

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Машиновикористання в землеробстві

доцент \_\_\_\_\_ Володимир КУВАЧОВ

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
здобувача ступеня вищої освіти «Магістр»

на тему: **«ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ  
МАЛОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ  
У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ»**

Виконав: здобувач ВО 21МБАІ групи, 2 курсу  
Спеціальності 208 Агроінженерія  
за ОПП Агроінженерія

\_\_\_\_\_ Олександра ЖМАЄВА

**Мелітополь  
2021**

## РЕФЕРАТ

**Дипломна робота:** 81 сторінка машинопису, 5 розділів, 3 таблиці,  
23 джерела літератури.

**Графічна частина роботи** – 6 листів формату А1.

**Мета роботи** – підвищення продуктивності малої механізації ручних операцій в сільськогосподарському виробництві шляхом створення транспортно-технологічних засобів нової концепції з використанням одновісного електротранспорту, яким виступає сегвей, які поєднують в собі простоту конструкції і забезпечують ефективність їх використання.

**Об'єкт дослідження** – процеси малої механізації з використанням транспортно-технологічних засобів.

**Предмет дослідження** – закономірності впливу антропогенних факторів людини та умов використання транспортно-технологічних засобів малої механізації на їх основні технічні параметри.

В роботі проаналізовано актуальність теми, виявлено проблеми використання засобів малої (ручної) механізації технологічних процесів.

Обґрунтовано способи використання, схеми та параметри транспортно-технологічних засобів на основі сегвея.

Проведені теоретичні дослідження тягово-зчіпних та енергетичних властивостей транспортно-технологічного засобу.

Обґрунтовано витрати енергії та площі робочої зони людини внаслідок її коливань на платформі сегвея.

Проаналізовано, обґрунтовано та розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Оцінено економічну ефективність використання транспортно-технологічних засобів малої механізації у складі сегвея.

**Ключові слова:** ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЗАСІБ, МАЛА (РУЧНА) МЕХАНІЗАЦІЇ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, СЕГВЕЙ, ГІРОЦИКЛ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ  | 7  |
| 1 Актуальність теми, постановка проблеми використання засобів малої (ручної) механізації технологічних процесів      | 9  |
| 1.1 Аналіз проблеми використання засобів малої (ручної) механізації технологічних процесів                           | 9  |
| 1.2 Перспективи використання електротранспорту у світі   | 15 |
| 2 Обґрунтування способу використання, схеми та параметрів транспортно-технологічних засобів на основі сегвея         | 21 |
| 2.1 Обґрунтування способу ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур за допомогою сегвея        | 21 |
| 2.2 Обґрунтування способу ручного транспортування вантажів   | 24 |
| 2.3 Оцінка тягових властивостей транспортно-технологічних засобів малої механізації                                  | 27 |
| 2.4 Оцінювання витрат потужності та енергонасиченості сегвея у складі транспортно-технологічного засобу              | 35 |
| 3 Обґрунтування витрат енергії та площі робочої зони людини внаслідок її коливань на платформі сегвея                | 42 |
| 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях  | 47 |
| 4.1 Вимоги безпеки при конструюванні та експлуатації мобільних засобів малої механізації сільськогосподарських робіт | 47 |
| 4.2 Аналіз травмонебезпечних ситуацій при експлуатації малогабаритного транспортного засобу                          | 50 |
| 4.3 Виявлення закономірностей реалізації потенційної небезпеки за критеріями   | 53 |
| 4.4 Вимоги безпеки при експлуатації енергетичних засобів малої механізації   | 57 |
| 4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях на малих підприємствах  | 58 |
| 5 Оцінка економічної ефективності використання транспортно-технологічних засобів малої механізації у складі сегвея   | 65 |
| Висновки   | 74 |
| Список літератури  | 79 |

## ВСТУП

Традиційний спосіб ручного обробки ґрунту, посіву сільськогосподарських культур, збору ягід та інше на невеликих присадибних ділянках характеризується великими тяговими навантаженнями, які долає людина в процесі роботи, що призводять до швидкої її стомлюваності. Також, швидкість переміщення людиною технологічних засобів за допомогою ходьби кроками досить низька. Внаслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість важкої людської праці.

Також, традиційно великі тягові навантаження, які долає людина в процесі транспортування ручних вантажних візків, призводять до швидкої її стомлюваності. Водночас відсутність контролю інформації щодо кількості вантажу у візку і відстані пройденого шляху не дозволяє людині правильно використати свою силу в процесі роботи, із можливістю отримання травм і т.і. До того ж, швидкість переміщення людиною ручного вантажного візка за допомогою ходьби кроками досить низька. Внаслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість важкої людської праці. Також, реалізація традиційного способу транспортування вантажних візків неможлива в темний час доби, або при недостатньому освітленні.

Іншими прикладами є широкий спектр засобів малої (ручної) механізації сільськогосподарських робіт. Робота з такими засобами у більшості випадків можна вважати важкою працею, оскільки пов'язано з незручним становищем працюючих і статичною напругою м'язів кінцівок і тулуба, що, в свою чергу, є однією з причин професійних захворювань опорно-рухомого апарату людини.

З метою підвищення продуктивності робіт вручну, економії трудових витрат, створенні більш комфортних умов роботи в останні 25-30 років поряд зі складними машинами створювалися спрощені технічні засоби, які дозволяють виконувати роботу в зручному положенні, що полегшує працю і

сприяє профілактиці професійних захворювань. Наприклад, розроблені мобільні платформи для розміщення на них збирачів ягід, а також порожньої і наповнюваної ягодами тари; вантажні платформи для проміжного складування тари, які переміщуються по плантації разом з робітниками, а в певних місцях розвантажуються. Однак в комплексі ці технічні засоби практично не застосовувалися навіть у великих сунічних господарствах не тільки в Україні, а й за кордоном.

Водночас, на відміну від традиційного стереотипу ручної праці та природного пересування людини на невеликі відстані у всьому світі малогабаритний електротранспорт завойовує симпатії все більшої кількості людей. Україна не є винятком і знаходиться в загальному тренді бурхливого зростання продажів різного типу електротранспорту і підвищеного інтересу до малогабаритної техніки з електричним приводом. Але в більшості випадків вказаний малогабаритний електротранспорт призначений тільки для розваг і практично не пристосований для його використання в будь-яких технологічних процесах народного господарства. В силу цього сфера його використання вкрай обмежена, а потенційні переваги, наприклад сегвейів, ще недостатньо вивчені.

**Мета роботи** полягає у підвищенні продуктивності малої механізації ручних операцій в сільськогосподарському виробництві шляхом створення транспортно-технологічних засобів нової концепції з використанням одновісного електротранспорту, яким виступає сегвей, які поєднують в собі простоту конструкції і забезпечують ефективність їх використання.

**Об'єктом дослідження** є процеси малої механізації з використанням транспортно-технологічних засобів.

**Предмет досліджень** – закономірності впливу антропогенних факторів людини та умов використання транспортно-технологічних засобів малої механізації на їх основні технічні параметри.

# **1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ МАЛОЇ (РУЧНОЇ) МЕХАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

## **1.1 Аналіз проблеми використання засобів малої (ручної) механізації технологічних процесів**

У структурі сільського господарства частка фермерських господарств становить 55...56% [1]. Для більшості сільських жителів фермерство - єдине джерело виживання. У дрібнотоварних господарствах весь технологічний ланцюжок виробництва продукції, за винятком тракторної оранки й передпосівної культивуації, заснований на застосуванні ручної праці.

До недавнього часу головним нормативним документом на засоби малої механізації є ГОСТ 28523-90. «Мобільні засоби малої механізації сільськогосподарських робіт. Трактори малогабаритні. Типи та основні параметри» [2].

Нині є велика кількість різних засобів малої механізації [3-8]. Умовна класифікація засобів малої механізації країн представлена на схемі (рис. 1.1).

Зі схеми можна бачити, що по способу взаємодії оператора з машиною, міні-трактора поділяється на наступні:

- пішохідні, коли при роботі оператор йде поруч з агрегатом, позаду по оброблюваному ґрунту або збоку, керуючи рухом міні-трактора і направляючи його робочі органи на виконання відповідної технологічної операції;

- їздові, коли оператор сидить на сидінні, розташованому на міні-тракторі, і керує рухом агрегату і роботою робочих органів причіпних або начіпних знарядь;

- пішохідно-їздові, коли оператор при різних комплектаціях міні-трактора йде поруч з агрегатом, або сидить на сидінні, що знаходиться на знарядді.

По загальній конструктивній схемі міні-трактори в роботі поділяються на мотознаряддя (спеціалізовані самохідні знаряддя), мотоблоки, мікротрактори (малогабаритні) і мікронавантажувачі (віднесення останніх до міні-тракторів умовне).

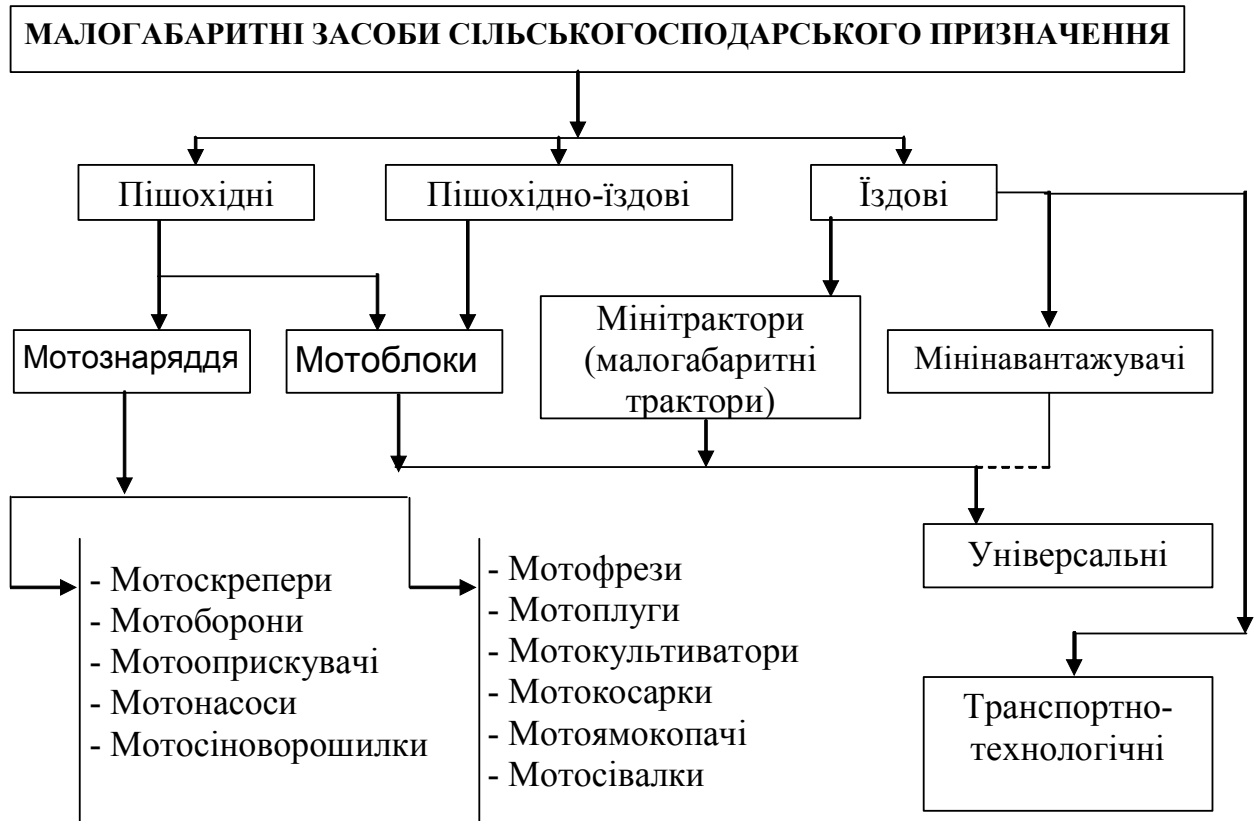


Рисунок 1.1 – Умовна класифікація малогабаритних засобів с.-г. призначення

На сучасному етапі розвитку засобів малої механізації для АПК на передній план виходять вимоги екології землеробства й конструктивної безпеки. Тому для них локалізація технічних вимог, пропонованих до засобів механізації сільськогосподарського призначення в обсязі вимог екології землеробства - представляється обґрунтованою й достатньою. При цьому виходимо з того, що:

- технічні вимоги до засобів малої механізації можуть бути локалізовані в обсязі вимог по безпеці, пропонованих машинам сільськогосподарського призначення;

- перелік функціональних можливостей засобів малої механізації визначається вимогами в тій мірі, у якій розглянута функція може бути реалізована в конкретній модифікації;

- засобі малої механізації є технологічним засобом індивідуального й сімейного користування, що, зі своєї сторони, визначає перелік вимог по активній і пасивній безпеці.

