

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра галузевого машинобудування та механотроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

Бакалавр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему

Розрахунок машини для зимового утримання автомобільних доріг

Виконав: студент IV курсу, групи 401ММ
напряму підготовки (спеціальності)
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Дмитренко Н.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник Васильєв Є.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Анищенко А.І.
(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

Зміст

Вступ.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	6
1.1 Особливості зимового утримання автомобільних доріг та вимоги до машин.....	6
1.2. Аналіз конструкцій машин і робочого обладнання для зимового утримання доріг.....	10
2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Конструктивний аналіз машин для зимового утримання автомобільних доріг	17
2.2 Розрахунок основних параметрів машини для зимового утримання автомобільних доріг	28
2.2.1 Вихідні дані для розрахунку	30
2.2.2 Розрахунок продуктивності реагенторозкидача	31
2.2.3 Визначення параметрів подаючого пристрою	32
2.2.4 Розрахунок потужності та параметрів вібраційного живильника	33
2.2.5 Розрахунок розкидального диска	35
2.2.6 Визначення потужності приводу розкидального диска	36
2.2.7 Розрахунок місткості бункера	37
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДИСКА РЕАГЕНТОРОЗКИДАЧА.....	39
3.1 Передумови вибору технології виготовлення диску	39

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ																
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Зміст																
Розроб.	Дмитренко																				
Перев.	Васильєв																				
Н. контр.	Васильєв																				
Затв.	Орисенко				<table><tr><td>Літ.</td><td>Лист</td><td>Листів</td></tr><tr><td>Н</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td colspan="3">Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»</td></tr></table>								Літ.	Лист	Листів	Н	1		Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Літ.	Лист	Листів																			
Н	1																				
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»																					

3.2 Вихідні дані та прийняті припущення	40
3.3. Загальна послідовність виготовлення	41
3.4. Розрахунок часу виконання операцій.....	45
Таблиця 3.3 – Розрахунок машинного часу механічних операцій	47
3.5 Технічні вимоги до виконання операцій.....	48
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	50
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час роботи машини	50
4.2 Вимоги безпеки до конструкції машини.....	52
4.3 Організація безпечної експлуатації машини	53
4.4 Засоби індивідуального захисту та вимоги до персоналу.....	55
4.5 Пожежна безпека та екологічні вимоги	55
4.6 Оцінювання професійного ризику під час експлуатації машини	56
Висновки.....	59
Список літератури.....	61

Вступ

Автомобільні дороги є однією з найважливіших складових транспортної інфраструктури держави, від технічного стану яких безпосередньо залежить безпека дорожнього руху, стабільність вантажних і пасажирських перевезень, робота промислових підприємств, аграрного сектору, комунального господарства та соціальної сфери. В умовах України автомобільний транспорт відіграє провідну роль у забезпеченні мобільності населення та доставки матеріальних ресурсів, особливо в регіонах, де залізнична або інша транспортна інфраструктура має обмежене значення. Тому підтримання автомобільних доріг у належному експлуатаційному стані протягом усього року є важливим технічним, економічним і соціальним завданням.

Особливої уваги потребує зимове утримання автомобільних доріг. У зимовий період експлуатаційні умови дорожнього покриття істотно ускладнюються внаслідок випадання снігу, утворення снігових заметів, ожеледиці, ущільненого снігового накату, зниження температури повітря та багаторазового чергування процесів замерзання і відтавання. Такі явища призводять до погіршення зчеплення коліс транспортних засобів із дорожнім покриттям, збільшення гальмівного шляху, зниження середньої швидкості руху, зростання аварійності та підвищення витрат на перевезення. Несвоєчасне або неякісне очищення доріг від снігу може спричиняти транспортні затори, ускладнювати рух громадського транспорту, машин екстрених служб, комунальної та військової техніки, що особливо актуально для сучасних українських умов.

Кліматичні умови України є достатньо різноманітними, що ускладнює організацію зимового утримання доріг. У північних, центральних, західних та східних областях у зимовий період можуть спостерігатися інтенсивні снігопади, хуртовини, ожеледиця та різкі коливання температури.

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Вступ				Літ.	Лист	Листів	
Розроб.	Дмитренко								Н		3	
Перев.	Васильєв								Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»			
Керівник												
Н. контр.	Васильєв											
Затв.	Орисенко											

Для південних регіонів характерні часті переходи температури через нульову позначку, що сприяє утворенню льодяної кірки на дорожньому покритті. Такі умови вимагають застосування універсальних, надійних і продуктивних машин, здатних ефективно виконувати очищення проїзної частини від снігу, видалення снігового накату, розподілення протижеледних матеріалів та забезпечення безпечних умов руху.

На практиці для зимового утримання доріг використовуються різні типи машин: плужно-щіткові снігоочисники, піскорозкидачі, солерозкидачі, комбіновані дорожні машини, автогрейдери, навісне обладнання до тракторів і вантажних автомобілів. Проте значна частина наявного парку дорожньо-комунальної техніки в Україні є морально та фізично застарілою, має недостатню продуктивність, підвищені витрати пального, обмежену універсальність і потребує значних витрат на технічне обслуговування та ремонт. Крім того, не всі машини однаково ефективно працюють в умовах інтенсивних снігопадів, нерівномірного стану дорожнього покриття, обмеженої ширини проїзної частини, значної кількості припаркованого транспорту та потреби швидкого реагування на зміну погодних умов.

У зв'язку з цим актуальним є розроблення і розрахунок машин для зимового утримання автомобільних доріг, які можуть бути адаптовані до українських експлуатаційних умов. Така машина повинна поєднувати достатню продуктивність, простоту конструкції, надійність, ремонтпридатність, можливість агрегатування з поширеними базовими шасі та ефективність роботи за різних режимів навантаження. Важливе значення має також зниження експлуатаційних витрат, оскільки зимове утримання доріг потребує значних фінансових ресурсів, а економічна ефективність застосування техніки є одним із ключових критеріїв її доцільності.

Для українських умов доцільним є створення або модернізація машин, які можуть виконувати декілька технологічних операцій: очищення дорожнього полотна від пухкого та ущільненого снігу, переміщення снігової маси за межі проїзної частини, оброблення покриття протижеледними матеріалами, а також

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

роботу на дорогах різних категорій. Особливо важливим є забезпечення стабільної роботи робочого обладнання при контакті з неоднорідним сніговим середовищем, льодовими включеннями, нерівностями дороги та змінною товщиною снігового шару. Це потребує обґрунтованого вибору конструктивної схеми машини, параметрів робочого органа, приводу, силових характеристик, швидкісного режиму та продуктивності.

Актуальність теми бакалаврської роботи також визначається необхідністю підвищення рівня безпеки дорожнього руху в зимовий період. Якісне та своєчасне очищення автомобільних доріг дозволяє зменшити ризик дорожньо-транспортних пригод, забезпечити безперервність транспортних потоків, скоротити час перевезень і знизити витрати пального транспортними засобами. Крім того, ефективна робота машин зимового утримання має важливе значення для функціонування критичної інфраструктури, своєчасного перевезення вантажів, роботи медичних, рятувальних та аварійних служб.

З інженерної точки зору розрахунок машини для зимового утримання автомобільних доріг передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань. До них належать аналіз умов експлуатації, вибір базової машини або шасі, обґрунтування типу робочого обладнання, визначення сил опору переміщенню снігової маси, розрахунок продуктивності, потужності приводу, навантажень на робочі органи та елементи конструкції. Правильне визначення цих параметрів забезпечує ефективну, безпечну та економічно доцільну роботу машини в реальних умовах експлуатації.

Метою роботи є розрахунок машини для зимового утримання автомобільних доріг, призначеної для очищення дорожнього покриття від снігу та забезпечення належних умов руху транспортних засобів у зимовий період.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

1.1 Особливості зимового утримання автомобільних доріг та вимоги до машин

Зимове утримання автомобільних доріг є комплексом організаційних, технологічних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечного та безперервного руху транспортних засобів у період дії несприятливих погодних чинників. До основних зимових експлуатаційних ускладнень належать снігопади, хуртовини, снігові замети, ожеледиця, утворення снігового накату, намерзання вологи на покритті, а також зниження коефіцієнта зчеплення коліс із дорожнім покриттям. У спеціальній літературі зазначається, що ефективність зимового утримання визначається не лише наявністю дорожньої техніки, а й правильним вибором технології робіт, своєчасністю реагування та раціональним використанням протиожедних матеріалів [1, 2, 4].

Для України питання зимового утримання доріг має особливе значення, оскільки кліматичні умови в різних регіонах суттєво відрізняються. У північних, центральних і західних областях узимку часто спостерігаються тривалі снігопади та хуртовини, тоді як у південних і центральних регіонах характерними є часті переходи температури через 0 °С. Такі умови спричиняють утворення ожеледиці та льодової кірки, що значно ускладнює рух транспорту. Тому машини для зимового утримання повинні бути пристосовані як до очищення доріг від пухкого снігу, так і до боротьби із зимовою слизькістю [1, 3].

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат								
Розроб.	Дмитренко				АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ				Лім.	Лист	Листів	
Перев.	Васильєв								Н		6	
Керівник									Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»			
Н. контр.	Васильєв											
Затв.	Орисенко											

Залежно від категорії дороги, інтенсивності руху та погодних умов виконують патрульне снігоочищення, суцільне очищення проїзної частини, усунення снігових валів, ліквідацію снігових заметів, розподілення піску, солі або піщано-соляних сумішей, а також профілактичну обробку покриття перед очікуваним зниженням температури. У навчальній літературі з експлуатації автомобільних доріг підкреслюється, що своєчасне очищення покриття зменшує імовірність утворення ущільненого снігового шару, видалення якого потребує значно більших зусиль і потужності машини [5, 6].

Основним завданням машин для зимового утримання є забезпечення нормативного стану дорожнього покриття за мінімальних витрат часу, пального та протиожедних матеріалів. Для цього машина повинна мати достатню тягову здатність, стійкість руху, надійне робоче обладнання, можливість регулювання кута встановлення відвалу, достатню ширину захвату та зручну систему керування. Особливо важливо, щоб робочий орган не пошкоджував покриття, дорожню розмітку, люки, бордюри та інші елементи вулично-дорожньої мережі [7, 9, 10].

У практиці зимового утримання поширеними є плужні снігоочисники, які встановлюють на трактори, вантажні автомобілі, автогрейдери та комбіновані дорожні машини. Плужне обладнання призначене для зрізання шару снігу та переміщення його до узбіччя або за межі проїзної частини. Ефективність роботи такого обладнання залежить від ширини відвалу, кута його встановлення до напрямку руху, висоти снігового шару, густини снігу, швидкості руху базової машини та стану дорожнього покриття. Загальний вигляд роботи плужних снігоочисників у реальних зимових умовах наведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Очищення проїзної частини тракторними плужними снігоочисниками під час інтенсивного снігопаду

Важливим напрямом зимового утримання є боротьба із зимовою слизькістю. Для цього застосовують фрикційні, хімічні та комбіновані протиожеледні матеріали. До фрикційних матеріалів належать пісок, відсів, щебеневі суміші дрібних фракцій; до хімічних – хлорид натрію та інші реагенти. Піщано-соляні суміші поєднують фрикційну дію з частковим плавленням льоду. Разом з тим використання хімічних реагентів потребує обґрунтованого дозування, оскільки їх надмірне застосування може негативно впливати на дорожні споруди, транспортні засоби, ґрунти, рослинність і водні об'єкти [1, 4, 11].

У сучасних підходах до зимового утримання значна увага приділяється не лише очищенню дороги після снігопаду, а й запобіжним заходам. Світовий досвід, узагальнений у методичних матеріалах ДП «ДерждорНДІ», свідчить про доцільність переходу від переважно ліквідаційного утримання до превентивної обробки покриття з урахуванням прогнозу погоди, температури дорожнього полотна та очікуваної інтенсивності опадів [2, 4]. Такий підхід дозволяє зменшити витрати матеріалів, скоротити час приведення дороги до безпечного стану та підвищити ефективність роботи дорожніх служб.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

8

З огляду на це машина для зимового утримання автомобільних доріг повинна бути універсальною. Найбільш доцільним є використання базового автомобільного шасі або трактора, на який встановлюють змінне навісне обладнання: передній снігоочисний відвал, щітковий механізм, бункер для протижеледних матеріалів і розкидальний пристрій. Комбінована схема дає змогу за один прохід виконувати декілька операцій: очищення покриття, формування снігового валу на узбіччі та оброблення дорожнього полотна протижеледними матеріалами. Приклад такої машини наведено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Комбінована дорожня машина з переднім відвалом і кузовом для протижеледних матеріалів

Вимоги до машини для українських умов повинні враховувати не лише технологічну ефективність, а й економічну доцільність. У багатьох територіальних громадах та дорожньо-експлуатаційних підприємствах експлуатується змішаний парк техніки різного віку й технічного стану. Тому перспективною є розробка або модернізація робочого обладнання, яке може встановлюватися на поширені базові шасі, має просту конструкцію, не потребує

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

9

складного обслуговування та забезпечує достатню продуктивність під час роботи на автомобільних дорогах різних категорій [12, 13, 18].

Отже, зимове утримання автомобільних доріг є складним виробничим процесом, у якому поєднуються механічне очищення покриття, розподілення протижеледних матеріалів, організація руху та оперативне реагування на зміну погодних умов. Для підвищення ефективності цих робіт необхідне застосування машин із раціонально підібраними параметрами робочих органів, достатньою потужністю та можливістю роботи в змінних дорожньо-кліматичних умовах України.

1.2. Аналіз конструкцій машин і робочого обладнання для зимового утримання доріг

Машини для зимового утримання автомобільних доріг можна класифікувати за призначенням, типом базової машини, способом агрегатування робочого обладнання та характером виконуваних технологічних операцій. За призначенням розрізняють снігоочисні машини, машини для розподілення протижеледних матеріалів, комбіновані дорожні машини, машини для навантаження та вивезення снігу, а також допоміжні машини для ліквідації наслідків складних погодних умов. У міському господарстві та на автомобільних дорогах загального користування найбільш поширені комбіновані дорожні машини, які можуть працювати в різних сезонних режимах [7, 12].

Плужні снігоочисники є найпростішим і найпоширенішим типом обладнання для механічного очищення доріг від снігу. Робочим органом такої машини є відвал, який встановлюється перед базовою машиною або збоку. За формою відвали можуть бути прямими, косими, сегментними, поворотними, клиноподібними або комбінованими. Найчастіше для очищення автомобільних доріг застосовують поворотні фронтальні відвали, які дозволяють змінювати напрямок переміщення снігової маси. Приклад застосування такого обладнання на вантажному автомобілі наведено на рисунку 1.3.

