того проведені авторами дослідження показали що, з усіх способів



снігозахисту на стадії експлуатації автомобільної дороги можливе застосування лише снігозатримання, і найчастіше, лише тимчасовими засобами.

6.1. Розробка методичного підходу щодо вибору тимчасових засобів снігозатримання на основі порівняння ефективності їх застосування

Проблема снігозахисту автомобільних доріг гостро стоїть на шляху вирішення. Наслідки неправильного снігозахисту нажалі в нашій країні дуже сумні. Через недостатній снігозахист, а то і його відсутність збільшується кількість ДТП. Причиною цього є погана видимість через постійні перемети на автомобільній дорозі, ускладнений рух по тій же причині переметів і накопичення снігу на проїзній частині дороги. Рух автотранспорту взагалі може зупинитися, і як наслідки це перемерзання людей через несвоєчасне прийняття рішень очищення дороги, а перед тим її надійного захисту. Збитки через зупинку руху можуть перевищувати витрати на снігозахист у десятки разів. Особливо це актуально для доріг вищих категорій з високою інтенсивністю руху. Крім того, автомобілі, що потрапили до снігової пастки, суттєво заважають дорожній службі здійснювати своєчасне очищення доріг від снігових заметів. Яскравим прикладом є ситуація, що склалась в грудні 2012 року на ділянці дороги Київ-Чоп у Львівській області, де корок із машин зріс за добу з 20 км до 40 км [4]. Тому забезпечити безперебійний рух автомобілів під час хуртовин можна лише у разі створення надійного снігозахисту дороги.

Вибір заходів щодо снігозахисту в основному залежить від категорії та значення дороги. Найбільш ефективні заходи виконують на автомобільних дорогах державного значення. Якщо снігозахист проектується вперше, то спочатку передбачається захист сильнозаносимих ділянок, у другу чергу – середньозаносимих і в третю чергу – слабозаносимих ділянок. Снігозахист доріг забезпечують за допомогою снігоізолюючих, снігопередувних та снігозатримувальних споруд постійного та тимчасового типу. Снігоізолюючі



споруди – це є спеціальні снігозахисні галереї, які використовують для захисту гірських доріг від лавин або входів до порталів тунелів від снігових заметів. Снігопередувні паркани та щити спеціальних конструкцій висотою 5-8 метрів з дерева або залізобетону застосовую в районах з інтенсивним снігопереносом та сильним вітром, який постійно віє під прямим кутом до дороги. До снігозатримувальних споруд належать лісосмуги, дерев'яні або залізобетонні паркани, дерев'яні решітчасті щити, тимчасові просторові засоби, полімерні сітки, снігові вали, траншеї, простіші огорожі і бортових кілець шин автомобілів, хмизу та інших місцевих матеріалів. За критерієм стаціонарності встановлювання засоби снігозахисту поділяють на постійні та тимчасові. До постійних відносяться: снігозатримуючі лісові смуги; снігонезаносимі насипи; розкриття невисоких насипів, нульових місць та неглибоких виїмок або розробка їх під насип; додаткові акумуляційні полки. В якості тимчасових засобів снігозахисту розглядають: дерев'яні решітчасті щити, тимчасові просторові засоби, полімерні сітки; малогабаритні перешкоди із бортових кілець шин автомобілів; хмизові щити, плоти, щити з дерев'яних планок, кріплених дротом; снігові траншеї, снігові вали; інше. Тимчасові снігозахисні засоби встановлюють або улаштовують на снігозаносимих ділянках, які не мають іншого снігозахисту незалежно від об'ємів снігоприносу.

Снігозатримувальні лісові смуги в залежності від породи дерева, його висоти та конструкції, природних факторів та ін. починають надавати свою захисну дію на 6-7-8 рік після посадки. У деяких інших країнах цей термін приймають рівним близько 3-4 років. До того часу, як снігозахисні насадження вступають в роботу, дорога потребує додаткового захисту. Це можуть бути снігозахисні щити, огорожі, снігові траншеї та ін. [5]. Більшість конструкцій лісосмуг, створених вздовж автомобільних доріг, не відповідають не лише чинним нормам [6], але і попереднім нормам, що діяли в період будівництва доріг. Така ситуація склалась через значну площу земель, що необхідно було відводити під лісосмуги. Враховуючи високу цінність сільськогосподарських земель України, під час будівництва автомобільних доріг, навіть високих



категорій, постійному снігозахисту приділялось недостатньо уваги, що призвело до проблем із забезпеченням безперебійного руху взимку [3]. Це свідчить про необхідність в додатковому снігозахисті автомобільних доріг шляхом підсилення існуючої лісосмуги тимчасовими засобами снігозатримання, вид і кількість, яких необхідно обґрунтовано обирати.

Рональд Таблер [7] в результаті проведених досліджень дійшов висновку, що очищення заметів коштує приблизно в 100 разів більше, ніж встановлення снігозатримувальної огорожі. Він вважав, що снігозатримувальні споруди є найефективнішими засобами снігозахисту автомобільної дороги від заметів. Так на рисунках 1 та 2 ним показана дійовість деяких тимчасових засобів снігозатримання (снігових огорож).



Рисунок 1 – Снігові умови на ділянці дороги до будівництва снігових огорож

Джерело: [13]

На підставі узагальнення результатів проведеного дослідження існуючих тимчасових засобів снігозатримання було виділено наступні їх різновиди (таблиця 1). Тимчасові засоби пропонується поділяти на дві групи: щитові засоби та засоби зі снігу.



Рисунок 2 – Снігові умови на ділянці дороги після будівництва снігових огорож





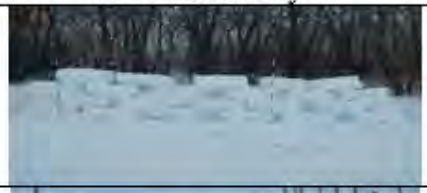

Джерело: [13]

Захист автомобільних доріг щитовими засобами (переносні щити) потребує чіткої організації робіт із зимового утримання. При цьому необхідно суворо виконувати вимогу про своєчасну перестановку щитів у міру їх відпрацювання. Перестановку щитів слід проводити, не чекаючи їх повного відпрацювання. Найменший відсоток переносу снігу через щитову лінію відбувається до періоду, коли висота валу менше $2/3$ висоти щита при стандартних щитах і дорівнює висоті щита у щитів з розрідженою нижньою частиною. Після цього починається інтенсивне впорядкування підвітряного та навітряного валів, збільшується перенос снігових частинок, крім того, починає інтенсивно заноситися сам щит, що значною мірою ускладнює переміщення. Переносними щитами можна в короткий термін створити на занесеній ділянці снігозахисну лінію в будь-який час зимового періоду.

Оперативність у створенні щитових ліній, а також можливість перестановки щитів по мірі їх відпрацювання, є основними перевагами цього виду снігозатримувальних пристроїв, що сприяє широкому поширенню щитів на дорогах навіть в даний час. Але переносні щити мають і серйозні недоліки: недовговічність; постійна потреба в ремонті і дуже великі витрати ручної праці.