Водночас, традиційний спосіб ручного обробітку ґрунту, посіву сільськогосподарських культур, збору ягід та інше на невеликих присадибних ділянках характеризується великими тяговими навантаженнями, які долає людина в процесі роботи, що призводять до швидкої її стомлюваності. Також, швидкість переміщення людиною технологічних засобів за допомогою ходьби кроками досить низька. Внаслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість тяжкої людської праці.

Також, традиційно великі тягові навантаження, які долає людина в процесі транспортування ручних вантажних візків, призводять до швидкої її стомлюваності. Водночас відсутність контролю інформації щодо кількості вантажу у візку і відстані пройденого шляху не дозволяє людині правильно використати свою силу в процесі роботи, із можливістю отримання травм і т.і. До того ж, швидкість переміщення людиною ручного вантажного візка за допомогою ходьби кроками досить низька. Внаслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість тяжкої людської праці. Також, реалізація традиційного способу транспортування вантажних візків неможлива в темний час доби, або при недостатньому освітленні.

Прикладом тому є широкий спектр засобів малої (ручної) механізації сільськогосподарських робіт (рис. 1.2). Робота з такими засобами у більшості випадків можна вважати важкою працею, оскільки пов'язано з незручним становищем працюючих і статичною напругою м'язів кінцівок і тулуба, що, в свою чергу, є однією з причин професійних захворювань опорно-рухомого апарату людини.





а) Робота з мотоблоком



б) Вантажний візок



в) Мала механізація збору ягід



д) Мала ручна механізація

Рисунок 1.2 – Приклади важкої праці із засобами малої (ручної) механізації сільськогосподарських робіт

З метою підвищення продуктивності робіт вручну, економії трудових витрат, створенні більш комфортних умов роботи в останні 25-30 років поряд зі складними машинами створювалися спрощені технічні засоби, які дозволяють виконувати роботу в зручному положенні, що полегшує працю і сприяє профілактиці професійних захворювань. Наприклад, розроблені мобільні платформи для розміщення на них збирачів ягід, а також порожньої і наповнюваної ягодами тари; вантажні платформи для проміжного

складування тари, які переміщуються по плантації разом з робітниками, а в певних місцях розвантажуються. Однак в комплексі ці технічні засоби практично не застосовувалися навіть у великих суничних господарствах не тільки в Україні, а й за кордоном.

Доказом того, що в процесі роботи із засобами малої механізації людина відчуває надмірні навантаження є дослідження, які провели вчені на вимірюванні параметрів роботи серцево-судинної системи людей. Так, за допомогою пульсометра РС-3 оцінено зміну пульсу збирачів ягід на збиральних роботах із застосуванням механічної пересувної платформи ВПЗ-2 та без неї (рис. 1.3) [9]. Встановлено, що при роботі без застосування платформи пульс був вищим на 10-17 ударів за хв., ніж при роботі на платформі. Це підтверджує той факт, що використання платформи створює більш комфортні умови праці.

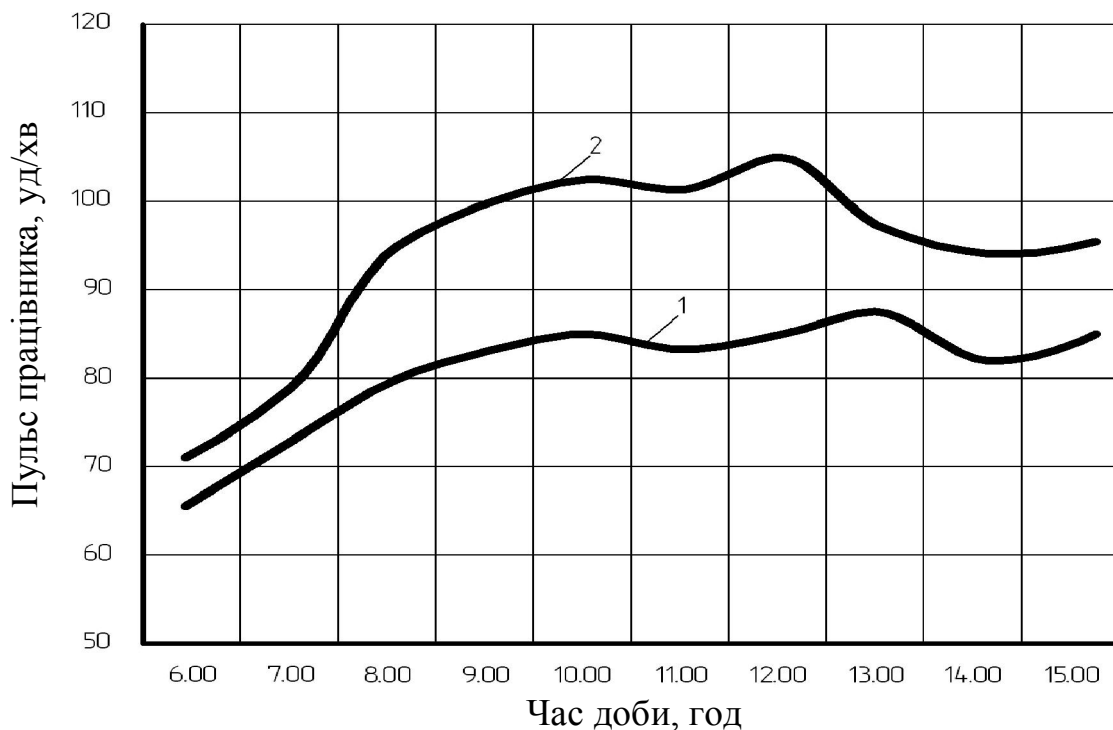


Рисунок 1.3 – Середня зміна пульсу збиральників ягід при зборі в різних положеннях: 1 – при роботі на корточках, зігнувшись; 2 – при роботі на мобільній платформі [9]

Світовий і вітчизняний досвід дозволяє виділити кілька напрямків у вирішенні проблеми підвищення ефективності збирання врожаю ягід [10, 11].

Перший напрямок - збір ягід із застосуванням ручного інвентарю і різного виду раціональної тари, і пристосувань для збору та перенесення ягід.

Другий напрямок - збір ягід із застосуванням візків і платформ, які можна розділити на три класи: перекочувати самим збирачем, що переміщуються по плантації за допомогою трактора і самохідні.

Третій напрям - збір ягід за допомогою пересувних агрегатів, забезпечених набором поперечних і поздовжніх транспортерів для транспортування і накопичення зібраних ягід.

Четвертий напрямок - збір ягід із застосуванням поточних збиральних машин. У цьому випадку різко знижуються витрати праці і собівартість ягід, однак зібрані механізованим способом ягоди, годяться в основному для технічної переробки. З різних причин ефективних комбайнів для збирання ягід поки в світі не створено.

На підставі аналізу технічних засобів для раціоналізації ручного прибирання суниці можна відзначити, що вони широко застосовуються в зарубіжних країнах (США, Англії, Італії тощо.).

За аналізом робіт з використанням засобів малої механізації [3-21] нами складена класифікація запропонованих транспортно-технологічних засобів (рис. 1.4).

Із наведеного аналізу випливає, що нині практично не розглядається можливість створення транспортно-технологічних засобів малої механізації. У яких наявність енергетичної установки (двигуна), а також пересування їх буде здійснюватися за допомогою рушіїв, а не ніг людини. Тому цей напрямок досліджень є актуальним.



Рисунок 1.4 – Класифікація транспортно-технологічних засобів малої механізації

## 1.2 Перспективи використання електротранспорту у світі

На відміну від традиційного стереотипу ручної праці та природного пересування людини на невеликі відстані у всьому світі малогабаритний електротранспорт завойовує симпатії все більшої кількості людей. Україна не є винятком і знаходиться в загальному тренді бурхливого зростання продажів різного типу електротранспорту і підвищеного інтересу до малогабаритної техніки з електричним приводом (рис. 1.5). Але в більшості випадків вказаний малогабаритний електротранспорт призначений тільки для розваг і практично не пристосований для його використання в будь-яких технологічних процесах народного господарства. В силу чого сфера його використання вкрай обмежена, а потенційні переваги, наприклад сегвеев та гіроциклів, ще недостатньо розкрити.



Рисунок 1.5 – Приклади електротранспорту для переміщення людини

З початку продажів першої моделі скутера-самоката компанія Segway LLC обрала напрямок на розширення сфери застосування Сегвея. Розробка нових моделей проводилася за двома спрямуваннями: для твердого та асфальтного покриття (з індексом i2) і для пухкого, піщаного ґрунту і пересіченої місцевості (позашляховики з індексом x2).

Сучасний модельний ряд гіроциклів знаходиться в широкому ціновому діапазоні і з технічними характеристиками. Середня швидкість Сегвея становить близько 20 км/год, хоча є і більш швидкісні моделі. Максимальна відстань пробігу зазвичай знаходиться в межах 15 - 30 км (рис. 1.6).

Мабуть, вже ніхто не буде заперечувати той факт, що майбутнє масового транспорту належить екологічно чистому, безпечному транспорту з низькою вартістю експлуатації. Безсумнівно, це транспорт з електроприводом. Чим більше такого транспорту з'явиться на наших вулицях, фермах та виробничих приміщеннях, тим краще буде екологія на нашій планеті, тим менше залежність від нафти і газу буде впливати на економіку.



Рисунок 1.6 – Сегвей Io Chic Cross

#### Характеристика

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Діаметр коліс: 20 "                   | Напруга живлення 72 В                  |
| Максимальне навантаження: 140 кг      | Потужність двигуна 2500 Вт / 2x1250 Вт |
| Максимальна швидкість: до 20 км / год | Кількість двигунів 2 шт                |
| Запас ходу: до 35 км                  | Час повної зарядки 300 хв              |
| Вага пристрою: 56 кг                  | Пило-, вологозахист IP-54              |
| Максимальний кут підйому 30 °         | Габарити 536x820x1312 мм               |
| Кліренс 100 мм                        | Вага пристрою 56 кг                    |
| Ємність акумулятора 13000 мАг         | Ціна 42 629 грн                        |

Отримати транспорт, де витрати на переміщення становлять менше 1 грн на кілометр, можна вже сьогодні. Для цього не обов'язково вигадувати екотранспорт майбутнього, хоча у цього транспорту, зрозуміло, є свої переваги. Достатньо придбати недорогий і практичний гіроцикл або сегвей, або за допомогою мотор колеса, контролера і акумуляторів переобладнати вже наявний засіб ручної механізації на електротягу, та мати достатню науково-обґрунтовану базу щодо їх ефективного використання.

Перевагою гіроциклів, як і будь-якого іншого електротранспорту, є екологічна чистота і безшумність. Це дозволяє з успіхом використовувати

сегвей та гіроцикл не тільки на відкритому просторі, але і в приміщеннях (рис. 1.7).

Основними перевагами сегвея і гіроциклів є їх компактність, малі габарити і висока маневреність. Це вигідно відрізняє їх від всіх інших транспортних засобів. Керування сегвеєм та гіроциклом не вимагає фізичних зусиль, а спеціальні навички здобуваються досить швидко.