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.3 – Застосування вантажних автомобілів із фронтальним снігоочисним відвалом у міських умовах

Фронтальний відвал має забезпечувати зрізання шару снігу, його переміщення вздовж робочої поверхні та відкидання до правого або лівого краю проїзної частини. Основними параметрами відвалу є ширина захвату, висота, радіус кривизни робочої поверхні, кут установлення до напрямку руху, кут атаки ножа, маса конструкції та спосіб підвішування. Для запобігання пошкодженню покриття нижня частина відвалу обладнується змінним ножом або гумовою накладкою. У разі наїзду на нерівність або перешкоду застосовують пружні, шарнірні чи гідравлічні системи захисту [15, 16, 17].

На рисунку 1.4 показано варіанти плужного обладнання, що встановлюється на базові дорожні машини. Такі конструкції відрізняються шириною робочого органа, формою полиці, наявністю бокових крил, способом повороту та типом захисту ножа. Для доріг із великими обсягами снігу доцільні відвали з підвищеною висотою полиці, тоді як для міських умов важливими є маневреність, компактність і можливість роботи поблизу бордюрів, зупинок громадського транспорту та припаркованих автомобілів.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

11



Рисунок 1.4 – Варіанти фронтального плужного обладнання для базових дорожніх машин

Окрему групу становлять машини для розподілення протиожезедних матеріалів. Вони можуть бути причіпними, навісними або змонтованими на автомобільному шасі. Основними елементами таких машин є бункер для матеріалу, транспортуючий механізм, дозувальний пристрій, розкидальний диск або шнековий розподільник, система керування подачею та привід робочих органів. Якість роботи розкидача визначається рівномірністю розподілення матеріалу по ширині смуги, точністю дозування, стабільністю подачі за різної вологості суміші та надійністю роботи в умовах низьких температур [20, 21].

Під час розподілення піщано-соляної суміші важливо забезпечити відповідність фактичної норми внесення дорожнім умовам. Недостатня кількість матеріалу не забезпечує необхідного коефіцієнта зчеплення, а надмірна призводить до перевитрати реагентів, забруднення узбіч і підвищення корозійного впливу на автомобілі та елементи дорожньої інфраструктури. Саме тому сучасні розкидачі обладнують системами регулювання норми подачі

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

12

залежно від швидкості руху машини, ширини оброблення та виду матеріалу [1, 4]. Процес розподілення протижеледних матеріалів на дорозі показано на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Розподілення піщано-соляної суміші на автомобільній дорозі

Комбіновані дорожні машини є найбільш універсальними засобами механізації зимового утримання. Вони, як правило, складаються з базового автомобільного шасі, переднього плужного обладнання, бункера для протижеледних матеріалів, розкидального механізму, гідравлічної системи приводу та системи керування. У літній період частина таких машин може використовуватися для миття доріг, поливання зелених насаджень або перевезення матеріалів, що підвищує річний коефіцієнт використання техніки [12, 13, 18, 19].

В Україні представлені різні типи комбінованих машин, зокрема машини МДКЗ-10, МДКЗ-12, МДКЗ-17, MSV-5, а також спеціалізовані піско-солерозкидачі та обладнання для розподілення протижеледних матеріалів [13, 14, 18, 19, 20, 21]. Їх конструкції мають спільні ознаки: використання вантажного шасі, змінного фронтального обладнання, заднього або кузовного розподільного пристрою, гідроприводу і системи керування з кабіни оператора.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

13

Загальний вигляд сучасної комбінованої дорожньої машини наведено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Сучасна дорожня комбінована машина з обладнанням для зимового утримання

Порівняння існуючих конструкцій показує, що найбільш раціональною для подальшого розрахунку є машина комбінованого типу з фронтальним поворотним снігоочисним відвалом і обладнанням для розподілення протиожедних матеріалів. Така схема забезпечує універсальність, можливість агрегування з поширеним автомобільним шасі, достатню продуктивність і пристосованість до українських умов експлуатації. При цьому основним робочим органом, який визначає ефективність очищення дороги від снігу, є фронтальний відвал, тому в подальших розрахунках особливу увагу слід приділити визначенню його геометричних параметрів, сил опору переміщенню снігу та необхідної потужності базової машини.

Для подальших розрахунків доцільно прийняти, що машина призначена для очищення автомобільних доріг від свіжого та частково ущільненого снігу, а також для забезпечення можливості подальшого оброблення покриття

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

14

протиожеледними матеріалами. У такому випадку розрахунок повинен включати визначення ширини захвату, продуктивності, раціональної швидкості руху, силового навантаження на відвал, параметрів кріплення робочого обладнання та перевірку відповідності вибраної базової машини умовам експлуатації.

Таким чином, аналіз технологій і машин для зимового утримання автомобільних доріг свідчить, що для українських умов найбільш перспективними є прості, надійні та ремонтпридатні комбіновані машини, здатні виконувати механічне очищення снігу і розподілення протиожеледних матеріалів. Подальший розрахунок такої машини дасть змогу обґрунтувати конструктивні параметри робочого обладнання та оцінити її ефективність під час експлуатації на автомобільних дорогах різних категорій.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика машин та обладнання для зимового утримання доріг

Тип машини або обладнання	Основне призначення	Переваги	Обмеження застосування
Плужний снігоочисник	Механічне очищення проїзної частини від снігу	Проста конструкція, висока продуктивність, можливість встановлення на різні шасі	Не усуває ожеледицю; ефективність залежить від висоти та густини снігу
Піско-солерозкидач	Розподілення фрикційних і хімічних протиожеледних матеріалів	Підвищує зчеплення коліс із покриттям, може працювати профілактично	Потребує точного дозування; можливий негативний вплив реагентів на довкілля
Комбінована дорожня машина	Очищення снігу та оброблення дороги протиожеледними матеріалами	Універсальність, виконання кількох операцій за один прохід	Вища вартість і складніша система обслуговування
Автогрейдер із зимовим обладнанням	Профілювання та очищення доріг, ліквідація снігових валів	Висока прохідність і можливість роботи на дорогах нижчих категорій	Менша маневреність у щільній міській забудові

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Конструктивний аналіз машин для зимового утримання автомобільних доріг

Конструкторський розділ бакалаврської роботи доцільно розпочати з аналізу машин, які виконують основні операції зимового утримання автомобільних доріг: механічне очищення покриття від снігу, відкидання снігової маси за межі смуги руху, змітання залишків снігу та дозоване розподілення протиожедних матеріалів. На відміну від загального огляду експлуатаційних умов, у цьому підрозділі увагу зосереджено саме на будові машин, компонуванні робочого обладнання, способах приводу та конструктивних рішеннях, які впливають на подальший розрахунок машини.

Машини для зимового утримання автомобільних доріг за конструктивним виконанням можна поділити на снігоочисні, розподільні та комбіновані. Снігоочисні машини обладнують фронтальними, поворотними, боковими або швидкісними відвалами, а також щітками чи роторними робочими органами. Розподільні машини призначені для подачі на покриття піску, піщано-сольової суміші, солі або інших протиожедних матеріалів. Комбіновані дорожні машини поєднують ці функції в одному агрегаті, що робить їх найбільш перспективними для доріг загального користування та комунального господарства [7, 12].

Під час проєктування машини для українських умов важливо враховувати не лише продуктивність, а й універсальність. Взимку машина повинна працювати як снігоочисник і розподільювач матеріалів, а в інші періоди року бажано використовувати те саме базове шасі для перевезення матеріалів, поливання, миття або інших дорожніх робіт. Такий підхід зменшує простой техніки та підвищує економічну ефективність її використання [2, 4].

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ				Літ.	Лист	Листів		
Розроб.	Дмитренко								Н		17		
Перев.	Васильєв								Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»				
Керівник													
Н. контр.	Васильєв												
Затв.	Орисенко												

Однією з типових машин класичного компоновання є МДК-5337 на базі вантажного шасі. Її зимовий варіант містить кузов для технологічного матеріалу, скребковий транспортер, розкидальний диск, плужно-щіткове обладнання, гідросистему та елементи керування. Схему такої машини наведено на рис. 2.1. На ній видно, що основне обладнання розміщене вздовж рами автомобіля: у передній частині встановлюється плуг, під рамою - щітка, а в задній частині кузова - вузол розподілення матеріалу.

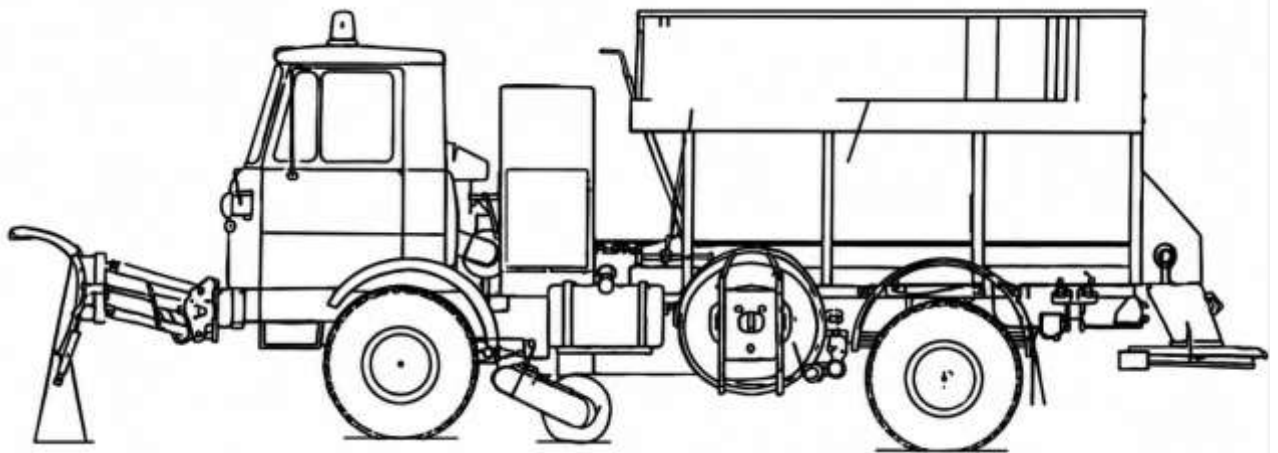


Рисунок 2.1 – Схема комбінованої дорожньої машини МДК-5337 у зимовому виконанні

Кузов машини МДК-5337 виконує роль місткості для піску, солі або піщано-сольової суміші. Його стінки мають нахил, що полегшує сповзання матеріалу до зони дії транспортера. У нижній частині кузова розташовується скребковий транспортер, верхня гілка якого переміщується по днищу і подає матеріал до заднього бункера. Задній борт має вікно з шибером, за допомогою якого регулюється висота шару матеріалу, що надходить до розкидального диска.

Скребковий транспортер є важливим вузлом машини. Він складається з ланцюгів і поперечних скребків, які захоплюють матеріал з днища кузова. Перевагою такої схеми є здатність працювати з вологими та ущільненими сумішами, що характерно для реальних умов експлуатації. Недоліком є

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

18

підвищений знос ланцюгів, скребків і напрямних, особливо у разі потрапляння грудок льоду, каміння або змерзлого матеріалу. Тому в конструкції обов'язково передбачають натяжний пристрій транспортера, захисні решітки та елементи, які запобігають заклинюванню.

Розкидальний диск розміщується позаду кузова і має лопаті або ребра, які захоплюють матеріал і під дією відцентрових сил відкидають його на поверхню дороги. Ширина оброблення залежить від частоти обертання диска, положення напрямних елементів, гранулометричного складу матеріалу, його вологості та швидкості руху машини. Для забезпечення рівномірного розподілення матеріалу конструкція повинна забезпечувати стабільну подачу з бункера на диск і можливість регулювання як подачі транспортера, так і обертання диска.

Для приводу робочих органів у машинах цього типу широко застосовується гідросистема. Вона дозволяє окремо регулювати швидкість транспортера і частоту обертання розкидального диска, а також керувати підніманням, опусканням та поворотом відвала. Типову гідравлічну схему машини наведено на рис. 2.2. У ній виділяються лінії приводу транспортера, розкидального диска, гідроциліндрів робочого обладнання, а також контрольно-регулювальна апаратура.

Гідравлічний привід має перевагу над суто механічним приводом завдяки простішому регулюванню режимів роботи. Оператор може змінювати швидкість руху транспортера залежно від потрібної щільності посипання, а частоту обертання диска - залежно від потрібної ширини оброблюваної смуги. У сучасних машинах ці операції доцільно виконувати не ручними дроселями, а електрогідравлічними регуляторами з панелі керування в кабіні. Це знижує навантаження на водія і підвищує точність внесення матеріалу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

19

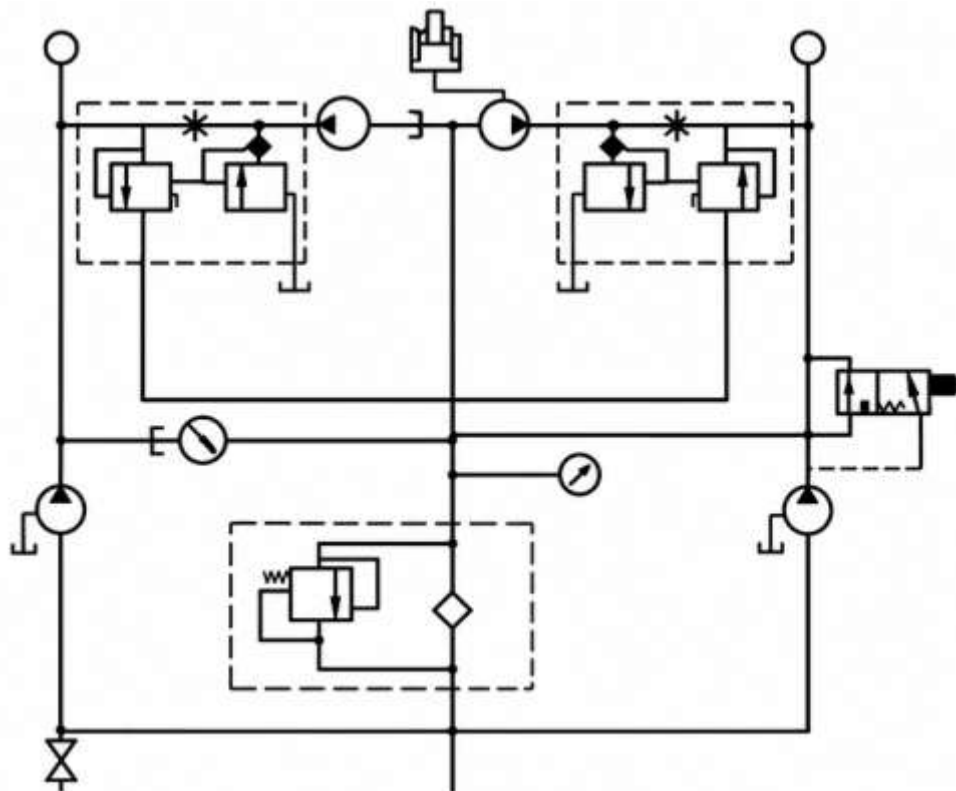


Рисунок 2.2 - Гідравлічна схема приводу транспортера, розкидального диска та робочого обладнання

Машина КО-105 за принципом роботи подібна до КО-104А, але має більш розвинене плужно-щіткове обладнання. Її кінематична схема наведена на рис. 2.3. Вона показує взаємозв'язок двигуна базового шасі, коробки відбору потужності, насосів, редукторів, гідромоторів, щітки, транспортера і розкидального диска. Така схема демонструє класичний підхід: енергія для роботи спеціального обладнання відбирається від двигуна автомобіля, а далі розподіляється між робочими органами через механічні та гідравлічні передачі.

