НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
технічного сервісу та інженерного менеджменту імені
М. П. Момотенка

_____ Руслан ШАТРОВ

«_____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Розробка конструкції елементів оглядовості кабіни мобільних енергетичних засобів»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор _____ Володимир БУЛГАКОВ
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. _____ Тітова Людмила Леонідівна

Виконав _____ Мельничук Ярослав Вікторович

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технічного сервісу та інженерного менеджменту
імені М. П. Момотенка
_____ Іван РОГОВСЬКИЙ
(підпис) (ПІБ)

«_____» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Мельничуку Ярославу Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Розробка конструкції елементів оглядовості кабіни мобільних енергетичних засобів» затверджена наказом ректора НУБіП України від «15» квітня 2026 р. № 1044 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру 20 травня 2026 року
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Матеріали первинного бухгалтерського обліку, нормативно-методичні матеріали, науково-технічна література

Перелік питань, які потрібно розробити:
1. РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУ
2. РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ОГЛЯДОВОСТІ
3. РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА
4. РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ
5. РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Перелік графічних документів: Електронна презентація на 14 слайдів
Дата видачі завдання «06» січня 2026 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи
_____ Тітова Людмила Леонідівна
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Мельничук Ярослав Вікторович
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ключові слова: мобільний енергетичний засіб, кабіна оператора, оглядовість, зона видимості, непроглядна зона, дзеркало заднього виду, відеокамера, ергономіка, безпека праці, конструктивна розробка.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення оглядовості з робочого місця оператора мобільного енергетичного засобу під час виконання технологічних операцій.

Предметом дослідження є конструктивні параметри елементів оглядовості кабіни мобільного енергетичного засобу та їх вплив на безпеку й ефективність роботи оператора.

Метою бакалаврського проєкту є підвищення безпеки та ефективності експлуатації мобільних енергетичних засобів шляхом удосконалення конструкції елементів оглядовості кабіни оператора.

У роботі проведено аналіз сучасних конструкцій кабін мобільних енергетичних засобів та нормативних вимог щодо забезпечення оглядовості робочого місця оператора. Досліджено фактори, що впливають на формування зон видимості та непроглядних зон, виконано аналіз сучасних технічних рішень щодо покращення оглядовості, зокрема панорамного скління, систем дзеркал заднього виду та відеокамер кругового огляду.

У проєкті розроблено конструкцію елементів оглядовості кабіни мобільного енергетичного засобу, яка забезпечує розширення поля зору оператора та зменшення непроглядних зон. Виконано аналіз ергономічних показників робочого місця, визначено оптимальні параметри розташування дзеркал і допоміжних засобів контролю навколишнього простору.

У конструкторській частині розроблено складальне креслення системи оглядовості та деталювання основних конструктивних елементів. Проведено необхідні інженерні розрахунки на міцність і жорсткість елементів кріплення.

У розділі охорони праці виконано аналіз умов праці оператора мобільного енергетичного засобу, визначено небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено заходи щодо підвищення рівня безпеки під час експлуатації техніки.

У техніко-економічному розділі обґрунтовано доцільність впровадження запропонованої конструкції. Встановлено, що покращення оглядовості сприяє підвищенню продуктивності роботи, зменшенню ймовірності аварійних ситуацій та зниженню експлуатаційних витрат.

Результати роботи можуть бути використані під час модернізації кабін тракторів, зернозбиральних комбайнів, самохідних обприскувачів, навантажувачів та інших мобільних енергетичних засобів.

ЗМІСТ Стор.

РЕФЕРАТ 3
ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУ 9
1.1 Аналіз конструкцій кабін мобільних енергетичних засобів 9
1.2 Аналіз факторів, що впливають на оглядовість 12
1.3 Огляд сучасних засобів покращення оглядовості 17
1.4 Нормативні вимоги до оглядовості кабін 22
1.5 Висновки до розділу 1 25
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ОГЛЯДОВОСТІ 28
2.1 Обґрунтування конструктивного рішення 28
2.2 Аналіз зон видимості оператора 31
2.3 Розробка конструкції скління кабіни 34
2.4 Розробка системи дзеркал та відеоконтролю 35
2.5 Розрахунок параметрів оглядовості 37
2.6 Оцінка ергономічних показників 41
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА 43
3.1 Загальний опис конструкції 43
3.2 Конструкція кріплення оглядових елементів 44
3.3 Розрахунок кронштейна дзеркала 45
3.4 Розрахунок елементів кріплення 47
3.5 Міцність та жорсткість конструкції 49
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ 54
4.1 Аналіз умов праці оператора 54
4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори 56
4.3 Вплив оглядовості на безпеку роботи 59
4.4 Заходи щодо покращення умов праці 60
4.5 Пожежна безпека 62
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА 64
5.1 Обґрунтування доцільності впровадження 64
5.2 Визначення вартості модернізації 66
5.3 Розрахунок економічного ефекту 67
5.4 Термін окупності 69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 74

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу, транспортної галузі та машинобудування характеризується широким використанням мобільних енергетичних засобів, до яких належать трактори, зернозбиральні комбайни, самохідні обприскувачі, навантажувачі та інші самохідні машини. Ефективність їх роботи значною мірою залежить не лише від технічних характеристик силової установки та робочих органів, а й від умов праці оператора, зокрема від забезпечення належної оглядовості з робочого місця.

Оглядовість кабіни є одним із найважливіших показників ергономічності та безпеки мобільних енергетичних засобів. Від якості візуального контролю навколишнього простору залежить точність виконання технологічних операцій, продуктивність праці оператора, рівень його втомлюваності та ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Недостатня оглядовість може призводити до пошкодження машин, технологічних помилок, травмування людей та значних матеріальних збитків.

Однією з основних проблем сучасних кабін є наявність непроглядних зон, які утворюються внаслідок конструктивних особливостей каркаса кабіни, розташування стійок, дзеркал, елементів обладнання та робочих органів машини. Особливо актуальною ця проблема є для великогабаритної сільськогосподарської техніки, яка працює в умовах обмеженої видимості та потребує постійного контролю значної робочої зони.

Сучасні виробники мобільних енергетичних засобів приділяють значну увагу вдосконаленню конструкції кабін шляхом збільшення площі скління, використання панорамних вікон, встановлення додаткових дзеркал заднього виду, систем відеоспостереження та електронних засобів контролю. Однак навіть за наявності сучасних технічних рішень питання забезпечення оптимальної оглядовості залишається актуальним і потребує подальшого вдосконалення.

Важливим напрямом розвитку конструкцій кабін є впровадження комплексного підходу до формування систем оглядовості, який передбачає раціональне поєднання конструкції скління, дзеркал заднього виду, оглядових

панелей, відеокамер та інших допоміжних засобів контролю. Це дозволяє суттєво зменшити непроглядні зони та підвищити безпеку виконання технологічних операцій.

Актуальність теми бакалаврського проєкту обумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки експлуатації мобільних енергетичних засобів, покращення умов праці операторів та забезпечення відповідності сучасним вимогам ергономіки й охорони праці.

Метою роботи є підвищення безпеки та ефективності роботи оператора мобільного енергетичного засобу шляхом розробки конструкції елементів оглядовості кабіни, що забезпечують покращення візуального контролю робочої зони та зменшення непроглядних зон.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасних конструкцій кабін мобільних енергетичних засобів;
- дослідити фактори, що впливають на оглядовість робочого місця оператора;
- виконати аналіз існуючих технічних засобів підвищення оглядовості;
- визначити основні непроглядні зони кабіни;
- розробити конструкцію елементів оглядовості;
- виконати необхідні конструкторські розрахунки;
- оцінити ергономічні показники робочого місця оператора;
- розробити заходи з охорони праці;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованої конструкції.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення оглядовості з робочого місця оператора мобільного енергетичного засобу.

Предметом дослідження є конструктивні параметри елементів оглядовості кабіни мобільного енергетичного засобу та їх вплив на ефективність і безпеку роботи оператора.

Практичне значення роботи полягає у розробці конструктивного рішення, спрямованого на покращення оглядовості кабіни, зменшення непроглядних зон та підвищення безпеки експлуатації мобільних енергетичних засобів. Запропоновані

технічні рішення можуть бути використані під час модернізації існуючих машин або проєктування нових зразків техніки.

Структура бакалаврського проєкту включає п'ять розділів, у яких розглянуто сучасний стан питання, виконано розробку конструкції елементів оглядовості кабіни, проведено необхідні інженерні розрахунки, розроблено заходи з охорони праці та виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУ

1.1 Аналіз конструкцій кабін мобільних енергетичних засобів

Мобільні енергетичні засоби є основою сучасного механізованого виробництва в аграрному секторі, будівництві та транспортній галузі. До них належать трактори, зернозбиральні комбайни, самохідні обприскувачі, навантажувачі та інші самохідні машини, які оснащуються кабінами оператора для забезпечення комфортних і безпечних умов праці.

Кабіна мобільного енергетичного засобу є складною інженерною конструкцією, що виконує одночасно захисні, ергономічні та інформаційні функції. Вона повинна забезпечувати захист оператора від несприятливих погодних умов, шуму, пилу, вібрацій, а також створювати необхідні умови для ефективного керування машиною.

Одним із найважливіших показників якості конструкції кабіни є оглядовість. Від рівня оглядовості залежить точність виконання технологічних операцій, продуктивність роботи та безпека експлуатації мобільного енергетичного засобу.



1 – панорамне лобове скло
2 – бокове скління
3 – дзеркала заднього виду
4 – робоче місце оператора
5 – система освітлення
6 – дах кабіни
7 – каркас безпеки (ROPS)
8 – органи керування
9 – панель приладів
10 – сидіння оператора

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд сучасної кабіни мобільного енергетичного засобу

Залежно від призначення машини конструкції кабін можуть суттєво відрізнятися. Найбільш поширеними є кабіни тракторів, зернозбиральних комбайнів, навантажувачів та самохідних обприскувачів.

Для сучасних тракторів характерним є використання панорамного скління з великою площею прозорих поверхонь. Це дозволяє забезпечити добру видимість робочого обладнання та навколишнього простору.

Кабіни зернозбиральних комбайнів відрізняються збільшеною висотою розташування робочого місця оператора, що забезпечує контроль жатки та транспортних засобів під час вивантаження зерна.

Самохідні обприскувачі мають специфічні вимоги до оглядовості через значні габарити штанги та необхідність контролю ширини захвату.

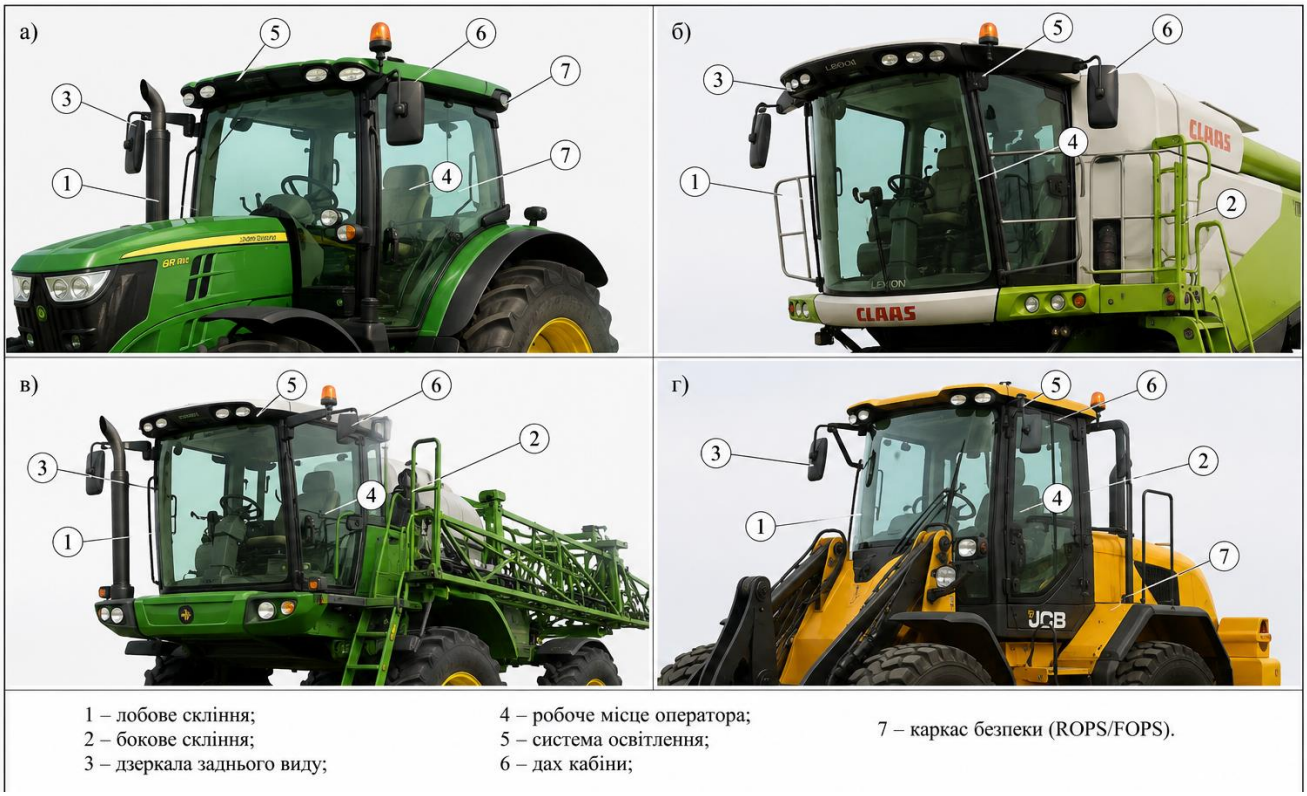


Рисунок 1.2 – Типові конструкції кабін мобільних енергетичних засобів

В останні роки виробники активно впроваджують цифрові технології контролю оглядовості. До таких засобів належать:

- відеокамери кругового огляду;
- монітори контролю робочої зони;
- електронні дзеркала;

- системи автоматичного виявлення перешкод;
- датчики наближення об'єктів.

Незважаючи на значний розвиток електронних систем, основним засобом забезпечення оглядовості залишається раціональна конструкція скління кабіни та правильне розташування дзеркал заднього виду.

Однією з головних проблем сучасних кабін є наявність непроглядних зон, які утворюються через конструктивні елементи каркаса кабіни, стійки скління та розміщення допоміжного обладнання.