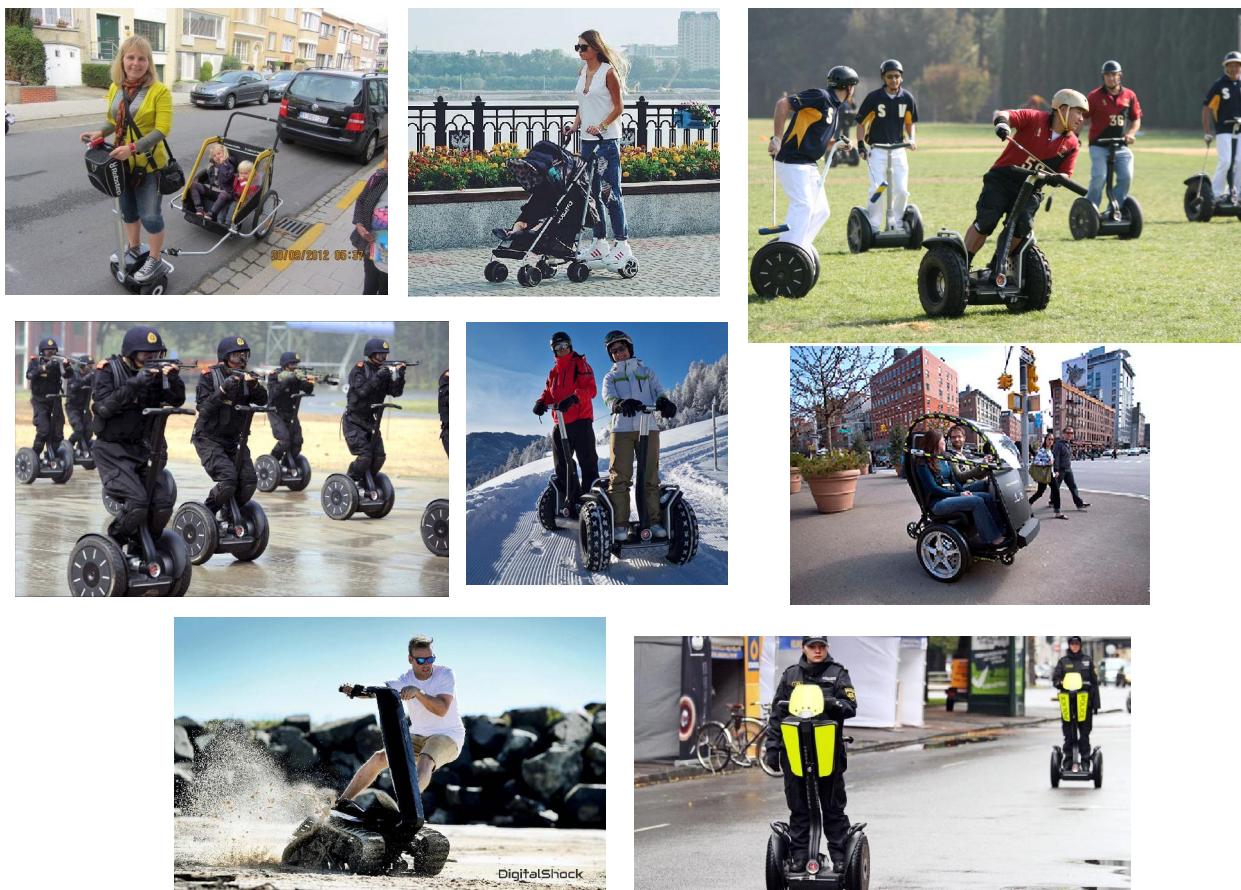


Рисунок 1.7 – Приклади використання сегвеїв в побуті та для розваг

В завдання дипломної роботи входило адаптація, вибір та узгодження параметрів транспортно-технологічних засобів малої механізації для їх використання і народному (перш за все сільському) господарстві (рис. 1.8).

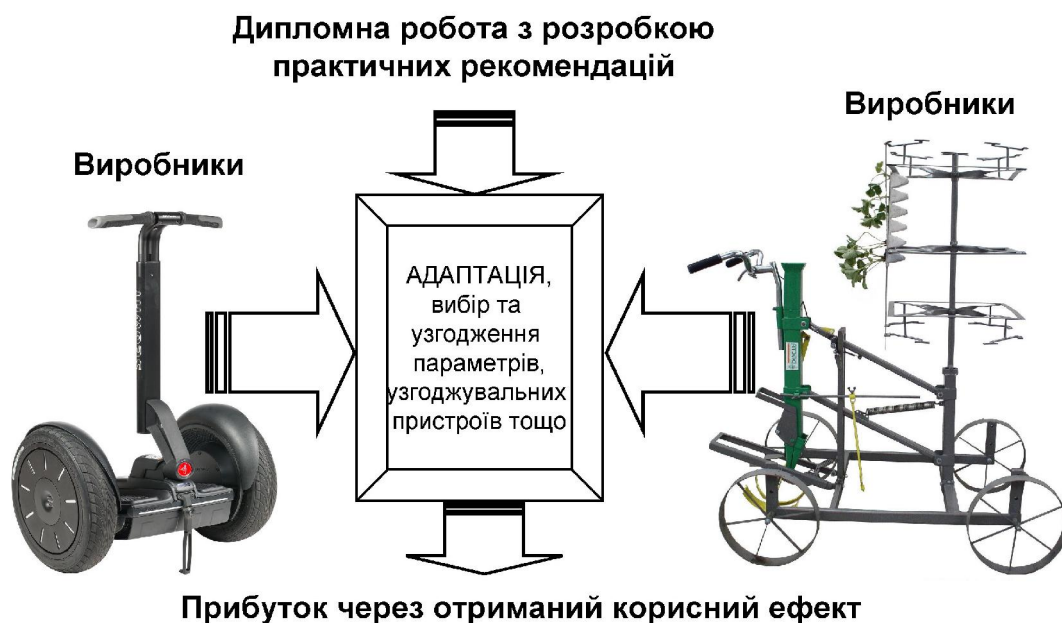


Рисунок 1.8 – Місце дипломної роботи в розробленні нової концепції транспортно-технологічних засобів малої механізації с.-г. робіт

### **Висновки.**

1. Аналізом проблем використання засобів малої (ручної) механізації доведено, що у сучасному діджиталізованому світі їх застосування характеризується великими тяговими навантаженнями, які долає людина в процесі роботи, що призводять до швидкої її стомлюваності. В наслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість тяжкої людської праці. Тому в дипломній роботі поставлена задача планування наукових та прикладних досліджень процесів функціонування транспортно-технологічних засобів малої механізації у сільському господарстві.

2. В результаті проведеного аналізу перспектив використання малогабаритного електротранспорту в складі транспортно-технологічних засобах малої механізації с.-г. робіт доведена актуальність даного напрямку досліджень, оскільки він:

- узгоджений із світовими тенденціями розвитку малогабаритного, екологічно чистого, дешевого електротранспорту;
- сприятиме соціально-економічному розвитку країни в цілому або декількох галузей економіки, безпеки та обороноздатності;



- сприятиме впровадженню інноваційних технологій, методик та практик, переходу на новий технологічний уклад;
- його результати конкурентоспроможні, матимуть широке впровадження у світі, існують потенційні та реальні замовники;
- реалізація проекту є економічно вигідною;
- він забезпечить економію енерговитрат та підвищення енергоефективності, зменшення витрат інших ресурсів та збільшення ефективності виробництва, надання послуг тощо;
- він забезпечуватиме наближення до європейських стандартів;
- сприятиме підтримці вітчизняного виробника товарів, послуг, збільшенню експорту товарів та послуг;
- є мотиватором для творчості малих академій наук та студентської винахідливості;
- відкриває широке коло для потенційно-можливих стартап-проектів;
- не потребує суттєвих фінансових інвестицій і може бути віднесений до товарів масового попиту.

3. В результаті аналізу відомих способів і технічних засобів для малої механізації с.-г. робіт встановлено, що для більш ефективного будь якого технологічного процесу з найменшим ступенем стомлюваності виконавці повинні розташовуватися на платформах (сегвеях). Тому в завдання дипломної роботи входило адаптація, вибір та узгодження параметрів транспортно-технологічних засобів малої механізації для їх використання і народному (перш за все сільському) господарстві.

## **2 ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ВИКОРИСТАННЯ, СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ СЕГВЕЯ**

### **2.1 Обґрунтування способу ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур за допомогою сегвея**

Запропонований нами спосіб належить до сільського господарства, зокрема до технологій ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур і може бути використана для багатьох видів обробітку ґрунту на присадибній ділянці невеликих розмірів, а саме: культивації, розпушування, нарізання борозен, прополовання бур'янів, підгортання рядків, згрібання трави, посіву сільськогосподарських культур та ін.

Відома конструкція універсального пристрою для обробітку присадибної ділянки, в якому зазначений спосіб ручного обробітку ґрунту, який включає обробіток ґрунту людиною вказаним пристроєм шляхом його переміщення вздовж робочої ділянки (Пат. України № 105721, МПК А01В 35/02, А01В 1/20, опубл. 11.04.2016, бюл. № 7).

Недоліком цього способу, прийнятого в якості прототипу, є те, що великі тягові навантаження, які долає людина в процесі обробітку ґрунту універсальним пристроєм, призводять до швидкої її стомлюваності. Також, швидкість переміщення людиною пристрою за допомогою ходьби кроками досить низька. В наслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість тяжкої людської праці.

В основу запропонованого способу покладена задача удосконалення способу ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур шляхом створення тягового зусилля за допомогою сегвея і мотор-коліс, переміщення і керування відповідним засобом механізації. Це дозволяє покращити не тільки техніко-економічні показники обробітку ґрунту і посіву

сільськогосподарських культур, але і умови людської праці.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур, який включає обробіток ґрунту і посів відповідними засобами механізації шляхом створення тягового зусилля і їх переміщення людиною вздовж робочої ділянки, відповідно до пропонованого способу, створення тягового зусилля і переміщення засобів механізації здійснюється з постійною швидкістю за допомогою сегвея і мотор-коліс, рух яких відбувається по слідах постійної технологічної колії, попередньо прокладеною на ґрунті, а керування рухом виконується шляхом перерозподілу ваги людини на площині платформи сегвея.

Застосування запропонованого способу, на відміну від відомого, дозволяє зменшити фізичне навантаження на людину, підвищити продуктивність та скоротити тривалість виконання робіт з обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур.

Реалізація способу пояснюється кресленням де на рис. 2.1 зображено схему ручного обробітку ґрунту сільськогосподарських культур за допомогою сегвея.

Спосіб ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур включає людину 1, відповідний засіб механізації 2 з мотор-колесами 3, сегвей 4, колеса яких рухаються по слідах постійної технологічної колії 5 з постійною швидкістю V.

Заявлений спосіб реалізується наступним чином.

В процесі ручного обробітку ґрунту (культивуації, розпушування, нарізання борозен, прополювання бур'янів, підгортання рядків, згрібання трави тощо) або посіву сільськогосподарських культур на присадибній ділянці невеликих розмірів людина 1, стоячи на платформі сегвея 4, переміщує відповідний засіб механізації 2, обладнаний мотор-колесами 3, вздовж робочої ділянки. При цьому колеса сегвея 4, як і мотор-колеса 3 засобу механізації 2, рухаються по слідах постійної технологічної колії 5, попередньо прокладеною на ґрунті. Їх сумарна зчїпна вага створює достатнє

тягове зусилля, яке долає тяговий опір засобу механізації 2. Однакова поступальна швидкість коліс сегвея 4 і мотор-колес 3 призводить до переміщення засобів механізації 2 з постійною швидкістю  $V$ , значно більшою, ніж ходьба людини кроком, що суттєво підвищує продуктивність роботи. Керування рухом виконується шляхом перерозподілу ваги людини 1 на площині платформи сегвея 4.

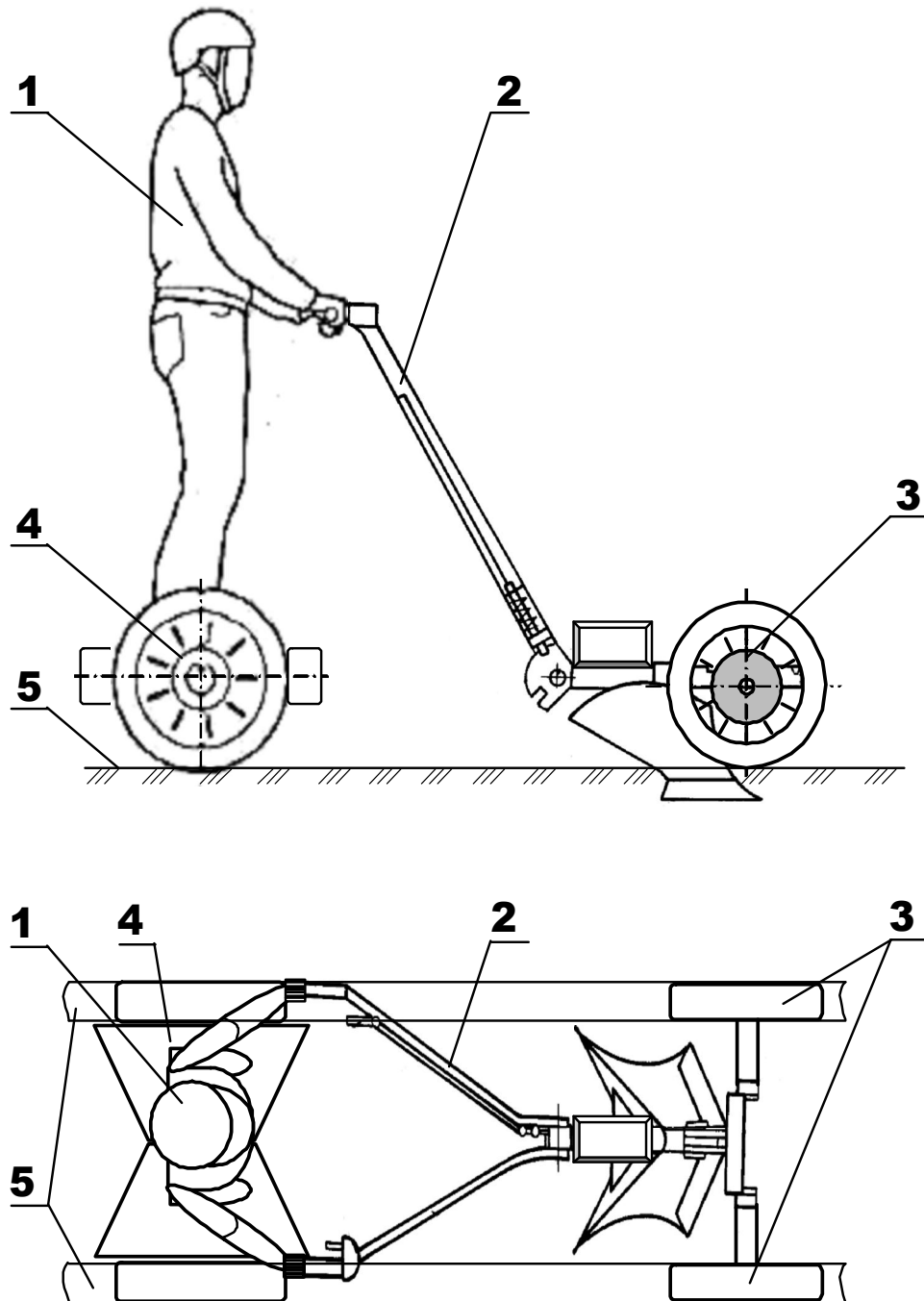


Рисунок 2.1 – Спосіб ручного обробки ґрунту і посіву сільськогосподарських культур за допомогою сегвея