Наявність щіткового обладнання суттєво розширює технологічні можливості машини. Відвал знімає основну масу снігу, однак після його проходження на покритті можуть залишатися тонкий шар снігу, снігова каша або залишки матеріалу біля нерівностей. Циліндрична щітка очищує покриття більш ретельно і покращує умови зчеплення коліс із дорогою. Для ефективної роботи щітки потрібно забезпечити правильний притиск до покриття, достатню частоту обертання та можливість піднімання в транспортне положення.

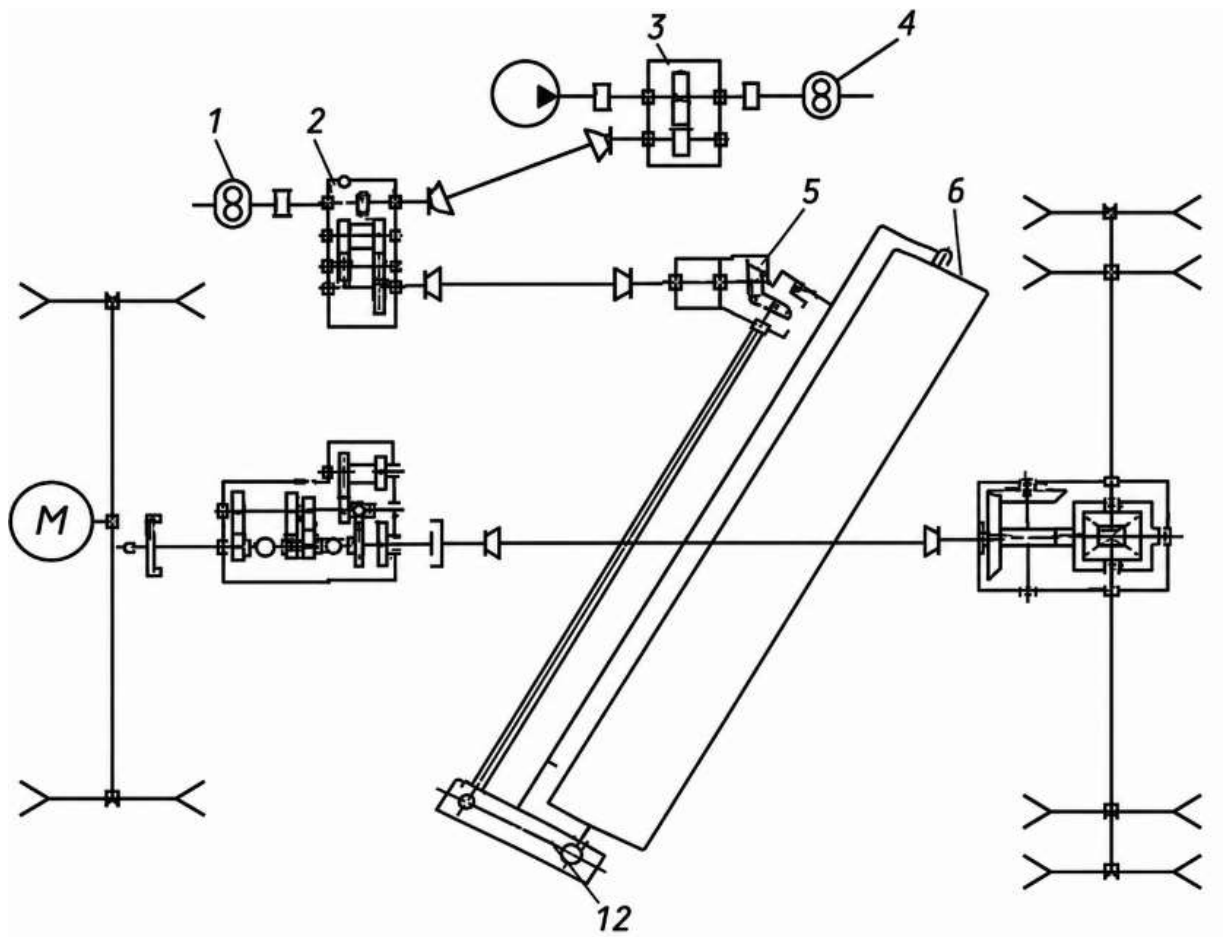


Рисунок 2.3 - Кінематична схема комбінованої машини КО-105

Окрему групу становлять машини, в яких обладнання для розподілення матеріалів виконане у вигляді спеціального розподільника. Прикладом є розподільник ПР-130, схема якого наведена на рис. 2.4. Він складається з бункера, живильного лотка, розкидального диска, приводних передач і додаткового снігоочисного обладнання. Особливістю цієї машини є застосування коливального лотка, який подає матеріал із бункера до диска. Коливання зменшують ймовірність зависання піску та забезпечують більш рівномірну подачу.

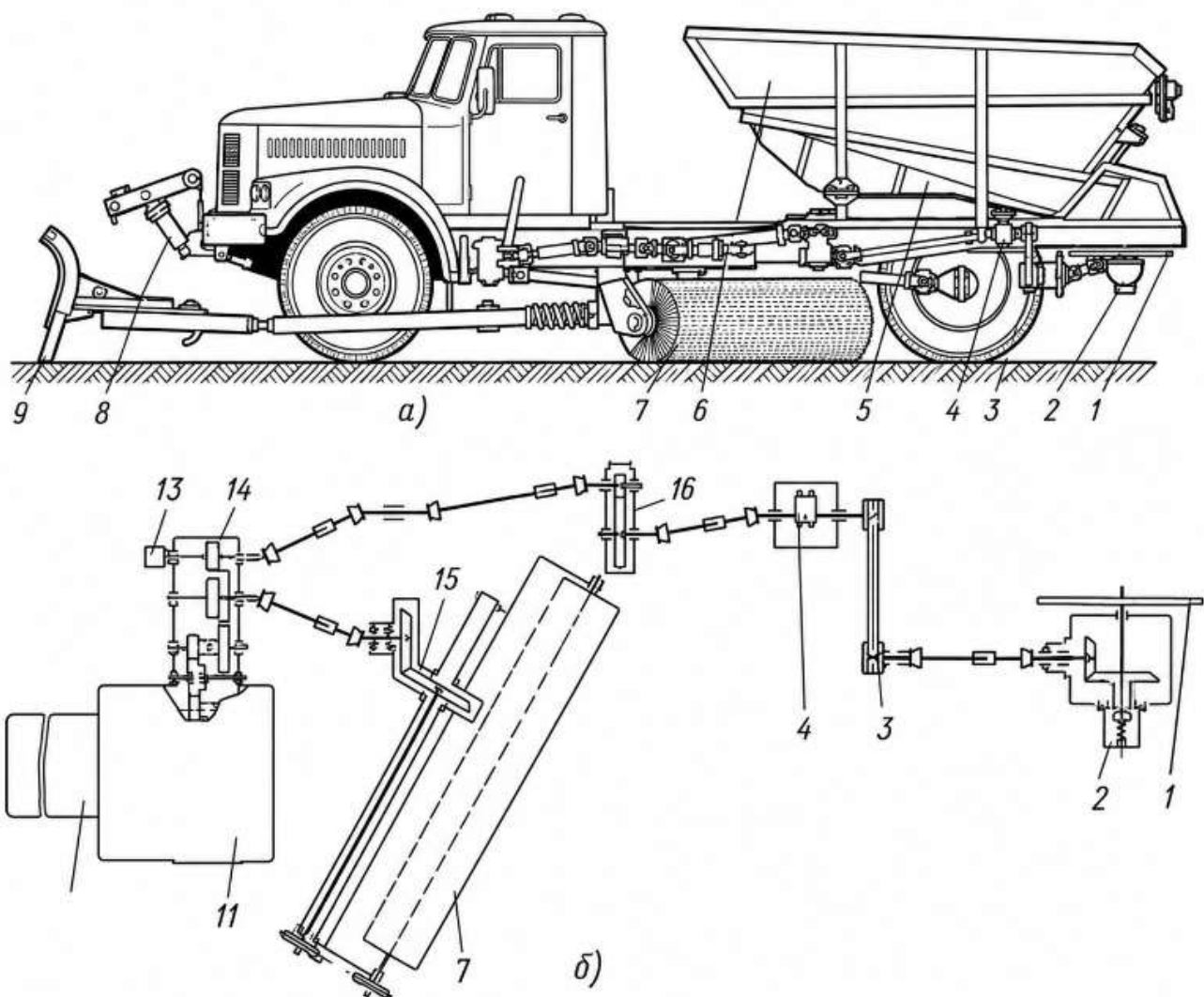


Рисунок 2.4 - Розподільник ПР-130 та його кінематична схема

У розподільнику ПР-130 бункер має похилі стінки, завдяки чому матеріал під власною вагою зміщується до нижньої частини. Дозування виконується зміною положення заслінки і режиму роботи живильного лотка. Така конструкція є відносно простою, проте її точність залежить від вологості матеріалу, ступеня його злежування і рівномірності роботи вібраційного механізму. Для сучасної машини така схема може використовуватися як базова ідея, однак потребує доповнення датчиками контролю подачі та захистом від змерзання матеріалу.

Розподільник ПР-53 має інше конструктивне рішення: матеріал з кузова переміщується до задньої частини скребковим конвеєром, після чого потрапляє на розкидальний диск. Схему машини наведено на рис. 2.5. Важливою

перевагою такої конструкції є можливість використання кузова як самоскидного, що підвищує сезонну універсальність машини. У зимовий період вона використовується для розподілення матеріалів, а після демонтажу частини обладнання може працювати як транспортна машина.

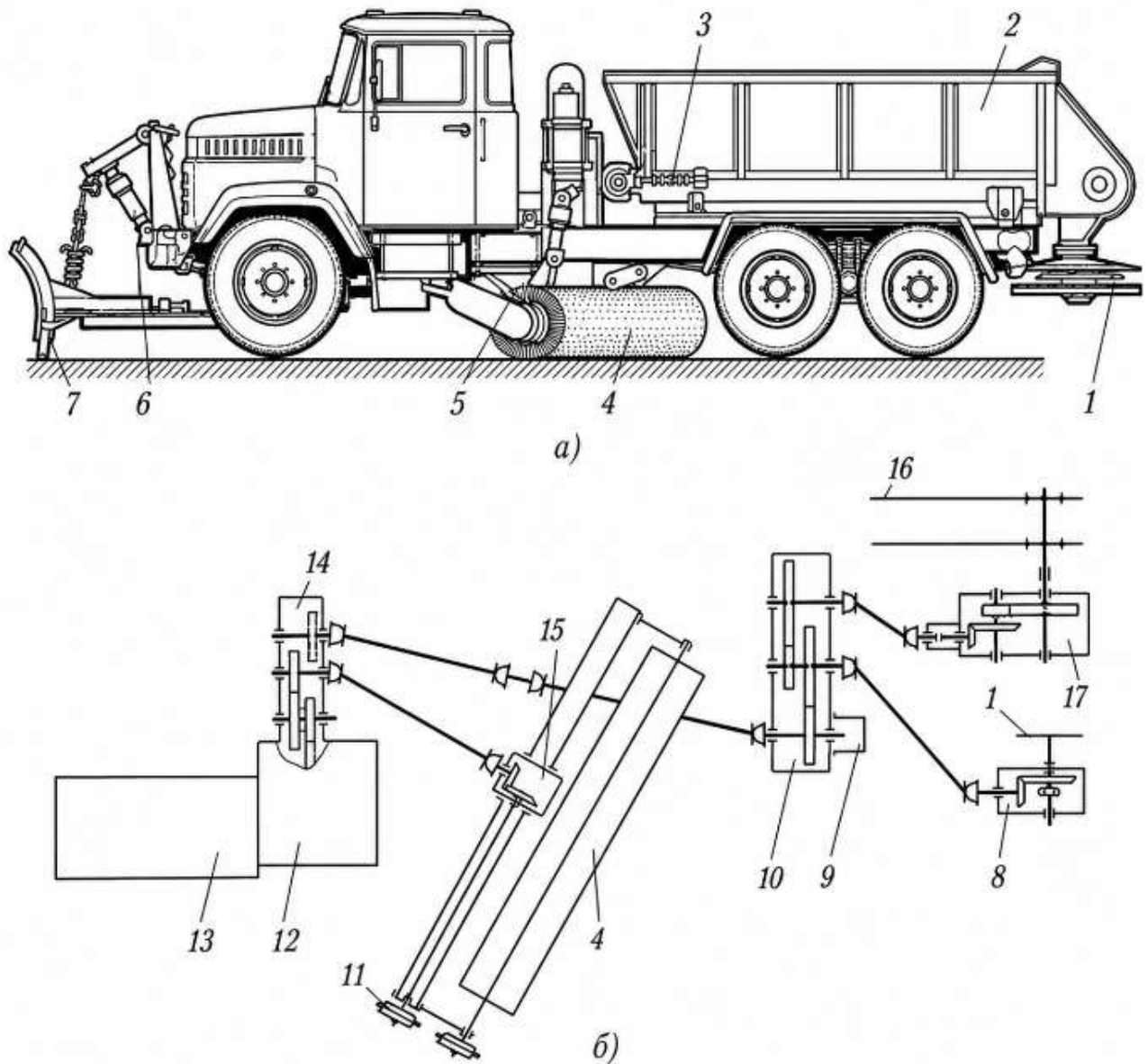


Рисунок 2.5 - Розподільник ПР-53 та схема приводу його робочих органів

Універсальний розподільник УР-53 (рис. 2.6) розроблявся як машина для внесення не лише піску, а й хімічних матеріалів, що потребує ширшого діапазону регулювання щільності посипання. Для цього в конструкції передбачають шибер, який змінює висоту вихідного отвору, гідромотори

приводу транспортера і диска, а також регулювальні елементи гідросистеми. Такий підхід є більш придатним для сучасних умов, оскільки дає змогу точніше налаштовувати витрату матеріалу відповідно до дорожньої ситуації.