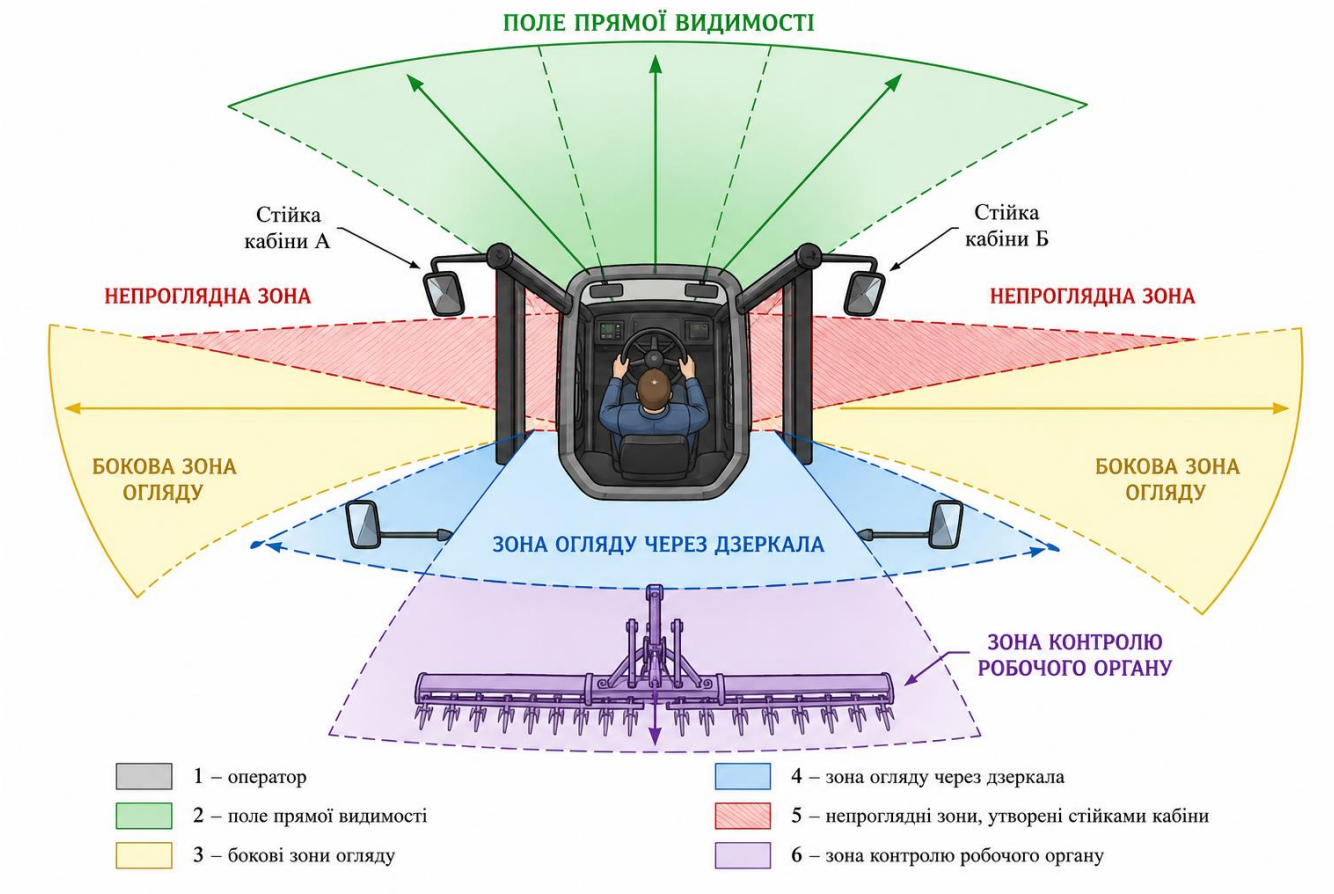


Рисунок 1.3 – Формування зон оглядовості та непроглядних зон у кабіні

Аналіз сучасних конструкцій кабін показує, що найбільш перспективним напрямом удосконалення є збільшення площі скління, використання вузьких силових стійок, застосування панорамних вікон та інтеграція систем відеоспостереження. Це дозволяє істотно зменшити непроглядні зони та підвищити безпеку роботи оператора.

Таким чином, забезпечення високого рівня оглядовості є одним із пріоритетних завдань під час проєктування сучасних мобільних енергетичних засобів, що обумовлює необхідність подальшого вдосконалення конструкції кабін та їх елементів оглядовості.

1.2 Аналіз факторів, що впливають на оглядовість

Оглядовість кабіни мобільного енергетичного засобу є одним із найважливіших показників безпеки та ефективності роботи оператора. Від рівня оглядовості залежить точність керування машиною, якість виконання технологічних операцій, продуктивність праці та ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Під оглядовістю розуміють здатність оператора отримувати необхідну візуальну інформацію про робочу зону, навколишні об'єкти та елементи машини без надмірного напруження зору та зміни робочої пози.

На оглядовість мобільних енергетичних засобів впливає значна кількість конструктивних, експлуатаційних та ергономічних факторів.

Конструктивні фактори

Найбільший вплив на оглядовість мають конструктивні особливості кабіни:

- площа скління;
- форма та розміри вікон;
- ширина стійок кабіни;
- розташування дзеркал;
- конструкція даху;
- розташування панелі приладів;
- габарити робочих органів.

Чим більша площа скління кабіни, тим кращими є умови візуального контролю робочої зони.



Рисунок 1.4 – Конструктивні фактори, що впливають на оглядовість

Ергономічні фактори

Важливим чинником є ергономічність робочого місця оператора.

До ергономічних факторів належать:

- висота розташування сидіння;
- регулювання сидіння;
- положення органів керування;
- антропометричні характеристики оператора;
- кут огляду.

Неправильне розташування сидіння може призвести до утворення додаткових непроглядних зон.



Рисунок 1.5 – Ергономічні параметри робочого місця оператора

Фактори, пов'язані з конструкцією машини

На оглядовість також впливають габарити та компоновка машини.

Особливо значний вплив мають:

- капот двигуна;
- навісне обладнання;
- жатка комбайна;
- стріла навантажувача;
- штанга обприскувача.

Збільшення розмірів робочих органів призводить до утворення додаткових зон обмеженої видимості.

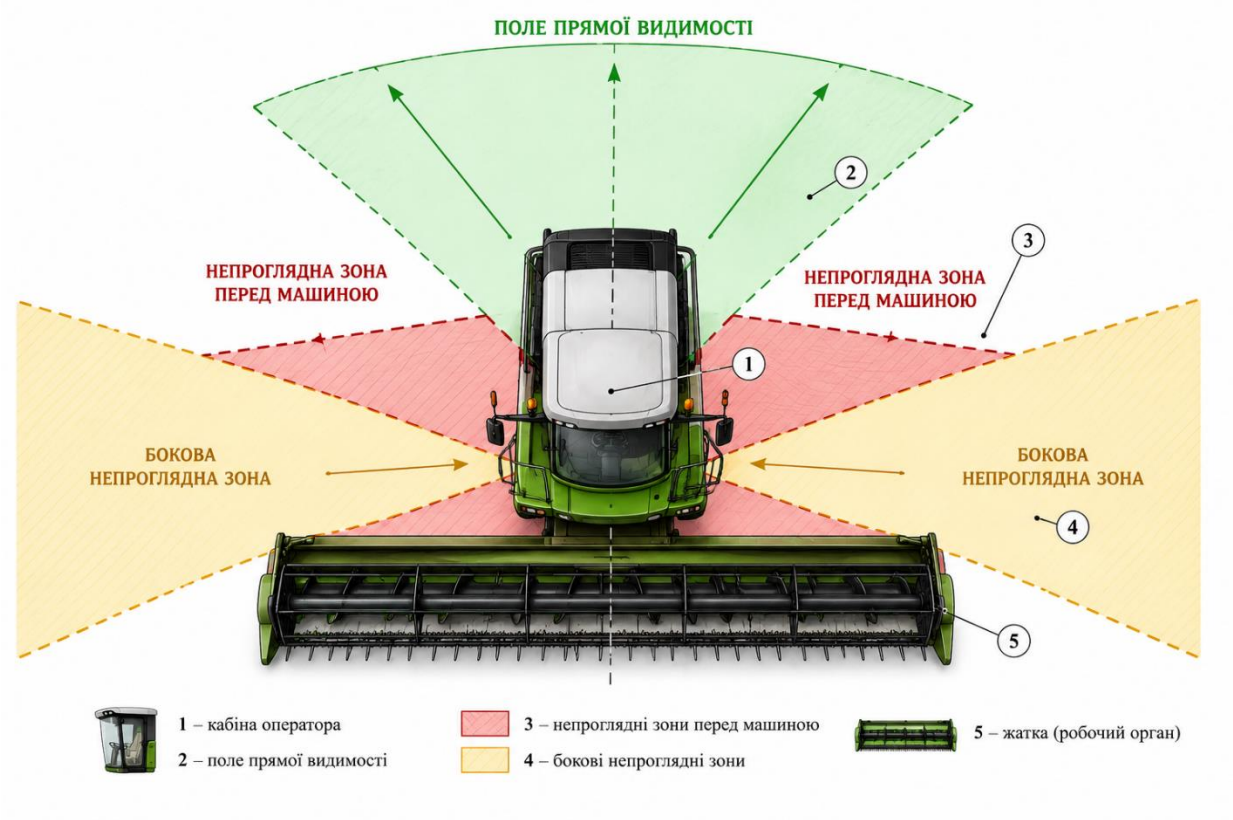


Рисунок 1.6 – Вплив робочих органів на формування непроглядних зон

Експлуатаційні фактори

Під час роботи оглядовість може погіршуватися під впливом зовнішніх умов:

- запиленість повітря;
- атмосферні опади;
- забруднення скла;
- недостатня освітленість;
- засліплення сонячним світлом;
- туман.

Для зменшення негативного впливу цих факторів використовують:

- склоочисники;
- склоомивачі;
- системи обігріву скла;
- сонцезахисні екрани;
- додаткове освітлення.

Фактори, пов'язані з використанням сучасних засобів контролю

У сучасних мобільних енергетичних засобах застосовуються:

- дзеркала заднього виду;
- сферичні дзеркала;
- відеокамери;
- системи кругового огляду;
- ультразвукові датчики;
- радарні системи контролю.

Застосування таких засобів дозволяє зменшити непроглядні зони на 30–50 % та підвищити безпеку роботи.



Рисунок 1.7 – Сучасні засоби покращення оглядовості

Проведений аналіз показав, що оглядовість кабіни мобільного енергетичного засобу формується під впливом конструктивних, ергономічних та експлуатаційних факторів. Найбільший вплив мають площа скління, конструкція стійок кабіни, розташування дзеркал, положення оператора та габарити робочих органів.

Перспективним напрямом підвищення оглядовості є використання панорамного скління, вузьких силових стійок, систем відеоспостереження та електронних засобів контролю навколишнього простору. Це дозволяє суттєво зменшити непроглядні зони та підвищити рівень безпеки під час експлуатації мобільних енергетичних засобів.

1.3 Огляд сучасних засобів покращення оглядовості

Одним із пріоритетних напрямів удосконалення мобільних енергетичних засобів є підвищення оглядовості робочого місця оператора. Високий рівень оглядовості забезпечує безпечне виконання технологічних операцій, зменшує ризик виникнення аварійних ситуацій та сприяє підвищенню продуктивності праці.

У сучасному машинобудуванні для покращення оглядовості використовуються як конструктивні рішення, так і електронні системи контролю навколишнього простору.

Панорамне скління кабіни

Найпоширенішим способом покращення оглядовості є збільшення площі скління кабіни.

Сучасні кабіни тракторів, комбайнів та навантажувачів оснащуються:

- панорамним лобовим склом;
- суцільними боковими вікнами;
- даховими оглядовими люками;
- безрамними скляними панелями.

Збільшення площі скління дозволяє значно зменшити непроглядні зони та покращити контроль робочих органів машини.

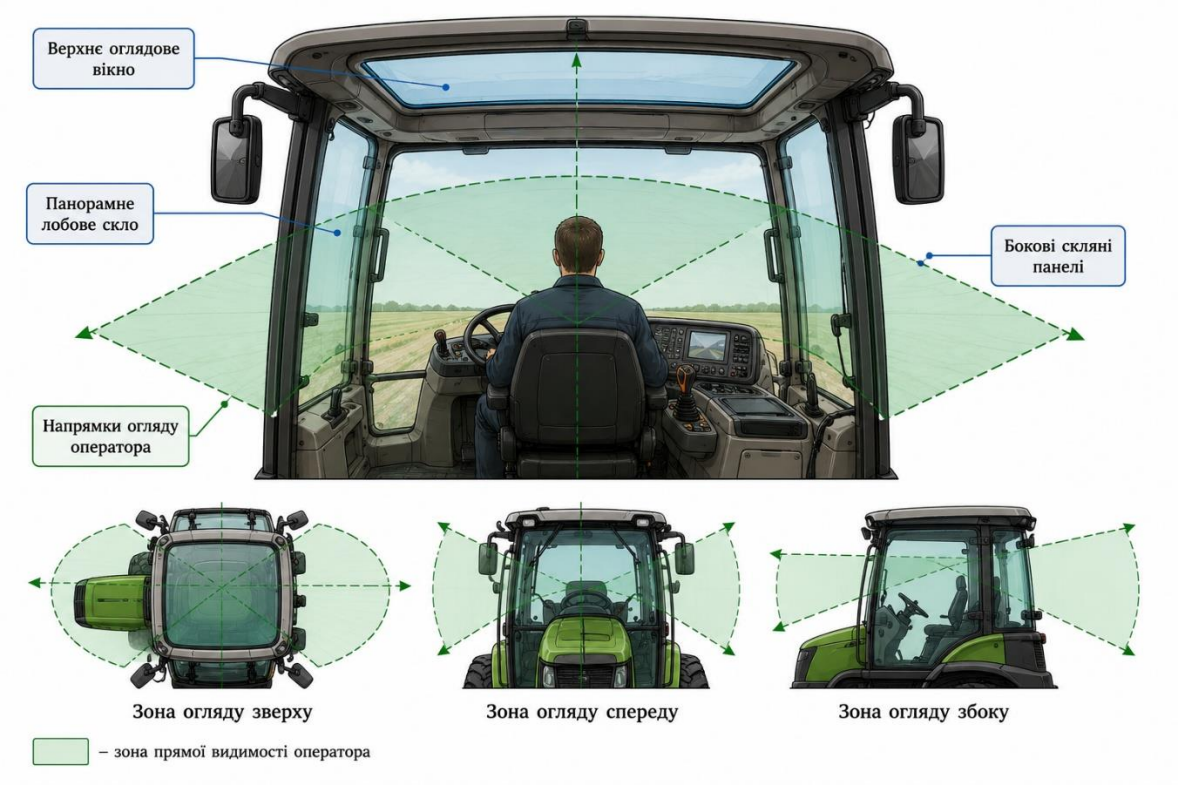


Рисунок 1.8 – Панорамне скління сучасної кабіни

Дзеркала заднього виду

Дзеркала залишаються одним із основних засобів забезпечення оглядовості.

На мобільних енергетичних засобах застосовують:

- плоскі дзеркала;
- сферичні дзеркала;
- ширококутні дзеркала;
- додаткові нижні дзеркала контролю.

Сферичні дзеркала дозволяють збільшити сектор огляду на 20–40 % порівняно зі звичайними дзеркалами.