Запропонована умова переміщення засобів механізації за допомогою сегвея і мотор-коліс значно зменшує фізичне навантаження на людину, підвищує продуктивність та скорочує тривалість виконання робіт з обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур.

## **2.2 Обґрунтування способу ручного транспортування вантажів**

Запропонований спосіб належить до транспортних засобів, а саме до господарських візків і призначена для перевезення вантажу невеликої ваги вручну.

Відома конструкція ручного вантажного візка, в якому зазначений спосіб ручного транспортування вантажів, який включає переведення вантажного колісного візка з вантажем в транспортне положення і утримування його в ньому та переміщення візка людиною (Пат. України № 51042, МПК В62В1/12, опубл. 15.11.2002, бюл. № 11).

Недоліком цього способу, прийнятого в якості прототипу, є те, що великі тягові навантаження, які долає людина в процесі транспортування ручного вантажного візка з вантажем, призводять до швидкої її стомлюваності. Відсутність контролю інформації щодо кількості вантажу у візку і відстані пройденого шляху не дозволяє людині правильно використати свою силу в процесі роботи, із можливістю отримання травм і т.і. До того ж, швидкість переміщення людиною ручного вантажного візка за допомогою ходьби кроками досить низька. Внаслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість тяжкої людської праці. Також, реалізація вказаного способу неможлива в темний час доби, або при недостатньому освітленні.

В основу запропонованого способу покладена задача удосконалення способу ручного транспортування вантажів шляхом утримування візка в транспортному положенні без допомоги людини і створення рушійної сили колесами сегвея, переміщення і керування за допомогою відповідних

приладів. Це дозволяє покращити не тільки техніко-економічні показники транспортно-вантажної роботи, але і умови людської праці.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі ручного транспортування вантажів, який включає переведення вантажного колісного візка з вантажем в транспортне положення і утримування його в ньому та переміщення візка людиною, відповідно до пропонованого способу, утримування візка в транспортному положенні відбувається завдяки механічному пристрою без допомоги людини, а переміщення візка здійснюється з постійною швидкістю, шляхом створення колесами сегвея рушійної сили, на платформі якого знаходиться людина, яка за допомогою даних міні GPS навігатора і приладдя освітлення і світлової сигналізації може здійснювати керування рухом вантажного візка в темний час доби, або при недостатньому освітленні, причому кількість вантажу у візку і відстань пройденого шляху контролюється відповідними приладами із збереженням інформації.

Застосування запропонованого способу, на відміну від відомого, дозволяє зменшити фізичне навантаження на людину, підвищити продуктивність праці та скоротити тривалість виконання транспортно-вантажних робіт.

Реалізація способу пояснюється кресленням де на 2.2 зображено схему ручного транспортування вантажів.

Заявлений спосіб реалізується наступним чином.

В процесі ручного транспортування вантажів людина 1, стоячи на платформі сегвея 2, переводить вантажний колісний візок 3 з вантажем в транспортне положення і начіпляє його раму-рукоятку 4 на механічний пристрій 5 сегвея 2. В такому стані вантажний колісний візок 3 утримується в транспортному положенні без допомоги людини 1. Далі, створюючи колесами сегвея 2 рушійної сили здійснюється переміщення візка 3. Його керування людиною 1 відбувається за допомогою даних міні GPS навігатора 6 і приладдя освітлення і світлової сигналізації 7, що дозволяє виконувати

керування рухом вантажного візка 3 в темний час доби, або при недостатньому освітленні. В силу більших потужних властивостей сегвея 2 ніж людини, поступальна постійна швидкість  $V$  переміщення вантажного колісного візка 3 є значно більшою, в порівнянні з ходьбою людини 1 кроком, що суттєво підвищує продуктивність транспортно-вантажної роботи. Наявність на механічному пристрою 5 сегвея 2 приладу 7 для вимірювання маси вантажу і можливість міні GPS навігатора 6 визначати відстань пройденого шляху із збереженням інформації, дозволяє, по-перше, людині правильно використати свою силу в процесі роботи, а по-друге – здійснювати автоматизований облік транспортно-вантажної роботи.

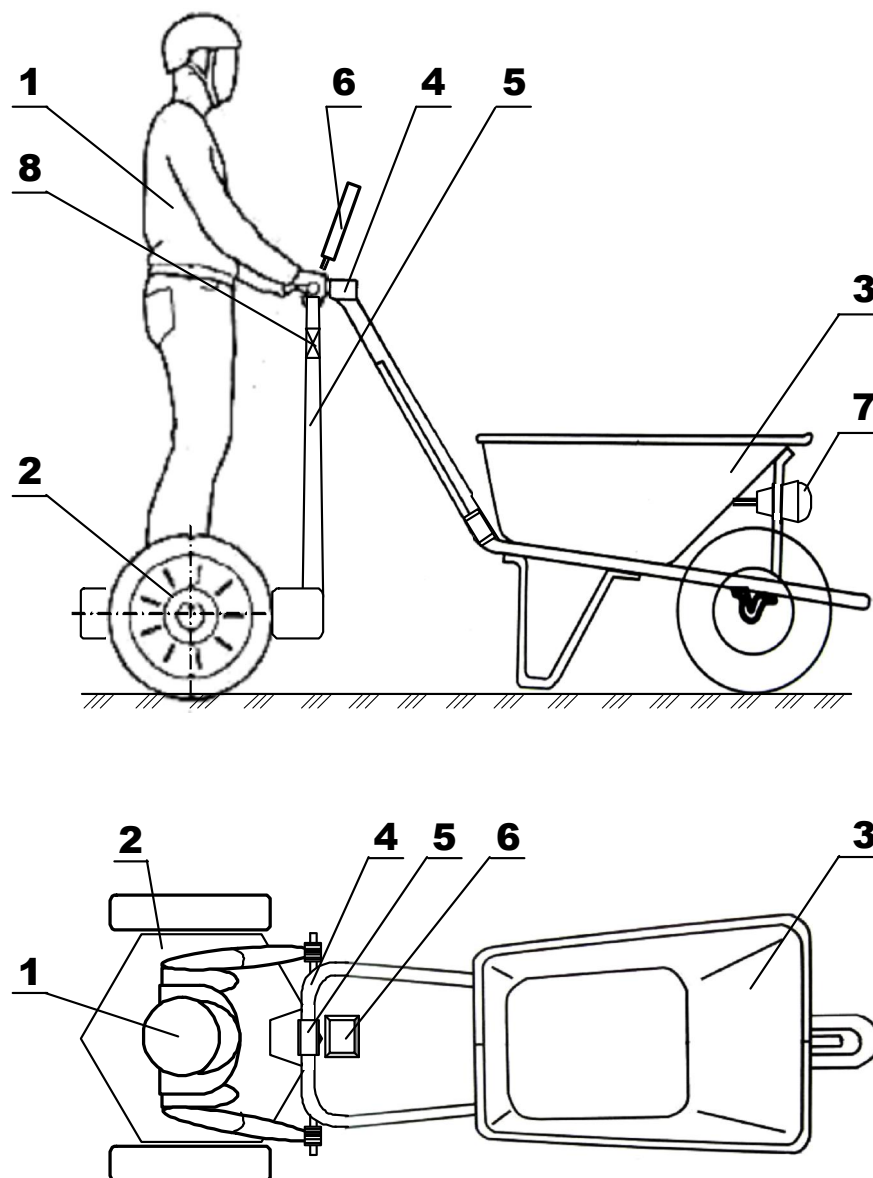


Рисунок 2.2 – Спосіб ручного транспортування вантажів за допомогою сегвея

Запропонована умова ручного транспортування вантажів за допомогою сегвея і приладдя для керування його рухом значно зменшує фізичне навантаження на людину, підвищує продуктивність та скорочує тривалість виконання транспортно-вантажних робіт.

### **2.3 Оцінка тягових властивостей транспортно-технологічних засобів малої механізації**

В роботі постає питання щодо обґрунтування основних параметрів транспортного енергетичного засобу:

- 1)  $P_{кр.н}$  – номінальне тягове зусилля транспортного енергетичного засобу.
- 2)  $N_e$  – номінальна ефективна потужність двигуна транспортного енергетичного засобу.

За для отримання вказаних параметрів складемо еквівалентну схему транспортно-технологічного засобу на основі сегвея, на якій позначимо сили, що діють на нього (рис. 2.3).

Тягові властивості транспортно-технологічних засобів малої механізації мають визначальне значення при їх комплектуванні та використанні у сільському господарстві. Розглянемо їхні тягові можливості, виходячи, з одного боку, з потужності двигуна (активної потужності), а з іншого боку – з потужності, обумовленої їх зчіпними властивостями (реактивної потужності).