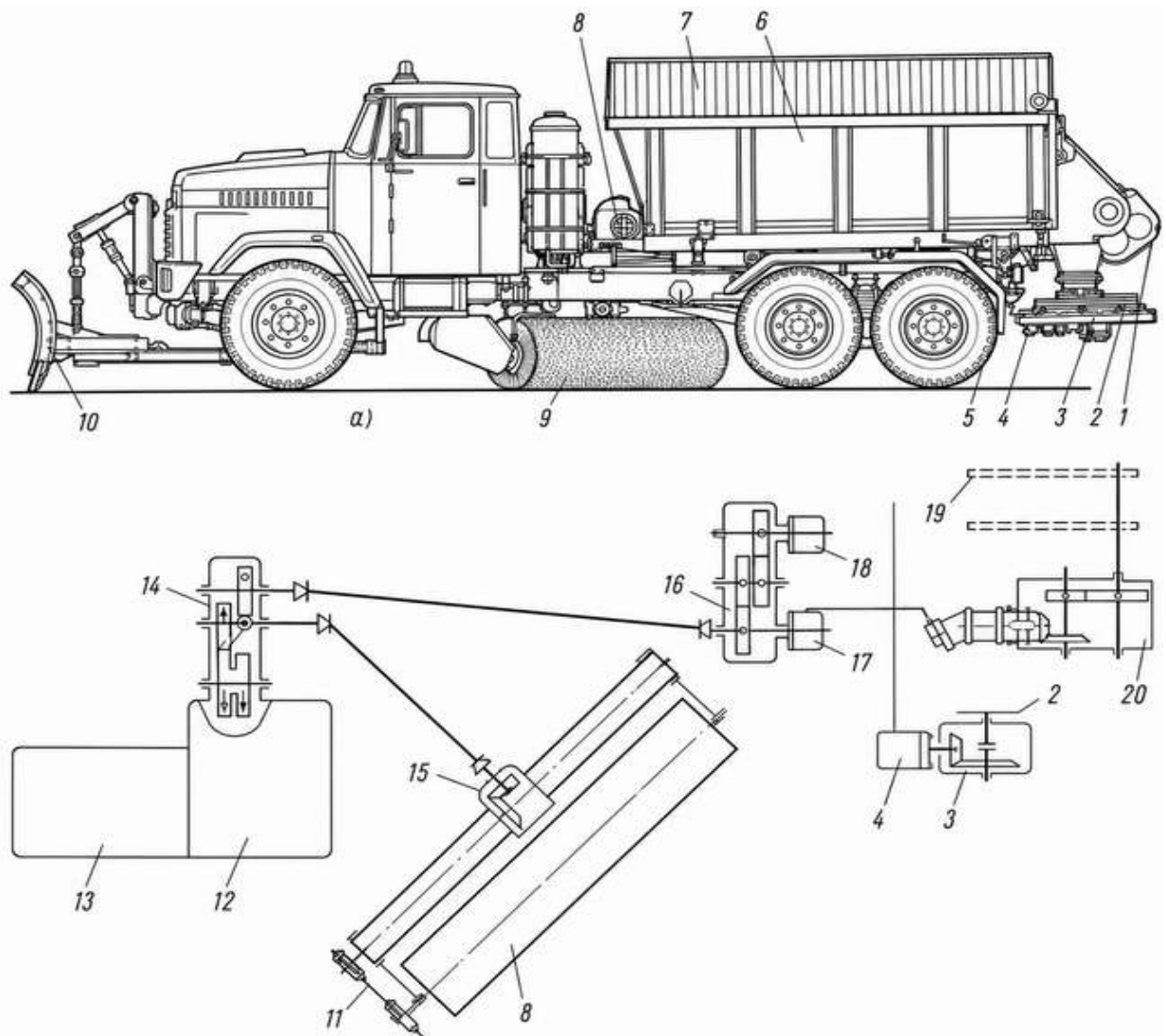


Рисунок 2.6 - Універсальний розподільник УР-53 та його кінематична схема

Порівняння наведених конструкцій показує, що розвиток машин для зимового утримання відбувався від простих розподільників із механічним приводом до комбінованих машин із гідравлічним приводом і розвиненою системою керування. У класичних машинах дозування здебільшого виконувалося вручну шляхом зміни положення шибера або заслінки, а також частоти руху транспортера. У сучасних машинах регулювання має бути

пов'язане зі швидкістю руху базового шасі, оскільки при зміні швидкості без корекції подачі змінюється фактична норма внесення матеріалу на одиницю площі дороги.

Для сучасної комбінованої дорожньої машини конструктивно важливими є такі вузли: базове шасі, підрамник, бункер або кузов для матеріалу, живильник, розкидальний диск, фронтальний відвал, щіткове обладнання, гідросистема, електронна система керування і вузли безпеки. Базове шасі повинно мати достатню вантажопідйомність, тягове зусилля, надійну трансмісію та можливість встановлення коробки відбору потужності. Підрамник розподіляє навантаження від спеціального обладнання на лонжерони автомобіля і повинен враховувати як статичну масу матеріалу, так і динамічні навантаження під час руху нерівною дорогою.

Бункер машини повинен забезпечувати вільне переміщення матеріалу до живильника. Для цього його стінки виконують похилими, а у верхній частині встановлюють решітку для затримування великих грудок і сторонніх предметів. У конструкції бажано передбачати захист матеріалу від опадів, оскільки зволоження і подальше замерзання суміші погіршує її сипкість, підвищує навантаження на транспортер і може призвести до нерівномірної подачі.

Живильник може бути скребковим, стрічковим або шнековим. Скребковий живильник добре працює з важкими піщано-сольовими сумішами і є доцільним для машин середньої та великої місткості. Стрічковий живильник забезпечує плавну подачу, але потребує більш якісного очищення і захисту від примерзання. Шнековий живильник компактний і зручний для змінних навісних розкидачів, проте він чутливий до великих включень і злежаного матеріалу. Для розрахункової машини доцільно прийняти скребковий транспортер, оскільки він конструктивно простий, ремонтпридатний і придатний для роботи з неоднорідною сумішшю.

Відвальне обладнання повинно мати міцну металоконструкцію, змінний ніж, механізм піднімання, механізм повороту та запобіжні елементи. Змінний

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ніж сприймає основне стирання під час контакту з покриттям. Поворот відвала дозволяє відкидати сніг праворуч або ліворуч, що важливо під час роботи на дорогах із різною організацією руху. Амортизуючі або запобіжні механізми потрібні для захисту обладнання при наїзді на перешкоду, люк, бордюр або нерівність покриття [15, 17].

Щіткове обладнання доцільне для остаточного очищення дороги після проходу відвала. Воно складається з циліндричної щітки, приводу, підвіски, механізму притиску і системи піднімання. У міських умовах щітка також допомагає очищати ділянки біля бордюрів, зупинок громадського транспорту та перехресть. Однак її використання підвищує енергоспоживання машини і вимагає регулярної заміни щіткових елементів.

За даними сучасних виробників, комбіновані машини МДКЗ-10 та МДКЗ-17 можуть комплектуватися кількома видами відвалів, щітковим обладнанням, цистернами і піскорозкидальними модулями. Для МДКЗ-10 заявлена місткість кузова 4,0 м³, ширина посипання 3,0-12,0 м і щільність посипання 0,04-0,4 кг/м² [13]. Для МДКЗ-17 місткість кузова становить 9,0 м³, ширина посипання 3,0-12,0 м, а щільність посипання 0,01-0,4 кг/м² [18]. Такі характеристики показують, що сучасна машина повинна мати широкий діапазон налаштувань і адаптуватися як до міських вулиць, так і до магістральних доріг.

Окремої уваги потребують системи керування. Сучасні розподілювачі протижеледних матеріалів повинні забезпечувати стабільну норму внесення незалежно від швидкості руху транспортного засобу. Наприклад, обладнання КДМ156 оснащується мікропроцесорною системою керування з панеллю в кабіні водія, а також може мати GPS/GPRS-систему для контролю виконання робіт [21]. Це є важливим напрямом модернізації, оскільки дозволяє зменшити перевитрати матеріалу, контролювати маршрут машини і підвищувати якість зимового утримання.

З екологічної та економічної точки зору точність дозування має велике значення. Надлишкове внесення солі та реагентів збільшує вартість робіт і

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		26

посилює корозійний вплив на автомобілі, елементи мостів, водовідвідні споруди та придорожні ґрунти. Недостатня кількість матеріалу не забезпечує необхідного зчеплення коліс із покриттям. Тому конструкція машини повинна передбачати достатній діапазон регулювання, рівномірну подачу матеріалу і можливість оперативної зміни режиму роботи залежно від стану дороги [1, 4].

Таблиця 2.1 - Основні вузли машини для зимового утримання та вимоги до них

Конструктивний елемент	Призначення	Вимоги до конструкції для українських умов
Базове шасі	Переміщення машини, розміщення спеціального обладнання, забезпечення тягового зусилля	Достатня вантажопідйомність, ремонтпридатність, можливість встановлення КВП, доступність запасних частин
Підрамник	Передавання навантажень від кузова, бункера та робочого обладнання на раму автомобіля	Міцність при статичних і динамічних навантаженнях, корозійний захист, зручність монтажу
Бункер або кузов	Зберігання піску, солі або піщано-сольової суміші	Похилі стінки, захисна решітка, захист від опадів, мінімізація зависання матеріалу
Скребковий транспортер	Подача матеріалу з кузова до розкидального диска	Регульована швидкість, натяжний пристрій, захист від заклинювання, зносостійкі скребки
Розкидальний диск	Розподілення матеріалу по ширині дорожнього покриття	Регульована частота обертання, стійкість до абразивного зносу, рівномірне розсіювання матеріалу
Фронтальний відвал	Зрізання і переміщення снігу за межі смуги руху	Поворот у плані, змінний ніж, запобіжний механізм, достатня жорсткість полиці
Щіткове обладнання	Остаточне очищення покриття після роботи відвала	Регулювання притиску, піднімання у транспортне положення, стійкість щіткових елементів до зносу
Система керування	Налаштування роботи транспортера, диска, відвала та щітки	Керування з кабіни, автоматичне коригування дозування, контроль витрати матеріалу і параметрів роботи

Під час вибору конструктивної схеми для подальших розрахунків потрібно враховувати, що надмірно складна машина буде дорожчою у виготовленні й обслуговуванні, а надто проста - не забезпечить потрібної якості утримання. Для бакалаврської роботи раціонально прийняти компромісну схему: автомобільне шасі середньої вантажопідйомності, фронтальний поворотний відвал, бункер для протиожезедного матеріалу, скребковий транспортер, розкидальний диск і гідравлічний привід робочих органів. Така схема дає змогу виконати основні технологічні операції і є достатньо зручною для інженерного розрахунку.

Прийнята схема також відповідає вимогам ремонтпридатності. Скребковий транспортер, гідроциліндри, розкидальний диск і відвал є вузлами, які можуть обслуговуватися окремо. У разі зношування ножа відвала або скребків транспортера їх можна замінити без повного демонтажу машини. Для умов комунальних підприємств і дорожніх організацій це важливо, оскільки техніка повинна швидко повертатися в роботу під час снігопаду.

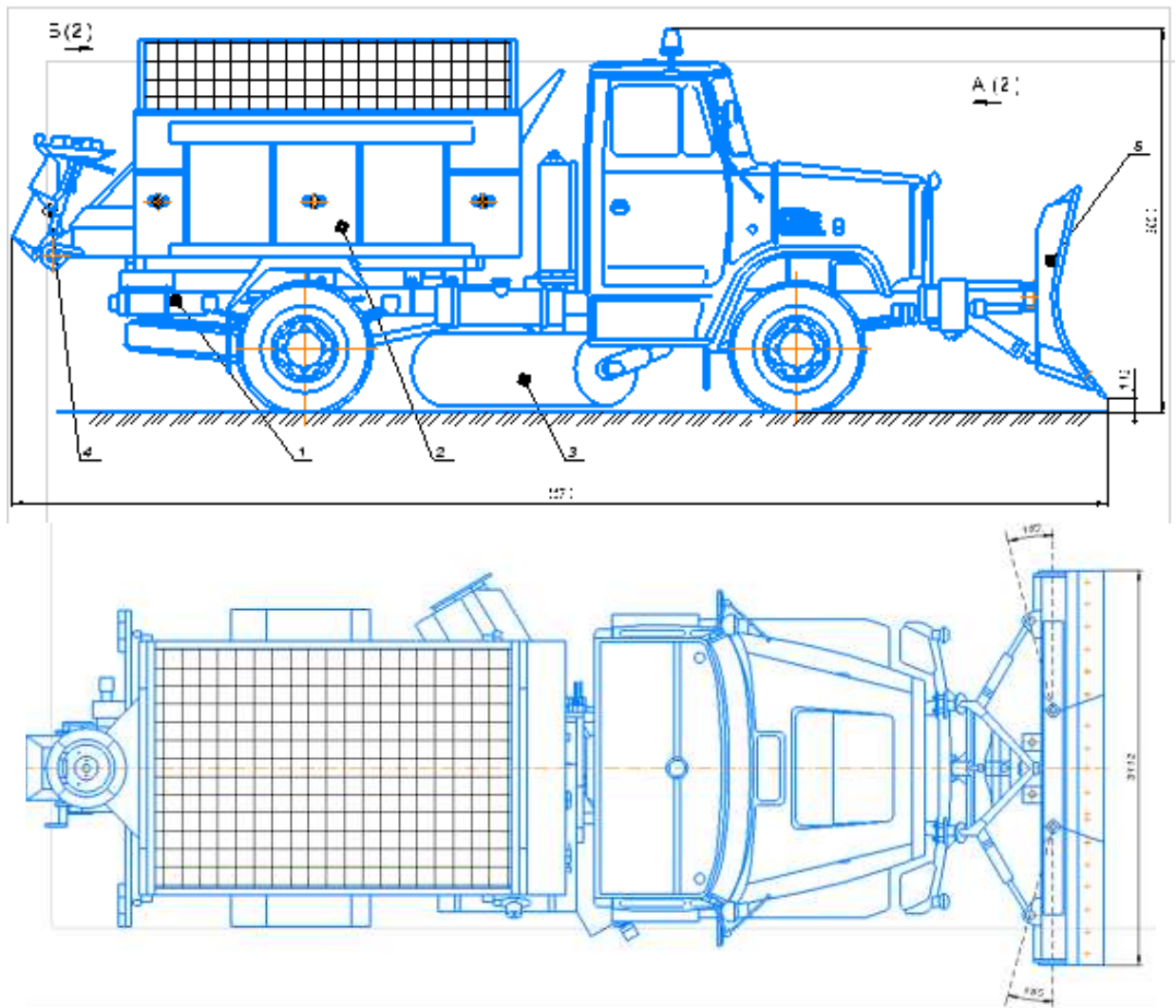
Отже, аналіз конструкцій показує, що найбільш доцільним напрямом для розрахунку є комбінована дорожня машина зі снігоочисним і розподільним обладнанням. Її конструкція повинна забезпечувати механічне очищення дороги, дозоване внесення протиожезедного матеріалу, регулювання робочих режимів і можливість використання базового шасі впродовж року. У наступному підрозділі на основі прийнятої конструктивної схеми можуть бути визначені вихідні дані та виконані розрахунки основних параметрів машини.