Таблиця 1 – Види тимчасових засобів снігозатримання

Назва засобу снігозатримання	Приклади встановлення, влаштування засобу снігозатримання	Спосіб виконання робіт
<i>1. Щитові засоби</i>		
Дерев'яні щити		вручну
Полімерна сітка		вручну
Щити з очерету		вручну
Хмизові щити		вручну
Щити з відпрацьованих шин автомобіля		вручну
<i>2. Засоби зі снігу</i>		
Влаштування стінок із снігу		вручну
Влаштування снігових траншей		механізований
Влаштування снігових валів		механізований

Авторська розробка



Відкопування щитів зі снігу та подальша перестановка їх на сніговий вал вимагають, по-перше, величезних витрат трудових ресурсів, тобто дорожнім організаціям доводиться наймати спеціальну робочу силу, в якій підрядники постійно відчувають нестачу; по-друге, навіть за наявності достатньої кількості робітників під час тривалих хуртовин перестановку щитів зазвичай не вдається зробити і проїзна частина дороги виявляється занесеною снігом. Як наслідок в місцевостях, де часті сильні та тривалі хуртовини, з великими обсягами снігоприносу для захисту дороги щитові лінії можна застосовувати як додаток до вже існуючих постійних снігозахисних засобів. Насьогодні розроблено засоби механізації ручної праці при перестановці щитів, але всі запропоновані методи механізації цього процесу також мають низку серйозних недоліків [8].

Велике поширення при захисті автомобільних доріг від снігових заметів набули пристрої, в яких матеріалом служить сніг. Пристрої такого виду відносяться до заходів оперативної дії. Термін служби їх не великий – одну-дві хуртовини, але вони можуть у багатьох випадках створюватися багаторазово протягом усього зимового періоду, не вимагаючи витрати дорогих будівельних матеріалів. Першим видом захисту доріг від снігу, при якому матеріалом для їх влаштування служив сніг, були снігові стінки. Засновані вони повністю на застосуванні ручної праці. Через невелику робочу висоту снігові стінки працюють недовго: одну-дві хуртовини. Після цього вони опиняються занесеними та їх доводиться влаштовувати знову. Через великий рівень трудомісткості при їх влаштуванні, нестійкості в роботі, а також нетривалості терміну служби такі снігові стінки вже не використовуються. Снігові стінки, що влаштовуються вручну, застосовуються, як виняток, у тих випадках, коли неможливе влаштування інших видів захисту. Для виключення малопродуктивної ручної праці при влаштуванні снігових стінок розроблено причіпне обладнання до трактора, що дозволило повністю механізувати цей процес. Найпоширенішим видом пристроїв, що створюються зі снігу, є снігові траншеї, роботи з влаштування яких повністю механізовані та не вимагають спеціальних механізмів та пристроїв. Снігові траншеї влаштовуються



паралельно дорозі в кілька рядів. Кількість рядів визначається обсягом сніговідкладень, характерним для даної ділянки дороги. Для цього використовуються наявні в експлуатаційних організаціях клиновидні тракторні снігоочисники або бульдозери. При русі снігоочисник або бульдозер утворює траншею, зміщуючи сніг поперед себе і укладаючи його в сторону. Снігові траншеї знайшли широке застосування як додаткових снігозатримувальних пристроїв на автомобільних дорогах. Однак, не завжди можна відтворювати снігові траншеї протягом усього зимового періоду, оскільки при шарі снігу, що досягає 0,5 м і більше, створення снігових траншей стає скрутним, а зазвичай взагалі неможливим, так як при шарі снігу великої товщини тракторні снігоочисники та бульдозери не можуть відразу зрушити весь шар снігу, а при пошаровому створенні снігових траншей починають буксувати у снігу. Крім снігових траншей широко застосовують пристрій захисту зі снігу у вигляді снігових валів. Снігові вали доцільно влаштовувати при малій товщині снігового покриву, коли влаштування снігових траншей неефективне через їх незначною, у цьому випадку, снігозбірною здатністю. Для створення снігових валів необхідні спеціальні снігозбирачі – ріджери, що причіплюються до трактора. Відмінність в технології влаштування траншей і валів полягає в тому, що при влаштуванні траншей сніг розсувається на краю оброблюваної смуги снігового покриву, а при влаштуванні снігових валів, навпаки, сніг збирається в середину оброблюваної смуги у вигляді виступаючого над лінією снігового покриву валу [8].

Таким чином, більшість автомобільних доріг України потребують організації комплексного снігозатримання, що передбачає одночасне використання лісосмуг та обраних згідно існуючим умовам відповідних видів тимчасових засобів снігозатримання. Останнє вимагає наявності обґрунтованих рекомендацій щодо здійснення такого вибору.

Аналіз нормативних документів та методик, що використовуються в дорожній галузі України [9-11] показав, що згідно ним обрати найбільш доцільні тимчасові засоби снігозатримання та оцінити економічну ефективність їх впровадження неможливо. Оскільки існуючі нормативні документи більше



стосуються робіт з реконструкції та будівництва автомобільних доріг, не пов'язаних з зимовим утриманням та снігозатриманням.

Документ М 218 - 02071168 – 665 [9], призначений для комплексної оцінки ефективності інвестиційних проектів у дорожньому господарстві з їх подальшим ранжуванням й визначенням черговості реалізації за критерієм рівня інвестиційної привабливості, в якому закладено співвідношення сумарних ефектів в результаті впровадження інвестиційного проекту до сумарних витрат на його реалізацію. М 42.1 - 37641918 - 769 [10], призначений для оцінки ефективності виконання завдань і заходів державних цільових програм розвитку автомобільних доріг загального користування і визначення основних принципів та методологічних підходів щодо формування системи кількісних та якісних показників оцінки ефективності державних цільових програм розвитку. М 218 - 02070915 – 630 [11] повно розкриває питання пов'язані з оцінкою та вибором першочергових проектів з реконструкції автомобільних доріг на базі оцінки їх транспортно-експлуатаційного стану.

Таким чином існує потреба в розробці спрощеного методичного підходу щодо вибору тимчасових засобів снігозатримання шляхом порівняння ефективності застосування їх різних видів. Порівняння ефективності застосування різних видів тимчасових засобів снігозатримання можна здійснювати за багатьма критеріями. Наприклад: вартість влаштування одиниці тимчасового засобу снігозатримання (за одиницю приймаємо 1 щит, 1 секцію полімерної сітки); вартість 100 м різних снігозатримувальних перешкод; вартість затримання певного обсягу снігу на один рік; трудоемність робіт по влаштуванню перешкод; матеріалоемність робіт по виготовленню перешкод та об'єм снігоприносу, що може прийняти перешкода. Експертним шляхом було вирішено прийняти за критерій порівняння вартість затримання певного обсягу снігу на один рік.

Вибір тимчасових засобів снігозатримання, для подальшого дослідження здійснено за наступними критеріями:

- доступність матеріалів;



- популярність використання засобу;
- досвід застосування;
- простота використання;
- швидкість та оперативність влаштування;
- екологічність;
- естетичність.

В результаті обрано наступні тимчасові засоби снігозатримання: щит дерев'яний 1,5 м х 2,0 м з установкою на кілки суцільною лінією; щит з хмизу 1,5 м х 2,0 м з установкою на кілки суцільною лінією; полімерна сітка 1,2 м х 1,0 м з установкою на кілки суцільною лінією та траншеї зі снігу при різній висоті снігового покриву.

Щит дерев'яний 2,0 м х 2,0 м з установкою на кілки суцільною лінією. Це розповсюджений засіб снігозатримання, який застосовувався протягом багатьох років і досі пір застосовується. Це є база, основа всіх щитових засобів снігозатримання. Застосування цього засобу є популярним в нашій країні. Важливим є те, що матеріали для виготовлення цих щитів є доступним і простим, також досвід встановлення щитів є високим.