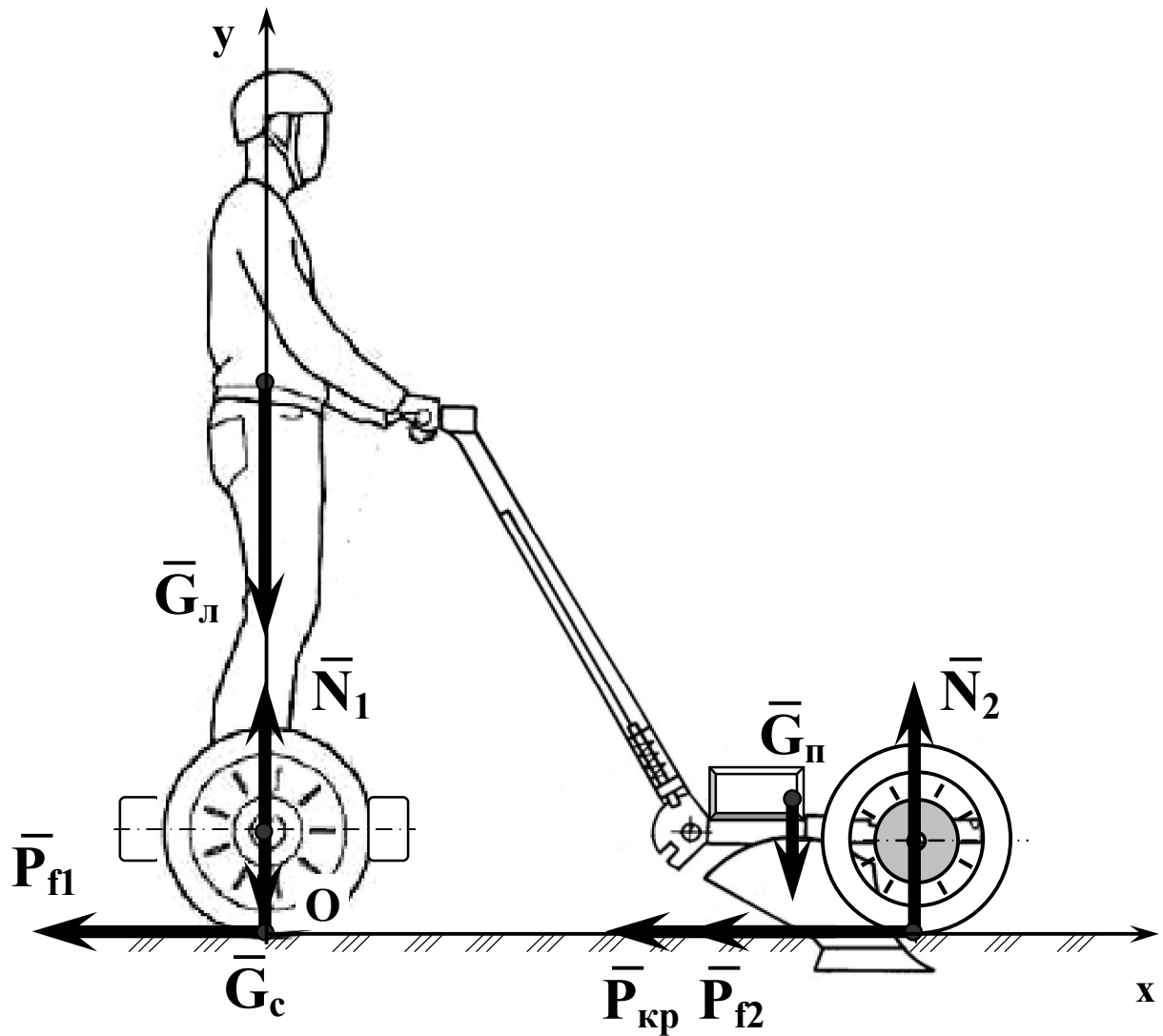


Рисунок 2.3 – Схема сил, які діють на транспортно-технологічний засіб

Відомо [22], що номінальна ефективна потужність двигуна будь-якого мобільного енергетичного засобу витрачається на тертя в механічному приводі (трансмисії  $N_{тр}$ ), буксування рушіїв  $N_s$  та додання опорів його коченню  $N_f$ . Інша корисна (активна) потужність, яка залишалася  $N_k^д$  може бути реалізована для виконання технологічних процесів у складі сільськогосподарських агрегатів, тобто для подолання тягового опору с.-г. знарядь  $N_{кр}$ .

За рівнянням балансу потужності впливає, що:

$$N_k^d = N_e^H - N_{кр} - N_{тр} - N_\delta - N_f = N_e^H \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) - \frac{fGV}{3,6}, \quad (2.1)$$

де  $N_k^d$  – потужність (корисна) двигуна гіроциклу, яку можна реалізувати в агрегаті при виконанні технологічного процесу, кВт;

$N_e^H$  – номінальна потужність двигуна гіроциклу, кВт;

$N_{кр}$  – тягова потужність гіроциклу, кВт;

$N_{тр}$ ,  $N_\delta$ ,  $N_f$  – потужності, які характеризують витрати енергії на тертя в трансмісії, буксування рушіїв та подолання опору кочення гіроциклу, кВт;

$\eta_m$  – механічний ККД приводу коліс гіроциклу (прийmemo, що  $\eta_m=0,98$ );

$G$  – вага транспортно-технологічного засобу, кН;

$V$  – робоча швидкість руху транспортно-технологічного засобу, км/год;

$f$  – коефіцієнт опору коченню коліс гіроциклу;

$\delta$  – буксування рушіїв гіроциклу, %.

Діапазон корисної потужності  $N_k^d$  двигуна гіроциклу, яку можна реалізувати в агрегаті при виконанні технологічного процесу в межах агротехнічно-допустимої швидкості руху ( $V_{\min} \dots V_{\max}$ ) за рівнянням (1), можна визначити:

$$N_{k \min}^d = N_e^H \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) - \frac{fGV_{\min}}{3,6}, \quad (2.2)$$

$$N_{k \max}^d = N_e^H \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) - \frac{fGV_{\max}}{3,6}. \quad (2.3)$$

Разом з тим, реалізація в агрегаті корисної (активної) потужності залежить від здатності рушія гіроциклу, що перебуває в контактi із ґрунтом, передавати необхідну потужність для роботи агрегату (реактивну потужність). Тому, тягова потужність  $N_{кр}^\mu$ , яка обумовлена зчiпними властивостями гіроциклу, з урахуванням втрат на буксування і кочення визначається за залежністю:

$$N_{кр}^\mu = \frac{GV(\lambda\mu - f)}{3,6} - N_e^H \eta_m \frac{\delta}{100}, \quad (2.4)$$

де  $\lambda$  – частка експлуатаційної ваги гіроциклу, що припадає на рушії, (покладемо, що  $\lambda = 1$ );

$\mu$  – коефіцієнт зчеплення рушія гіроциклу із ґрунтом.

Діапазон тягової потужності  $N_{кр}^\mu$ , яка обумовлена зчіпними властивостями гіроциклу, з урахуванням втрат на буксування і кочення в межах агротехнічно-допустимої швидкості руху визначається за залежністю

$$N_{кр\ min}^\mu = \frac{GV_{min}(\lambda\mu - f)}{3,6} - N_e^\mu \eta_m \frac{\delta}{100}, \quad (2.5)$$

$$N_{кр\ max}^\mu = \frac{GV_{max}(\lambda\mu - f)}{3,6} - N_e^\mu \eta_m \frac{\delta}{100}. \quad (2.6)$$

Якщо для заданих умов роботи транспортно-технологічного засобу за рівнянням (2.5) виходить що  $N_{кр}^\mu < 0$ , то в цьому випадку зчіпні можливості гіроциклу недостатні для виконання технологічного процесу (зона непрацездатного стану). Оскільки втрати потужності в приводі, та на буксування рушіїв і на кочення гіроциклу перевищують можливу тягову потужність, яка визначена його зчіпними властивостями. В цьому інтервалі швидкостей сам гіроцикл може рухатися по транспортно-дорожньому фоні, але виконати технологічний процес в агрегаті із сільськогосподарським знаряддям, тяговий опір якої призводить до появи буксування його рушіїв, він не зможе.

Аналізуючи залежності (2.1) і (2.4), можна помітити, що можлива для реалізації в агрегаті корисна потужність двигуна гіроциклу  $N_k^d$  зі збільшенням швидкості руху агрегату зменшується, а тягова потужність, що залежить від зчіпних його властивостей  $N_{кр}^\mu$  збільшується. Очевидно, що максимальна тягова потужність гіроциклу  $N_{кр}^{\max}$  досягається при рівності  $N_k^d$  і  $N_{кр}^\mu$ . Це відбувається при певній швидкості руху агрегату  $V$ . Позначимо її як  $V_{N_{кр}^{\max}}$ .

З рівності формул (2.1) і (2.4) отримаємо:

$$V_{N_{кр}^{max}} = 3,6 \frac{N_e^H \eta_m}{G \lambda \mu} \quad (2.7)$$

Підставляючи у формули (2.1) або (2.4) замість  $V$  праву частину залежності (2.7) можна визначити максимально можливу для реалізації в агрегаті тягову потужність гіроциклу  $N_{кр}^{max}$  :

$$N_{кр}^{max} = N_e^H \eta_m \left( 1 - \frac{\delta}{100} - \frac{f}{\lambda \mu} \right) \quad (2.8)$$

Для проведення розрахунків в середовищі Microsoft Excel була розроблена програма, інтерфейс якої представлений на рис. 2.4.

Отже, для аналізу тягових властивостей транспортно-технологічного засобу у конкретних виробничих умовах потрібні наступні дані: ефективна потужність двигуна гіроциклу  $N_e^H$ ; експлуатаційна вага транспортно-технологічного засобу  $G$ ; механічний КПД  $\eta_m$  приводу коліс гіроциклу; допустиме буксування рушіїв  $\delta$ ; коефіцієнти зчеплення рушія гіроциклу із ґрунтом  $\mu$ , опір кочення  $f$  і діапазон швидкостей руху транспортно-технологічного засобу ( $V_{min} \dots V_{max}$ ).

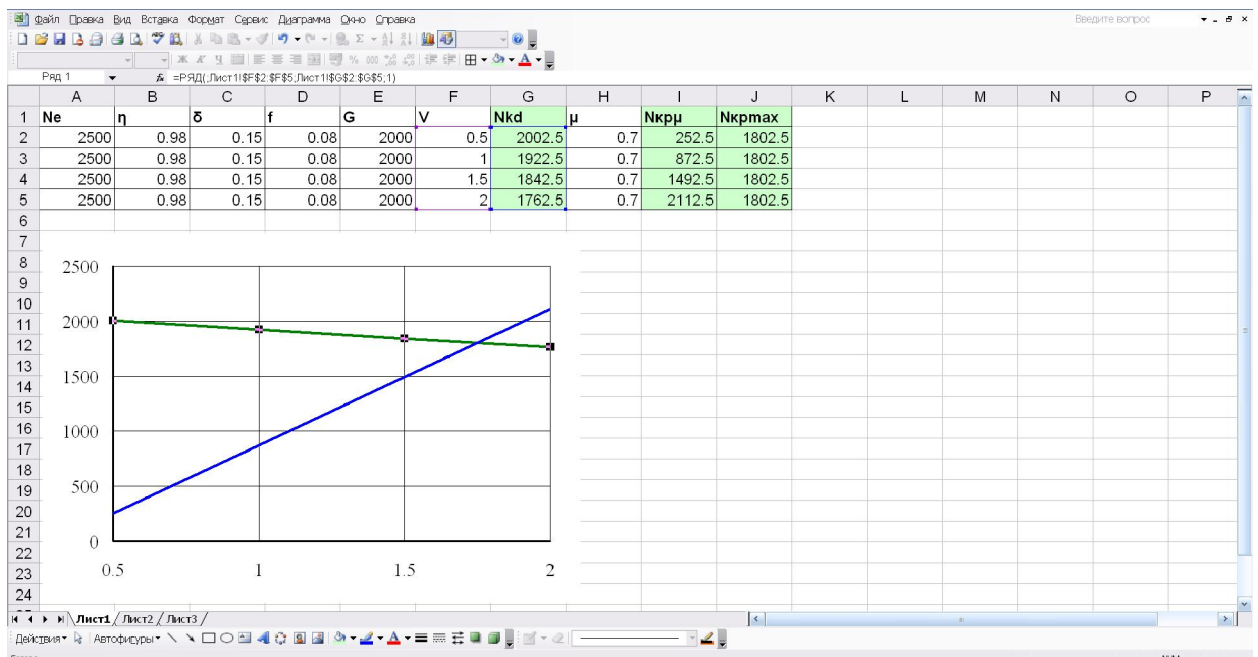


Рисунок 2.4 – Інтерфейс програми розрахунку тягово-енергетичних властивостей малогабаритного транспортно-технологічного засобу

Для більш чіткого розуміння розглянутого питання представимо вищевикладене теоретичні рішення в графічній формі (рис. 2.5), де у загальному виді представлено графічне зображення розглянутих параметрів  $N_k^d$  і  $N_{кр}^\mu$ .

З аналізу залежностей на рис. 2,5 випливає, що в інтервалі швидкостей від  $V_{min}$  до  $V_{N_{кр}^\mu}$  (від 0,5 до 1,7 м/с) тягові можливості гіроциклу обмежені його зчіпними властивостями (зчеплення рушія із ґрунтом недостатньо для реалізації корисної потужності двигуна). При подальшому збільшенні швидкості від  $V_{N_{кр}^\mu}$  до  $V_{max}$  тягові властивості гіроциклу визначаються корисною потужністю його двигуна (зчеплення достатнє). Точка перетинання ліній, що характеризує зміни  $N_k^d$  і  $N_{кр}^\mu$  визначає максимально можливу тягову потужність  $N_{кр}^{max}$  і швидкість гіроциклу  $V_{N_{кр}^{max}}$ , при якій це відбувається в розглянутих ґрунтових умовах.