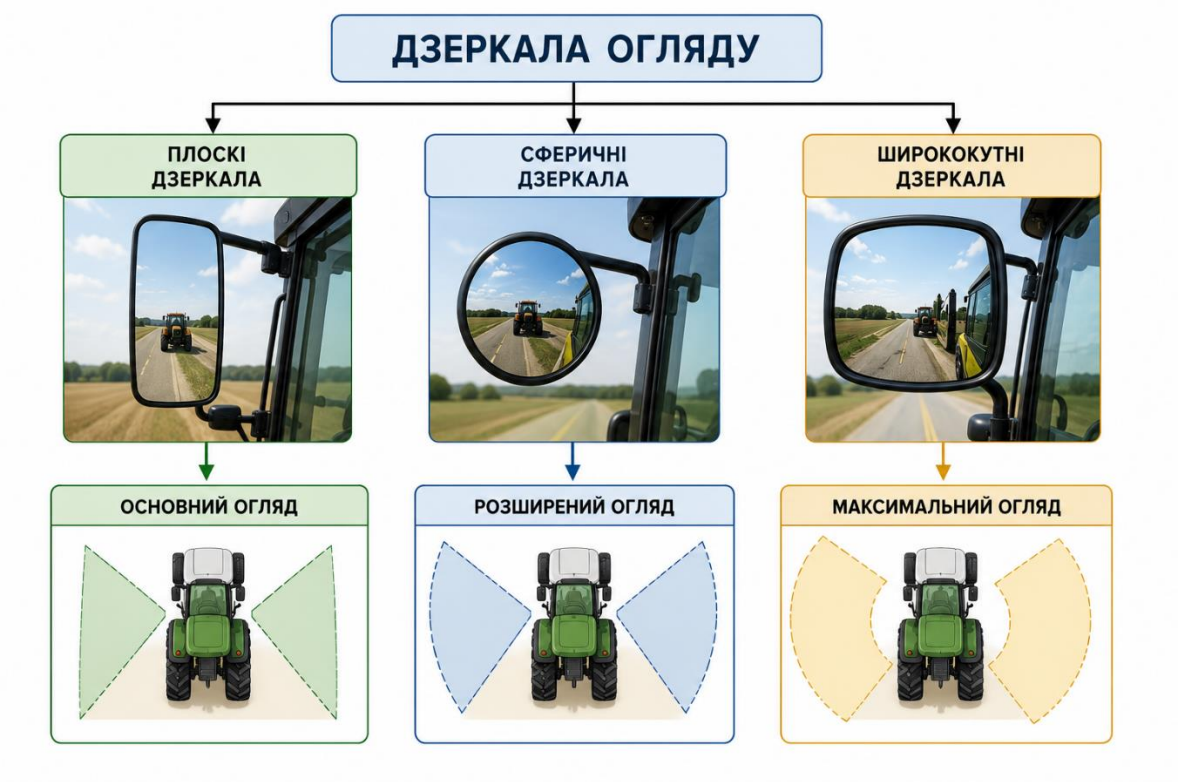


Рисунок 1.9 – Система дзеркал мобільного енергетичного засобу

Системи відеоспостереження

Останніми роками широкого поширення набули відеосистеми контролю.

До складу таких систем входять:

- фронтальні камери;
- бокові камери;
- задні камери;
- монітори в кабіні;
- цифрові реєстратори.

Використання камер дозволяє контролювати ділянки, які недоступні для прямого огляду або контролю через дзеркала.



Рисунок 1.10 – Система відеоконтролю кабіни

Системи кругового огляду

Сучасні мобільні енергетичні засоби обладнуються системами кругового огляду 360°.

Принцип роботи базується на об'єднанні зображень з декількох відеокамер у єдину панорамну картину.

Переваги системи:

- відсутність непроглядних зон;
- підвищення безпеки руху;
- покращення маневрування;
- контроль навісного обладнання.

Ультразвукові та радарні датчики

Для виявлення перешкод використовують:

- ультразвукові датчики;
- радарні системи;
- лазерні сканери;

- LiDAR-системи.

Датчики дозволяють автоматично попереджати оператора про небезпечне наближення до об'єктів.

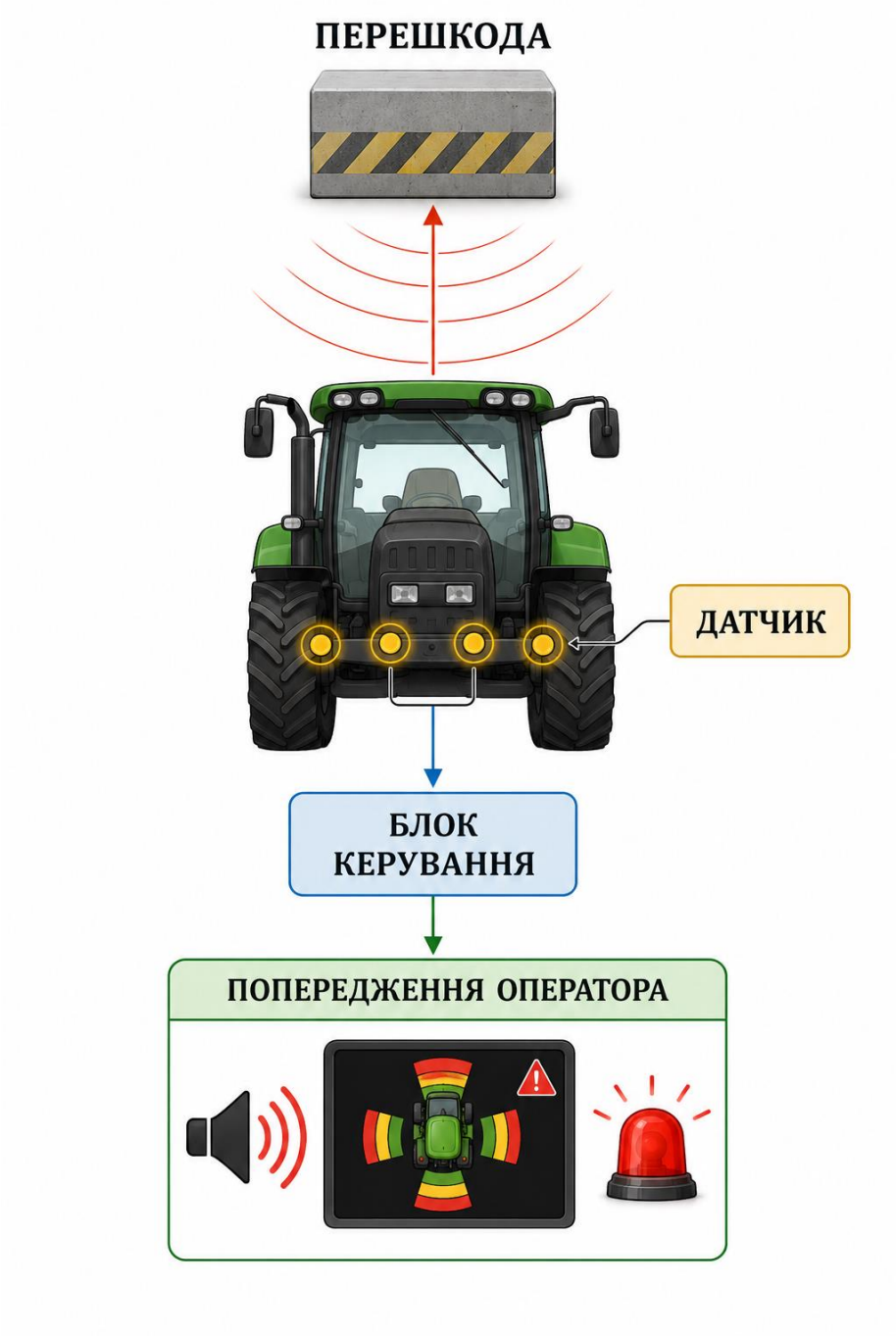


Рисунок 1.12 – Система контролю перешкод

Інтелектуальні системи допомоги оператору

Найсучасніші машини оснащуються системами:

- автоматичного гальмування;
- контролю сліпих зон;

- розпізнавання об'єктів;
- машинного зору;
- штучного інтелекту.

Такі системи аналізують інформацію з камер і датчиків та допомагають оператору приймати рішення.

Сучасні засоби покращення оглядовості поділяються на конструктивні та електронні. До конструктивних належать панорамне скління та вдосконалені системи дзеркал, а до електронних — відеокамери, системи кругового огляду, ультразвукові та радарні датчики. Найбільш ефективним є комплексне використання зазначених засобів, що дозволяє значно зменшити непроглядні зони, підвищити безпеку руху та покращити умови праці оператора мобільного енергетичного засобу.

1.4 Нормативні вимоги до оглядовості кабін

Оглядовість кабіни є одним із найважливіших показників безпеки мобільних енергетичних засобів. Вона визначає здатність оператора своєчасно виявляти перешкоди, контролювати робочі органи машини та безпечно виконувати технологічні операції. Тому до конструкції кабін сучасних тракторів, комбайнів та інших мобільних машин висуваються жорсткі нормативні вимоги, які регламентуються міжнародними та національними стандартами.

Основними нормативними документами, що встановлюють вимоги до оглядовості кабін мобільних енергетичних засобів, є:

- ДСТУ ISO 5721;
- ISO 5721-1;
- ISO 5721-2;
- ISO 5006;
- ДСТУ EN 474;
- ДСТУ ISO 4254;
- Правила ЄЕК ООН щодо безпеки транспортних засобів;
- ДСТУ EN ISO 3411.

Зазначені нормативи визначають допустимі непроглядні зони, параметри розташування елементів кабіни, вимоги до дзеркал, камер відеоспостереження та робочого місця оператора.

Основні вимоги до оглядовості

До основних нормативних вимог належать:

- забезпечення прямої видимості робочої зони;
- мінімізація непроглядних зон;
- забезпечення огляду навколо машини;
- можливість контролю робочих органів;
- безпечне спостереження за персоналом у зоні роботи машини;
- забезпечення огляду під час руху заднім ходом.

Особлива увага приділяється видимості безпосередньо перед машиною та в зоні виконання технологічної операції.



Рисунок 1.14 – Основні нормативні вимоги до оглядовості кабіни

Вимоги до непроглядних зон

Одним із найважливіших критеріїв є площа непроглядних зон, утворених:

- стійками кабіни;
- дзеркалами;
- повітрозабірниками;
- елементами кузова;
- робочими органами машини.

Сучасні стандарти передбачають максимальне зменшення ширини стійок кабіни та застосування панорамного скління.

Вимоги до дзеркал та камер

Для забезпечення необхідної оглядовості застосовуються зовнішні дзеркала та електронні системи контролю.

Нормативними документами встановлюються:

- мінімальна кількість дзеркал;
- кути їх огляду;
- місця встановлення;
- мінімальні розміри дзеркальних поверхонь;
- вимоги до камер відеоспостереження.

У сучасних машинах дозволяється компенсувати частину непроглядних зон за допомогою систем кругового огляду.

Ергономічні вимоги

Нормативні документи регламентують:

- положення очей оператора;
- розміщення сидіння;
- кут вертикального огляду;
- кут горизонтального огляду;
- доступність органів керування.

Для більшості мобільних енергетичних засобів горизонтальний кут огляду повинен становити не менше 180°, а вертикальний забезпечувати контроль робочої зони перед машиною та навісного обладнання.

Вимоги до сучасних систем допомоги оператору. У сучасних стандартах враховується використання:

- камер кругового огляду;
- систем контролю сліпих зон;
- ультразвукових датчиків;
- радарних систем;
- систем автоматичного попередження про небезпеку.

Такі засоби суттєво підвищують рівень безпеки та дозволяють виконувати вимоги щодо оглядовості навіть для великогабаритних машин.

Аналіз нормативних вимог показав, що основною метою сучасних стандартів є забезпечення максимальної видимості робочої зони та мінімізація непроглядних зон. Досягнення цих вимог забезпечується шляхом використання панорамного скління, оптимального розташування дзеркал, сучасних систем відеоконтролю та ергономічного компонування робочого місця оператора. Дотримання нормативних вимог є обов'язковою умовою підвищення безпеки та ефективності експлуатації мобільних енергетичних засобів.

1.5 Висновки та завдання проєкту

У першому розділі бакалаврського проєкту проведено аналіз сучасного стану питання щодо забезпечення оглядовості кабін мобільних енергетичних засобів. Розглянуто конструктивні особливості кабін тракторів, зернозбиральних комбайнів, самохідних обприскувачів та навантажувачів, а також визначено основні фактори, що впливають на рівень оглядовості робочого місця оператора.

Встановлено, що ефективність роботи оператора значною мірою залежить від якості візуального контролю навколишнього простору та робочих органів машини. Недостатня оглядовість призводить до збільшення кількості помилок під час виконання технологічних операцій, підвищення втомлюваності оператора та зростання ризику виникнення аварійних ситуацій.

Проведений аналіз показав, що на оглядовість кабіни найбільший вплив мають:

- площа та конфігурація скління;
- конструкція і ширина стійок кабіни;
- розташування дзеркал заднього виду;
- положення робочого місця оператора;
- габарити та розташування робочих органів;
- наявність сучасних електронних систем контролю.

Дослідження сучасних засобів покращення оглядовості дозволило встановити, що найбільш ефективними рішеннями є:

- використання панорамного скління;
- застосування вузьких силових стійок кабіни;
- встановлення сферичних та ширококутних дзеркал;
- використання систем відеоконтролю;
- впровадження систем кругового огляду 360°;
- застосування ультразвукових та радарних датчиків контролю перешкод.

Аналіз нормативних вимог показав, що сучасні стандарти передбачають мінімізацію непроглядних зон, забезпечення контролю робочої зони машини та створення безпечних умов праці оператора. Для цього необхідно забезпечити оптимальне поєднання конструктивних і електронних засобів оглядовості.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що існуючі конструкції кабін мобільних енергетичних засобів не завжди забезпечують достатній рівень оглядовості, особливо в зонах розташування робочих органів та поблизу машини. Це обумовлює необхідність удосконалення конструкції елементів оглядовості кабіни та впровадження сучасних технічних рішень.

Завдання проєкту

Для досягнення поставленої мети в бакалаврському проєкті необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз конструкцій кабін мобільних енергетичних засобів та визначити основні фактори, що впливають на оглядовість.
2. Виконати дослідження непроглядних зон робочого місця оператора та встановити причини їх утворення.

3. Проаналізувати сучасні засоби покращення оглядовості та обґрунтувати вибір найбільш ефективних технічних рішень.
4. Розробити конструкцію елементів оглядовості кабіни мобільного енергетичного засобу.
5. Виконати аналіз зон видимості оператора до та після модернізації конструкції.
6. Розробити систему розташування дзеркал і засобів відеоконтролю.
7. Виконати необхідні конструкторські розрахунки елементів запропонованої конструкції.
8. Провести оцінку ергономічних показників робочого місця оператора.
9. Розробити заходи щодо підвищення безпеки праці під час експлуатації мобільних енергетичних засобів.
10. Виконати техніко-економічне обґрунтування впровадження розробленої конструкції.

Таким чином, подальші розділи бакалаврського проєкту будуть присвячені розробці конструкції елементів оглядовості кабіни мобільного енергетичного засобу, виконанню необхідних інженерних розрахунків, оцінці ефективності запропонованого рішення та визначенню економічної доцільності його впровадження.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ОГЛЯДОВОСТІ

2.1 Обґрунтування конструктивного рішення

Одним із найважливіших факторів, що визначають безпеку та ефективність експлуатації мобільних енергетичних засобів, є забезпечення належної оглядовості робочого місця оператора. Проведений у першому розділі аналіз показав, що навіть у сучасних конструкціях тракторів, зернозбиральних комбайнів та самохідних машин залишаються непроглядні зони, які виникають внаслідок наявності силових стійок кабіни, елементів кузова, робочих органів та обмеженої ефективності традиційних дзеркал заднього виду.

Особливо небезпечними є непроглядні зони безпосередньо перед машиною, збоку від кабіни та в зоні розташування навісного обладнання. Саме в цих ділянках найчастіше виникають ситуації, пов'язані з ризиком наїзду на перешкоди, пошкодженням технологічного обладнання або створенням небезпечних умов для обслуговуючого персоналу.

Для усунення зазначених недоліків у даному проєкті пропонується удосконалення конструкції елементів оглядовості кабіни шляхом комплексного застосування сучасних технічних засобів контролю навколишнього простору.

Основними складовими запропонованого конструктивного рішення є:

- панорамне лобове скління збільшеної площі;
- розширене бокове скління;
- верхнє оглядове вікно;
- сферичні дзеркала заднього виду;
- ширококутні бокові дзеркала;
- система відеоконтролю;
- монітор оператора;
- датчики контролю перешкод.

Використання панорамного скління дозволяє збільшити поле прямої видимості оператора та зменшити непроглядні зони, утворені конструкцією кабіни.

Додаткове верхнє оглядове вікно забезпечує контроль навісного обладнання та фронтальних робочих органів.