2.2 Розрахунок основних параметрів машини для зимового утримання автомобільних доріг

У цьому підрозділі виконано інженерний розрахунок основних параметрів машини для зимового утримання автомобільних доріг, яка

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

складається з базового автомобільного шасі, переднього снігоочисного відвала та змінного обладнання для розподілення протижеледних матеріалів. Розрахунок виконано для зимового режиму роботи, коли машина здійснює очищення проїзної частини від снігу та одночасне або окреме внесення піщано-соляної суміші чи іншого технологічного матеріалу. Конструктивну схему машини прийнято відповідно до креслень, наведених на рис. 2.7.



1 – базова машина, 2 – бункер, 3 – щітка, 4 – реагенторозкидач, 5 – відвал

Рисунок 2.7 – Загальний вигляд основної машини для зимового утримання автомобільних доріг,

Основним робочим органом для механічного очищення дороги є фронтальний відвал, який переміщує снігову масу до узбіччя. Оброблення дорожнього покриття протижеледним матеріалом виконується за допомогою

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

реагенторозкидача, до складу якого входять бункер, дозувальний або подаючий пристрій, розкидальний диск, привід та регулювальні елементи. Така схема є доцільною для українських умов, оскільки дозволяє використовувати машину як у період інтенсивних снігопадів, так і під час боротьби із зимовою слизькістю [1, 2, 4].

2.2.1 Вихідні дані для розрахунку

Для виконання розрахунку приймаємо, що машина працює на автомобільній дорозі з двома смугами руху в одному напрямку або на міській магістральній вулиці. Розрахунок виконуємо для найбільш навантаженого режиму внесення піщано-соляної суміші, коли необхідно забезпечити максимальну норму посипання та достатню ширину оброблення покриття. Вихідні дані прийнято з урахуванням практики зимового утримання доріг, конструкцій комбінованих дорожніх машин і параметрів реагенторозкидачів [5, 7, 12, 20, 21].

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Позначення	Прийняте значення
Робоча швидкість машини	$V_{\text{маш}}$	25 км/год = 6,94 м/с
Ширина оброблення дорожнього покриття	B	8,0 м
Норма внесення піщано-соляної суміші	$q_{\text{ПСС}}$	0,20 кг/м ²
Насипна густина піщано-соляної суміші	$\gamma_{\text{мат}}$	1,20 т/м ³
Ширина подаючого жолоба	b	0,44 м
Висота вихідного вікна бункера	h	0,197 м
Довжина подаючого жолоба	$L_{\text{ж}}$	3,40 м
Висота розкидального диска над дорогою	H	0,60 м
Радіус розкидального диска	$R_{\text{д}}$	0,22 м

2.2.2 Розрахунок продуктивності реагенторозкидача

На рисунку 2.8 зображено реагенторозкидач який встановлюється позаду бункера і розкидає за рахунок відцентрової сили пісок та сіль.

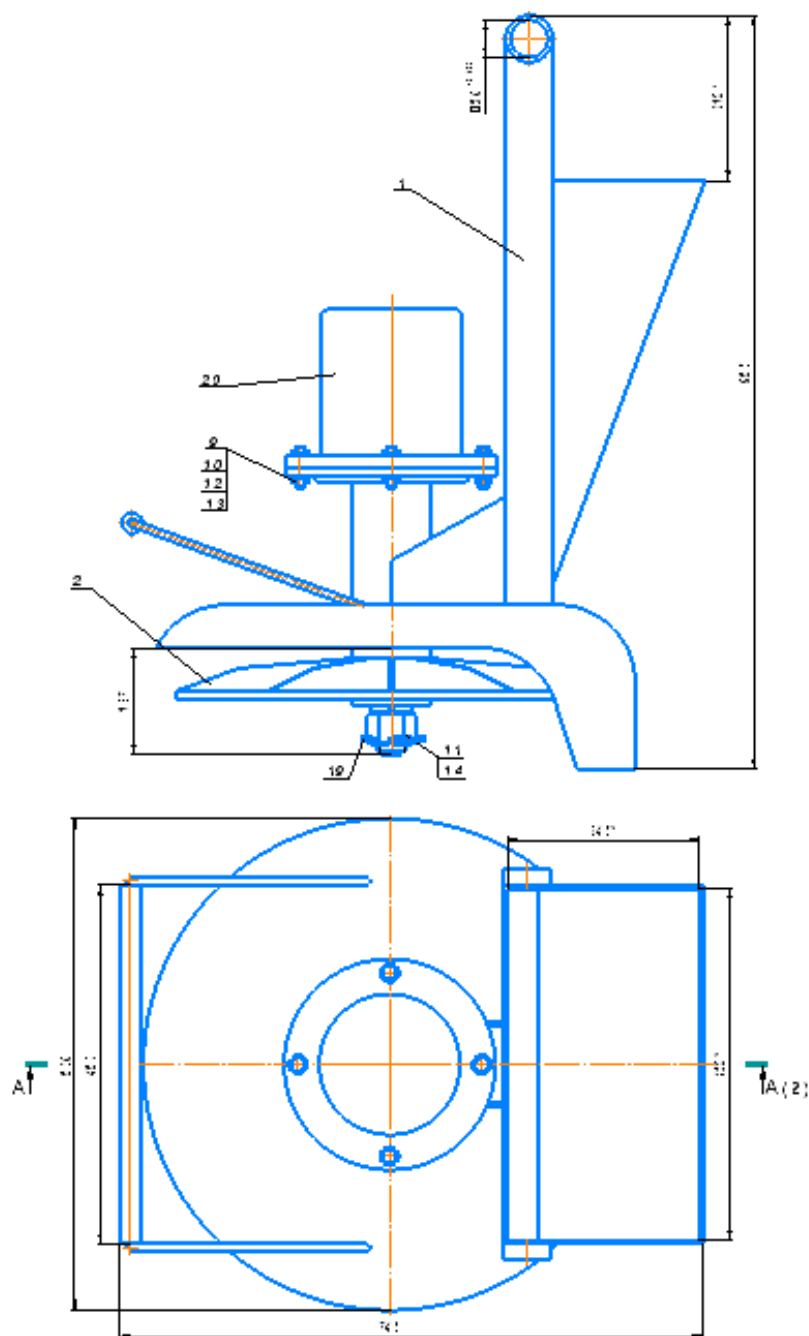


Рисунок 2.8 – Конструктивна схема реагенторозкидача

Необхідна масова продуктивність реагенторозкидача визначається з умови забезпечення заданої норми внесення матеріалу на площу дорожнього

покриття, яка обробляється машиною за одиницю часу. Площа оброблення за секунду дорівнює добутку робочої швидкості на ширину смуги посипання.

$$Q_c = v_{\text{маш}} \cdot B \cdot q_{\text{ПСС}} \quad (2.1)$$

де Q_c – секундна масова витрата матеріалу, кг/с; $v_{\text{маш}}$ – робоча швидкість машини, м/с; B – ширина оброблення, м; $q_{\text{ПСС}}$ – норма внесення піщано-соляної суміші, кг/м².

$$Q_c = 6,94 \cdot 8,0 \cdot 0,20 = 11,1 \text{ кг / с} \quad (2.2)$$

Для вибору подаючого пристрою та приводу зручно перейти до продуктивності у тоннах за годину:

$$Q = 3,6 \cdot Q_c \quad (2.3)$$

$$Q = 3,6 \cdot 11,1 = 40,0 \text{ т / год} \quad (2.4)$$

Отже, реагенторозкидач повинен забезпечувати подавання піщано-соляної суміші з продуктивністю не менше 40 т/год. Це значення відповідає інтенсивному режиму роботи і може бути зменшене під час експлуатації шляхом регулювання швидкості подаючого пристрою, положення шибера або частоти обертання розкидального диска.

2.2.3 Визначення параметрів подаючого пристрою

Подаючий пристрій реагенторозкидача повинен рівномірно переміщувати матеріал із бункера до розкидального диска. Для конструкції, наведеної на рис. 2.8, подавання матеріалу може здійснюватися скребковим, стрічковим, шнековим або вібраційним живильником. У розрахунку приймаємо жолобчастий подаючий пристрій прямокутного перерізу, що дає змогу визначити необхідну швидкість руху матеріалу.

$$S_{\text{ж}} = b \cdot h \quad (2.5)$$

$$S_{\text{ж}} = 0,44 \cdot 0,197 = 0,0867 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

Необхідна середня швидкість переміщення матеріалу в жолобі визначається за умови рівності заданої продуктивності та об'ємної витрати матеріалу:

$$Q = 3600 \cdot S_{\text{ж}} \cdot v_{\text{мат}} \cdot \gamma_{\text{мат}} \quad (2.7)$$

$$v_{\text{мат}} = Q / (3600 \cdot S_{\text{ж}} \cdot \gamma_{\text{мат}}) \quad (2.8)$$

$$v_{\text{мат}} = 40,0 / (3600 \cdot 0,0867 \cdot 1,20) = 0,107 \text{ м/с} \quad (2.9)$$

Розрахована швидкість руху матеріалу становить приблизно 0,11 м/с. Це значення є прийнятним для подаючих пристроїв реагенторозкидачів, оскільки забезпечує достатню продуктивність без різкого збільшення навантаження на привід. Для практичної конструкції доцільно передбачити регулювання швидкості подавання в межах 0,03–0,15 м/с, що дозволить змінювати норму внесення матеріалу залежно від фактичного стану дорожнього покриття.

2.2.4 Розрахунок потужності та параметрів вібраційного живильника

Для забезпечення стабільного сходження вологого або частково злежаного матеріалу з бункера доцільно застосовувати вібраційний або комбінований живильник. Потужність приводу вібраційного живильника у проєктному розрахунку можна визначити за узагальненим коефіцієнтом питомих витрат потужності на транспортування однієї тонни матеріалу на довжину 1 м [7].

$$P_{\text{ж}} = C \cdot K_1 \cdot Q \cdot L_{\text{ж}} \quad (2.10)$$

де $P_{\text{ж}}$ – потужність приводу живильника, кВт; C – коефіцієнт транспортабельності матеріалу; K_1 – коефіцієнт питомої витрати потужності, кВт·год/(т·м); Q – продуктивність, т/год; $L_{\text{ж}}$ – довжина жолоба, м. Для піску та піщано-соляної суміші приймаємо $C = 1$, $K_1 = 0,006$.

$$P_{\text{ж}} = 1 \cdot 0,006 \cdot 40,0 \cdot 3,40 = 0,816 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

З урахуванням можливого злежування матеріалу, втрат у приводі та роботи за низьких температур приймаємо запас потужності 15–25 %. Тоді встановлена потужність приводу живильника повинна бути не меншою:

$$P_{\text{уст.ж}} = 1,2 \cdot P_{\text{ж}} = 1,2 \cdot 0,816 = 0,98 \text{ кВт} \quad (2.12)$$

Отже, для приводу подаючого пристрою доцільно прийняти електромеханічний або гідравлічний вібропривід потужністю близько 1,0 кВт. Якщо застосовується гідропривід від коробки відбору потужності базового автомобіля, регулювання продуктивності виконується зміною витрати робочої рідини через гідромотор або за допомогою електрогідравлічного клапана.

Орієнтовну мінімальну амплітуду коливань живильника визначаємо через статичний момент дебалансів віброзбуджувача:

$$A_0 = M_0 / ((m_1 + m_2) \cdot g) \quad (2.13)$$

де M_0 – статичний момент дебалансів, Н·м; m_1 – маса частин механізму з матеріалом, що беруть участь у коливальному русі, кг; m_2 – маса віброзбуджувача, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с². Приймаємо $M_0 = 11 \text{ Н·м}$, $m_1 = 1193 \text{ кг}$, $m_2 = 20 \text{ кг}$.

$$A_0 = 11 / ((1193 + 20) \cdot 9,81) = 0,00092 \text{ м} = 0,92 \text{ мм} \quad (2.14)$$

Вимушувальну силу віброзбуджувача приймаємо з урахуванням маси коливальної системи:

$$F_{\text{в}} = (m_1 + m_2) \cdot g \quad (2.15)$$

$$F_{\text{в}} = (1193 + 20) \cdot 9,81 = 11899 \text{ Н} = 11,9 \text{ кН} \quad (2.16)$$

За результатами розрахунку для живильника доцільно застосувати віброзбуджувач із регульованою вимушувальною силою до 14 кН і встановленою потужністю близько 1 кВт. Регулювання кута взаємного положення дебалансів дозволить змінювати амплітуду коливань, а отже, і фактичну подачу матеріалу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

34

2.2.5 Розрахунок розкидального диска

Розкидальний диск є основним виконавчим органом реагенторозкидача. Матеріал, який надходить на диск, захоплюється лопатками, набуває окружної швидкості та викидається на дорожнє покриття. Для спрощеного інженерного розрахунку приймаємо, що частинка матеріалу залишає диск зі швидкістю, близькою до окружної швидкості на зовнішньому радіусі диска.

Час польоту частинки з висоти розташування диска над поверхнею дороги визначається за залежністю вільного падіння:

$$t_{\text{п}} = \sqrt{2 \cdot H / g} \quad (2.17)$$

$$t_{\text{п}} = \sqrt{2 \cdot 0,60 / 9,81} = 0,35 \text{ с} \quad (2.18)$$

Для забезпечення ширини оброблення $B = 8 \text{ м}$ приймаємо, що основна частина матеріалу повинна відкидатися на відстань приблизно $B/2$ від осі руху машини. Тоді необхідна швидкість частинки в горизонтальному напрямку дорівнює:

$$v_0 = (B / 2) / t_{\text{п}} \quad (2.19)$$

$$v_0 = (8 / 2) / 0,35 = 11,4 \text{ м / с} \quad (2.20)$$

Кутову швидкість диска визначаємо з умови, що швидкість частинки на виході приблизно дорівнює окружній швидкості диска:

$$\omega_{\text{д}} = v_0 / R_{\text{д}} \quad (2.21)$$

$$\omega_{\text{д}} = 11,4 / 0,22 = 51,8 \text{ рад / с} \quad (2.22)$$

Частота обертання диска становить:

$$n_{\text{д}} = 30 \cdot \omega_{\text{д}} / \pi \quad (2.23)$$

$$n_{\text{д}} = 30 \cdot 51,8 / 3,14 = 495 \text{ об / хв} \quad (2.24)$$

Отже, для забезпечення ширини посипання близько 8 м розкидальний диск доцільно приводити з частотою обертання приблизно 500 об/хв. У реальній машині ширина розподілення додатково регулюється положенням

напрямого кожуха, частотою обертання диска, місцем подавання матеріалу на диск та геометрією лопаток.

Для уникнення ударного відскакування частинок матеріалу від диска місце подавання не повинно потрапляти в зону надто великої окружної швидкості. Приймаємо допустиму окружну швидкість у зоні завантаження $u_{\text{доп}} = 8$ м/с. Тоді максимальний радіус подавання матеріалу становить:

$$r_{\text{под.мах}} = u_{\text{доп}} / \omega_{\text{д}} \quad (2.25)$$

$$r_{\text{под.мах}} = 8 / 51,8 = 0,154 \text{ м} \quad (2.26)$$

Якщо фактичний радіус подавання матеріалу на диск становить $r_{\text{под}} = 0,10$ м, то умова $r_{\text{под}} < r_{\text{под.мах}}$ виконується. Це означає, що матеріал надходитиме на диск у допустиму зону, а ймовірність відскакування частинок і нерівномірного розподілення зменшується.