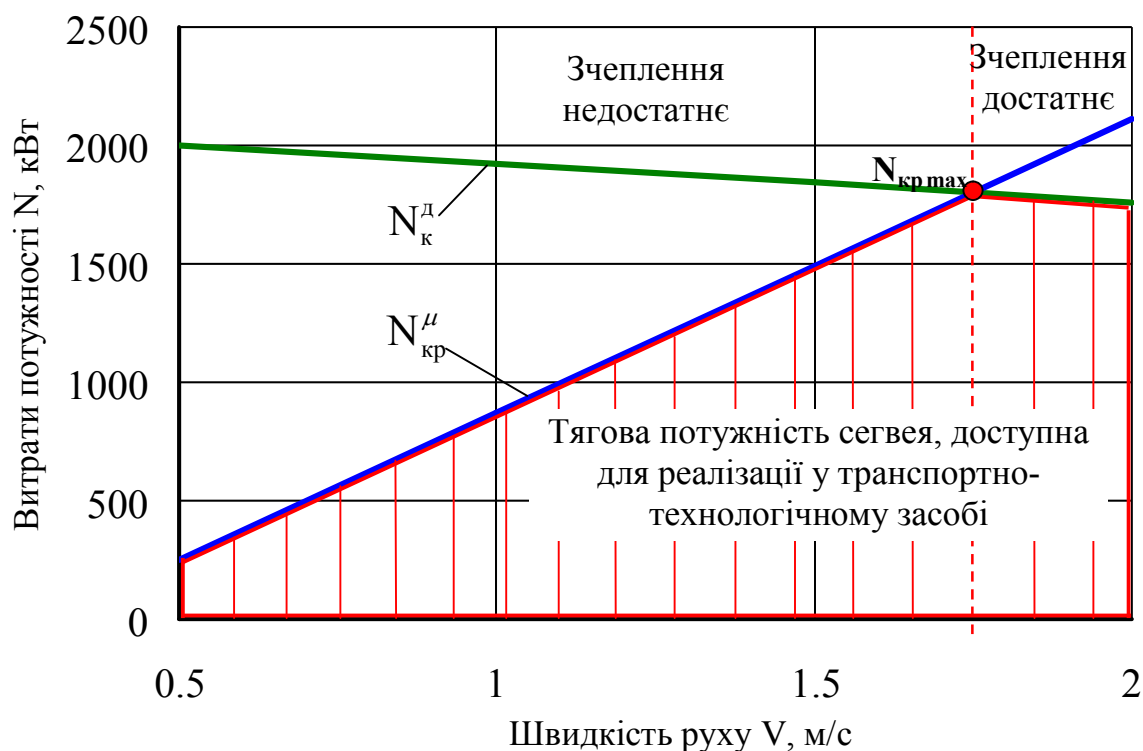


Рисунок 2.5 – Графік зміни корисної потужності  $N_k^d$  двигуна гіроциклу, яку можна реалізувати в транспортно-технологічному засобі при виконанні технологічного процесу і його тягової потужності  $N_{кр}^\mu$  у робочому діапазоні швидкостей руху

У підсумку можна затверджувати, що максимально можливий тяговий ККД гіроциклу  $\eta_m^{\max}$ , який працює в конкретних ґрунтових умовах, досягається при швидкості  $V_{N_{кр}^{\max}}$  і визначається наступною залежністю:

$$\eta_m^{\max} = \frac{N_{кр}^{\max}}{N_e^{\max}}. \quad (2.9)$$

У цьому випадку буде забезпечена найбільш повна реалізація тягових властивостей гіроциклу, а, отже, і мінімум енерговитрат, оскільки відомо, що мінімальні питомі витрати енергії на одиницю виконуваної роботи досягається при  $N_{кр}^{\max}$ .

З теорії трактора відомо, що існує межа збільшення потужності двигуна, реалізованої в тягову потужність трактора. При створенні нових моделей або модернізації тракторів у кожному тяговому класі збільшується потужність двигуна, що обґрунтовано необхідністю підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів. Але при підвищенні енергонасиченості трактора повинне зберігатися оптимальне тягове зусилля, що відповідає максимуму тягового ККД трактора. Інакше цей процес збільшення енергонасиченості супроводжується погіршенням паливної економічності. Таким чином, ефективність використання енергонасичених тракторів полягає в розумному відборі надлишкової, не використовуваної потужності двигуна на привод активних робочих органів.

Вищенаведена методика дозволяє оцінити величину оптимального тягового зусилля, за яким досягається максимальна тягова потужність гіроциклу:

$$P_{кр\ opt} = 3,6 \frac{N_{кр}^{\max}}{V_{N_{кр}^{\max}}}, \quad (2.10)$$

де  $P_{кр\ opt}$  – оптимальне тягове зусилля, за яким досягається максимальна тягова потужність гіроциклу, кН.

Варто розрізняти завантаження гіроциклу за тяговим зусиллям і тяговою потужністю. Для експлуатації дуже важливе співвідношення між

цими двома видами завантаження гіроциклу, тому що воно визначає основні експлуатаційні показники роботи транспортно-технологічного засобу.

Найкращим є варіант, коли завантаження за тяговим зусиллям гіроциклу і за його потужністю близько до номінального. У цій зоні він розвиває максимальну тягову потужність і працює з найменшою витратою енергії. При роботі гіроциклу в такому режимі транспортно-технологічний засіб буде розвивати максимальну (або близьку до неї) продуктивність при мінімальній витраті енергії. Такі показники є визначальними для одержання високого економічного ефекту від використання гіроциклу.

Номінальне тягове зусилля  $P_{кр\ ном}$  (кН), що розвиває гіроцикл за умови достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом, а саме, зчеплення повинно бути достатнім для того, щоб він міг розвивати задане номінальне тягове зусилля при роботі з буксуванням не більше допустимого, можна визначити за рівнянням:

$$P_{кр\ ном} = G \cdot \varphi_{кр}, \quad (2.11)$$

де  $G$  – експлуатаційна вага транспортно-технологічного засобу, кН;

$\varphi_{кр}$  – коефіцієнт використання ваги гіроциклу при номінальному тяговому зусиллі, що обмежується максимально допустимим рівнем буксування.

За вказаною величиною максимально допустимого рівня буксування обирається коефіцієнт використання ваги гіроциклу  $\varphi_{кр}$  і за формулою (2.11) розраховується номінальне тягове зусилля  $P_{кр\ ном}$ .

$$P_{кр\ ном} = 2000 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ кН.}$$

Отже, сучасний сегвей здатний розвивати номінальне тягове зусилля близько 0,8 кН.

## 2.4 Оцінювання витрат потужності та енергонасиченості сегвея у складі транспортно-технологічного засобу

Для визначення витрат потужності на функціонування транспортно-технологічного засобу на основі сегвея розглянемо схему сил, які діють на нього (рис. 2.3). При цьому покладемо, що зчїпна маса сегвея з людиною, прикладена в їх центрах мас, відповідно дорівнює  $M=M_n+M_c$ .

З рис. 2.3 випливає, що на транспортно-технологічний засіб діють дотичні крїюкова сила тяги  $P_{kp}$ , які розвивають рушїї сегвея, і сили опору кочення колїс сегвея  $P_{fl}$  і опорних колїс с.-г. знаряддя  $P_{fr}$ .

Для усталеного режиму руху транспортно-технологічного засобу зі швидкістю  $V$  необхідна потужність для рушїїв сегвея визначається:

$$N_{dl} = P_{fl}V_l + P_{kl}V_l\delta_l + P_{hl}V_l, \quad (2.12)$$

де  $V_l$ ,  $\delta_l$  – теоретичні швидкості руху і буксування рушїїв колїс сегвея.

Враховуючи приблизну рївність зчїпних і експлуатаційних мас транспортно-технологічного засобу, дотичні сили тяги, сили опору перекочування і теоретичні швидкості руху можна визначити у такий спосїб:

$$P_{kl} = P_{fl} + P_{hl}; \quad P_{fl} = fM_lg; \quad V_l = \frac{V}{1 - \delta_l}, \quad (2.13)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору кочення;

$g$  – прискорення вільного падїння.

Виходячи з умови достатнього зчеплення рушїїв сегвея з опорною поверхнею дорожнього фону, тягове зусилля, яке він може розвивати можна визначити:

$$P_h = P_{hl} + P_{hr} = Mg(\lambda\varphi - f), \quad (2.14)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт навантаження ведучих колїс;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення рушїїв сегвея з опорною поверхнею дорожнього фону.



Після підстановки залежностей (2.12–2.14) в (2.12) рівняння балансу потужності має наступний вигляд:

$$N_e = \frac{fgV}{\eta_t} \left[ \frac{M_l}{1-\delta_l} + \frac{M_r}{1-\delta_r} \right] + \frac{\lambda\phi gV}{\eta_t} \left[ \frac{M_l\delta_l}{1-\delta_l} + \frac{M_r\delta_r}{1-\delta_r} \right] + \frac{gV(\lambda\phi - f)}{\eta_t} \left[ \frac{M_l}{1-\delta_l} + \frac{M_r}{1-\delta_r} \right]. \quad (2.15)$$

Отримане рівняння балансу потужності (2.15) транспортно-технологічного засобу враховує, таким чином, не тільки вплив його тягового навантаження і умови його функціонування, але і зчпний вагу, яка припадає на його сегвей і сільськогосподарське знаряддя.

З огляду на те, що експлуатаційна вага сегвея дорівнює сумі його зчпного ваги, що припадає на людину і сам гіроцикл, отримане рівняння (2.15) дозволяє розрахувати його енергонасиченість за відомою залежністю [22]:

$$E = \frac{N_e}{M}, \quad (2.16)$$

де  $E$  – енергонасиченість сегвея, Вт/кг.

Покладемо, що при русі транспортно-технологічного засобу по ущільненому вирівняному ґрунтовому сліду значення його показників для розрахунку можна прийняти наступні:  $f = 0.08$ ,  $\phi = 0.7$ ,  $\lambda = 1$ ,  $\delta_l = \delta_r = (0.15 - 0.17)$ . Також положимо, що сучасні системи приводу гіроциклів мають величину коефіцієнту корисної дії не менше за  $\eta_t = 0.98$ .

Після підстановки (2.15) в (2.16) розраховану величину енергонасиченості сегвея, який рухається по ґрунтовим слідам представимо в функції від його робочої швидкості руху  $E = f(V)$  (рис. 2.6).

З рис. 2.6 випливає, що не збільшення, а навпаки зменшення робочих швидкостей руху транспортно-технологічного засобу дозволяє зменшувати енерговитрати на технологічні процеси.

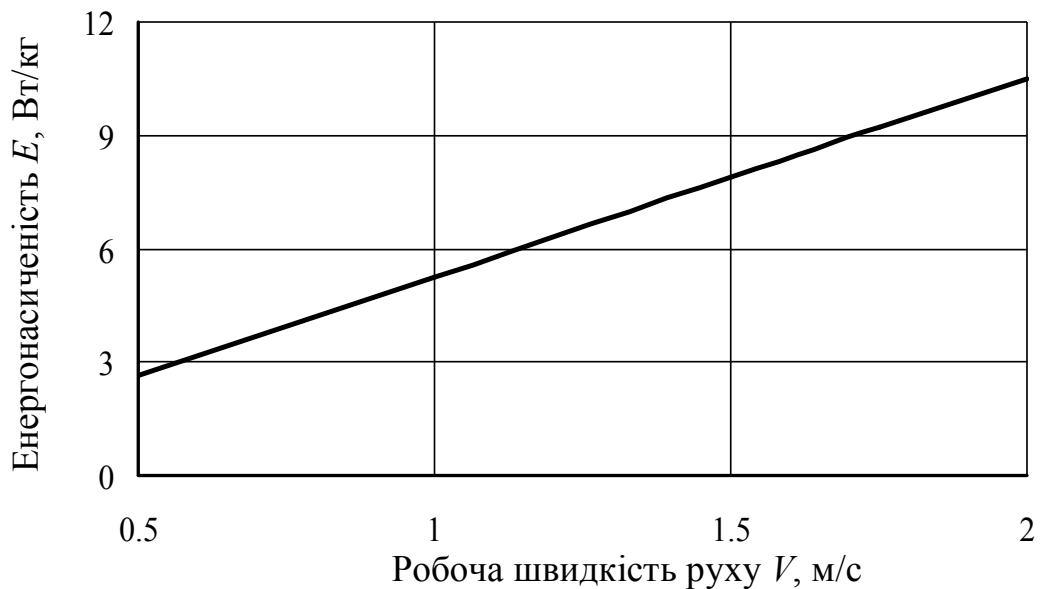


Рисунок 2.6 – Енергонасиченість сегвея в залежності від швидкості його руху

За нашою прогнозною оцінкою практична реалізація сегвеев для складання транспортно-технологічних засобів буде відбуватися поетапно. На першому початковому етапі, з енергетичної точки зору, робочі швидкості таких засобів будуть не вище 1 м/с, а рівень їх енергонасиченості при цьому сягатиме 6 Вт/кг. На другому етапі робочі швидкості їх руху зрівняються з сучасними традиційними сільськогосподарськими агрегатами і сягатимуть до 2 м/с. Рівень енергонасиченості сегвеев при цьому, становитиме 11 Вт/кг (див. рис. 2.6).