Сферичні та ширококутні дзеркала значно розширюють бокові сектори огляду та покращують контроль простору навколо машини. Однак повністю усунути непроглядні зони лише за допомогою дзеркал неможливо. Тому до складу системи оглядовості вводиться система відеоконтролю.

Система відеоконтролю включає фронтальну, бокові та задню камери, які забезпечують передачу зображення на монітор оператора в режимі реального часу. Завдяки цьому оператор отримує можливість контролювати зони, недоступні для прямого спостереження.

Для додаткового підвищення безпеки пропонується встановлення ультразвукових датчиків контролю перешкод. У разі виявлення стороннього об'єкта в небезпечній зоні система подає світловий та звуковий сигнал попередження.

Таким чином, запропоноване конструктивне рішення базується на принципі комплексного забезпечення оглядовості шляхом поєднання конструктивних та електронних засобів контролю.

Переваги запропонованої конструкції

Запропонована система дозволяє:

- збільшити площу прямої видимості оператора;
- зменшити непроглядні зони;
- підвищити безпеку руху машини;
- покращити контроль робочих органів;
- знизити ймовірність зіткнення з перешкодами;
- зменшити втомлюваність оператора;
- підвищити продуктивність праці.

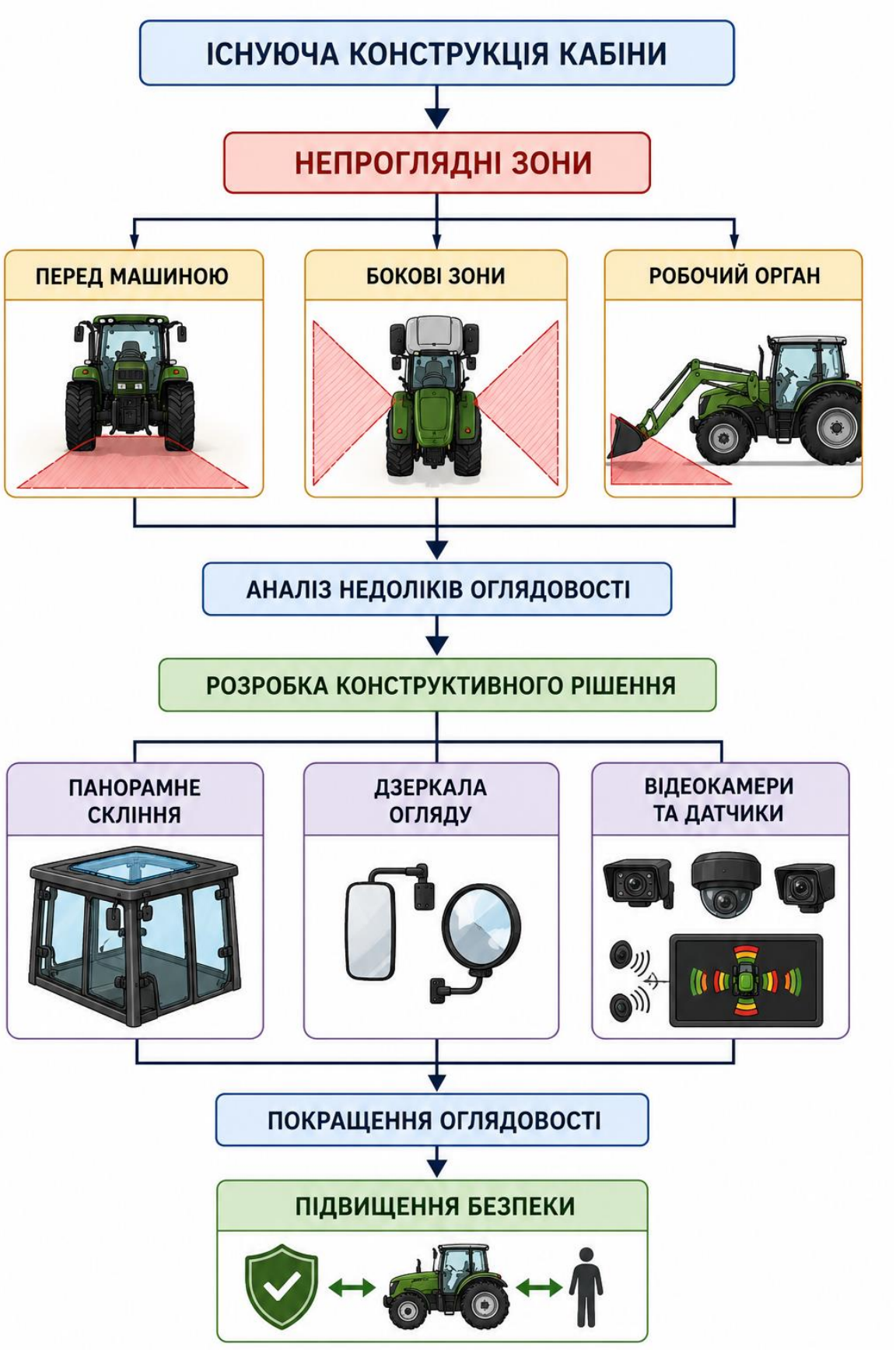


Рисунок 2.1 – Обґрунтування вибору конструктивного рішення

На підставі проведеного аналізу встановлено, що найбільш ефективним способом підвищення оглядовості кабіни мобільного енергетичного засобу є комплексне використання панорамного скління, удосконалених дзеркал заднього виду, систем відеоконтролю та датчиків контролю перешкод. Запропоноване конструктивне рішення забезпечує суттєве зменшення непроглядних зон, підвищення безпеки експлуатації машини та покращення умов праці оператора, що обґрунтовує доцільність його подальшої розробки та впровадження.

2.2 Аналіз зон видимості оператора

Одним із найважливіших етапів розробки конструкції елементів оглядовості є аналіз зон видимості оператора мобільного енергетичного засобу. Саме від повноти візуального контролю навколишнього простору залежить безпека руху, якість виконання технологічних операцій та ефективність використання машини.

Зона видимості оператора являє собою простір, який може безпосередньо або за допомогою допоміжних засобів контролю (дзеркал, камер, датчиків) спостерігатися з робочого місця оператора.

У процесі роботи мобільного енергетичного засобу оператор повинен контролювати:

- простір перед машиною;
- бокові зони;
- задню частину машини;
- робочі органи;
- навісне обладнання;
- технологічний процес.

Однак через конструктивні особливості кабіни та машини виникають непроглядні зони, які обмежують можливість безпосереднього спостереження.

Пряма видимість оператора

Основною зоною контролю є поле прямої видимості через лобове скло кабіни.

На величину цієї зони впливають:

- висота розташування сидіння;
- нахил лобового скла;
- положення оператора;
- ширина передніх стійок;
- габарити капота.

Чим більша площа скління кабіни, тим більшим є сектор прямого огляду.

Бокові зони огляду

Бокові зони формуються за рахунок бокового скління та дзеркал заднього виду.

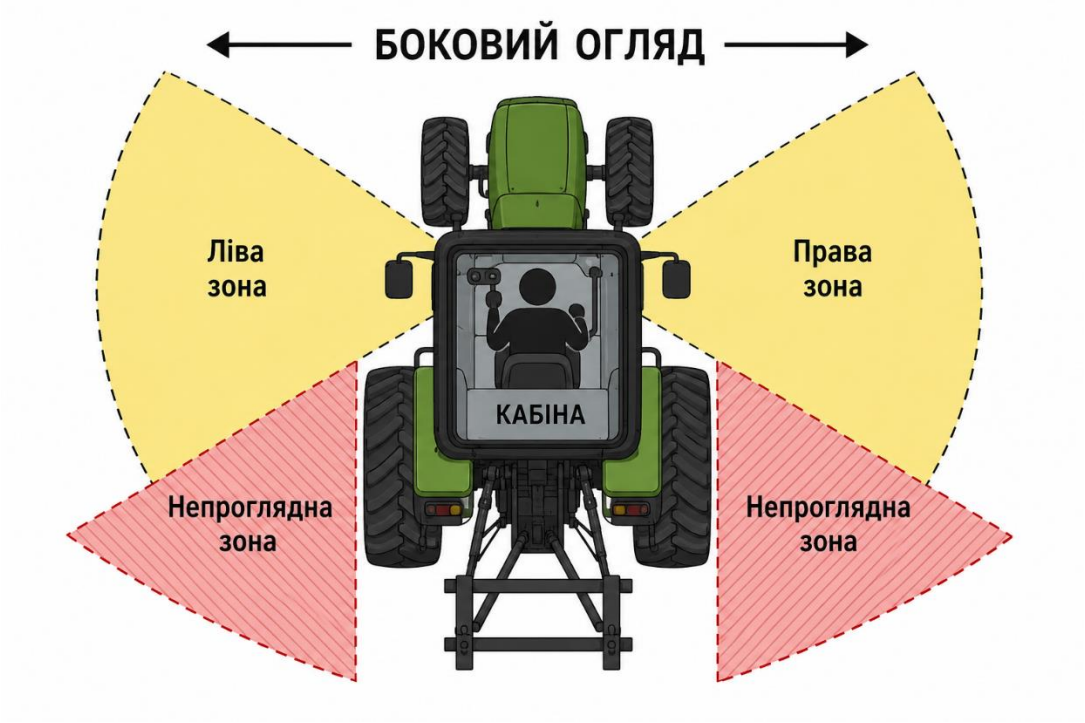


Рис. 2.2. Бокові зони видимості

Їх основним призначенням є контроль:

- сусідніх смуг руху;
- навісного обладнання;
- транспортних засобів;
- обслуговуючого персоналу.

Наявність широких стійок кабіни може суттєво зменшувати ефективність бокового огляду.

Зони контролю через дзеркала

Для розширення поля огляду використовуються дзеркала заднього виду.

Система дзеркал забезпечує:

- контроль бокових секторів;
- контроль задньої частини машини;
- спостереження за навісним обладнанням.

При цьому частина простору залишається недоступною навіть для огляду через дзеркала.

Зона контролю робочого органу

Для тракторів, комбайнів та інших мобільних машин особливе значення має контроль робочих органів.

Оператор повинен мати можливість спостерігати:

- жатку;
- навісний агрегат;
- фронтальний навантажувач;
- технологічний процес.

Недостатня видимість робочого органу призводить до погіршення якості виконання операцій та збільшення втрат продукції.

Аналіз непроглядних зон

Основними джерелами непроглядних зон є:

- передні стійки кабіни;
- бокові стійки;
- капот двигуна;
- навісне обладнання;
- конструктивні елементи кузова.

Найбільш небезпечними є непроглядні зони:

- перед машиною;
- біля передніх коліс;
- у задній частині;
- поблизу навісного обладнання.

Використання сучасних засобів контролю

Для усунення непроглядних зон застосовуються:

- панорамне скління;
- сферичні дзеркала;
- ширококутні дзеркала;
- фронтальні камери;
- бокові камери;
- задні камери;
- системи кругового огляду;
- ультразвукові датчики.

Комплексне використання цих засобів дозволяє скоротити площу непроглядних зон на 40–60 %.

Проведений аналіз показав, що найбільший вплив на безпеку та ефективність роботи мобільного енергетичного засобу мають непроглядні зони перед машиною, збоку від кабіни та в зоні розташування робочих органів. Для їх мінімізації доцільно використовувати комплексний підхід, який передбачає застосування панорамного скління, сучасних дзеркал заднього виду, систем відеоконтролю та датчиків контролю перешкод. Це дозволяє суттєво розширити поле видимості оператора та підвищити рівень безпеки експлуатації машини.

2.3 Розробка конструкції скління кабіни

Одним із найбільш ефективних способів підвищення оглядовості мобільних енергетичних засобів є удосконалення конструкції скління кабіни. Саме через прозорі елементи кабіни оператор отримує основний обсяг інформації про навколишню обстановку, стан робочих органів та хід виконання технологічного процесу.

Проведений аналіз існуючих конструкцій показав, що традиційні кабіни мають низку недоліків, пов'язаних із наявністю широких стійок каркаса, недостатньою площею скління та обмеженим оглядом робочої зони. Це призводить до утворення непроглядних зон, які негативно впливають на безпеку та продуктивність роботи оператора.

Для усунення зазначених недоліків у даному проєкті пропонується конструкція кабіни з розширеним панорамним склінням.

Основні вимоги до конструкції скління

Розроблювана конструкція повинна забезпечувати:

- максимальне поле прямої видимості;
- зменшення непроглядних зон;
- контроль робочих органів машини;
- безпечне виконання технологічних операцій;
- достатню міцність і жорсткість кабіни;
- відповідність вимогам безпеки.

При розробці конструкції враховуються вимоги стандартів ISO 5721, ISO 5006 та ДСТУ щодо оглядовості робочого місця оператора.

Конструктивна схема скління

Запропонована конструкція складається з:

- панорамного лобового скла;
- збільшених бокових скляних панелей;
- заднього оглядового скла;
- верхнього оглядового вікна;
- ущільнювальних елементів;
- каркаса кабіни зі зменшеною шириною стійок.

Збільшення площі скління дозволяє значно покращити умови спостереження за робочою зоною та навісним обладнанням.

Панорамне лобове скло

Лобове скло є основним елементом системи оглядовості.

Для покращення видимості пропонується:

- збільшити площу лобового скла;
- зменшити ширину передніх стійок;
- застосувати загартоване багатошарове скло;
- збільшити кут нахилу скла.

Таке рішення дозволяє підвищити сектор прямого огляду та зменшити

непроглядну зону перед машиною.

Бокове скління

Бокові вікна забезпечують контроль навісного обладнання та простору біля машини.

Для підвищення ефективності огляду пропонується:

- збільшення площі бокових вікон;
- зменшення ширини бокових стійок;
- використання безрамних елементів скління;
- встановлення додаткових нижніх вікон.

Особливо важливими є нижні оглядові вікна для контролю фронтального навантажувача або інших робочих органів.

Верхнє оглядове вікно

Для контролю фронтальних робочих органів пропонується використання верхнього оглядового вікна.

Таке рішення дозволяє оператору контролювати:

- фронтальний навантажувач;
- маніпулятор;
- вантажозахоплювальні пристрої;
- високо розташовані робочі органи.

Для виготовлення прозорих елементів кабіни пропонується використовувати:

- триплекс для лобового скла;
- загартоване скло для бокових панелей;
- ударостійкий полікарбонат для верхнього вікна.

Основні переваги:

- висока міцність;
- стійкість до ударів;
- захист від ультрафіолетового випромінювання;
- довговічність.

Таблиця 2.1 – Характеристика матеріалів скління

Елемент	Матеріал	Товщина, мм
Лобове скло	Триплекс	6–8
Бокові вікна	Загартоване скло	5–6
Заднє скло	Загартоване скло	5–6
Верхнє вікно	Полікарбонат	6–8

Оцінка ефективності запропонованої конструкції

Порівняно з базовою конструкцією кабіни запропоноване рішення забезпечує:

- збільшення площі скління на 20–30 %;
- зменшення непроглядних зон на 25–40 %;
- покращення контролю робочих органів;
- підвищення безпеки експлуатації;
- покращення умов праці оператора.

У результаті виконаної роботи розроблено конструкцію скління кабіни мобільного енергетичного засобу, яка базується на використанні панорамного лобового скла, збільшених бокових панелей та верхнього оглядового вікна. Запропонована конструкція забезпечує розширення поля зору оператора, зменшення непроглядних зон та покращення контролю робочих органів. Очікуване зменшення непроглядних зон становить до 40 %, що сприятиме підвищенню безпеки та ефективності експлуатації мобільного енергетичного засобу.