Щит дерев'яний 1,5 м х 2,0 м з установкою на кілки суцільною лінією. Щити дерев'яні розмірами 2,0 м х 2,0 м та 1,5 м х 2,0 м розглядаємо, так як вони обидва є в нормативній літературі і обидва застосовуються на практиці, але вони будуть відрізнятися своєю вартістю в результаті різної матеріальної потреби. І зниження в матеріалоемності відобразиться на снігоємності.

Щит з хмизу 1,5 м х 2,0 м з установкою на кілки суцільною лінією. Їх застосування також є досить популярним в Україні, і це пов'язано з застосуванням більш доступного, дешевого матеріалу. Так як матеріал для виготовлення хмизових щитів є побічним відходом виробництва інших робіт.

Полімерна сітка 1,2 м х 1,0 м з установкою на кілки суцільною лінією [12, 13]. Що стосується полімерних сіток, то в Україні їх застосування не користується попитом через важкодоступність та досить високу вартість. У нашій країні немає ринку та конкуренції щодо цього засобу снігозатримання,



5 років тому не було цієї продукції на ринку продажу. Також недоліком є те, що досвіду застосування полімерних сіток в Україні також немає, нормативна база не нараховує даних по технології встановлення сіток. Аналіз літературних джерел, особливо іноземних [7, 14-16], показує, що цей засіб розповсюджений в світі і переваги полімерних сіток значні, це і висока снігоємність, простота встановлення і що дуже важливо це великий термін експлуатації. Було розглянуто сітки, що є на ринку в Україні та за кордоном.

Усі обрані щитові тимчасові засоби снігозатримання мають спільний недолік, це висока потреба у ручній праці, яка в нашій країні коштує не виправдано мало, і умови праці часто бувають незадовільні.

Траншеї зі снігу при різній висоті снігового покриву. При влаштуванні траншей зі снігу цей процес навпаки є повністю механізованим і має високу продуктивність. Недоліком є наявність спеціалізованого обладнання в експлуатаційній організації, а саме клиновидного відвалу. Також недоліком може бути недостатня кількість снігу для правильної роботи траншеї зі снігу.

Таким чином порівняльний аналіз ефективності використання виконуємо для таких видів тимчасових засобів снігозатримання:

а) щитів дерев'яних:

1) 2,0 м x 2,0 м;

2) 1,5 м x 2,0 м.

б) щитів із хмизу 1,5 м x 2,0 м;

в) полімерних сіток висотою 1,2 м;

г) траншей зі снігу:

1) при висоті снігового покриву 20 см;

2) при висоті снігового покриву 30 см;

3) при висоті снігового покриву 40 см.

Тимчасові засоби снігозатримання розглянуті в даній роботі поділені на так звані щитові засоби та засоби із самого снігу.

Оскільки, критерієм порівняння ефективності застосування різних видів тимчасових засобів снігозатримання обрано витратний підхід, а саме вартість



затримання певного обсягу снігу перешкодами, а ці перешкоди є дуже різні, снігоємність їх також різна, матеріали різні, то за певний обсяг затримання пропонується прийняти 1000 м³ снігу.

Для оцінки ефективності різних видів тимчасових засобів снігозатримання витратним методом було виконано розрахунки вартості їх влаштування та вартості складових матеріалів у програмі СТС 7 (Будівельні технології КОШТОРИС 7) в цінах 2020 року. Отримані дані можуть бути використані у сьогоденні також з врахування відповідного індексу інфляції.

Вартість затримання 1000 м³ снігу на один рік розраховано за формулою (1):

$$B_{1000} = B_{од} \cdot N, \quad (1)$$

де B_{1000} – вартість затримання 1000 м³ снігу засобами снігозатримання, грн;

$B_{од}$ – вартість встановлення одиниці засобу снігозатримання, грн;

N – кількість засобів для затримання 1000 м³ снігу, шт/100 м.

Саме вартість затримання затримання 1000 м³ снігу (B_{1000}) пропонується застосовувати для вибору тимчасового засобу снігозатримання як головний критерій порівняння ефективності використання різних видів тимчасових засобів снігозатримання.

Вартість встановлення одиниці щитового засобу розраховано за формулою (2):

$$B_{од} = B_{щ} + B_{скл} \quad (2)$$

де $B_{од}$ – вартість встановлення одиниці засобу снігозатримання, грн;

$B_{щ}$ – вартість 1-го щитового засобу, грн;

$B_{скл}$ – вартість складових (робіт та матеріалів) на встановлення 1-го щитового засобу, грн.

Нормативні документи [17] передбачають різні вимірники для розрахунку вартості окремих робіт по влаштуванню щитових ліній та траншей зі снігу, наприклад:

– встановлення кілків нормується на 100 шт;



- виготовлення щитів на 1 шт;
- встановлення щитів на 100 шт;
- влаштування снігової траншеї зі снігу на 100 м.

За допомогою програми СТС 7 визначено вартість робіт та матеріалів на одиницю засобу снігозатримання.

Одиницею засобу снігозатримання прийнято:

- для щитів дерев'яних 2,0 м х 2,0 м: 1 щит + 1 кілок;
- для щитів дерев'яних 1,5 м х 2,0 м: 1 щит + 1 кілок;
- для щитів хмизових 1,5 м х 2,0 м: 1 щит + 1 кілок;
- для полімерної сітки 1,2 м: 2 м сітки + 1 кілок.

Враховано наступний перелік робіт по встановленню щитових засобів снігозатримання:

- виготовлення щитів;
- встановлення кілків;
- встановлення щитів.

Вартість складових (робіт та матеріалів) на встановлення 1-го щитового засобу розраховано за формулою (3):

$$B_{\text{скл}} = B_{\text{к}} + B_{\text{уст к}} + B_{\text{уст щ}}, \quad (3)$$

де $B_{\text{к}}$ – вартість 1-го кілка, грн;

$B_{\text{уст к}}$ – вартість установки 1-го кілка, грн;

$B_{\text{уст щ}}$ – вартість установки 1-го щитового засобу, грн.

Прийнято, що вартість 1-го щитового засобу дорівнює вартості виготовлення 1-го щита.

Вартість людино-години робітників по об'єктах будівництва, що споруджуються за рахунок державних коштів, обчислено з урахуванням положень, викладених у Порядку розрахунку розміру кошторисної заробітної плати, який враховується при визначенні вартості будівництва об'єктів, затвердженому наказом Мінрегіонбуду від 27 липня 2018 р. № 196 [18].

Розрахунки виконано згідно діючим нормативним документам:



– СОУ 42.1-37641918-071:2018 Ресурсні елементні кошторисні норми на роботи з експлуатаційного утримання [17];

– СОУ 42.1-37641918-085:2018 Правила визначення вартості робіт з поточного ремонту та експлуатаційного утримання [19].

Вартість розрахована лише за роботи, що виконуються на місці виконання робіт, без транспортних складових, та без урахування доставки матеріалів на місце роботи. Вартість матеріалів розраховано згідно даним моніторингу цін ДержДорНДІ ім. М.П. Шульгіна станом на 3 квартал 2020 року [20].

Необхідне число «щитових» засобів для затримання 1000 м^3 снігу визначено за формулою (4):

$$N_{щ} = \frac{M}{W_{щ}}, \quad (4)$$

де $N_{щ}$ – необхідна кількість «щитового» засобу снігозатримання, шт;

M – порівняльний обсяг снігозатримання (приймаємо 1000 м^3);

$W_{щ}$ – снігоємність одиниці «щитового» засобу снігозатримання, м^3 .