2.2.6 Визначення потужності приводу розкидального диска

Потужність, необхідна для приводу розкидального диска, визначається за витратами енергії на надання матеріалу швидкості викидання. Орієнтовно її можна знайти через кінетичну енергію потоку матеріалу:

$$P_{\text{д}} = (Q_{\text{с}} \cdot v_0^2) / (2 \cdot \eta_{\text{д}}) \quad (2.27)$$

де $P_{\text{д}}$ – потужність на приводі диска, Вт; $Q_{\text{с}}$ – секундна масова витрата матеріалу, кг/с; v_0 – швидкість викидання матеріалу, м/с; $\eta_{\text{д}}$ – ККД приводу диска. Приймаємо $\eta_{\text{д}} = 0,70$.

$$P_{\text{д}} = (11,1 \cdot 11,4^2) / (2 \cdot 0,70) = 1030 \text{ Вт} = 1,03 \text{ кВт} \quad (2.28)$$

З урахуванням нерівномірності подавання матеріалу, втрат на тертя об лопатки та можливого потрапляння злежаних фракцій приймаємо коефіцієнт запасу $k_3 = 1,3$:

$$P_{\text{уст.д}} = k_3 \cdot P_{\text{д}} \quad (2.29)$$

$$P_{\text{уст.д}} = 1,3 \cdot 1,03 = 1,34 \text{ кВт} \quad (2.30)$$

Отже, встановлена потужність приводу розкидального диска повинна бути не меншою 1,3–1,5 кВт. Для сучасної конструкції доцільно застосовувати гідромотор або електрогідравлічний привід, що дозволяє плавно змінювати частоту обертання диска з кабіни оператора.

2.2.7 Розрахунок місткості бункера

Місткість бункера визначає тривалість автономної роботи машини без додаткового завантаження. Для міських умов важливо забезпечити достатній запас технологічного матеріалу, але не перевантажувати базове шасі.

Визначимо масу матеріалу, потрібну для оброблення ділянки дороги довжиною $l = 4,0$ км при прийнятій нормі внесення:

$$m_{\text{мат}} = B \cdot l \cdot q_{\text{ПСС}} \quad (2.31)$$

$$m_{\text{мат}} = 8,0 \cdot 4000 \cdot 0,20 = 6400 \text{ кг} = 6,4 \text{ т} \quad (2.32)$$

Необхідний об'єм бункера:

$$V_6 = m_{\text{мат}} / (1000 \cdot \gamma_{\text{мат}}) \quad (2.33)$$

$$V_6 = 6400 / (1000 \cdot 1,20) = 5,33 \text{ м}^3 \quad (2.34)$$

З урахуванням залишкового об'єму, нерівномірного заповнення та запасу матеріалу приймаємо раціональну місткість бункера 5,5–6,0 м³. Така місткість відповідає машині середнього класу і дозволяє виконувати оброблення значної ділянки дороги без частих зупинок для завантаження.

2.2.8 Узагальнення результатів розрахунку

Результати виконаних розрахунків зведено в табл. 2.2. Отримані параметри можуть бути використані для подальшого вибору гідрообладнання, приводу робочих органів, елементів бункера, подаючого пристрою та розкидального диска.

Таким чином, для прийнятої конструктивної схеми машини продуктивність реагенторозкидача повинна становити близько 40 т/год при максимальному режимі внесення піщано-соляної суміші. Подаючий пристрій має забезпечувати середню швидкість переміщення матеріалу близько 0,11 м/с, а розкидальний диск повинен працювати з частотою обертання приблизно 500 об/хв. Для приводу живильника доцільно прийняти потужність близько 1,0 кВт, а для приводу розкидального диска – 1,3–1,5 кВт.

Таблиця 2.2 – Результати виконаних розрахунків

Параметр	Позначення	Розрахункове значення
Секундна витрата матеріалу	Q_c	11,1 кг/с
Продуктивність реагенторозкидача	Q	40,0 т/год
Площа перерізу матеріалу в жолобі	$S_{\text{ж}}$	0,0867 м ²
Швидкість руху матеріалу в жолобі	$v_{\text{мат}}$	0,107 м/с
Потужність приводу живильника з запасом	$P_{\text{уст.ж}}$	≈ 1,0 кВт
Мінімальна амплітуда коливань живильника	A_0	0,92 мм
Вимушувальна сила віброзбуджувача	$F_{\text{в}}$	11,9 кН
Частота обертання розкидального диска	n_d	≈ 500 об/хв
Потужність приводу розкидального диска з запасом	$P_{\text{уст.д}}$	1,3–1,5 кВт
Рекомендована місткість бункера	V_b	5,5–6,0 м ³

Прийнята місткість бункера 5,5–6,0 м³ забезпечує достатній запас матеріалу для роботи машини на міських і міжміських дорогах у зимових умовах.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДИСКА РЕАГЕНТОРОЗКИДАЧА

3.1 Передумови вибору технології виготовлення диску

Матеріал заготовки: виливок 10Л-I за ДСТУ 8781:2018

У документі наведено маршрут виготовлення диска реагенторозкидача, починаючи з підготовки форми для лиття, а також виконано орієнтовний розрахунок штучного часу основних операцій. Розрахунок виконано для дрібносерійного виробництва з партією $N = 10$ шт. Значення режимів різання та трудомісткості прийнято як технологічно обґрунтовані для сталевого виливка з подальшим уточненням під наявне обладнання підприємства.

Вихідне креслення деталі зображено на рисунку 3.1 -3.2:

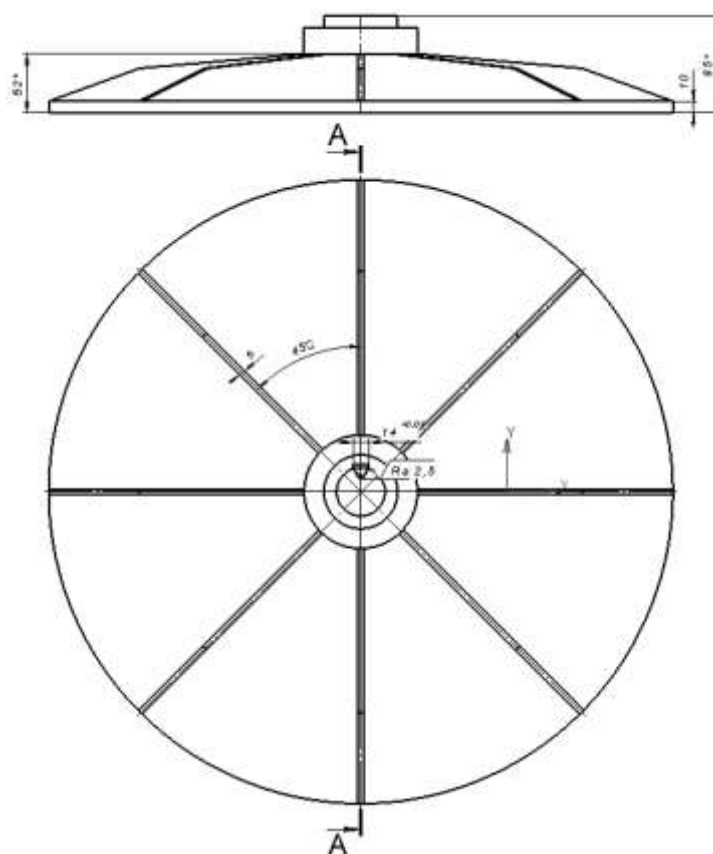


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд диска реагенторозкидача

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДИСКА РЕАГЕНТОРОЗКИДАЧА		
Розроб.	Дмитренко						
Перев.	Рогозін						
Керівник	Васильєв						
Н. контр.	Васильєв						
Затв.	Орисенко				Літ. Лист Листів		
					Н 39		
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

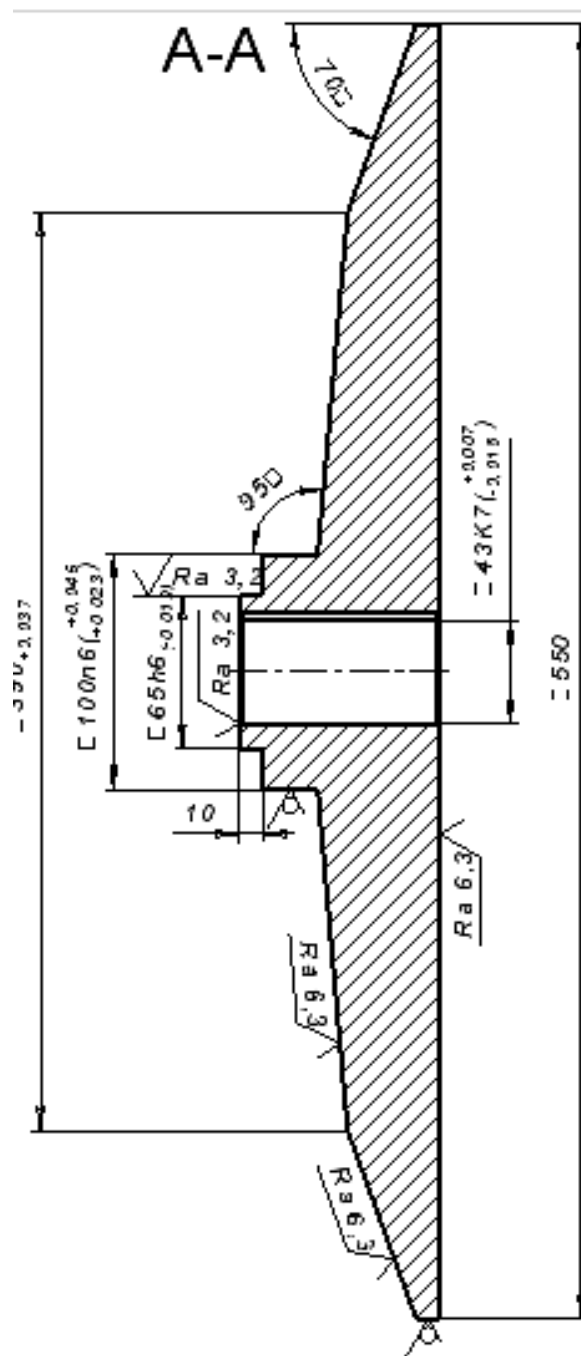


Рисунок 3.2 – Переріз А-А диска

3.2 Вихідні дані та прийняті припущення

Заготовка виготовляється литтям у піщано-глинисту форму. Конструкція диска має центральну бобишку, конічні робочі поверхні та радіальні ребра

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

40

жорсткості, які доцільно отримувати безпосередньо литтям з мінімальною подальшою механічною обробкою.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та прийняті припущення

Параметр	Прийняте значення	Примітка
Матеріал	сталь ливарна 10Л-I	ДСТУ 8781:2018
Тип заготовки	виливоч	піщано-глиниста форма
Зовнішній діаметр диска	D = 550 мм	за кресленням
Загальна висота деталі	H = 85,5 мм	за кресленням
Діаметр центральної бобишки	близько 100 мм	за кресленням
Центральний отвір	попередньо литий, остаточно обробляється різанням	розмір уточнюється за робочим кресленням
Припуск на механічну обробку	2,5–3,5 мм	для литої заготовки
Орієнтовна маса вилівка	m = 24 кг	з урахуванням ребер, бобишки та припусків
Партія деталей	N = 10 шт.	для розподілу підготовчо-завершального часу

3.3. Загальна послідовність виготовлення

Технологічний процес побудовано за принципом отримання максимально наближеної до готової деталі литої заготовки. Механічній обробці підлягають базові торцеві поверхні, зовнішній діаметр, центральний отвір, посадочні бурти та ділянки, для яких задані точність і шорсткість. Технологічний процес виготовлення диску наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технологічний процес виготовлення диску

№ операції	Назва операції	Дільниця	Зміст переходів	Обладнання та оснащення	Штучний час, хв	Календарний час, хв
005	Підготовка формувальної суміші та моделі	Ливарна	очищення модельної оснастки, нанесення розділювального шару, підготовка опок і піщано-глинистої суміші	ручний інструмент, опоки, модель диска	28,0	28,0
010	Виготовлення стрижня під центральний отвір	Ливарна	формування стрижня, сушіння/підсушування, контроль посадкових поверхонь	стрижневий ящик, сушильна шафа	12,0	12,0
015	Складання форми	Ливарна	установлення стрижня, складання верхньої та нижньої півформ, улаштування ливникової системи, продування, контроль співвісності	опоки, стрижень, ливникова система	10,0	10,0

Продовження таблиці 3.2 – Технологічний процес виготовлення диску

020	Заливання форми сталю 10Л-I	Ливар на	плавлення сталі, зняття шлаку, контроль температури, заливання металу у форму	індукційна/дугова піч, ківш	4,0	4,0
025	Охолодження, вибивання та видалення ливникової системи	Ливар на	охолодження у формі, вибивання виливка, відокремлення ливників і прибутків	вібровибивна решітка, абразивний відрізний круг	8,0	90,0
030	Очищення та обрубування виливка	Слюсарна	видалення задирок, напливів, залишків формувальної суміші, первинний візуальний контроль	пневмозубило, шліфмашина, дробоструминна камера	18,0	18,0
035	Нормалізація виливка	Термічна	нагрів, витримка, охолодження на повітрі для зняття внутрішніх напружень перед механічною обробкою	термічна піч	6,0	180,0
040	Попередній контроль заготовки	Контрольна	контроль зовнішніх дефектів, базових розмірів, припусків, биття заготовки	штангенциркуль, лінійка, індикатор	5,0	5,0

Продовження таблиці 3.2 – Технологічний процес виготовлення диску

045	Токарна чорнова обробка	Меха- нічна	установлення за центральный виступ; чорнове точіння торців, конічної поверхні та зовнішнього діаметра з припуском під чистову обробку	токарно- гвинторізний верстат 16K20 або аналог, різці T15K6	38, 0	38,0
050	Токарна чистова обробка	Меха- нічна	чистове точіння Ø550, торця, посадочного бурта, центральної бобишки та конічних поверхонь за кресленням	токарний верстат, чистові різці, індикатор	28, 0	28,0
055	Свердління , розточуван- ня та зенкування центрально- го отвору	Меха- нічна	свердління/розсвердл- ювання, розточування отвору до розміру, зняття фасок, контроль шорсткості	радіально- свердлильний або токарний верстат, свердло, розточний різець, зенкер	15, 0	15,0
060	Слюсарне зачищення ребер та кромок	Слюс- арна	зняття гострих кромок, зачистка ребер, усунення локальних нерівностей після лиття й обробки	шліфмашина, напилки, абразивні круги	12, 0	12,0

Продовження таблиці 3.2 – Технологічний процес виготовлення диску

065	Статичне балансування диска	Контрольна	перевірка дисбалансу, локальне зачищення або встановлення коригувальної мітки у разі потреби	призма/балансирувальний пристрій, індикатор	10,0	10,0
070	Остаточний контроль та маркування	Контрольна	контроль Ø550, центрального отвору, висоти, шорсткості, візуальний контроль, маркування деталі	штангенциркуль, нутромір, шаблон, клеймо	7,0	7,0

Сумарний штучний час активної праці: 201.0 хв. Орієнтовна тривалість циклу з урахуванням охолодження і термообробки: 457.0 хв.