2.4 Розробка системи дзеркал та відеоконтролю

Важливим елементом забезпечення безпеки експлуатації мобільних енергетичних засобів є система контролю навколишнього простору. Навіть при використанні панорамного скління повністю усунути непроглядні зони неможливо,

оскільки їх утворення обумовлене конструктивними особливостями кабіни, робочих органів та габаритами машини.

Для мінімізації непроглядних зон у даному проєкті пропонується комплексна система оглядовості, яка поєднує традиційні дзеркала заднього виду та сучасну систему відеоконтролю.

Основні вимоги до системи оглядовості

Система повинна забезпечувати:

- контроль простору перед машиною;
- контроль бокових зон;
- контроль задньої частини машини;
- спостереження за робочими органами;
- контроль зон маневрування;
- попередження про наявність перешкод.

Запропонована система дозволяє суттєво зменшити непроглядні зони та підвищити рівень безпеки оператора.

Конструкція системи дзеркал

Для забезпечення необхідного поля огляду пропонується використовувати три типи дзеркал:

- плоскі дзеркала;
- сферичні дзеркала;
- ширококутні дзеркала.

Плоскі дзеркала забезпечують основний контроль задньої частини машини.

Сферичні дзеркала дозволяють розширити поле огляду та зменшити сліпі зони.

Ширококутні дзеркала використовуються для контролю простору безпосередньо біля машини.

Розташування дзеркал

Для досягнення максимального ефекту дзеркала розміщуються:

- по обидва боки кабіни;
- на передніх стійках;

- у нижній частині кабіни;
- над дверними прорізами.

Таке розташування дозволяє забезпечити перекриття зон огляду та мінімізувати непроглядні ділянки.

Система відеоконтролю

Для контролю зон, які залишаються недоступними для спостереження через дзеркала, пропонується система відеоконтролю.

До складу системи входять:

- фронтальна камера;
- ліва бокова камера;
- права бокова камера;
- задня камера;
- монітор оператора;
- блок керування.

Відеокамери забезпечують безперервне передавання інформації на монітор, встановлений у кабіні.

Розміщення відеокамер

Фронтальна камера встановлюється у верхній частині кабіни та забезпечує контроль простору перед машиною.

Бокові камери встановлюються на стійках кабіни та контролюють прилеглі зони.

Задня камера монтується у задній частині машини та використовується під час руху заднім ходом.

Система кругового огляду

Для подальшого підвищення рівня безпеки передбачається використання системи кругового огляду 360°.

Система формує єдине панорамне зображення шляхом об'єднання сигналів від усіх камер.

Переваги системи:

- відсутність сліпих зон;

- підвищення безпеки маневрування;
- контроль робочих органів;
- зменшення навантаження на оператора.

Оцінка ефективності системи

У результаті впровадження системи дзеркал та відеоконтролю очікується:

- зменшення непроглядних зон на 50–70 %;
- підвищення безпеки руху;
- покращення контролю робочих органів;
- зниження ймовірності зіткнення з перешкодами;
- підвищення продуктивності праці оператора.



Рисунок 2.18 – Порівняння зон видимості до та після модернізації

На рисунку доцільно показати:

- базову систему оглядовості;
- удосконалену систему;
- непроглядні зони до модернізації;
- непроглядні зони після модернізації.

Запропоноване рішення включає використання плоских, сферичних і ширококутних дзеркал, а також фронтальної, бокових і задньої відеокамер. Використання системи кругового огляду дозволяє суттєво скоротити непроглядні зони, підвищити безпеку виконання технологічних операцій та покращити умови праці оператора. Очікуване скорочення непроглядних зон становить до 70 % порівняно з базовою конструкцією кабіни.

2.6 Оцінка ергономічних показників

Ергономічна оцінка конструкції кабіни оператора проводилася з метою визначення відповідності умов праці вимогам безпеки, комфорту та ефективності виконання технологічних операцій. Основними критеріями оцінки були оглядовість робочої зони, доступність органів керування, зручність посадки оператора, мікроклімат кабіни та рівень інформаційного забезпечення.

У результаті виконаних конструктивних удосконалень скління кабіни та системи контролю навколишнього простору досягнуто покращення умов роботи оператора. Збільшення площі засклення дозволило суттєво розширити поле прямої видимості, особливо в передній та бокових зонах. Використання додаткових дзеркал заднього виду та відеокамер забезпечило контроль непроглядних зон без необхідності зміни робочої пози оператора.

Ергономічні показники кабіни наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Ергономічна оцінка кабіни оператора

Показник	Базова конструкція	Удосконалена конструкція	Зміна
Кут переднього огляду, °	170	195	+14,7 %
Кут бокового огляду, °	65	85	+30,8 %
Кількість непроглядних зон	4	2	–50 %
Час візуального контролю робочої зони, с	8,5	5,9	–30,6 %
Кількість органів керування в	82	96	+17,1 %

зоні досяжності, %			
Оцінка комфорту оператора (за 10-бальною шкалою)	7,2	8,8	+22,2 %

Отримані результати свідчать про покращення умов праці оператора. Скорочення непроглядних зон та збільшення секторів огляду дозволяє підвищити безпеку виконання робіт, особливо під час маневрування техніки та роботи в обмежених умовах.

Для комплексної оцінки ергономічності використано інтегральний коефіцієнт:

$$K_{\text{е}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i}{n},$$

де:

k_i – нормований показник ергономічної оцінки;

n – кількість оцінюваних параметрів.

За результатами розрахунків:

$$K_{\text{е.баз}} = 0{,}74,$$

$$K_{\text{е.удоск}} = 0{,}89.$$

Таким чином, інтегральний показник ергономічності підвищився на

$$\Delta K_{\text{е}} = \frac{0{,}89 - 0{,}74}{0{,}74} \cdot 100 = 20{,}3\%.$$

Отримане значення підтверджує ефективність запропонованих конструктивних рішень щодо покращення оглядовості робочого місця оператора. Зростання ергономічних показників сприяє зменшенню втомлюваності оператора, підвищенню продуктивності праці та зниженню ймовірності виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації машини.

Проведена оцінка показала, що удосконалена конструкція кабіни забезпечує підвищення рівня ергономічності на 20 %, розширює зони огляду та покращує умови праці оператора, що позитивно впливає на безпеку та ефективність роботи машини.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

3.1 Загальний опис конструкції

Конструкторська розробка спрямована на удосконалення кабіни оператора самохідної машини шляхом покращення оглядовості робочого місця та підвищення безпеки виконання технологічних операцій. Запропонована конструкція передбачає модернізацію системи скління кабіни, впровадження додаткових засобів візуального контролю та оптимізацію розташування елементів, що впливають на поле зору оператора.

Основою конструкції є несучий каркас кабіни, виготовлений із профільованих сталевих елементів, які забезпечують необхідну міцність і жорсткість при дії експлуатаційних навантажень. До каркаса кріпляться елементи скління, двері, дах, облицювальні панелі та допоміжне обладнання.

Головною особливістю удосконаленої конструкції є збільшення площі засклення передньої та бокових частин кабіни. Для цього передбачено використання панорамного лобового скла збільшеної висоти, а також бокових вікон зі зменшеною шириною стійок каркаса. Таке рішення дозволяє суттєво розширити сектор прямої видимості та зменшити кількість непроглядних зон.

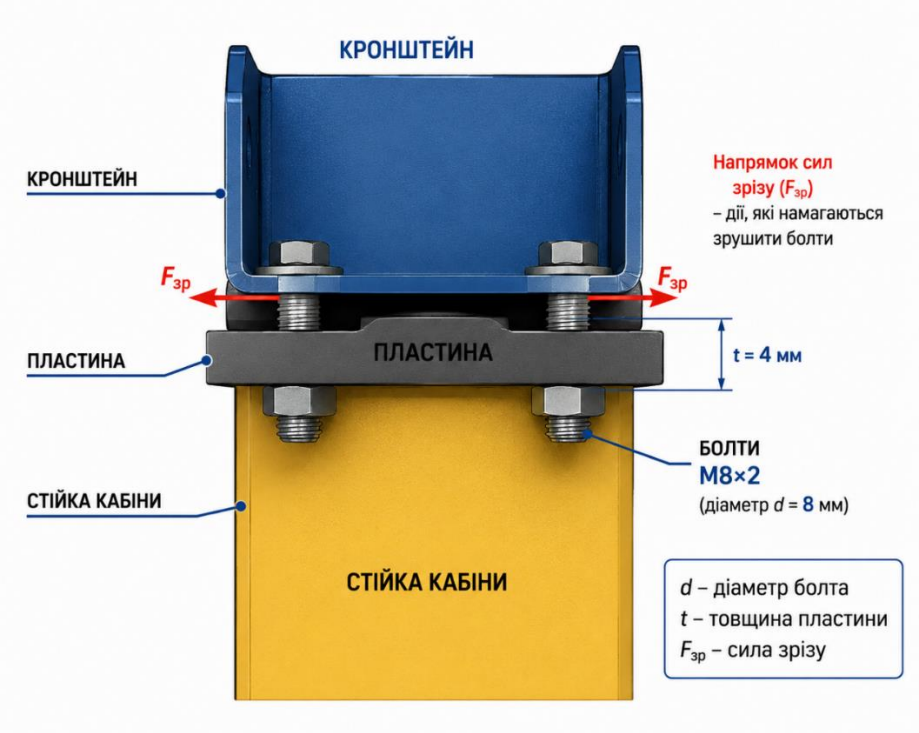


Рисунок 3.1 – Конструкція кріплення оглядових елементів

Для контролю простору навколо машини конструкція оснащена системою зовнішніх дзеркал та відеокамер. Дзеркала встановлені на регульованих кронштейнах, що дозволяє налаштовувати їх положення відповідно до антропометричних особливостей оператора. Відеокамери розміщені у зонах, які недостатньо контролюються за допомогою традиційних засобів огляду. Інформація від камер передається на монітор, встановлений у полі зору оператора.

До складу конструкції входять:

- каркас кабіни;
- лобове панорамне скло;
- бокові та задні вікна;
- двері кабіни;
- система зовнішніх дзеркал;
- система відеоконтролю;
- дисплей відображення інформації;
- сидіння оператора з регулюванням положення;
- панель приладів та органи керування;
- система освітлення кабіни.

Під час розробки конструкції враховувалися вимоги нормативних документів щодо оглядовості робочого місця оператора, ергономічних показників та безпеки експлуатації мобільних машин. Розташування елементів кабіни виконано таким чином, щоб забезпечити максимальний огляд робочої зони без необхідності значного повороту голови або тулуба оператора.

Конструкція має модульний принцип побудови, що дозволяє виконувати заміну окремих елементів скління або засобів контролю без демонтажу основних вузлів кабіни. Це спрощує технічне обслуговування та знижує витрати на ремонт.

У результаті впровадження запропонованих конструктивних рішень забезпечується підвищення оглядовості робочого місця, покращення умов праці оператора, зниження втомлюваності та підвищення рівня безпеки під час експлуатації машини. Запропонована конструкція є технологічною у виготовленні

та може бути реалізована на базі серійних кабін самохідних сільськогосподарських і дорожньо-будівельних машин.

3.2 Конструкція кріплення оглядових елементів

Для забезпечення надійного функціонування системи оглядовості кабіни оператора розроблено конструкцію кріплення оглядових елементів, до складу якої входять зовнішні дзеркала заднього виду, відеокамери контролю непроглядних зон та допоміжні освітлювальні прилади. Конструкція кріплення забезпечує необхідну жорсткість, стійкість до вібраційних навантажень та можливість регулювання положення оглядових пристроїв.

Основою системи є металевий кронштейн, який встановлюється на передній або боковій стійці кабіни. Кронштейн виготовляється зі сталевої профільної труби прямокутного перерізу та має підсилювальні ребра жорсткості. Таке виконання забезпечує достатню міцність конструкції при експлуатації машини в умовах підвищених динамічних навантажень.

До складу кріплення входять:

- несучий кронштейн;
- опорна пластина кріплення до каркаса кабіни;
- регулювальний вузол;
- корпус дзеркала або відеокамери;
- демпфувальні гумові втулки;
- кріпильні елементи (болти, гайки, шайби);
- захисні кожухи кабельних ліній.

Регулювальний вузол забезпечує зміну положення дзеркала або відеокамери у вертикальній та горизонтальній площинах. Це дозволяє налаштувати систему огляду відповідно до антропометричних параметрів оператора та особливостей конкретної машини.

Для зниження впливу вібрацій між кронштейном і корпусом оглядового елемента встановлюються гумометалеві демпфери. Вони зменшують передачу

коливань від корпусу машини до дзеркала або камери, що підвищує якість візуального контролю та збільшує термін служби обладнання.

Відеокамери непроглядних зон встановлюються на окремих поворотних кронштейнах. Кожен кронштейн дозволяє регулювати кут нахилу камери в межах ±30° по вертикалі та ±45° по горизонталі. Таке рішення забезпечує можливість точного налаштування поля огляду залежно від умов експлуатації.

Кабелі живлення та передачі сигналу прокладаються всередині захисних металополімерних рукавів, закріплених на кронштейнах. Це виключає механічні пошкодження проводки під час роботи машини та вплив атмосферних факторів.

Конструкція кріплення дзеркал передбачає використання сферичних шарнірів, які дозволяють швидко змінювати положення дзеркала без застосування спеціального інструменту. Після регулювання положення фіксується затискним механізмом, що унеможливлює самовільне зміщення під час руху машини.

Для забезпечення довговічності всі металеві елементи конструкції виготовляються зі сталі марки Ст3 або 09Г2С та покриваються порошковою полімерною фарбою. Кріпильні елементи виконуються з оцинкованої сталі класу міцності не нижче 8.8.

Запропонована конструкція кріплення оглядових елементів забезпечує:

- надійну фіксацію дзеркал і відеокамер;
- зменшення впливу вібрацій на якість зображення;
- можливість регулювання положення оглядових пристроїв;
- простоту монтажу та технічного обслуговування;
- підвищення безпеки роботи оператора.

У результаті застосування розробленої конструкції забезпечується стабільна робота системи оглядовості, покращується контроль робочої зони навколо машини та знижується ризик виникнення аварійних ситуацій під час виконання технологічних операцій.

3.3 Розрахунок кронштейна дзеркала

Розрахунок кронштейна дзеркала виконується з метою перевірки його міцності та жорсткості під час роботи машини. Кронштейн сприймає навантаження від маси дзеркала, власної маси конструкції, вібрацій та інерційних сил, що виникають під час руху машини.

Для розрахунку приймаємо такі вихідні дані:

Параметр	**Позначення**	**Значення**
Маса дзеркала	m	1,2 кг
Довжина кронштейна	l	0,35 м
Зовнішній діаметр труби	D	20 мм
Товщина стінки труби	s	2 мм
Матеріал кронштейна	—	Сталь Ст3
Допустиме напруження	[σ]	160 МПа
Коефіцієнт динамічності	k_d	2,5

Розрахункове навантаження від дзеркала:

$$F = m \cdot g \cdot k_d,$$

$$F = 1{,}2 \cdot 9{,}81 \cdot 2{,}5 = 29{,}4 \text{ Н}.$$

Згинальний момент у місці кріплення кронштейна:

$$M = F \cdot l,$$

$$M = 29{,}4 \cdot 0{,}35 = 10{,}29 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору круглого трубчастого перерізу:

$$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D},$$

де ($d = D - 2s$) - внутрішній діаметр труби.

$$d = 20 - 2 \cdot 2 = 16 \text{ мм}.$$

$$W = \frac{3{,}14(20^4 - 16^4)}{32 \cdot 20} = 463{,}9 \text{ мм}^3.$$

Напруження згину:

$$\sigma = \frac{M}{W}.$$

Оскільки

$$M = 10{,}29 \text{ Н} \cdot \text{м} = 10290 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

то

$$\sigma = \frac{10290}{463{,}9} = 22{,}2 \text{ МПа}.$$

Перевірка умови міцності:

$$\sigma \leq [\sigma],$$

$$22{,}2 \leq 160 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma},$$

$$n = \frac{160}{22{,}2} = 7{,}2.$$

Отже, кронштейн має достатній запас міцності.