Довжину траншеї, що необхідна для затримання 1000 м^3 снігу при різній висоті сніжного покриву, визначено за формулою (5):

$$N_{тр} = \frac{M}{W_{тр}}, \quad (5)$$

де $N_{тр}$ – довжина траншеї для затримання 1000 м^3 снігу, м;

M – порівняльний обсяг снігозатримання (приймаємо 1000 м^3);

$W_{тр}$ – снігоємність траншеї при різних висотах снігового покриву, $\text{м}^3/\text{м}$.

Для визначення кількості того чи іншого засобу тимчасового снігозатримання потрібно знати їх снігоємність ($\text{м}^3/\text{м}$). Пропонується спочатку визначитися із снігоємністю щитових засобів снігозатримання і за основу взяти снігоємність щита дерев'яного розмірами $2,0 \text{ м} \times 2,0 \text{ м}$, так як цей засіб давно відомий і багатьма вченими вивчена його снігоємність. Снігоємність всіх інших щитових засобів снігозатримання буде дуже близька до нього. Всі щитові засоби ми прийнято з найбільш популярною просвітністю у всьому світі в 50% [21].



Згідно проведеного аналізу літератури для щита базового висотою 2 м прийнято снігоємність 30 м³/м.

Як показують дослідження, снігоємність траншей зі снігу залежить від багатьох факторів:

- висота снігового покриву;
- щільність снігу;
- закладення укосів;
- ширина захватки та інш.

При цьому різними вченими пропонуються різні розрахункові схеми для визначення снігоємності траншей. На погляд авторів роботи найбільш досконалою є схема розрахунку снігоємності, що наведена у роботі [22], так як в ній враховано найбільше число впливових факторів на снігоємність і графік залежності снігоємності від висоти снігового покриву найбільш точно відображає геометрію роботи траншеї (рисунок 3).

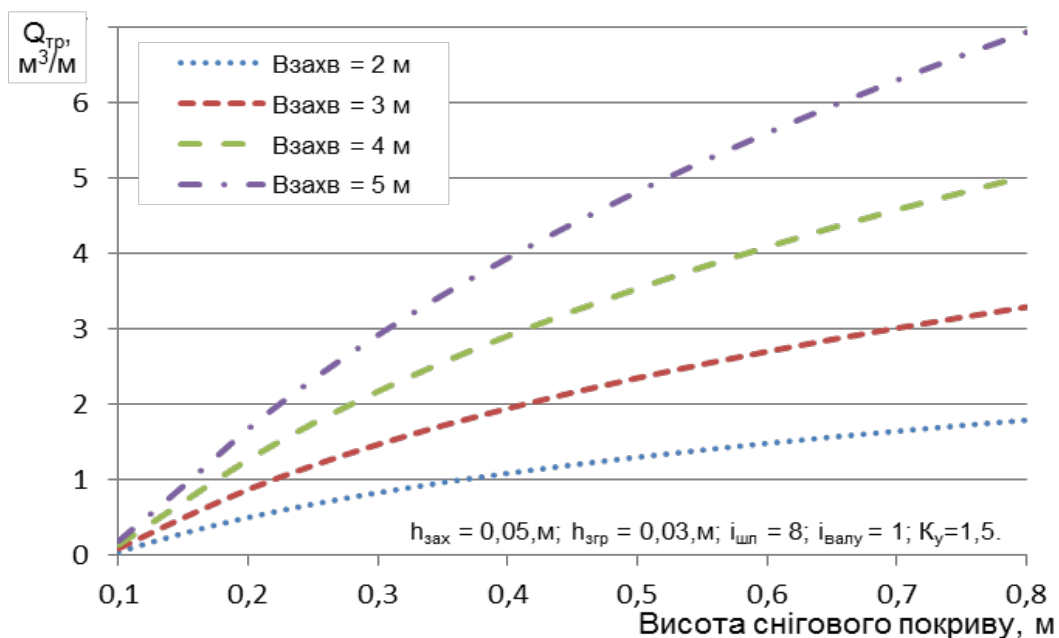


Рисунок 3 – Графік залежності снігоємності від висоти снігового покриву

Джерело: [22]

Оскільки дослідження виконувались за різних умов, то за основу прийнято середні умови, які пропонуються в роботі [22]: висота захисного шару



– 0,05 м; сніг, який залишився на місцевості – 0,03 м; ухил шлейфу – 8 ‰; ухил снігового валу – 1‰; коефіцієнт ущільнення задіяного снігу – 1,5 та робоча ширина захватки механізму – 4 м.

Для умов та клімату України [23] висота середнього снігового покриву не перевищує 40 см. З іншого боку, з рисунку 3 видно, що при висоті снігового покриву менше, ніж 20 см, снігоємність є дуже незначною.

За даними графіка снігоємність одного погонного метра траншеї при різній висоті снігового покриву складає: траншея при $h_{\text{сп}}=20$ см – 1,3 м³/м; траншея при $h_{\text{сп}}=30$ см – 2,1 м³/м; траншея при $h_{\text{сп}}=40$ см – 3,0 м³/м.

Встановлено, що снігоємність щитових перешкод пропорційна квадрату висоти перешкоди [21]. Таким чином, снігоємність щита, який за своєю висотою відрізняється від умовно базового щита розраховуємо за формулою (6):

$$W_i = \frac{W_6 \cdot h_i^2}{h_6^2}, \quad (6)$$

де W_i – снігоємність i -го щита, м³/м;

W_6 – снігоємність базового щита, м³/м;

h_i^2 – висота i -го щита в квадраті, м;

h_6^2 – висота базового щита в квадраті, м.

Для визначення снігоємності одиниці засобу снігозатримання, тобто одного щита або секції пропонується використовувати формулу (7):

$$W_{\text{щ}} = W_{\text{н.м.}} \cdot l, \quad (7)$$

де $W_{\text{щ}}$ – снігоємність одного щита, м³;

$W_{\text{н.м.}}$ – снігоємність погонного метра щита, м³/м;

l – довжина щита, м.



6.2. Порівняльний аналіз використання різних видів тимчасових засобів снігозатримання

Апробація запропонованого методичного підходу дозволила визначити снігоємність досліджуваних тимчасових засобів снігозатримання, вартість встановлення щитових засобів, вартість влаштування траншей зі снігу та вартість затримання 1000 м³ снігу різними снігозатримувальними перешкодами (таблиці 2, 3). Загальний аналіз даних цих таблиць показав, що вартість затримання на пряму залежить від снігоємності, залежність обернено пропорційна. Збільшення снігоємності суттєво знижує вартість. При цьому зрозуміло, що не враховується при створенні траншеї зі снігу при висоті снігового покриву 40 см те, що воно буде більш затратним по експлуатації машини, бо опір її роботи буде більший, але це не враховано нормативами. Діючими нормативними документами, на жаль, не враховано також те, що роботи можуть проводитися для різної щільності снігу, а також глибині влаштування траншеї, висоті снігового покриву, форми відвалу, рівності поверхні по якій працює механізм.