В недалекому майбутньому реальна можливість заміни робочих органів с.-г. знарядь/знарядь принципово новими, які здатні працювати на більш високих швидкостях, що вимагає пропорційного збільшення енергонасиченості сегвеев. З цією метою залежність їх енергонасиченості від швидкості за рис. 2.6 апроксимована нами лінійною функціональною залежністю:

$$E = 5,2571 \cdot V. \quad (2.17)$$

Номінальне тягове зусилля, яке при цьому розвиває сегвей при його русі по вирівняним ущільненим ґрунтовим слідам, в функції від експлуатаційної маси представлена на рис. 2.7.

Науково-практична цінність функціональної залежності, яка представлена на рис. 2.7 показує, що на кожний кілограм експлуатаційної маси транспортно-технологічний засіб може розвивати тягове зусилля в 4 Н.

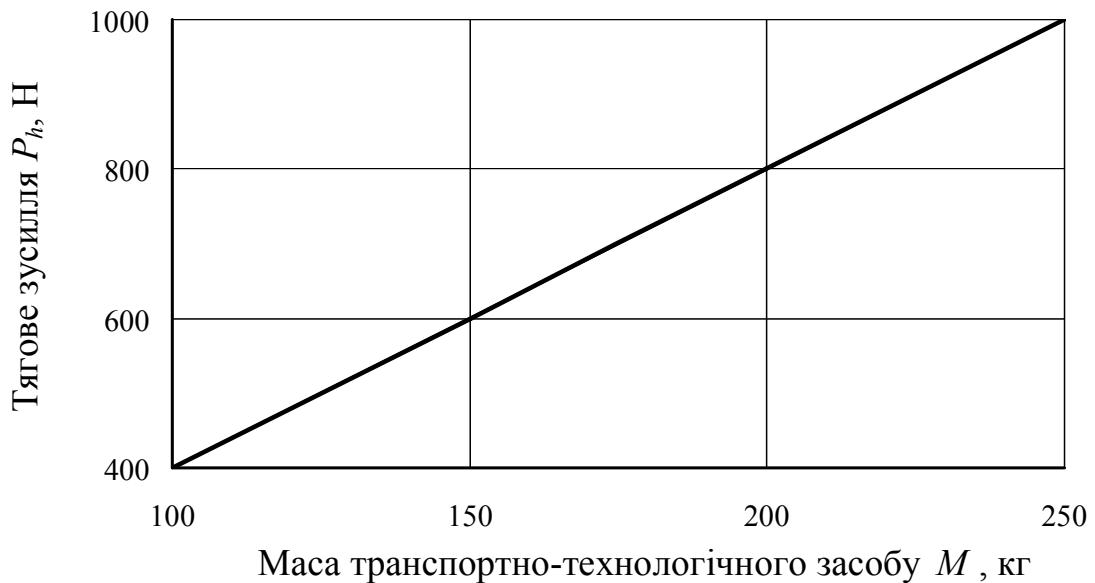


Рисунок 2.7 – Номінальне тягове зусилля  $P_h$ , яке розвиває транспортно-технологічний засіб, при достатньому зчепленні його рушіїв з ґрунтом

Тягове зусилля  $P_h$ , яке розвиває сегвей, зумовлено питомим тяговим опором конкретного с.-г. знаряддя та його шириною захвату:

$$P_h = k_0 \cdot \left( 1 + \frac{c_v}{100} (V - V_0) \right) \cdot B_w, \quad (2.18)$$

де  $k_0$  – питомий тяговий опір сільськогосподарських знаряддя при швидкості руху  $V_0$ , км/год;

$V_0$  – номінальна швидкість руху, км/год;

$c_v$  – темп збільшення питомої тягового опору від підвищення швидкості руху, %;

$B_w$  – робоча ширина захвату транспортно-технологічного засобу.

Згідно рівняння (2.18) впливає, що підвищення швидкості руху транспортно-технологічних засобів високої енергонасиченості не вирішує

проблему ефективного їх використання. Оскільки в даному випадку при підвищенні темпу наростання питомих тягових опорів робочих органів с.-г. знарядь зростають енергетичні витрати на виконання технологічного процесу.

### **Висновки.**

1. Розроблений спосіб ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур, який включає обробіток ґрунту і посів відповідними засобами механізації шляхом створення тягового зусилля і їх переміщення людиною вздовж робочої ділянки, за яким створення тягового зусилля і переміщення засобів механізації здійснюється з постійною швидкістю за допомогою сегвея і мотор-коліс, рух яких відбувається по слідах постійної технологічної колії, попередньо прокладеною на ґрунті, а керування рухом виконується шляхом перерозподілу ваги людини на площині платформи сегвея. Застосування запропонованого способу в системі точного землеробства дозволяє зменшити фізичне навантаження на людину, підвищити продуктивність та скоротити тривалість виконання робіт з обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур.

2. Розроблений спосіб ручного транспортування вантажів, який включає переведення вантажного колісного візка з вантажем в транспортне положення і утримування його в ньому та переміщення візка людиною, за яким утримування візка в транспортному положенні відбувається завдяки механічному пристрою без допомоги людини, а переміщення візка здійснюється з постійною швидкістю, шляхом створення колесами сегвея рушійної сили, на платформі якого знаходиться людина, яка за допомогою даних міні GPS навігатора і приладдя освітлення і світлової сигналізації може здійснювати керування рухом вантажного візка в темний час доби, або при недостатньому освітленні, причому кількість вантажу у візку і відстань пройденого шляху контролюється відповідними приладами із збереженням інформації. Застосування запропонованого способу в системі точного

землеробства дозволяє зменшити фізичне навантаження на людину, підвищити продуктивність праці та скоротити тривалість виконання транспортно-вантажних робіт.

3. В результаті моделювання процесу функціонування транспортно-технологічного засобу та проведення теоретичних досліджень тягово-зчіпних властивостей сегвея Io Chic Cross встановлено, що в інтервалі швидкостей від 0,5 до 1,7 м/с його тягові можливості обмежені зчіпними властивостями (зчеплення рушія із ґрунтом недостатньо для реалізації корисної потужності двигуна). При подальшому збільшенні швидкості від 1,7 м/с його тягові властивості визначаються корисною потужністю його двигуна (зчеплення достатнє). Аналізом математичного моделювання встановлено, що точка перетинання ліній, яка характеризує зміни корисної потужності і потужності, необхідної для достатнього зчеплення рушіїв з опорною поверхнюю, визначає максимально можливу тягову потужність, що дорівнює 1,8 кВт при швидкості гіроциклу в 1,7 м/с, при якій транспортно-технологічний засіб використовується з максимальною ефективністю.

4. При створенні зчіпної ваги транспортно-технологічного засобу вагою сегвею та людини на кожний кілограм експлуатаційної маси він може розвивати тягове зусилля в 4 Н, що становить номінальне тягове зусилля на рівні 0,8 кН.

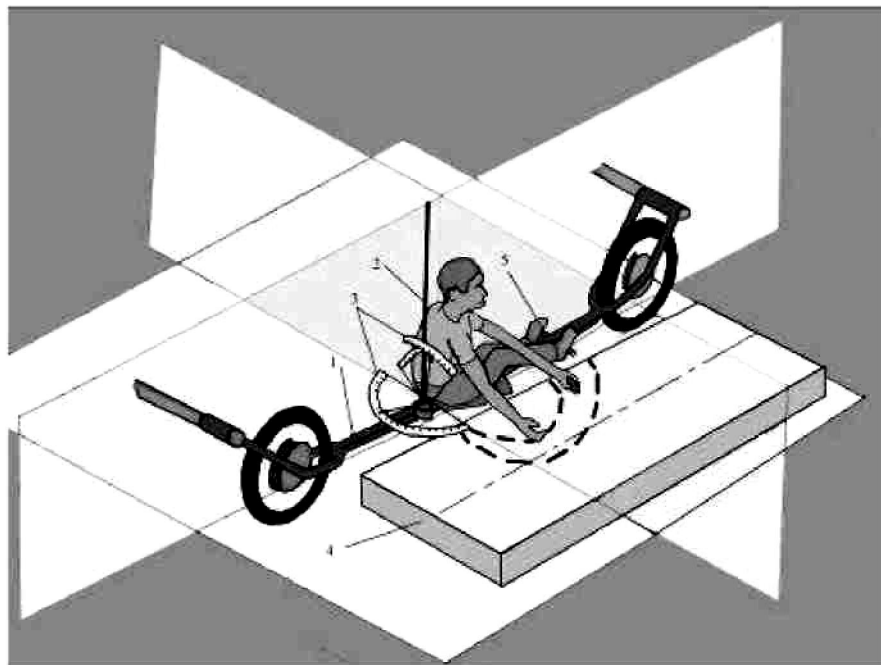
5. В результаті проведених теоретичних досліджень із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення та сучасних інформаційних технологій створено математичні моделі тягово-енергетичних властивостей сегвеїв в складі транспортно-технологічних засобів. Їх аналізом встановлено, що не збільшення, а навпаки зменшення їх робочих швидкостей руху дозволяє зменшувати енерговитрати на технологічні процеси.

6. Прийняте ефективне рішення про те, що на першому початковому етапі практичної реалізації сегвеїв для складання транспортно-технологічних засобів їх робочі швидкості будуть не вище 1 м/с, а рівень їх енергонасиченості при цьому сягатиме 6 Вт/кг. На другому етапі робочі

швидкості їх руху зрівняються з сучасними традиційними сільськогосподарськими агрегатами і сягатимуть до 2 м/с. Рівень енергонасиченості сегвеєв при цьому, становитиме 11 Вт/кг. Подальше підвищення швидкості руху транспортно-технологічних засобів високої енергонасиченості не вирішує проблему ефективного їх використання. Оскільки в даному випадку при підвищенні темпу наростання питомих тягових опорів робочих органів с.-г. знарядь зростають енергетичні витрати на виконання технологічного процесу.

### 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ТА ПЛОЩІ РОБОЧОЇ ЗОНИ ЛЮДИНИ ВНАСЛІДОК ЇЇ КОЛИВАНЬ НА ПЛАТФОРМІ СЕГВЕЯ

Практичне застосування транспортно-технологічного засобу представимо на прикладі роботи людини на платформі, яка обладнана сегвеєм (рис. 3.1).



1 - секція платформи, 2 - вертикальна планка (служить орієнтиром початку відліку), 3 - опора, 4 - майданчик для імітації зони роботи, 5 - підніжка

Рисунок 3.1 – Схема транспортно-технологічного засобу, що обладнана платформою з сегвеєм [9]

Спочатку визначимо енергію, з якою людина здійснює нахили вбік від свого вертикального положення в процесі роботи. На цю енергію повинен адекватно реагувати сегвей задля його стійкого положення в процесі роботи.

Для цього складемо схему фронтального відхилення людини, яка розміщується на платформі сегвея, в процесі його роботи (рис. 3.2).

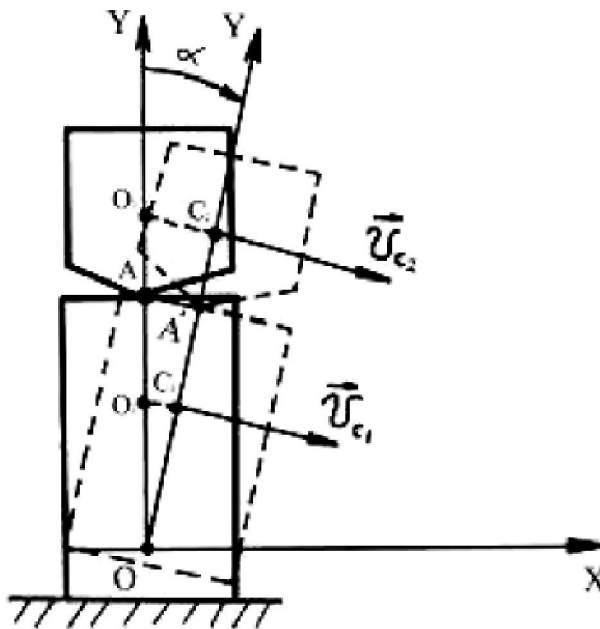


Рисунок 3.2 – Схема поперечного відхилення людини, який розміщується на платформі сегвея

Згідно схеми на рис. 3.2 повна кінетична енергія  $T$  складається з кінетичних енергій верхньої  $T_2$  і нижньої частин  $T_1$  корпусу людини:

$$T = T_1 + T_2, \quad \{3.1\}$$

тут  $T_1 = \frac{m_1 V_{c1}^2}{2}$ ,  $T_2 = \frac{m_2 V_{c2}^2}{2}$ ,

де  $m_1$  - сума мас нижньої частини корпусу;

$m_2$  - маса верхньої частини корпусу;

$V_{c1}$  і  $V_{c2}$  - лінійні швидкості центрів мас верхньої і нижньої частин корпусу людини.