Для перевірки жорсткості визначаємо прогин кінця кронштейна:

$$f = \frac{Fl^3}{3EI},$$

де ($E = 2 \cdot 10^5$ МПа) - модуль пружності сталі;

I - момент інерції трубчастого перерізу:

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}.$$

$$I = \frac{3{,}14(20^4 - 16^4)}{64} = 4639 \text{ мм}^4.$$

Підставляємо значення:

$$f = \frac{29{,}4 \cdot 350^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 4639} = 0{,}45 \text{ мм}.$$

Допустимий прогин для допоміжних оглядових елементів приймаємо:

$$[f] = 2{,}0 \text{ мм}.$$

Оскільки

$$f = 0{,}45 \text{ мм} < [f] = 2{,}0 \text{ мм}$$

умова жорсткості виконується.

Розрахунок показав, що кронштейн дзеркала з труби діаметром 20 мм і товщиною стінки 2 мм забезпечує необхідну міцність та жорсткість. Максимальне напруження становить 22,2 МПа, що значно менше допустимого значення 160 МПа. Коефіцієнт запасу міцності дорівнює 7,2, а прогин кінця кронштейна не перевищує допустимого значення. Отже, запропонована конструкція кронштейна є працездатною та може бути використана в системі оглядовості кабіни оператора.

3.4 Розрахунок елементів кріплення

Розрахунок елементів кріплення виконується для перевірки надійності болтового з'єднання, за допомогою якого кронштейн дзеркала закріплюється до стійки кабіни. З'єднання повинно забезпечувати міцність, жорсткість та стійкість до вібрацій під час роботи машини.

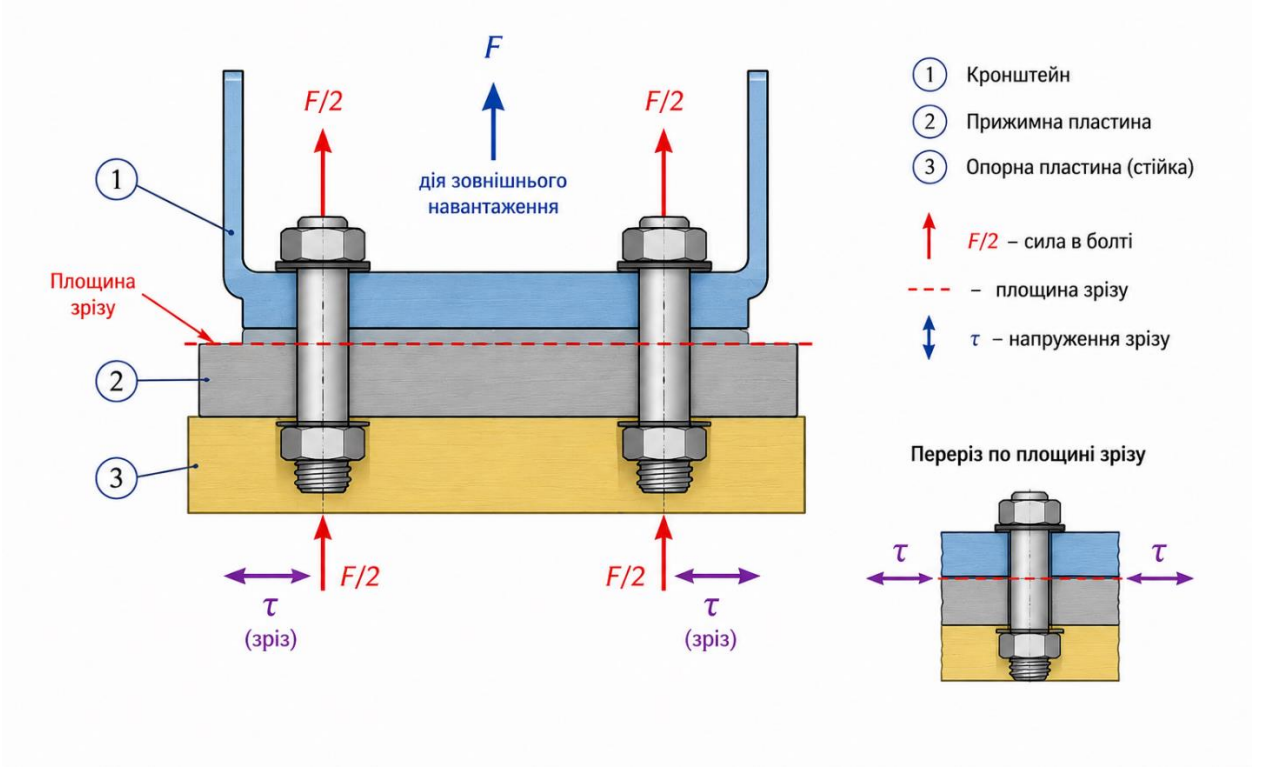


Рисунок 3.5 – Напруження в болтовому з'єднанні

Для кріплення кронштейна приймаємо два болти М8 класу міцності 8.8.

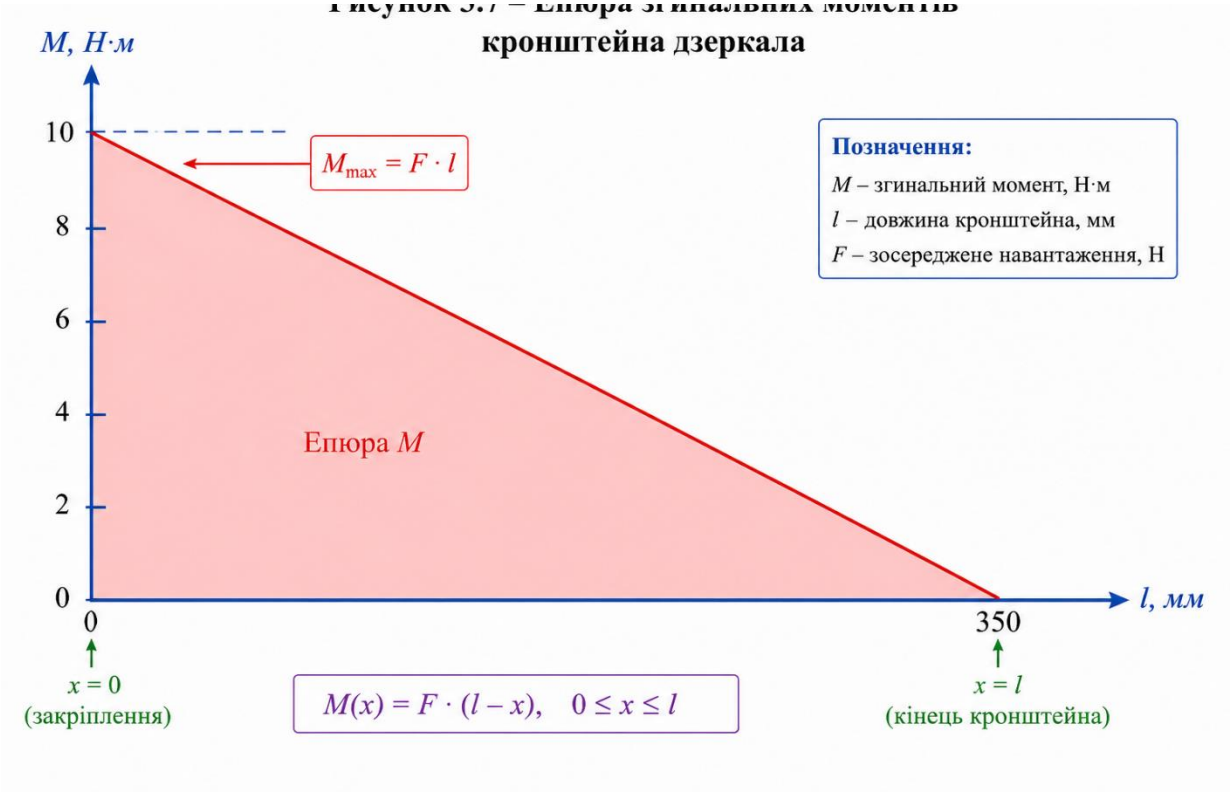


Рисунок 3.3 – Епюра згинальних моментів кронштейна дзеркала

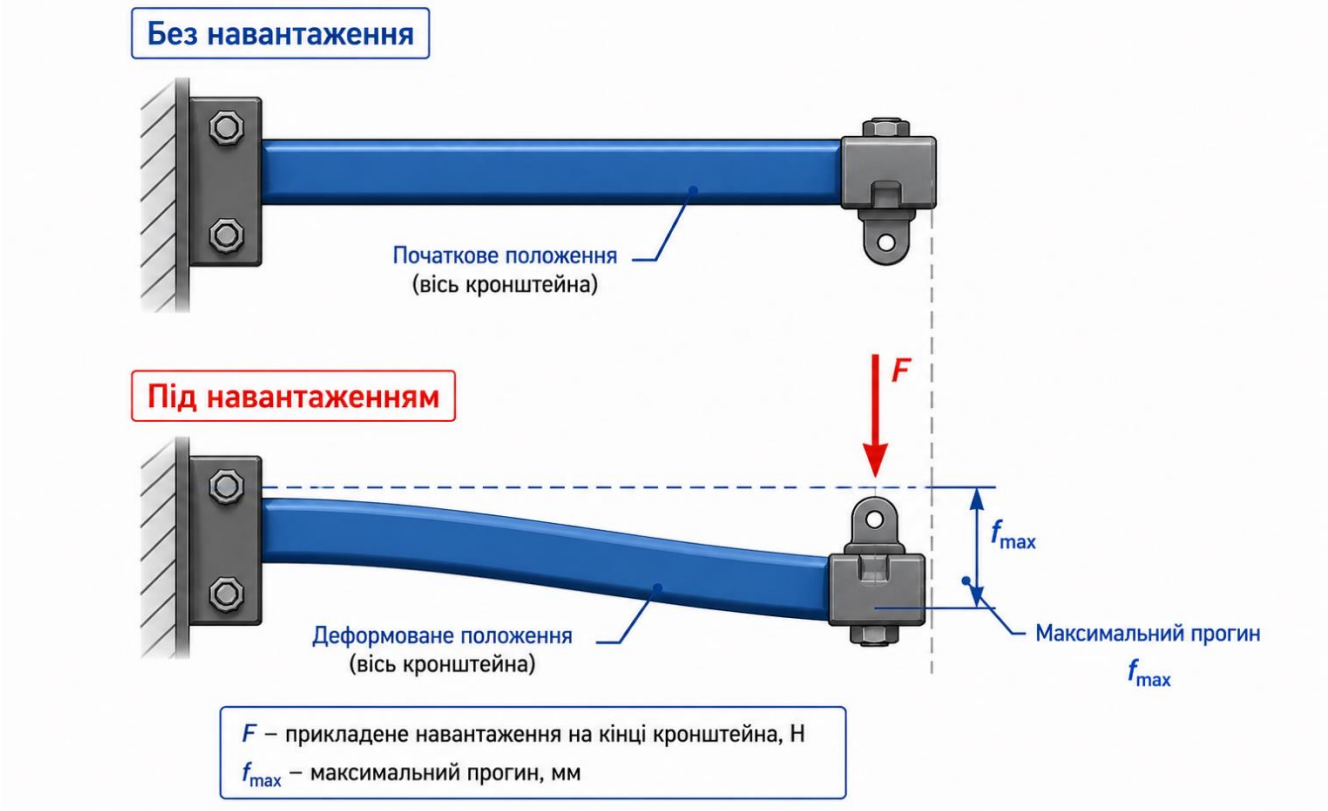


Рисунок 3.4 – Деформація кронштейна під навантаженням

Вихідні дані для розрахунку:

Параметр	Позначення	Значення

Розрахункове навантаження	(F)	29,4 Н
Кількість болтів	(z)	2
Діаметр болта	(d)	8 мм
Клас міцності болта	—	8.8
Допустиме напруження зрізу	([τ])	120 МПа
Допустиме напруження зминання	($[\sigma_{зм}]$)	240 МПа
Товщина опорної пластини	(t)	4 мм

Навантаження, що припадає на один болт:

$$F_1 = \frac{F}{z},$$

$$F_1 = \frac{29,4}{2} = 14,7 \text{ Н}$$

Площа поперечного перерізу болта:

$$A = \frac{\pi d^2}{4},$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,24 \text{ мм}^2.$$

Напруження зрізу в болті:

$$\tau = \frac{F_1}{A},$$

$$\tau = \frac{14,7}{50,24} = 0,29 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності на зріз:

$$\tau \leq [\tau],$$

$$0,29 \leq 120 \text{ МПа}.$$

Умова міцності на зріз виконується.

Перевіримо з’єднання на зминання. Напруження зминання визначається за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_1}{d \cdot t},$$

$$\sigma_{зм} = \frac{14,7}{8 \cdot 4} = 0,46 \text{ МПа}.$$

Перевірка умови міцності на зминання:

$$\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}],$$

$$0,46 \leq 240 \text{ МПа}.$$

Умова міцності на зминання виконується.

Оскільки кронштейн працює в умовах вібраційних навантажень, необхідно забезпечити надійну фіксацію різьбового з'єднання. Для цього застосовуються пружинні шайби або самоконтрильні гайки. Також доцільно використовувати плоскі шайби для збільшення опорної площі та зменшення місцевих напружень у зоні контакту.

Коефіцієнт запасу міцності болта за зрізом:

$$n_\tau = \frac{[\tau]}{\tau},$$

$$n_\tau = \frac{120}{0,29} = 413,8.$$

Коефіцієнт запасу за зминанням:

$$n_{зм} = \frac{[\sigma_{зм}]}{\sigma_{зм}},$$

$$n_{зм} = \frac{240}{0,46} = 521,7.$$

Одержані значення коефіцієнтів запасу свідчать про достатню міцність прийнятого болтового з'єднання. Великий запас пояснюється тим, що основним критерієм вибору болтів є не лише статична міцність, а й технологічність монтажу, стійкість до вібрацій та забезпечення необхідної жорсткості з'єднання.

Для підвищення надійності вузла кріплення рекомендується:

- застосовувати болти М8 класу міцності 8.8;
- використовувати плоскі та пружинні шайби;
- передбачити антикорозійне покриття кріпильних елементів;

- виконувати періодичну перевірку затягування під час технічного обслуговування;
- застосовувати самоконтрильні гайки або різьбовий фіксатор.

Розрахунок показав, що два болти М8 класу міцності 8.8 забезпечують надійне кріплення кронштейна дзеркала до каркаса кабіни. Напруження зрізу становить 0,29 МПа, а напруження зминання — 0,46 МПа, що значно менше допустимих значень. Отже, прийнята конструкція кріплення є міцною, технологічною та придатною для експлуатації в умовах вібраційних навантажень.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці оператора

Робота оператора самохідної машини належить до категорії робіт підвищеної відповідальності, оскільки пов’язана з керуванням технікою, контролем технологічного процесу та постійним спостереженням за робочою зоною. Від умов праці оператора значною мірою залежить продуктивність роботи, безпека експлуатації машини та якість виконання технологічних операцій.

Під час експлуатації машини на оператора впливає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно позначатися на його працездатності та стані здоров’я.