Таблиця 2 – Результати розрахунків основних показників застосування щитових засобів тимчасового снігозатримання

Тимчасовий засіб снігозатримання	Параметр и засобу снігозатримання, м	Обсяг затриманого снігу одиницею засобу прийнята, м ³	Кількість засобів прийнята для затримання 1000 м ³ снігу, шт	Вартість встановлення 1-го засобу, грн, без ПДВ	Вартість затримання 1000 м ³ снігу, грн, без ПДВ
Щит дерев'яний	2,0x2,0	60	17	138,00	2346,00
Щит дерев'яний	1,5x2,0	34	30	118,00	3540,00
Щит з хмизу	1,5x2,0	34	30	128,00	3840,00
Полімерна сітка (Тип I)	1,2x2,0	14	36	103,00	3708,00
Полімерна сітка (Тип II)	1,2x2,0	14	36	163,00	5868,00

Авторська розробка



Таблиця 3 – Результати розрахунків основних показників застосування засобів тимчасового снігозатримання зі снігу

Найменування робіт	Снігоємність, м ³ /м	Необхідна довжина для затримання 1000 м ³ снігу прийнята, м	Вартість затримання 1000 м ³ снігу, грн без ПДВ
Влаштування снігозахисної траншеї зі снігу бульдозером при h _{сп} =20 см	1,3	770	608,00
Влаштування снігозахисної траншеї зі снігу бульдозером при h _{сп} =30 см	2,1	480	380,00
Влаштування снігозахисної траншеї зі снігу бульдозером при h _{сп} =40 см	3,0	330	260,00

Авторська розробка

На підставі цих даних (таблиці 2, 3) доцільно здійснити порівняльний аналіз ефективності використання різних видів тимчасових засобів снігозатримання

Вартість затримання 1000 м³ снігу було визначено з розрахунку того, що щитові засоби працюють лише 1 рік. Необхідно відмітити, що деякі з цих засобів можуть працювати не один, а декілька років і повторне їх використання може суттєво вплинути на загальну вартість робіт.

Вартість встановлення щитових засобів снігозатримання на наступні роки їх експлуатації розраховано за формулою (8):

$$B_p = \frac{B_{щ}}{n_p} + B_k \cdot n_p + B_{уст.щ} \cdot n_p + B_{уст.к} \cdot n_p, \quad (8)$$

де B_p – вартість затримання 1000 м³ снігу щитовим засобом на n -рік його експлуатації, грн;

$B_{щ}$ – вартість щитових засобів для затримання 1000 м³ снігу, грн;

n_p – число років експлуатації щитового засобу, роки;

B_k – вартість кілків для затримання 1000 м³ снігу, грн;

$B_{уст.к}$ – вартість установки кілків для затримання 1000 м³ снігу, грн;

$B_{уст.щ}$ – вартість установки щитів для затримання 1000 м³ снігу, грн.



Вартість затримання 1000 м³ снігу для кожного виду засобу тимчасового снігозатримання з урахуванням різного числа років експлуатації самого щитового засобу було розраховано за формулою 8, незалежно від того скільки взагалі може експлуатуватися той чи інший засіб снігозатримання. Розрахунки виконувались за допомогою електронних таблиць MS Excel результати наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Вартість затримання 1000 м³ снігу щитами дерев'яними 2,0 м х 2,0 м для різного числа років експлуатації

Рік експлуатації	Вартість щитів дерев'яних 2,0х2,0 м, грн	Вартість кілків, грн	Вартість встановлення щитів, грн	Вартість встановлення кілків, грн	Загальна вартість, грн
1	1955,00	221,00	102,00	68,00	2346,00
2	977,50	221,00	102,00	68,00	1368,50
3	651,67	221,00	102,00	68,00	1042,67
4	488,75	221,00	102,00	68,00	879,75
5	391,00	221,00	102,00	68,00	782,00

Авторська розробка

Результати розрахунків показують, що загальна вартість затримання 1000 м³ снігу на кожний наступний рік експлуатації щитів дерев'яних 2,0 м х 2,0 м зі збільшенням строку експлуатації щитового засобу зменшується. Але темпи зменшення з кожним наступним роком використання суттєво знижуються, що добре видно з рисунку 4, на якому показано зниження вартості з кожним наступним роком від попереднього. У загальній вартості на перший рік експлуатації вартість щита складає 80 % вартості, на 5 рік – 50 %.

З графіку (рисунок 4) видно, що зниження вартості суттєве лише на другий рік експлуатації щитів дерев'яних 2,0 м х 2,0 м, на наступні роки воно є незначним і це означає, що основну вартість складають роботи по встановленню цих щитів.

В подальшому аналогічним чином здійснені дослідження за іншими обраними тимчасовими засобами снігозатримання (таблиці 5-8, рисунки 5-8).



Рисунок 4 – Зниження вартості щитів дерев'яних 2,0 м х 2,0 м по різному числу років експлуатації

Авторська розробка

Таблиця 5 – Вартість затримання 1000 м³ снігу щитами дерев'яними 1,5 м х 2,0 м для різного числа років експлуатації

Рік експлуатації	Вартість щитів дерев'яних 1,5х2,0, грн	Вартість кілків, грн	Вартість встановлення щитів, грн	Вартість встановлення кілків, грн	Загальна вартість, грн
1	2850,00	390,00	180,00	120,00	3540,00
2	1425,00	390,00	180,00	120,00	2115,00
3	950,00	390,00	180,00	120,00	1640,00
4	712,50	390,00	180,00	120,00	1402,50
5	570,00	390,00	180,00	120,00	1260,00

Авторська розробка

Таблиця 6 – Вартість затримання 1000 м³ снігу щитами хмизовими 1,5 м х 2,0 м для різного числа років експлуатації

Рік експлуатації	Вартість щитів хмизових 1,5х2,0, грн	Вартість кілків, грн	Вартість встановлення щитів, грн	Вартість встановлення кілків, грн	Загальна вартість, грн
1	3150,00	390,00	180,00	120,00	3840,00
2	1575,00	390,00	180,00	120,00	2265,00
3	1050,00	390,00	180,00	120,00	1740,00
4	787,50	390,00	180,00	120,00	1477,50
5	630,00	390,00	180,00	120,00	1320,00

Авторська розробка



Результати дослідження показують, що вартість встановлення цих щитів для затримання 1000 м^3 снігу вище, аніж для щитів $2,0 \text{ м} \times 2,0 \text{ м}$, так як снігоємність їх менша і кількість самих щитів повинна бути більшою для затримання однакового об'єму снігу. Зниження вартості експлуатації щитів дерев'яних $1,5 \text{ м} \times 2,0 \text{ м}$ по числу років наведено на рисунку 5.



Рисунок 5 – Зниження вартості щитів дерев'яних $1,5 \text{ м} \times 2,0 \text{ м}$ по різному числу років експлуатації

Авторська розробка

З розрахунку видно, що вартість встановлення цих щитів така ж як і для щитів дерев'яних таких же розмірів, все тому, що їх снігоємність однакова. Зниження вартості експлуатації щитів хмизових $1,5 \text{ м} \times 2,0 \text{ м}$ по числу років наведено на рисунку 6.

Результати розрахунку вартості затримання 1000 м^3 снігу полімерною сіткою $1,2 \text{ м}$ висотою (Тип I) на кожний наступний рік її експлуатації показують, що вартість значною мірою знижується, але вартість по встановленню полімерної сітки вище, аніж всі попередні розглянуті варіанти, а це означає, що на 5 рік її експлуатації роботи по встановленню будуть складати більше 50 %



вартості, ніж сама сітка. Зниження вартості експлуатації полімерної сітки 1,2 м по числу років наведено на рисунку 7.



Рисунок 6 – Зниження вартості щитів хмизових 1,5 м х 2,0 м по різному числу років експлуатації

Авторська розробка

Таблиця 7 – Вартість затримання 1000 м³ снігу полімерною сіткою 1,2 м (Тип I) для різного числа років експлуатації

Рік експлуатації	Вартість полімерної сітки 1,2 м (Тип I), грн	Вартість кілків, грн	Вартість встановлення щитів, грн	Вартість встановлення кілків, грн	Загальна вартість, грн
1	2880,00	468,00	216,00	144,00	3708,00
2	1440,00	468,00	216,00	144,00	2268,00
3	960,00	468,00	216,00	144,00	1788,00
4	720,00	468,00	216,00	144,00	1548,00
5	576,00	546,00	216,00	144,00	1404,00

Авторська розробка

Полімерні сітки 1,2 м (Тип II) є значно дорожчі, ніж (Тип I), але обидві однаково гарно знижують свою вартість з кожним роком застосування. Зниження вартості експлуатації полімерної сітки 1,2 м по числу років наведено на рисунку 8.