3.4. Розрахунок часу виконання операцій

Штучний час операції визначають як суму основного, допоміжного часу, часу на обслуговування робочого місця та часу на відпочинок. Для одиничної або дрібносерійної обробки до штучного часу додається частка підготовчо-завершального часу, розподілена на партію деталей.

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп} + T_{пз} / N \quad (3.1)$$

де T_o – основний машинний час; T_d – допоміжний час; $T_{обс}$ – час на організаційне й технічне обслуговування; $T_{відп}$ – час на відпочинок і особисті потреби; $T_{пз}$ – підготовчо-завершальний час на партію; N – кількість деталей у партії.

$$n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) \quad (3.2)$$

де n – частота обертання заготовки або інструмента, об/хв; V – швидкість різання, м/хв; D – розрахунковий діаметр обробки, мм.

$$T_o = L \cdot i / (n \cdot S) \quad (3.3)$$

де L – довжина робочого ходу, мм; i – кількість проходів; S – подача, мм/об.

$$T_d = k_d \cdot T_o; \quad T_{обс} = k_{обс} \cdot T_o; \quad T_{відп} = k_{відп} \cdot T_o \quad (3.4)$$

У розрахунках прийнято: для чорнового точіння $k_d = 0,10$; $k_{обс} = 0,06$; $k_{відп} = 0,04$; для чистового точіння $k_d = 0,12$; $k_{обс} = 0,06$; $k_{відп} = 0,04$; для свердлильно-розточувальної операції $k_d = 0,15$; $k_{обс} = 0,08$; $k_{відп} = 0,05$.

Для ливарних операцій штучний час визначався за укрупненою структурою:

$$T_{шт.л} = T_{підг} + T_{форм} + T_{скл} + T_{зал} + T_{виб} + T_{оч} \quad (3.5)$$

де $T_{підг}$ – час підготовки оснастки; $T_{форм}$ – час формування; $T_{скл}$ – складання форми; $T_{зал}$ – заливання; $T_{виб}$ – вибивання; $T_{оч}$ – очищення та обрубкування. Для деталі масою близько 24 кг прийнято: $28 + 12 + 10 + 4 + 8 + 18 = 80$ хв активної праці на один виливок без урахування пасивного охолодження.

$$T_{шт.л} = 28 + 12 + 10 + 4 + 8 + 18 = 80 \text{ хв} \quad (3.6)$$

Для термічної операції нормалізації активна праця оператора прийнята 6 хв на деталь, а календарна тривалість циклу з нагріванням, витримкою та охолодженням становить 180 хв. Якщо у піч завантажується кілька виливків, календарний час розподіляють між деталями за фактичним завантаженням.

$$T_{кал.терм} = T_{нагр} + T_{витр} + T_{охол} = 180 \text{ хв} \quad (3.7)$$

Розрахунок машинного часу механічних операцій наведенні в таблиці 3.3.

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.3 – Розрахунок машинного часу механічних операцій

Операція	V, м/х в	D, мм	S, мм/о б	L, мм	i	n, об/х в	To, хв	T _д +T _{обс} +T _{від} п, хв	T _{пз} / N, хв	T _{шт} , хв
045 Чорнове точіння	45	32 0	0.45	28 0	2	44.8	27. 8	5.6	6.0	39.4
050 Чистове точіння	80	32 0	0.18	28 0	1	79.6	19. 5	4.3	4.5	28.3
055 Свердління та розточуван ня отвору	20	48	0.25	70	1	132. 6	3.7	1.0	2.5	7.2

Приклад розрахунку для чорнового точіння конічних і торцевих поверхонь диска:

$$n=1000 \cdot 45 / (\pi \cdot 320) = 44,8 \text{ об / хв} \quad (3.8)$$

$$T_o = 280 \cdot 2 / (44,8 \cdot 0,45) = 27,8 \text{ хв} \quad (3.9)$$

$$T_{шт} = 27,8 + 0,10 \cdot 27,8 + 0,06 \cdot 27,8 + 0,04 \cdot 27,8 + 60 / 10 = 39,3 \text{ хв} \quad (3.10)$$

З урахуванням округлення до нормованого часу для операції 045 прийнято 38 хв, оскільки частина підготовчих дій виконується паралельно з базуванням заготовки.

Приклад розрахунку для чистового точіння:

$$n=1000 \cdot 80 / (\pi \cdot 320) = 79,6 \text{ об / хв} \quad (3.11)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

47

$$T_o = 280 \cdot 1 / (79,6 \cdot 0,18) = 19,5 \text{ хв} \quad (3.12)$$

$$T_{шт} = 19,5 + 0,12 \cdot 19,5 + 0,06 \cdot 19,5 + 0,04 \cdot 19,5 + 45 / 10 = 28,3 \text{ хв} \quad (3.13)$$

Для центрального отвору прийнято комбіновану схему: попередній отвір формується стрижнем під час лиття, після чого виконується розсвердлювання, розточування до остаточного розміру та зенкування фасок. Розрахунок подано за сумою машинного часу свердління й розточування.

$$T_{_o} = 70 / (132,6 \cdot 0,25) + 70 / (222,8 \cdot 0,20) = 3,7 \text{ хв} \quad (3.14)$$

$$T_{_шт} = 3,7 + 0,15 \cdot 3,7 + 0,08 \cdot 3,7 + 0,05 \cdot 3,7 + 25 / 10 = 7,2 \text{ хв} \quad (3.15)$$

Для операції 055 у маршрутній карті прийнято 15 хв, оскільки додатково враховано перестановку та вивіряння диска, зенкування фасок, контроль нутроміром і очищення отвору від стружки.

3.5 Технічні вимоги до виконання операцій

- Форму перед заливанням необхідно очистити від залишків попередньої формувальної суміші, перевірити цілісність робочих поверхонь моделі та правильність розташування стрижня центрального отвору.
- Ливникову систему розташовувати так, щоб забезпечити рівномірне заповнення тонких ділянок диска та ребер без утворення холодних спаїв.
- Після вибивання виливок підлягає візуальному контролю на наявність тріщин, раковин, недоливів і перекосів ребер.
- Перед механічною обробкою виливок доцільно нормалізувати для стабілізації структури та зменшення внутрішніх напружень.
- Базування під час токарної обробки виконувати за центральною бобишкою та попередньо обробленою торцевою поверхнею. Перевіряти радіальне й торцеве биття індикатором.
- Після остаточної механічної обробки виконати зачищення гострих кромek, статичне балансування та контроль відповідності основних розмірів кресленню.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

48

Запропонований технологічний процес забезпечує отримання диска реагенторозкидача зі сталевого виливка 10Л-I за ДСТУ 8781:2018 з подальшою механічною обробкою базових і посадочних поверхонь. Сумарний штучний час активного виготовлення однієї деталі становить орієнтовно 201.0 хв, а календарна тривалість з урахуванням охолодження виливка та нормалізації – близько 457.0 хв. Остаточні значення часу можуть бути уточнені після вибору конкретного обладнання, фактичної маси заготовки та затвердження робочого креслення.

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Безпека життєдіяльності під час проєктування, виготовлення та експлуатації машини для зимового утримання автомобільних доріг має важливе значення, оскільки робота такої техніки виконується у складних метеорологічних умовах, на проїзній частині автомобільних доріг, у зоні руху транспортних засобів та за наявності низьких температур, снігу, ожеледиці й обмеженої видимості. Розроблювана машина належить до дорожньо-комунальної техніки комбінованого типу та може містити базове автомобільне шасі, передній снігоочисний відвал, бункер для протиожеледного матеріалу, транспортувальний механізм, розкидальний диск, гідравлічний привід і систему керування з кабіни оператора.

Метою цього розділу є визначення основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час роботи машини, а також розроблення організаційних, конструктивних і технічних заходів для забезпечення безпеки водія-оператора, ремонтного персоналу та учасників дорожнього руху. Під час формування вимог до безпеки враховано підхід до оцінювання та зменшення ризиків, прийнятий у стандартах з безпечності машин, а також вимоги охорони праці на автомобільному транспорті та під час виконання робіт із будівництва, ремонту й утримання автомобільних доріг.

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час роботи машини

Під час експлуатації машини для зимового утримання автомобільних доріг безпеки формуються одночасно з боку самої машини, дорожнього середовища, погодних умов і технологічного матеріалу. До найбільш характерних небезпечних факторів належать рух базового шасі в транспортному потоці, можливість зіткнення з іншими транспортними засобами, наїзд на перешкоди, втрата стійкості або керованості на слизькому покритті, а також перебування людей у зоні дії робочих органів.

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ					Літ.	Лист	Листів	
Розроб.	Дмитренко									Н		50	
Перев.	Васильєв									Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»			
Керівник													
Н. контр.	Васильєв												
Затв.	Орисенко												

Механічну небезпеку становлять передній відвал, щіткове обладнання, транспортер, розкидальний диск, карданні та ланцюгові передачі, шків, муфти, гідроциліндри та інші рухомі елементи. У разі відсутності огорожень або порушення правил обслуговування можливі затягування одягу, травмування кінцівок, удар рухомими частинами, викидання грудок льоду, каміння або частинок піщано-соляної суміші. Особливо небезпечною є зона позаду розкидального диска, оскільки матеріал відкидається з великою швидкістю та може травмувати людей або пошкодити транспортні засоби.

Додатковими шкідливими факторами є підвищений рівень шуму і вібрації від двигуна, гідравлічного обладнання та взаємодії відвалу зі сніговим шаром; запиленість під час завантаження сухих протиожезедних матеріалів; контакт шкіри та органів дихання з сіллю або хімічними реагентами; низька температура повітря; підвищена вологість; недостатня освітленість у темну пору доби; психофізіологічне навантаження на водія внаслідок тривалої роботи в умовах снігопаду, хуртовини та обмеженої видимості.

Окрему увагу необхідно приділяти гідравлічній системі. Робоча рідина перебуває під тиском, тому пошкодження рукавів високого тиску або розгерметизація з'єднань можуть спричинити травмування струменем рідини, опіки нагрітою оливою, забруднення дороги та втрату керованості робочими органами. Тому під час експлуатації машини повинні регулярно перевірятися стан рукавів, герметичність з'єднань, справність запобіжних клапанів і надійність кріплення гідроциліндрів.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні фактори під час експлуатації машини для зимового утримання доріг

Джерело небезпеки	Можливий наслідок	Зона виникнення	Заходи зменшення ризику
Рух машини на слизькому покритті	Занос, зіткнення, наїзд на перешкоду	Проїзна частина дороги	Вибір безпечної швидкості, справні гальма, зимові шини, пробіскові маячки, дотримання дистанції
Передній відвал	Удар, затиснення, пошкодження покриття або дорожніх елементів	Передня частина машини	Пружний або шарнірний захист ножа, обмеження швидкості, оглядовість, заборона перебування людей перед машиною
Транспортер і розкидальний диск	Затягування, травмування частинками матеріалу	Кузов, задня частина машини	Огородження приводів, захисний кожух диска, попереджувальні знаки, заборона ремонту на ходу
Гідравлічна система	Розрив рукавів, витік оливи, некерований рух обладнання	Місця встановлення гідроциліндрів і гідроліній	Регулярний огляд, запобіжні клапани, скидання тиску перед ремонтом, використання якісних рукавів
Протиожеледні матеріали	Подразнення шкіри, очей, органів дихання, корозійний вплив	Зона завантаження та розкидання	Засоби індивідуального захисту, пилопригнічення, закритий бункер, промивання машини після зміни

4.2 Вимоги безпеки до конструкції машини

Безпечність конструкції машини повинна забезпечуватися ще на стадії проєктування. Основним принципом є усунення небезпеки конструктивними засобами, а якщо це неможливо - зменшення ризику за допомогою захисних пристроїв, сигналізації, попереджувальних написів, інструкцій і засобів індивідуального захисту. Для машини зимового утримання це означає, що всі небезпечні рухомі частини мають бути недоступними для випадкового контакту, а керування робочими органами повинно виконуватися з безпечного місця - переважно з кабіни оператора.

Передній снігоочисний відвал доцільно обладнати змінним ножом із пружним або гумовим елементом, який зменшує ударні навантаження під час

наїзду на люки, нерівності, стики плит, бордюри або уламки льоду. Конструкція підвіски відвалу повинна передбачати можливість швидкого переведення робочого органа з транспортного положення в робоче та навпаки. У піднятому положенні відвал має фіксуватися механічним або гідромеханічним стопором, що унеможлиблює його самовільне опускання під час переїзду або технічного обслуговування.

Транспортер, ланцюгові передачі, зірочки, муфти, карданні вали та інші обертові елементи необхідно закривати металевими кожухами. Кожухи повинні бути міцними, зручними для зняття під час ремонту і такими, що не створюють додаткової небезпеки для персоналу. Забороняється експлуатація машини зі знятими огороженнями, а також очищення транспортера, диска чи бункера при працюючому двигуні або увімкненому приводі.

Розкидальний диск повинен мати захисний екран, який обмежує випадковий викид матеріалу в небезпечні зони та спрямовує потік піщано-соляної суміші на дорожнє покриття. На задній частині машини необхідно встановити попереджувальні знаки, світлову сигналізацію, світловідбивні елементи та пробліскові маячки. У темну пору доби або під час хуртовини вони підвищують помітність машини для інших учасників руху.

Кабіна оператора повинна забезпечувати достатню оглядовість передньої частини машини, країв відвалу, бокових зон і зони позаду розкидального пристрою. Для цього використовують зовнішні дзеркала, додаткові фари, робоче освітлення, камери заднього огляду або звукову сигналізацію заднього ходу. Органи керування відвалом, транспортером і диском мають бути розміщені зручно, мати чітке маркування і виключати випадкове ввімкнення.

4.3 Організація безпечної експлуатації машини

До керування машиною допускаються водії-оператори, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з будовою спеціального обладнання та правилами виконання робіт у зимових

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		53

умовах. Перед початком зміни оператор повинен перевірити технічний стан базового шасі, справність гальм, рульового керування, зовнішнього освітлення, пробліскових маячків, звукової сигналізації, склоочисників, системи обігріву кабіни, кріплення відвалу, стан ножа, герметичність гідросистеми та наявність вогнегасника.