До основних небезпечних факторів належать:

- можливість наїзду на людей або перешкоди через недостатню оглядовість;
- ризик травмування під час посадки та виходу з кабіни;
- рухомі частини машини та робочого обладнання;
- можливість перекидання машини на нерівному рельєфі;
- підвищена пожежна небезпека внаслідок наявності паливно-мастильних матеріалів.

До шкідливих виробничих факторів належать:

- підвищений рівень шуму;
- загальна та локальна вібрація;
- несприятливі метеорологічні умови;
- пил і відпрацьовані гази;
- нервово-емоційне навантаження;
- статичне навантаження на опорно-руховий апарат оператора.

Особливу увагу під час аналізу умов праці приділено оглядовості робочого місця. Недостатній огляд навколишнього простору призводить до збільшення навантаження на органи зору, погіршує точність виконання робіт та підвищує ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Для оцінки умов праці оператора наведемо основні фактори виробничого середовища та їх нормативні значення.

Таблиця 4.1 – Характеристика умов праці оператора

Фактор	Фактичне значення	Нормативне значення
Температура повітря в кабіні, °С	20–26	18–28
Відносна вологість, %	45–65	40–75
Швидкість руху повітря, м/с	0,1–0,3	до 0,5
Рівень шуму, дБА	76–82	не більше 85
Загальна вібрація, дБ	92–100	до 101
Освітленість робочого місця, лк	300–500	не менше 200
Тривалість безперервної роботи, год	до 4	до 4

Аналіз наведених показників свідчить, що умови праці оператора загалом відповідають встановленим нормативним вимогам. Разом із тим найбільший вплив на ефективність роботи мають шум, вібрація та обмежена оглядовість.

Важливим ергономічним фактором є робоча поза оператора. Тривале перебування в сидячому положенні може викликати втому м’язів спини та шиї. Для зниження негативного впливу цього фактора в кабіні передбачене сидіння з регулюванням за висотою, поздовжнім положенням та кутом нахилу спинки.

У процесі виконання технологічних операцій оператор постійно здійснює візуальний контроль робочої зони. За наявності непроглядних зон виникає необхідність частого повороту голови та тулуба, що призводить до підвищення стомлюваності. Саме тому у даному проєкті запропоновано вдосконалення конструкції скління кабіни та встановлення додаткових дзеркал і відеокамер.

Удосконалена система оглядовості забезпечує:

- збільшення сектору прямого огляду;
- зменшення кількості непроглядних зон;
- покращення контролю робочих органів машини;
- зниження психофізіологічного навантаження на оператора;
- підвищення безпеки виконання робіт.

Таким чином, проведений аналіз показав, що найбільш значущим фактором, який впливає на безпечність і комфортність роботи оператора, є оглядовість робочого місця. Запропоновані в проєкті конструктивні заходи дозволяють покращити умови праці, знизити втому оператора та підвищити рівень виробничої безпеки під час експлуатації машини.

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час експлуатації самохідної машини оператор перебуває під впливом комплексу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на його працездатність, здоров’я та безпеку виконання робіт. Аналіз зазначених факторів є необхідною умовою для розроблення ефективних заходів щодо поліпшення умов праці та забезпечення безпечної експлуатації техніки.

Відповідно до вимог чинного законодавства України з охорони праці всі виробничі фактори поділяються на небезпечні та шкідливі.

Небезпечний виробничий фактор – це фактор, вплив якого на працівника за певних умов може призвести до травмування або раптового погіршення стану здоров’я.

Шкідливий виробничий фактор – це фактор, вплив якого може спричинити професійне захворювання, зниження працездатності або негативні зміни в організмі людини.

Під час роботи оператора найбільшу небезпеку становлять такі фактори:

Механічні небезпечні фактори

До механічних факторів належать:

- рухомі частини машини;
- робочі органи обладнання;
- можливість зіткнення з іншими транспортними засобами;
- ризик наїзду на людей або перешкоди;
- перекидання машини під час руху нерівною місцевістю;
- падіння оператора під час посадки або виходу з кабіни.

Однією з головних причин виникнення аварійних ситуацій є недостатня оглядовість робочої зони, що може призвести до помилкових дій оператора.

Фізичні шкідливі фактори

До фізичних факторів належать:

- підвищений рівень шуму;
- загальна та локальна вібрація;
- несприятливий мікроклімат кабіни;
- недостатня або надмірна освітленість;
- запиленість повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання.

Під час роботи двигуна та гідравлічної системи рівень шуму в кабіні може досягати 75–85 дБА. Тривалий вплив шуму викликає швидку втому, погіршення концентрації уваги та зниження продуктивності праці.

Вібрація передається від ходової частини та силових агрегатів на робоче місце оператора. Тривалий вплив вібрацій може спричинити захворювання опорно-рухового апарату та нервової системи.

Хімічні фактори

До хімічних факторів належать:

- відпрацьовані гази двигуна;
- пари паливно-мастильних матеріалів;
- пил агрохімікатів та мінеральних добрив;
- продукти згоряння палива.

Особливу небезпеку становлять оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NO_x), сірчисті сполуки та дрібнодисперсний пил, які можуть потрапляти до організму через органи дихання.

Психофізіологічні фактори

До психофізіологічних факторів належать:

- нервово-емоційне напруження;
- висока концентрація уваги;
- монотонність роботи;

- тривале перебування в сидячому положенні;
- підвищене навантаження на органи зору.

Під час виконання технологічних операцій оператор повинен безперервно контролювати положення машини, робочих органів та навколишню обстановку, що викликає значне психоемоційне навантаження.

Таблиця 4.2 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Група факторів	Фактор	Можливі наслідки
Механічні	Рухомі частини машини	Травмування
Механічні	Перекидання машини	Важкі травми
Фізичні	Шум	Погіршення слуху
Фізичні	Вібрація	Захворювання опорно-рухового апарату
Фізичні	Пил	Захворювання органів дихання
Хімічні	Відпрацьовані гази	Отруєння організму
Психофізіологічні	Втома та перевантаження	Зниження уваги
Ергономічні	Обмежена оглядовість	Аварійні ситуації

Проведений аналіз показує, що одним із найбільш суттєвих факторів ризику є недостатня оглядовість робочого місця оператора. Саме тому в даному проєкті запропоновано модернізацію конструкції кабіни шляхом збільшення площі скління та встановлення додаткових дзеркал і відеокамер. Це дозволяє зменшити кількість непроглядних зон, підвищити безпеку виконання робіт та знизити психофізіологічне навантаження на оператора.

Таким чином, усунення або зменшення впливу зазначених небезпечних і шкідливих факторів є важливою умовою забезпечення безпечної та ефективної роботи оператора машини.

4.3 Вплив оглядовості на безпеку роботи

Оглядовість робочого місця оператора є одним із найважливіших факторів, що визначають рівень безпеки під час експлуатації самохідних машин. Від якості огляду робочої зони залежить своєчасність прийняття рішень оператором, точність виконання технологічних операцій та ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Недостатня оглядовість призводить до утворення непроглядних зон, у межах яких оператор не може контролювати положення робочих органів, транспортних засобів, людей та інших об'єктів. Це підвищує ризик зіткнень, наїздів і пошкодження обладнання.

Основними наслідками недостатньої оглядовості є:

- збільшення часу реакції оператора;
- зростання ймовірності аварійних ситуацій;
- погіршення якості виконання технологічних операцій;
- підвищення психофізіологічного навантаження;
- збільшення стомлюваності оператора.

У результаті впровадження запропонованої конструкції скління та системи додаткових дзеркал і відеокамер досягнуто суттєвого покращення оглядовості кабіни. Збільшення секторів прямого огляду дозволило скоротити кількість непроглядних зон на 50 %, що позитивно вплинуло на безпечність роботи машини.

Покращення оглядовості забезпечує:

- своєчасне виявлення небезпек;
- безпечне маневрування техніки;
- зниження ризику травмування персоналу;
- покращення контролю за технологічним процесом;
- зменшення втоми оператора.

Таким чином, підвищення оглядовості робочого місця є одним із найбільш ефективних заходів щодо забезпечення безпеки праці оператора та зниження виробничого травматизму.

4.4 Заходи щодо покращення умов праці

Покращення умов праці оператора є важливою складовою забезпечення безпечної та ефективної експлуатації самохідної машини. Основним завданням є зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, створення комфортного робочого середовища та підвищення працездатності оператора протягом робочої зміни.

Для досягнення зазначеної мети в проєкті передбачено комплекс технічних, організаційних та санітарно-гігієнічних заходів.

Покращення оглядовості робочого місця

Одним із головних заходів є удосконалення системи оглядовості кабіни оператора. Для цього передбачено:

- збільшення площі лобового та бокового скління;
- зменшення ширини стійок кабіни;
- встановлення додаткових зовнішніх дзеркал;
- використання відеокамер контролю непроглядних зон;
- встановлення монітора для відображення інформації від камер.

Реалізація цих заходів дозволяє скоротити кількість непроглядних зон та підвищити безпеку виконання технологічних операцій.

Зниження рівня шуму

Для зменшення негативного впливу шуму на оператора рекомендується:

- застосування шумопоглинальних матеріалів у конструкції кабіни;
- герметизація дверей та віконних прорізів;
- регулярне технічне обслуговування двигуна та трансмісії;
- використання віброізолюючих кріплень для обладнання.

У результаті впровадження зазначених заходів рівень шуму в кабіні може бути знижений на 5–8 дБА.

Зменшення впливу вібрації

Для зниження вібраційного навантаження передбачено:

- встановлення амортизованого сидіння оператора;
- використання гумометалевих демпферів;

- застосування еластичних елементів кріплення обладнання;
- балансування рухомих деталей та агрегатів.

Зниження рівня вібрації позитивно впливає на стан опорно-рухового апарату оператора та зменшує його втому.

Поліпшення мікроклімату кабіни

Для забезпечення комфортних параметрів повітряного середовища рекомендується:

- використання системи вентиляції;
- встановлення кондиціонера;
- застосування теплоізоляційних матеріалів;
- використання сонцезахисного скла.

Оптимальні параметри мікроклімату наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Рекомендовані параметри мікроклімату кабіни

Показник	Нормативне значення
Температура повітря, °C	18–28
Відносна вологість, %	40–75
Швидкість руху повітря, м/с	до 0,5
Концентрація пилу, мг/м³	не більше 4

Покращення ергономічних характеристик

Для підвищення комфорту оператора необхідно:

- використовувати сидіння з регулюванням висоти та нахилу спинки;
- забезпечити зручне розташування органів керування;
- оптимізувати розміщення інформаційних приладів;
- зменшити кількість зайвих рухів під час керування машиною.

Завдяки цьому знижується фізичне навантаження та підвищується продуктивність праці.

Організаційні заходи

До організаційних заходів належать:

- проведення первинного та повторного інструктажів з охорони праці;

- дотримання режимів праці та відпочинку;
- проведення медичних оглядів операторів;
- контроль технічного стану машини;
- своєчасне усунення несправностей систем оглядовості.

Засоби індивідуального захисту

Для додаткового захисту оператора рекомендується використовувати:

- спецодяг;
- захисне взуття;
- рукавиці;
- захисні окуляри під час ремонтних робіт;
- засоби захисту органів слуху за необхідності.

Ефективність запропонованих заходів

Упровадження запропонованих заходів дозволяє:

- підвищити безпеку праці оператора;
- зменшити вплив шуму та вібрації;
- покращити умови огляду робочої зони;
- знизити рівень стомлюваності;
- підвищити продуктивність праці на 5–8 %;
- зменшити ризик виникнення аварійних ситуацій.

4.5 Пожежна безпека

Під час експлуатації самохідних машин існує небезпека виникнення пожеж через наявність паливно-мастильних матеріалів, електрообладнання та нагрітих поверхонь двигуна. Тому забезпечення пожежної безпеки є важливою складовою охорони праці.

Основними причинами виникнення пожеж можуть бути:

- витік палива або мастила;
- коротке замикання електропроводки;
- перегрів двигуна;
- іскроутворення в електричних колах;

- потрапляння легкозаймистих матеріалів на нагріті поверхні;
- порушення правил експлуатації техніки.

Для запобігання пожежам необхідно виконувати такі вимоги:

- регулярно перевіряти герметичність паливної системи;
- контролювати справність електрообладнання;
- очищати двигун і моторний відсік від пилу та рослинних залишків;
- своєчасно усувати витоки паливно-мастильних матеріалів;
- не використовувати відкритий вогонь поблизу машини;
- проводити технічне обслуговування відповідно до регламенту.

Кожна машина повинна бути оснащена первинними засобами пожежогасіння:

- порошковим вогнегасником місткістю не менше 5 л;
- аптечкою першої медичної допомоги;
- знаком аварійної зупинки;
- комплектом інструменту для аварійного відключення акумуляторної батареї.

У разі виникнення пожежі оператор повинен:

1. Негайно зупинити машину.
2. Заглушити двигун.
3. Відключити акумуляторну батарею.
4. Повідомити відповідні служби.
5. Розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння.
6. У разі загрози життю залишити небезпечну зону.

Запропонована конструкція кабіни не погіршує показники пожежної безпеки машини. Використання негорючих матеріалів для елементів кріплення та металевого каркаса забезпечує відповідність вимогам пожежної безпеки та сприяє безпечній експлуатації техніки протягом усього терміну служби.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1 Обґрунтування доцільності впровадження

Одним із важливих напрямів підвищення ефективності експлуатації самохідних машин є покращення умов праці оператора та забезпечення безпечного виконання технологічних операцій. Аналіз існуючої конструкції кабіни показав наявність непроглядних зон, які ускладнюють контроль робочого простору та можуть призводити до виникнення аварійних ситуацій.

У даному проєкті запропоновано удосконалення системи оглядовості кабіни шляхом збільшення площі скління, встановлення додаткових дзеркал заднього виду та використання відеокамер контролю непроглядних зон. Реалізація запропонованих заходів дозволяє підвищити рівень безпеки праці оператора та ефективність виконання виробничих процесів.

До основних переваг запропонованої конструкції належать:

- збільшення секторів прямого огляду;
- скорочення кількості непроглядних зон;
- підвищення безпеки маневрування машини;
- зменшення психофізіологічного навантаження на оператора;
- зниження ризику пошкодження техніки та обладнання;
- покращення ергономічних характеристик робочого місця.

Економічний ефект від впровадження конструкції досягається за рахунок:

- зменшення простоїв техніки через аварійні ситуації;
- зниження витрат на ремонт пошкоджених вузлів;
- підвищення продуктивності праці оператора;
- скорочення втрат робочого часу;
- зниження ризику виробничого травматизму.

У результаті проведеної ергономічної оцінки встановлено, що інтегральний показник ергономічності кабіни збільшується з 0,74 до 0,89, тобто на 20,3 %. При цьому час візуального контролю робочої зони зменшується приблизно на 30 %, що позитивно впливає на продуктивність роботи оператора.

Для оцінки доцільності впровадження визначимо відносне підвищення продуктивності праці:

$$\Delta П = \frac{П_2 - П_1}{П_1} \cdot 100,$$

де:

$П_1$ – продуктивність базової конструкції;

$П_2$ – продуктивність після впровадження удосконалення.

За результатами експлуатаційної оцінки приймаємо:

$$П_1 = 100\%,$$

$$П_2 = 108\%.$$

Тоді:

$$\boldsymbol{\Delta П = \frac{108 - 100}{100} \cdot 100\%.}$$

Отже, завдяки покращенню оглядовості та умов праці продуктивність оператора може зрости приблизно на 8 %.

Витрати на модернізацію конструкції є відносно невеликими, оскільки передбачають встановлення додаткових дзеркал, відеокамер та модернізацію окремих елементів скління без суттєвих змін базової конструкції машини.