Рисунок 7 – Зниження вартості полімерної сітки 1,2 м (Тип I) по різному числу років експлуатації

Авторська розробка

Таблиця 8 - Вартість затримання 1000 м³ снігу полімерною сіткою 1,2 м (Тип II) для різного числа років експлуатації

Рік експлуатації	Вартість полімерної сітки 1,2 м (Тип II), грн	Вартість кілків, грн	Вартість встановлення щитів, грн	Вартість встановлення кілків, грн	Загальна вартість, грн
1	5040,00	468,00	216,00	144,00	5868,00
2	2520,00	468,00	216,00	144,00	3348,00
3	1680,00	468,00	216,00	144,00	2508,00
4	1260,00	468,00	216,00	144,00	2088,00
5	1008,00	468,00	216,00	144,00	1836,00

Авторська розробка

Графік економії вартості показує, що значна економія буде протягом перших двох років використання полімерної сітки. Зі збільшенням строку використання економія зменшується.

В подальшому було зведено отримані дані вартості затримання 1000 м³ снігу різними щитовими засобами снігозатримання для різного числа років експлуатації в таблицю 9 та покажемо їх на рисунку 9.



Рисунок 8 – Зниження вартості полімерної сітки 1,2 м (Тип II) по різному числу років експлуатації

Авторська розробка

Таблиця 9 – Дані вартості затримання 1000 м³ снігу різними щитовими засобами снігозатримання для різного числа років експлуатації

Рік експлуатації	Вартість щитів дерев'яних 2,0x2,0 м, грн	Вартість щитів дерев'яних 1,5x2,0 м, грн	Вартість щитів хмизових 1,5x2,0 м, грн	Вартість полімерної сітки 1,2 м, (Тип I) грн	Вартість полімерної сітки 1,2 м, (Тип II) грн
1	2346,00	3540,00	3840,00	3708,00	5868,00
2	1368,50	2115,00	2265,00	2268,00	3348,00
3	1042,67	1640,00	1740,00	1788,00	2508,00
4	879,75	1402,50	1477,50	1548,00	2088,00
5	782,00	1260,00	1320,00	1404,00	1836,00

Авторська розробка

З даного графіку (рисунок 9) видно, що вартість всіх щитових засобів снігозатримання знижується з кожним роком їх експлуатації. Таким чином можна зробити попередній висновок, що полімерна сітка (Тип II) наразі є найбільш не вигідною у використанні, але такий висновок не може бути коректним, так як інші засоби не можуть служити стільки років.

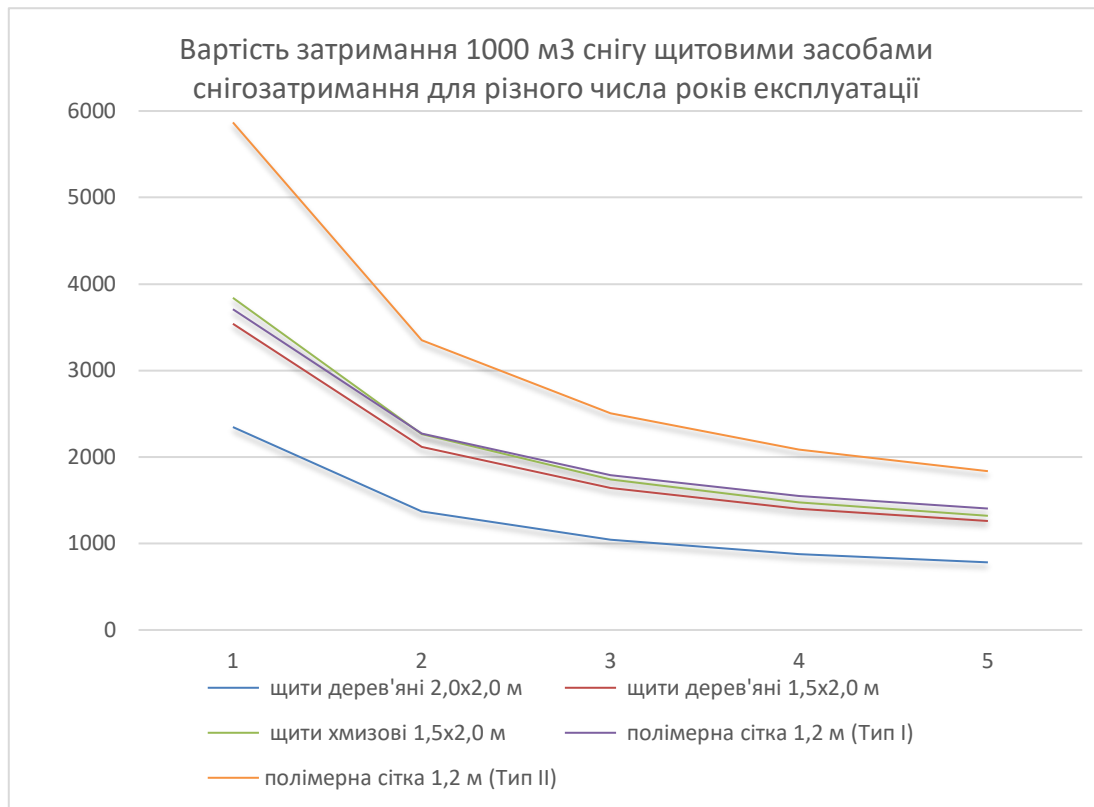


Рисунок 9 – Вартість затримання 1000 м³ снігу різними щитовими засобами для різного числа років експлуатації

Авторська розробка

З досвіду експлуатації засобів снігозатримання встановлюємо граничні показники максимального строку експлуатації щитових перешкод для:

- щитів дерев'яних – 2 роки;
- щитів хмизових – 1 рік;
- полімерних сіток – 5 років.

Результати визначення вартості затримання 1000 м³ снігу різними щитовими засобами з умов максимального строку їх експлуатації наведено в таблиці 10 та на рисунку 10.