Під час виїзду на лінію робоче обладнання повинно бути зафіксоване у транспортному положенні. Переведення відвалу, щітки або розкидального механізму в робочий режим допускається тільки після переконання, що в небезпечній зоні немає людей, сторонніх предметів і транспортних засобів. Усі маневри необхідно виконувати плавно, без різкого прискорення та гальмування, оскільки на слизькому покритті це може призвести до втрати стійкості машини.

Швидкість руху під час снігоочищення вибирають залежно від товщини та густини снігу, ширини смуги очищення, дорожніх умов і видимості. За інтенсивного снігопаду, хуртовини або руху в населеному пункті швидкість повинна бути зменшена. Під час очищення дороги необхідно підтримувати безпечну дистанцію до інших транспортних засобів, уникати різких поворотів і не допускати наїзду відвала на тверді перешкоди з великою швидкістю.

Під час розподілення протижеледних матеріалів забороняється перебування людей позаду машини та збоку від зони розкидання. Регулювання положення шибера, очищення завислого матеріалу, видалення сторонніх предметів із бункера або транспортера можна виконувати лише після повної зупинки двигуна, вимкнення приводу, скидання тиску в гідросистемі та надійної фіксації рухомих частин. Забороняється проштовхувати матеріал у бункері руками або ногами.

Після завершення роботи машину необхідно очистити від снігу, льоду та залишків реагентів, промити елементи, що контактували з сіллю, перевірити стан зварних швів, ножа відвалу, ланцюгів транспортера та кріпильних з'єднань. Виявлені несправності повинні усуватися до наступного виїзду,

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

оскільки робота несправної машини в зимових дорожніх умовах створює підвищений ризик для оператора та учасників руху.

4.4 Засоби індивідуального захисту та вимоги до персоналу

Персонал, який виконує завантаження бункера, технічне обслуговування або ремонт машини, повинен використовувати спецодяг підвищеної видимості, захисне взуття з неслизькою підошвою, рукавиці, захисні окуляри, а під час роботи з сухими сипкими матеріалами - респіратор або інший засіб захисту органів дихання. У темну пору доби обов'язковим є застосування сигнального жилета або куртки зі світловідбивними елементами.

Під час роботи на відкритому повітрі в умовах низьких температур необхідно передбачати регламентовані перерви для обігріву, гаряче пиття, справну систему опалення кабіни та захист від переохолодження. Тривала дія холоду знижує швидкість реакції оператора, погіршує координацію рухів і підвищує ймовірність помилки під час керування машиною. Тому технічна справність системи обігріву та очищення скла є не лише питанням комфорту, а й важливим фактором безпеки.

Оператор повинен знати порядок дій у разі відмови гідросистеми, заклинювання транспортера, наїзду на перешкоду, пожежі, дорожньо-транспортної пригоди або раптового погіршення видимості. У таких випадках необхідно зупинити машину в безпечному місці, увімкнути аварійну світлову сигналізацію, встановити знак аварійної зупинки, повідомити відповідального працівника та не виконувати ремонтні роботи на проїзній частині без організації безпечної зони.

4.5 Пожежна безпека та екологічні вимоги

Пожежна небезпека машини пов'язана з наявністю пального, мастильних матеріалів, електропроводки, нагрітих поверхонь двигуна та можливим коротким замиканням у системах керування. Машина повинна бути

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ

Лист

55

укомплектована справним вогнегасником, аптечкою, знаком аварійної зупинки і противідкотними упорами. Паливна система, електропроводка та гідролінії мають регулярно оглядатися, а витоки пального або оливи повинні усуватися негайно.

Під час заправлення забороняється палити, користуватися відкритим вогнем, виконувати зварювальні роботи або залишати працюючий двигун без необхідності. Місця зберігання пального, мастил і протиожеледних матеріалів мають бути обладнані відповідно до вимог пожежної безпеки та охорони навколишнього середовища. Використані мастила, фільтри, забруднене ганчір'я та залишки реагентів необхідно збирати в спеціальну тару та передавати на утилізацію.

Екологічна безпека під час роботи машини полягає в раціональному дозуванні протиожеледних матеріалів, недопущенні їх надмірного розкидання на узбіччя, газони, тротуари та у водовідвідні споруди. Надлишкове внесення солі збільшує корозійний вплив на транспортні засоби й металеві елементи дорожньої інфраструктури, погіршує стан ґрунтів і може забруднювати поверхневі води. Тому система подачі матеріалу повинна забезпечувати регулювання норми розподілення залежно від швидкості руху, ширини оброблення та фактичного стану покриття.

4.6 Оцінювання професійного ризику під час експлуатації машини

Для попереднього оцінювання небезпек під час експлуатації машини може бути використана спрощена бальна методика, за якою рівень ризику визначають як добуток імовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її можливих наслідків:

$$R = P \cdot S, \quad (4.1)$$

де R – умовний рівень ризику; P – імовірність виникнення небезпечної події; S – тяжкість можливих наслідків. Для якісної оцінки можна приймати

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		56

шкалу від 1 до 5 балів для кожного показника. Ризики з найбільшим значенням R потребують першочергового усунення або зменшення.

Таблиця 4.2 – Попереднє оцінювання ризиків під час роботи машини

Небезпечна подія	P	S	R	Основний захід безпеки
Наїзд або зіткнення під час роботи на дорозі	3	5	15	Проблискові маячки, знаки, дотримання швидкості, організація безпечної зони робіт
Травмування розкидальним диском або матеріалом	3	4	12	Захисний екран, заборона перебування позаду машини, вимкнення приводу перед обслуговуванням
Розрив рукава гідросистеми	2	4	8	Огляд рукавів, запобіжні клапани, скидання тиску перед ремонтом
Падіння персоналу під час завантаження або очищення	3	3	9	Неслизькі площадки, поручні, очищення від льоду, заборона перебування в бункері
Контакт із сіллю та пилом протиожеледних матеріалів	4	2	8	Рукавиці, окуляри, респіратор, закритий бункер, промивання після роботи

Аналіз показує, що найбільший ризик під час експлуатації машини пов'язаний із роботою на відкритій проїзній частині та взаємодією з іншими транспортними засобами. Тому першочерговими заходами є забезпечення видимості машини, правильна організація робіт, вибір безпечної швидкості та навчання оператора. Другу групу становлять механічні небезпеки від робочих органів, які зменшуються шляхом огороження приводів, блокування небезпечних зон і суворої заборони очищення та ремонту під час роботи приводу.

У розділі розглянуто основні небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час експлуатації машини для зимового утримання автомобільних доріг. Установлено, що найбільш суттєвими є ризики, пов'язані з рухом машини в транспортному потоці, роботою відвалу, транспортера та розкидального диска, дією гідравлічної системи, низькими температурами, обмеженою видимістю та контактом із протиожедними матеріалами.

Запропоновані заходи безпеки передбачають застосування огорожень рухомих частин, захисного екрана розкидального диска, фіксаторів піднятого обладнання, світлової та звукової сигналізації, пробліскових маячків, засобів індивідуального захисту, регулярного технічного огляду та чіткої організації робіт на дорозі. Виконання цих вимог забезпечує зниження професійних ризиків, підвищує надійність експлуатації машини та сприяє безпечному виконанню робіт із зимового утримання автомобільних доріг.

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки

У роботі виконано розрахунок машини для зимового утримання автомобільних доріг, призначеної для механічного очищення дорожнього покриття від снігу та розподілення протиожезедних матеріалів. Проведені дослідження і розрахунки дозволили обґрунтувати доцільність застосування комбінованої дорожньої машини, яка поєднує снігоочисне обладнання та реагенторозкидач.

У першому розділі розглянуто особливості зимового утримання автомобільних доріг, основні види зимової слизькості, умови експлуатації дорожніх машин та вимоги до їх робочого обладнання. Встановлено, що найбільш ефективними для українських умов є комбіновані машини, здатні виконувати кілька технологічних операцій за один прохід: очищення проїзної частини, переміщення снігової маси до узбіччя та оброблення покриття піщано-соляною сумішшю.

У конструкторському розділі виконано аналіз будови машин для зимового утримання доріг і обґрунтовано вибір конструктивної схеми з переднім снігоочисним відвалом, бункером для протиожезедного матеріалу, подаючим пристроєм і розкидальним диском. Така схема забезпечує достатню універсальність, продуктивність і можливість використання машини на автомобільних дорогах різних категорій.

У роботі виконано розрахунок основних параметрів реагенторозкидача. Для прийнятих умов експлуатації визначено, що продуктивність обладнання повинна становити близько 40 т/год, секундна витрата матеріалу — 11,1 кг/с, швидкість руху матеріалу в подаючому жолобі — близько 0,107 м/с. Для забезпечення надійної роботи прийнято потужність приводу живильника

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Висновки	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Дмитренко					Н		
Перев.	Васильєв							
Керівн.								
Н. контр.	Васильєв					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Затв.	Орисенко							

близько 1,0 кВт, а потужність приводу розкидального диска — 1,3–1,5 кВт. Частота обертання розкидального диска прийнята близько 500 об/хв, що забезпечує необхідну ширину розподілення протиожедного матеріалу.

У технологічній частині розроблено технологічний процес виготовлення диска реагенторозкидача. Як заготовку прийнято сталевий виливок 10Л-І за ДСТУ 8781:2018, що є доцільним для деталі складної просторової форми з ребрами жорсткості та центральною бобишкою. Запропонований технологічний маршрут передбачає підготовку форми для лиття, виготовлення стрижня, складання форми, заливання металу, очищення виливка, термічну обробку, механічну обробку, слюсарне зачищення та контроль готової деталі.

У розділі з безпеки життєдіяльності розглянуто основні небезпечні та шкідливі фактори, які виникають під час експлуатації машини для зимового утримання автомобільних доріг. До них належать рух у складних погодних умовах, обмежена видимість, низька температура повітря, можливість контакту з рухомими робочими органами, шум, вібрація, пил від піщано-соляної суміші та ризики під час технічного обслуговування. Запропоновано заходи щодо підвищення безпеки роботи оператора, обслуговуючого персоналу та інших учасників дорожнього руху.

Отримані результати підтверджують, що запропонована машина для зимового утримання автомобільних доріг може забезпечити ефективне очищення дорожнього покриття та рівномірне розподілення протиожедних матеріалів. Виконані розрахунки основних параметрів робочого обладнання, розроблений технологічний процес виготовлення диска реагенторозкидача та заходи з безпеки життєдіяльності створюють основу для подальшого конструкторського опрацювання, виготовлення та практичного застосування такої машини в дорожньо-комунальному господарстві.

Список літератури

1. Зимове утримання, боротьба із снігоприносами, зимовою слизькістю, використання протижеледних матеріалів та їхній вплив на навколишнє середовище. Дороги і мости. 2024. URL: <https://dorogimosti.org.ua/ua/zimove-utrimannya-borotyba-iz-snigoprinosami-zimovoyu-slzykisty-vikoristannya-protioghelednih-materialiv-ta-yihniy-vpliv-na-navkolishnye-seredovishe>
2. Розробка методичного підходу до утримання автомобільних доріг у зимовий період з урахуванням світового досвіду. ДП «ДерждорНДІ». URL: <https://nidi.org.ua/ua/rozrobka-metodichnogo-pidhodu-do-utrimannya-avtomobilynih-dorig-u-zimoviy-period-z-urahuvannyam-svitovogo-dosvidu>
3. Матеріали семінару «Утримання автомобільних доріг в зимовий період року та безпека дорожнього руху на них». ДП «ДерждорНДІ». 2017.
4. Матеріали та технології зимового утримання автомобільних доріг : матеріали семінару. ДП «ДерждорНДІ». 2020. URL: <https://dorndi.org.ua/files/upload/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0%D1%80%20%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf>
5. Беятинський А. О. та ін. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів : навч. посіб. URL: https://www.researchgate.net/profile/Andrii-Bieliatynskyi/publication/365822614_Fundamentals_of_the_operation_of_highways_and_d_airfields/links/63859baa7b0e356feb955e4c/Fundamentals-of-the-operation-of-highways-and-airfields.pdf

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат				
Розроб.	Дмитренко				Список літератури		Лім.	Лист
Перев.	Васильєв						Н	Листів
Керівник							Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»	
Н. контр.	Васильєв							
Затв.	Орисенко							

6. Кашканов А. А., Кашканов В. А., Кужель В. П. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг та міських вулиць : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 113 с.
7. Машины і механізми міського господарства : навч. посіб. Київ : КНУБА. URL: https://library.knuba.edu.ua/books/1_1_16.pdf
8. Воляннюк В. О., Міщук Д. О. Підйомно-транспортні машини (системи) : конспект лекцій. Ч. 2. Київ : КНУБА, 2020. 172 с.
9. Технічна експлуатація автомобілів : навч. матеріали. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/4/1-4-kl13.pdf>
10. Осетрін М. М., Беспалов Д. О., Тарасюк В. П. Міські дорожньо-транспортні споруди : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2022.
11. Посібник дорожніх “хвороб”. URL: https://www.yakist.org/wp-content/uploads/2022/04/posibnyk-dorozhnih-_hvorob_.pdf
12. Комбіновані дорожні машини. Будшляхмаш. URL: <https://bshm.com.ua/product-category/kombinovani-mashyny-uk/>
13. Дорожня комбінована машина МДКЗ-10. СБМ-503. URL: <https://www.sbm-503.com.ua/ua/produktsiyaua/item/54-dorozhnya-kombinovana-mashina-mdkz-10>
14. MSV-5. Kobalt-Foton. URL: <https://kobalt-foton.com.ua/289/>
15. Запісочний О. Ю. Підвищення експлуатаційних показників автомобіля спеціального призначення із встановленням фронтального відвалу : кваліфікаційна робота. Черкаси : ЧДТУ, 2024.
16. Радченко І. С. Розробка снігоочисного обладнання для автогрейдера середнього класу : дипломний проєкт бакалавра : 133 Галузеве машинобудування. Харків : ХНАДУ, 2021. 79 с. URL:
17. Ухін М. В. Проектування автогрейдера з робочим обладнанням для зимового утримання доріг : кваліфікаційна робота бакалавра : 133 Галузеве машинобудування. Харків : ХНАДУ, 2025. 94 с. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/25877>

18. Дорожня комбінована машина МДКЗ-17. СБМ-503. URL: <https://www.sbm-503.com.ua/ua/produktsiyaua/item/181-dorozhnia-kombinovana-mashyna-mdkz17>
19. Дорожня комбінована машина МДКЗ-12. Hydromarket. URL: <https://hydromarket.com.ua/ua/p1217564819-dorozhnaya-kombinirovannaya-mashina.html>
20. Піско-солерозкидач ЕРТ21. Будшляхмаш. URL: <https://bshm.com.ua/product/pisko-solerozkydach-ept21/>
21. Піскорозкидувачі КДМ156. Обладнання для розподілення протиожеледних матеріалів. Кредмаш. URL: <https://kredmash.com/ua/sand-spreaders/oborudovanie-dlya-raspredeleniya-protivogolodnyh-materialov-kdm156>

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		