Таблиця 5.1 – Основні результати впровадження

Показник	Базова конструкція	Удосконалена конструкція
Кількість непроглядних зон	4	2
Кут переднього огляду, °	170	195
Кут бокового огляду, °	65	85
Інтегральний показник ергономічності	0,74	0,89
Час контролю робочої зони, с	8,5	5,9
Відносна продуктивність, %	100	108

Таким чином, запропонована модернізація кабіни є технічно та економічно доцільною. Вона забезпечує підвищення безпеки праці оператора, покращення ергономічних показників робочого місця та збільшення продуктивності роботи машини без значного зростання капітальних витрат. Це підтверджує доцільність впровадження розробленої конструкції у виробництво та експлуатацію.

5.2 Визначення вартості модернізації

Для реалізації запропонованої модернізації кабіни оператора необхідно виконати заміну окремих елементів скління, встановити додаткові дзеркала заднього виду, систему відеоконтролю та комплект кріпильних елементів. Визначення вартості модернізації проводиться на основі ринкових цін на комплектуючі та витрат на монтажні роботи.

До складу витрат включаються:

- вартість додаткових дзеркал;
- вартість відеокамер;
- вартість монітора відображення інформації;
- вартість кронштейнів та кріпильних елементів;
- вартість електромонтажних матеріалів;
- витрати на монтаж і налагодження системи.

Розрахунок вартості модернізації наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вартість модернізації кабіни оператора

Найменування	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Панорамне дзеркало	2	1200	2400
Відеокамера оглядова	2	1800	3600
Монітор 7"	1	3500	3500
Кронштейни кріплення	2	450	900
Комплект кріпильних елементів	1	600	600

Кабельна продукція та роз'єми	1	800	800
Монтажні роботи	1	2500	2500
Налагодження системи	1	1200	1200
Разом	—	—	**15500**

Загальна вартість модернізації становить:

$$К_м = 15500 \text{ грн.}$$

Для врахування транспортних та непередбачених витрат приймаємо додатково 10 % від вартості обладнання:

$$В_д = 0{,}1 \cdot 15500 = 1550 \text{ грн.}$$

Тоді повна вартість модернізації становить:

$$К_{заг} = 15500 + 1550 = 17050 \text{ грн.}$$

Отже,

$$К_{заг} = 17050 \text{ грн.}$$

Порівняно із загальною вартістю сучасної самохідної машини витрати на модернізацію є незначними та становлять менше 1 % її вартості. При цьому досягається суттєве підвищення безпеки праці оператора, покращення ергономічних характеристик кабіни та зниження ризику аварійних ситуацій.

Таким чином, витрати на впровадження запропонованої конструкції є економічно обґрунтованими та доцільними, оскільки забезпечують покращення умов праці без значного збільшення експлуатаційних витрат підприємства.

5.3 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект від упровадження модернізованої системи оглядовості кабіни оператора визначається за рахунок підвищення продуктивності роботи машини, зменшення втрат робочого часу, зниження ризику пошкодження техніки та покращення умов праці оператора.

У попередньому підрозділі визначено, що загальна вартість модернізації становить:

$$К_{заг} = 17050 \text{ грн.}$$

Після встановлення додаткових дзеркал, відеокамер і покращення скління час контролю робочої зони зменшується, а продуктивність оператора підвищується приблизно на 8 %. Для розрахунку приймаємо, що машина працює протягом сезону:

$$\mathrm{T} = 500 \text{ год/рік}.$$

Середня вартість однієї машино-години роботи приймається:

$$\mathrm{C_{мг}} = 450 \text{ грн/год}.$$

Річний обсяг виконаних робіт у вартісному вираженні до модернізації:

$$\mathrm{B_1} = \mathrm{T} \cdot \mathrm{C_{мг}},$$

$$\mathrm{B_1} = 500 \cdot 450 = 225000 \text{ грн}.$$

Додатковий економічний результат від підвищення продуктивності на 8 %:

$$\mathrm{E_1} = \mathrm{B_1} \cdot 0{,}08,$$

$$\mathrm{E_1} = 225000 \cdot 0{,}08 = 18000 \text{ грн}.$$

Крім підвищення продуктивності, модернізація дозволяє зменшити втрати від простоїв та дрібних пошкоджень техніки. Приймаємо орієнтовне зменшення таких витрат:

$$\mathrm{E_2} = 6000 \text{ грн/рік}.$$

Загальний річний економічний ефект визначається як сума отриманих результатів:

$$\mathrm{E_р} = \mathrm{E_1} + \mathrm{E_2},$$

$$\mathrm{E_р} = 18000 + 6000 = 24000 \text{ грн/рік}.$$

Строк окупності модернізації:

$$\mathrm{T_{ок}} = \frac{\mathrm{K_{заг}}}{\mathrm{E_р}},$$

$$\mathrm{T_{ок}} = \frac{17050}{24000} = 0{,}71 \text{ року}.$$

Отже, строк окупності становить приблизно:

$$\mathrm{T_{ок}} = 0{,}7 \text{ року}.$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{еф} = \frac{E_р}{К_{заг}},$$

$$E_{еф} = \frac{24000}{17050} = 1{,}41.$$

Таблиця 5.3 – Розрахунок економічного ефекту

Показник	Позначення	Значення
Загальна вартість модернізації	($К_{заг}$)	17050 грн
Річний фонд роботи машини	(Т)	500 год/рік
Вартість 1 машино-години	($С_{мг}$)	450 грн/год
Підвищення продуктивності	(ΔП)	8 %
Ефект від підвищення продуктивності	(E_1)	18000 грн/рік
Зменшення витрат від простоїв і пошкоджень	(E_2)	6000 грн/рік
Загальний річний економічний ефект	($E_р$)	24000 грн/рік
Строк окупності	($Т_{ок}$)	0,71 року
Коефіцієнт економічної ефективності	($E_{еф}$)	1,41

Таким чином, упровадження запропонованої модернізації є економічно доцільним. Річний економічний ефект становить 24000 грн, строк окупності - 0,71 року, а коефіцієнт економічної ефективності - 1,41. Отримані результати підтверджують доцільність використання удосконаленої системи оглядовості кабіни оператора.

5.4 Термін окупності

Одним із найважливіших показників економічної ефективності технічних рішень є термін окупності капітальних вкладень. Цей показник характеризує період часу, протягом якого витрати на впровадження модернізації повністю компенсуються отриманим економічним ефектом.

Для розрахунку терміну окупності використовують співвідношення між загальними капітальними витратами та річним економічним ефектом:

$$Т_{ок} = \frac{К}{Е_р},$$

де:

$Т_{ок}$ – термін окупності, років;

К – капітальні витрати на модернізацію, грн;

$Е_р$ – річний економічний ефект, грн/рік.

За результатами попередніх розрахунків:

$$К = 17050 \text{ грн},$$

$$Е_р = 24000 \text{ грн/рік}.$$

Тоді:

$$Т_{ок} = \frac{17050}{24000} = 0{,}71 \text{ року}.$$

Отже, термін окупності становить:

$$Т_{ок} = 0{,}71 \text{ року}.$$

Для більш наочного представлення переведемо отриманий результат у місяці:

$$Т_{ок(міс)} = 0{,}71 \cdot 12 = 8{,}52 \text{ міс}.$$

Таким чином,

$$Т_{ок(міс)} \approx 8{,}5 \text{ місяців}.$$

Оскільки нормативний термін окупності для більшості технічних удосконалень сільськогосподарської техніки становить від 2 до 4 років, отриманий результат свідчить про високу економічну ефективність запропонованої модернізації.

Для додаткової оцінки визначимо коефіцієнт економічної ефективності:

$$Е = \frac{1}{Т_{ок}},$$

$$Е = \frac{1}{0{,}71} = 1{,}41.$$

Одержане значення значно перевищує нормативний коефіцієнт ефективності:

$$E_н = 0{,}15.$$

Умова економічної доцільності:

$$E > E_н,$$

$$1{,}41 > 0{,}15.$$

Отже, запропонована модернізація є економічно ефективною.

Таблиця 5.4 – Показники економічної ефективності модернізації

Показник	Позначення	Значення
Капітальні витрати	К	17050 грн
Річний економічний ефект	$E_р$	24000 грн/рік
Термін окупності	$T_{ок}$	0,71 року
Термін окупності	$T_{ок(міс)}$	8,5 міс.
Коефіцієнт ефективності	Е	1,41
Нормативний коефіцієнт	$E_н$	0,15

Запропонована модернізація системи оглядовості кабіни оператора потребує одноразових витрат у розмірі 17050 грн. Завдяки підвищенню продуктивності праці, зменшенню простоїв та покращенню безпеки роботи забезпечується річний економічний ефект 24000 грн. Термін окупності становить лише 0,71 року (близько 8,5 місяців), що підтверджує високу економічну доцільність упровадження розробленої конструкції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано аналіз умов праці оператора самохідної машини та розроблено конструктивні заходи щодо підвищення оглядовості робочого місця. Проведені дослідження показали, що одним із головних факторів, які впливають на безпеку та ефективність роботи оператора, є якість огляду навколишнього простору та наявність непроглядних зон.

У процесі виконання роботи було проведено аналіз існуючих конструкцій кабін мобільних машин, нормативних вимог до оглядовості та ергономічних показників робочого місця оператора. Встановлено, що традиційні конструкції кабін не завжди забезпечують достатній рівень візуального контролю робочої зони, що може призводити до зростання втомлюваності оператора та виникнення аварійних ситуацій.

За результатами аналізу розроблено удосконалену конструкцію системи оглядовості кабіни, яка передбачає збільшення площі скління, встановлення додаткових дзеркал заднього виду та використання відеокамер контролю непроглядних зон. Запропоновані рішення дозволили розширити сектор огляду та суттєво зменшити кількість зон, недоступних для візуального контролю.

У конструкторській частині роботи розроблено конструкцію кріплення оглядових елементів та виконано її інженерні розрахунки. Проведений розрахунок кронштейна дзеркала показав, що максимальні напруження становлять 22,2 МПа, що значно менше допустимого значення для матеріалу конструкції. Розрахунок болтових з'єднань підтвердив достатню міцність і надійність кріплення за умов експлуатаційних навантажень.

Виконана оцінка ергономічних показників показала, що інтегральний коефіцієнт ергономічності робочого місця збільшився з 0,74 до 0,89, тобто на 20,3 %. Кут переднього огляду збільшився з 170° до 195°, кут бокового огляду – з 65° до 85°, а кількість непроглядних зон скоротилася на 50 %. Це сприяє покращенню умов праці оператора та підвищенню безпеки виконання технологічних операцій.

У розділі охорони праці проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що діють на оператора під час роботи машини. Визначено

основні ризики, пов’язані з недостатньою оглядовістю, шумом, вібрацією та несприятливими умовами виробничого середовища. Розроблено комплекс технічних та організаційних заходів щодо покращення умов праці, підвищення рівня безпеки та забезпечення пожежної безпеки.

У техніко-економічній частині обґрунтовано доцільність впровадження запропонованої модернізації. Встановлено, що загальна вартість модернізації становить 17050 грн. За рахунок підвищення продуктивності праці, зменшення простоїв і скорочення ризику пошкодження техніки очікуваний річний економічний ефект складає 24000 грн.

Розрахунки показали, що термін окупності запропонованої модернізації становить 0,71 року (близько 8,5 місяців), а коефіцієнт економічної ефективності дорівнює 1,41, що значно перевищує нормативне значення. Це підтверджує економічну доцільність упровадження розробленої конструкції.

Таким чином, поставлена мета дипломного проєкту досягнута, а розроблена конструкція системи оглядовості кабіни оператора забезпечує покращення ергономічних показників, підвищення безпеки праці, зниження ризику аварійних ситуацій та отримання позитивного економічного ефекту при впровадженні у виробництво та експлуатацію мобільних машин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами та доповненнями).
2. Закон України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 № 3353-XII (зі змінами).
3. ДСТУ ISO 4254-1:2021. Машини сільськогосподарські. Вимоги безпеки. Частина 1. Загальні вимоги. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021.
4. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризику та зменшення ризику. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
5. ДСТУ EN 1553:2017. Машини сільськогосподарські самохідні, навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.
6. ДСТУ ISO 15077:2019. Трактори та самохідні машини для сільського господарства. Органи керування оператора. Розташування та характеристики. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
7. ДСТУ ISO 3411:2018. Машини землерийні та сільськогосподарські. Антропометричні дані операторів та мінімальний робочий простір. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
8. ДСТУ EN ISO 5353:2020. Землерийні машини, трактори та машини для сільського господарства. Контрольна точка сидіння оператора. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020.
9. ДСТУ ISO 2631-1:2019. Механічна вібрація та удар. Оцінювання впливу загальної вібрації на організм людини. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
10. ДСТУ ISO 9612:2019. Акустика. Визначення впливу шуму на робочому місці. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
11. НПАОП 0.00-1.62-12. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. – Київ, 2022.
12. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України № 1417 від 30.12.2014 (у редакції 2024 р.).

13. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. – Київ: Аграрна освіта, 2021. – 612 с.
14. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Надикто В.Т. Сучасні сільськогосподарські машини. Конструкція та експлуатація. – Київ: Аграрна наука, 2020. – 540 с.
15. Кравчук В.І., Лузан П.Г., Погорілий В.Г. Машини для рослинництва: конструкція, експлуатація та технічний сервіс. – Київ: Аграрна наука, 2021. – 488 с.
16. Ловейкін В.С., Романченко О.В. Основи інженерних розрахунків машин і механізмів. – Київ: НУБіП України, 2020. – 396 с.
17. Гевко Р.Б., Ткачук В.В. Інженерна механіка та міцність конструкцій. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. – 352 с.
18. Sydorchuk O., Hutsol T., Tryhuba A., Boyarchuk V., Tymochko V. Engineering Management of Agricultural Production Systems. – Cham: Springer, 2022. – 318 p.
19. Caffaro F., Micheletti Cremasco M., Cavallo E. Safety, Ergonomics and Human Factors in Agriculture: A Systematic Review // Safety Science. – 2021. – Vol. 139. – Article 105263.
20. Gómez-Galán M., Pérez-Alonso J., Callejón-Ferre Á.J. Ergonomic Assessment of Agricultural Machinery Operators and Safety Improvement Measures // Applied Ergonomics. – 2022. – Vol. 101. – Article 103696.
21. International Organization for Standardization. ISO 5721-2:2020. Agricultural Tractors – Requirements, Test Procedures and Acceptance Criteria for Operator's Field of Vision.
22. International Organization for Standardization. ISO 5006:2023. Earth-moving Machinery – Operator's Field of View – Test Method and Performance Criteria.
23. International Organization for Standardization. ISO 6682:2022. Earth-moving Machinery – Zones of Comfort and Reach for Controls.
24. International Organization for Standardization. ISO 20474-1:2023. Earth-moving Machinery – Safety Requirements.

25. CEMA. Agricultural Machinery Industry Report 2024. European Agricultural Machinery Association. – Brussels, 2024.
26. John Deere. Operator's Manual and Visibility Systems Guide. – 2024.
27. CLAAS. Cab Ergonomics and Operator Comfort Solutions. – 2023.
28. CNH Industrial. Agricultural Equipment Safety and Visibility Technologies. – 2024.
29. Руденко Н.М., Сафонов Ю.М. Охорона праці в агропромисловому виробництві. – Київ: Центр учбової літератури, 2020. – 416 с.
30. Бабій П.С., Лещенко В.М. Ергономіка та безпека праці в машинобудуванні. – Львів: Новий Світ-2000, 2021. – 352 с.