З рисунку 10 та таблиці 10 видно, що вартість щитів хмизових не змінюється, за рахунок того, що кожного року використовуються нові щити і їх вартість є досить високою у порівнянні з іншими перешкодами. Вартість дерев'яних щитів протягом всього строку їх експлуатації значно знижується, але на наступні роки це зниження було б несуттєвим. Вартість полімерної сітки зі



Таблиця 10 – Вартість затримання 1000 м³ снігу різними щитовими засобами з умов максимального строку їх експлуатації

Рік експлуатації	Вартість щитів дерев'яних 2,0х2,0 м, грн	Вартість щитів дерев'яних 1,5х2,0 м, грн	Вартість щитів хмизових 1,5х2,0 м, грн	Вартість полімерної сітки 1,2 м, (Тип I) грн	Вартість полімерної сітки 1,2 м, (Тип II) грн
1	2346,00	3540,00	3840,00	3708,00	5868,00
2	1368,50	2115,00	-	2268,00	3348,00
3	-	-	-	1788,00	2508,00
4	-	-	-	1548,00	2088,00
5	-	-	-	1404,00	1836,00

Авторська розробка

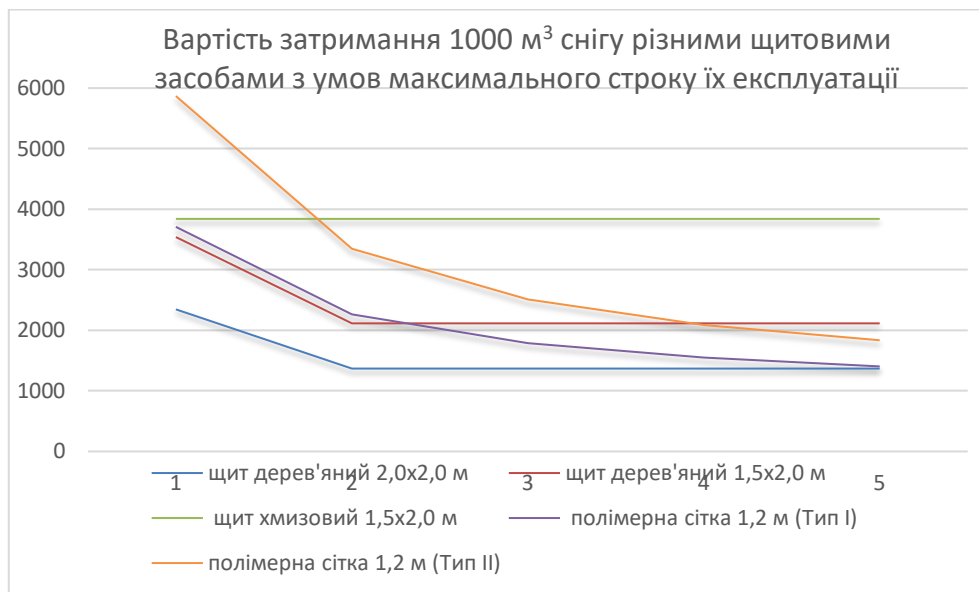


Рисунок 10 – Вартість затримання 1000 м³ снігу різними щитовими засобами з умов максимального строку їх експлуатації

Авторська розробка

збільшенням строку використання значно зменшується, але зменшення через більше, ніж 5 років є незначним, тому намагатися використовувати її більше 5 років не є доцільним, так як вартість по встановленню буде значно перевищувати вартість сітки, і економія не буде ефективною.

Вартість самих щитових засобів та вартість по їх встановленню з урахуванням максимального строку експлуатації для затримання 1000 м³ снігу представлено на рисунках 11-13.



Рисунок 11 – Вартість щитових засобів з урахуванням максимального строку експлуатації для затримання 1000 м³ снігу

Авторська розробка



Рисунок 12 – Вартість по встановленню щитових засобів з урахуванням максимального строку експлуатації для затримання 1000 м³ снігу

Авторська розробка

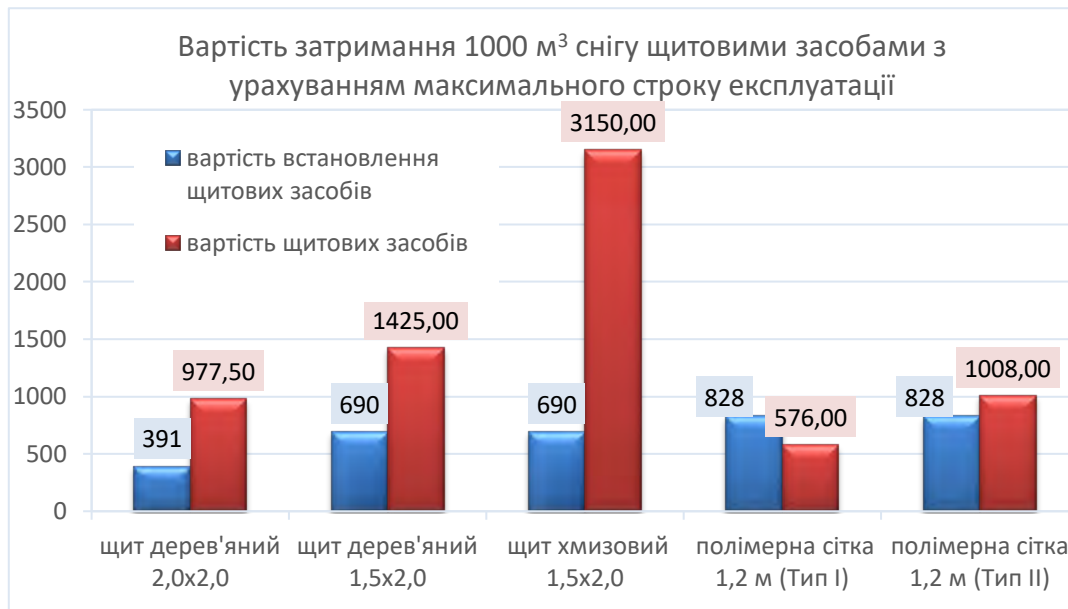


Рисунок 13 – Вартість затримання 1000 м³ снігу щитовими засобами з урахуванням максимального строку експлуатації

З цих графіків (рисунки 11-13) видно, що вартість полімерної сітки 1,2 м (Тип I) нижча, аніж її встановлення, це означає, що подальше її застосування можливе з більш економним варіантом встановлення, наприклад, встановлення на інвентарні кілки, які не потрібно кожного року оновлювати. Хоч цей варіант встановлення не є популярним в Україні, він має право на використання. Щит з хмизу є економічно не вигідним, так як його вартість кожного року є однаково високою і економічної ефективності наразі не відбувається.

Аналізуючи графіки можемо показати вартість щитових засобів для затримання 1000 м³ снігу з умов максимального строку їх експлуатації у відсотках на кожен рік (таблиця 11).

З проведеного аналізу можна стверджувати, що з граничних умов строку експлуатації щитових засобів тимчасового снігозатримання, вартість, наприклад, полімерної сітки на 5 рік її експлуатації буде коштувати 41 % від загальної вартості по її встановленню. Тобто, 59 % вартості буде приходиться на роботи по встановленню та нові кілки (рисунок 14).



Таблиця 11 – Вартість щитових засобів для затримання 1000 м³ снігу з умов максимального строку їх експлуатації у відсотках

Рік експлуатації	Щит дерев'яний 2,0x2,0 м	Щит дерев'яний 1,5x2,0 м	Щит хмизовий 1,5x2,0 м	Полімерна сітка 1,2 м, (Тип I)	Полімерна сітка 1,2 м, (Тип II)
1	83,3%	80,5%	82,0%	77,7%	86%
2	71,4%	67,4%	-	63,5%	75%
3	-	-	-	53,7%	67%
4	-	-	-	46,5%	60%
5	-	-	-	41,0%	55%

Авторська розробка

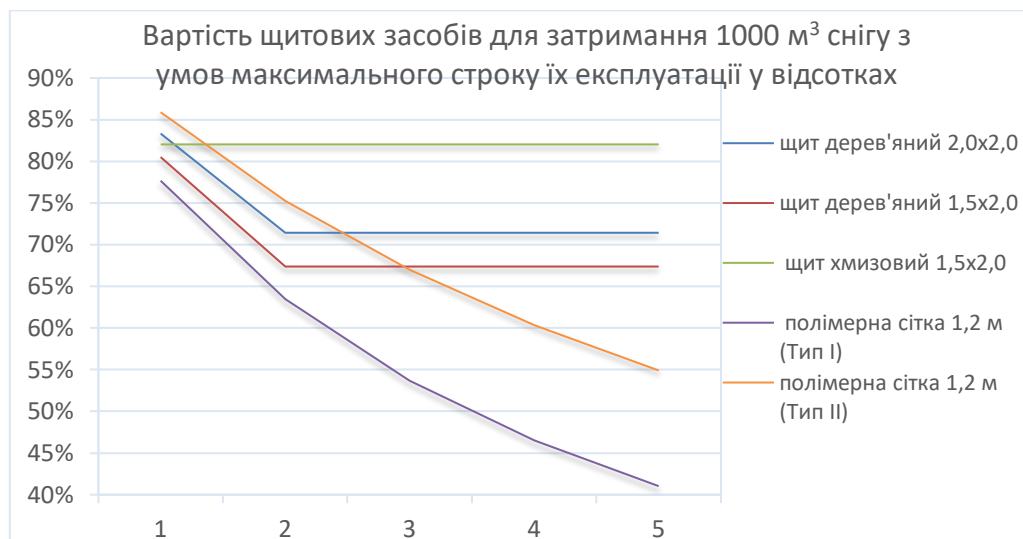


Рисунок 14 – Вартість щитових засобів для затримання 1000 м³ снігу з умов максимального строку їх експлуатації у відсотках

Авторська розробка

Вартість затримання 1000 м³ снігу при умові мінімального та максимального строку експлуатації щитових засобів представлено на рисунку 15.

Проаналізувавши графік на рисунку 15 можна сказати, що вартість полімерної сітки (Тип II) зменшилась більше, ніж в 3 рази, полімерна сітка (Тип I) в 2,5 рази, щити дерев'яні майже в 2 рази. Тільки щити з хмизу не змінюють своєї вартості з тієї умови, що цей засіб не експлуатується більше одного року. Щити дерев'яні виходять найбільш вигідні з урахуванням мінімального та максимального строків експлуатації за рахунок високої снігозатримувальної здатності.



Рисунок 15 – Вартість затримання 1000 м³ снігу з урахуванням мінімального та максимального строку експлуатації щитових засобів

Авторська розробка

Вартість затримання 1 м³ снігу різними щитовими засобами снігозатримання при умові мінімального та максимального їх строку експлуатації представлено на рисунку 16.

З графіку (рисунок 16) видно, що полімерна сітка Тип I є найбільш вигідною в порівнянні з іншими щитовими засобами снігозатримання з урахуванням максимального строку її застосування.

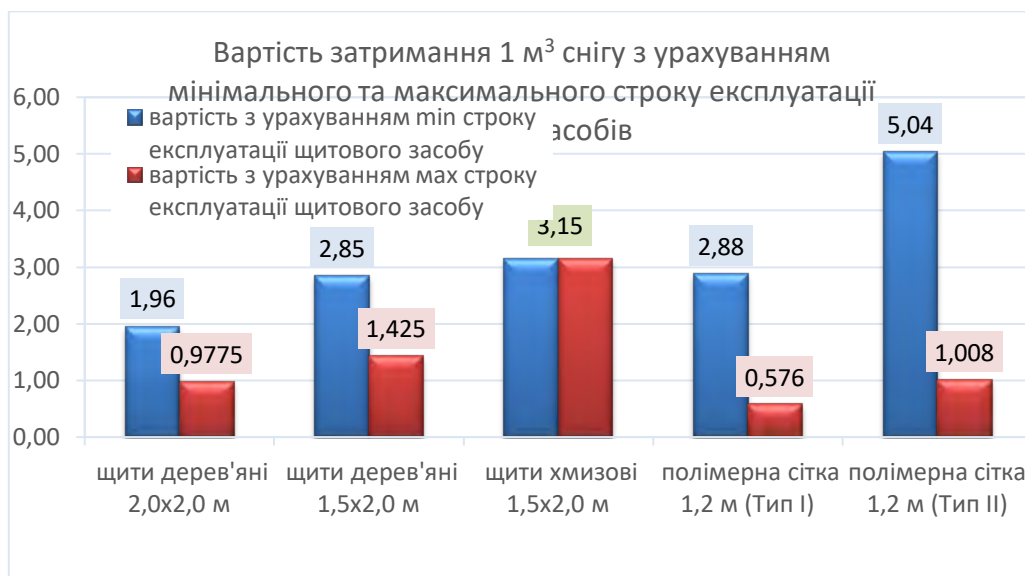


Рисунок 16 – Вартість затримання 1 м³ снігу з урахуванням мінімального та максимального строку експлуатації щитових засобів

Авторська розробка



Отримані результати апробації запропонованого методичного підходу щодо вибору тимчасових засобів снігозатримання дозволили здійснити подальший розвиток рекомендації щодо раціонального застосування різних видів тимчасових засобів снігозатримання.

6.3. Рекомендації щодо раціонального застосування різних видів тимчасових засобів снігозатримання

Рекомендації щодо раціонального застосування різних видів тимчасових засобів снігозатримання залежать від умов в яких вони будуть працювати: наскільки заносимі ділянки снігом, який обсяг снігоприносу та снігозатримувальна здатність засобу, фінансова можливість застосування різних засобів, наявність необхідних матеріалів, рельєф місцевості.

Дорожня служба повинна в процесі експлуатації визначати снігозаносимі ділянки доріг, встановлювати причини утворення снігових заметів, розробляти і здійснювати заходи щодо їх попередження. Черговість снігозахисту необхідно передбачити в залежності від ступені снігозаносимості автомобільної дороги снігом [24]. На сильнозаносимих ділянках автомобільної дороги, таких як виїмки глибиною до 2 м рекомендуємо встановлювати полімерні сітки або щити дерев'яні 2,0 м x 2,0 м, при необхідності посилювати засобами зі снігу – влаштовувати траншеї. На слабозаносимих та середньозаносимих ділянках автомобільної дороги при наявності снігового покриву достатньої висоти можливе застосування траншей зі снігу.

Доцільним буде влаштування снігової траншеї в рівнинній або слабопересіченій місцевості, де рельєф не ускладнює їх прокладання [24]. За наявності у снігозбірному басейні снігового покриву достатньої висоти поруч із заносимою ділянкою автомобільної дороги та прогнозом несприятливої погоди (хуртовина) в найближчий час, рекомендуємо нарізати траншеї зі снігу, тому що вартість мінімальна та оперативність роботи висока. Траншеї не



являються основним засобом снігозатримання, вони можуть застосовуватись, або в доповненні існуючим засобам, або в негайному випадку при хуртовині в найближчий час.

При ідеальних погодних умовах щитові засоби будуть дорожчі, аніж при самих поганих погодних умовах засоби зі снігу.

Якщо є особливо небезпечні ділянки автомобільної дороги, які щороку заносяться снігом, то потрібно встановлювати полімерні сітки, котрі можливо застосовувати протягом тривалого часу. Також можливо застосовувати засоби зі снігу для посилення захисту. Для того, щоб економічна ефективність від застосування полімерної сітки була вищою, необхідно встановлювати її на інвентарні кілки, котрі не потрібно оновлювати щороку. В залежності від снігоприносу: до 50 м³/м встановлюємо полімерні сітки або щити дерев'яні в один ряд, якщо до 100 м³/м – полімерні сітки в два ряди, або щит дерев'яний 2,0 м x 2,0 м.

У разі вичерпання снігоємності щитових снігозатримувальних засобів, влаштованих із полімерних сіток, можна збільшити її висоту встановлюючи додаткове полотно сітки зверху існуючого. Влаштованих з дерев'яних щитів – переставляти на вершину снігового валу, що утворився біля них [24].