Вказані швидкості визначимо за відомими виразами:

$$V_{c1} = \omega_1 (OC_1) \text{ і } V_{c2} = \omega_2 (OC_2), \quad (3.2)$$

де  $OC_1$  і  $OC_2$  відстані центрів мас  $C_1$  і  $C_2$  від точки  $O$ .

При максимальному куті нахилу в  $30^\circ$  значення  $\omega_1$  і  $\omega_2$  будуть однаковими і рівними  $\omega_1 = \omega_2 = \pi/6$ .



Прийmemo, що максимально можливі відстані  $OC_1$  і  $OC_2$  будуть рівними  $OC_1=0,3$  м, а  $OC_2 = 0,6$  м. Підставляючи в ці вирази в рівняння визначення кінетичної енергії людини маємо:

$$T = \pi/12 \cdot (m_1 \cdot (OC_1)^2 + m_2 \cdot (OC_2)^2). \quad (3.3)$$

Положимо, що  $m_1 = 70$  кг і  $m_2 = 60$  кг.

Тоді, за один нахил, людина створює кінетичну енергію, рівну

$$T = \pi/12 \cdot (70 \cdot (0,3)^2 + 60 \cdot (0,6)^2) = 7,3 \text{ Дж.}$$

Наші спостереження за людьми, які знаходяться на сегвеї, що в середньому за 1 хвилину вона здійснює щонайменше 2 нахилу. Тоді за 7 годин гіпотетично людина може здійснити 854 нахилу. Отже, витрата енергії людиною за зміну, тільки на нахилі, буде дорівнювати:

$$E = 854 \cdot 7,3 = 6234 \text{ Дж.}$$

Побудована схема фронтального відхилення людини, який розміщується на платформі сегвея (див. рис. 3.2) дозволила обчислити площу можливого фронту для обхвату її руками людини в результаті нахилів. Цю площу обчислювали як площа півкола, яка утворюється в зоні рук людини внаслідок його нахилу:

$$S = 0,5k \cdot \pi \cdot ((R - h) / \cos\alpha)^2, \quad (3.4)$$

де  $R$  – довжина руки дорослої людини, прийmemo  $R=0,75$  м;

$k$  – коефіцієнт, що враховує неможливість нахилу людини назад, прийmemo  $k = 0,65$ .

В результаті розрахунків за (3.4) отримали наступні значення площ:

- зона при роботі однією рукою:

для позиції без відхилення -  $S=0,309 \text{ м}^2$ ;

для позиції з відхиленням в  $10^\circ$  -  $S=0,318 \text{ м}^2$ ;

для позиції з відхиленням в  $30^\circ$  -  $S=0,412 \text{ м}^2$ ;

- зона при роботі двома руками:

площа без відхилень -  $S=0,618 \text{ м}^2$ ;

для відхилень в  $10^\circ$  -  $S = 0,636 \text{ м}^2$ ;

для відхилень в  $30^\circ$  -  $S = 0,824 \text{ м}^2$ .

В результаті можна підсумувати, що працюючи на платформі, яка обладнана сегвеєм, амплітуда зони охопту поля руками не перевищує 650 мм (рис. 3.3).

Відхилення тіла від  
вертикальної вісі

± 10°

± 30°

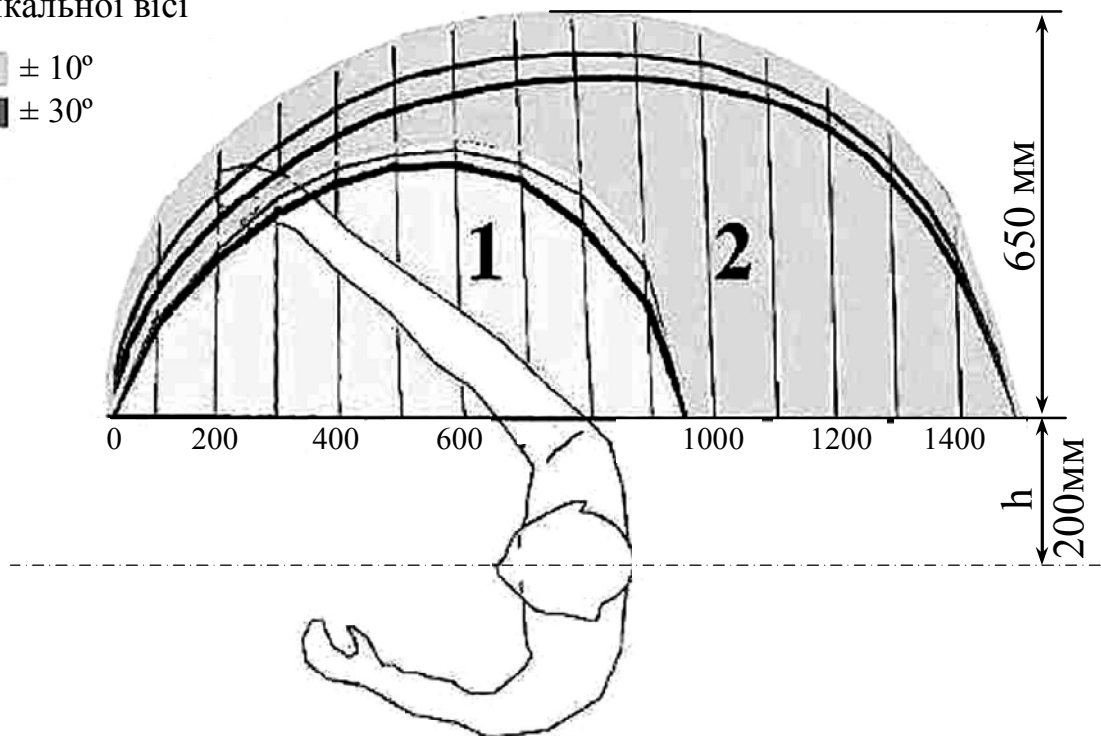


Рисунок 3.3 – Схема зони охопту поля руками за різними відхиленнями людини

### Висновки.

1. Результатами проведених теоретичних досліджень з моделювання функціонування людини, яка стоїть на платформі сегвея встановлено, що за

один нахил відносно свого вертикального положення людина витрачає енергію 7,3 Дж. При здійсненні 2 нахилу за 1 хвилину за 7 годин роботи гіпотетично людина може здійснити 854 нахилів, а отже, витратити енергію 6234 Дж за зміну. Тому доведено, що застосування платформи, яка обладнана сегвеєм, робота людини, за результатами витрат нею енергії, з категорії важкої праці переходить в категорію середньої тяжкості, що знижує її стомлюваність та дозволяє суттєво збільшити продуктивність роботи протягом всієї робочої зміни.

2. Обґрунтовані оптимальні параметри робочого місця людини в положенні стоячи на платформі сегвея, що забезпечить суттєве підвищення продуктивності його роботи в складі транспортно-технологічного засобу. Зокрема, визначено площу охопту зони поля руками людини, стоячи на платформі сегвея. Так при нахилі людини убік відносно свого вертикального положення на 10 град площа охопту поля однією рукою становить  $0,318 \text{ м}^2$ , а при роботі двома руками –  $0,636 \text{ м}^2$ . При нахилі людини убік відносно свого вертикального положення на 30 град площа охопту поля однією рукою становить  $0,412 \text{ м}^2$ , а при роботі двома руками –  $0,824 \text{ м}^2$ . Працюючи на платформі, яка обладнана сегвеєм, амплітуда зони охопту поля руками не перевищує 650 мм.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Вимоги безпеки при конструюванні та експлуатації мобільних засобів малої механізації сільськогосподарських робіт**

Відповідно до статті 21 Закону України «Про охорону праці» машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, що вводяться в дію після виготовлення або реконструкції, капітального ремонту тощо та технологічні процеси повинні відповідати вимогам нормативно-правових актів з охорони праці.

Розробка нових технологій, засобів виробництва, повинна провадитися з урахуванням вимог щодо охорони праці [23].

Останнім часом у агропромисловому комплексі знайшли широке використання різноманітні мотоблоки, малогабаритні трактори, сільськогосподарські знаряддя до них, транспортно-технологічні засоби малої механізації. Але в нормативно-технічній документації не визначені основні вимоги безпеки до їх конструкції та умов їх експлуатації. У зв'язку з цим слід відмітити, що розробники цієї техніки нехтують безпекою, тому вищезазначена техніка є джерелом травмування працівників при експлуатації.

Однією з складових безпеки засобів малої механізації є конструкція робочого місця, його розміри, взаємне розміщення органів управління, засобів відображення інформації, допоміжного обладнання тощо. Зона робочого (вільного) простору між конструкцією механізму та ногами оператора, який переміщується за машиною, повинна бути не менше 300 мм за глибиною, 800 мм за висотою та 600 мм за шириною.

Кути поперечної статичної рівноваги для енергозасобів в агрегаті з механізмами, що з ними агрегатуються, повинні бути не більшими 30 град.

В межах зон оптимальної досяжності розмішуються найбільш важливі органи керування та такі, якими користуються постійно.

В зоні легкої досяжності розміщуються органи точного керування, а також такі, якими користуються часто (1-3 рази за хвилину).

В межах зон досяжності допускається розміщувати органи, якими користуються рідко (5...10 разів за зміну) та періодично (не більше 10 разів за зміну).

На кожній ручці утримання машини допускається розміщення не більше двох органів керування.

Ручки утримання та керування машиною оператором, що йде поряд, повинні мати регулювання по висоті над опорною поверхнею в залежності від зросту оператора. Ручки повинні виготовлятися із матеріалів з низькою теплопровідністю. Відстань між ручками суміжних органів керування повинна бути не менш 50 мм, а при неможливості візуального контролю — 15 мм. Рульове колесо, важелі керування та педалі не повинні заважати входу оператора на робоче місце та виходу, а також вільному переміщенню ніг при керуванні. Люфт рульового колеса повинен бути не більше 25 град.

Відстань між краями майданчиків педалей, що розміщуються поруч і не блокуються, повинна бути в межах від 50 до 100 мм, а тих, що блокуються - від 5 до 20 мм. Переміщення педалі не повинно перевищувати 80 мм, а її опорна поверхня повинна виключати зісковзування ніг і мати ширину не менше 200 мм.

На пульті керування мають бути розміщені схеми та надписи, які показують послідовність операцій з органами керування.

Аварійні органи керування повинні розміщуватися в зонах досяжності моторного поля, при цьому необхідно передбачити спеціальні засоби запобігання її самовільному або випадковому виключенню згідно з ГОСТ 12.2.003-74. Машина повинна мати футляр для аптечки першої допомоги та термос для питної води.

Робочі місця повинні бути захищені від забруднення викидами ґрунту і технологічних матеріалів. Машини, робота яких передбачається в полі, на вимогу замовника обладнуються тентом для захисту від сонця та опадів.

Машини із захисними кабінами або каркасами повинні бути забезпечені прив'язними пасами.

Транспортно-технологічні засоби повинні обладнуватися звуковим сигналом з включенням з робочого місця. Рівень звуку цього сигналу на відстані 1 м від машини повинен перевищувати не менше, ніж на 8 дБ зовнішній шум.

Перед використанням машини повинні пройти випробування та технічний огляд. Машини та знаряддя, які мають технічні несправності, до роботи не допускаються.

У випадку, коли оператор іде поряд з мобільною машиною, для керування ногою допускається одночасне застосування не більше однієї педалі. Педаль розміщується в зоні зорового спостереження на межі зони досягнення ніг оператора при його рівномірному русі за (поряд з) машиною.

Максимальна робоча швидкість машини, що керується оператором, який йде поруч, не повинна перевищувати 4 км / год.

Заміну, регулювання та очистку робочих органів машини треба проводити тільки при вимкненому двигуні, а також після вжитих заходів, які запобігають випадковому опусканню або падінню робочих органів.

При проведенні робіт небезпечні ділянки робочої зони повинні позначатися знаками безпеки

Не допускається експлуатація машин та знарядь без передбачених конструкцією захисних огорожень. Внутрішні поверхні кожухів, які захищають частини машин, що обертаються, повинні фарбуватися у червоний сигнальний колір.

Машини, на яких нормативно-технічною документацією передбачено постійне робоче місце, повинні бути обладнані підніжками (східцями) з рифленою поверхнею для ніг та огороженням, поручнями, захисними парасолями або тентом із світлого водонепроникного матеріалу.

Агрегування машин та знарядь з транспортно-технологічними засобами, а також переведення їх в транспортне положення слід проводити відповідно до вимог, вказаних в документах по експлуатації.

При зчепленні транспортно-технологічних засобів з причепними машинами необхідно зашплінтувати з'єднувальний пристрій. Причепи та напівпричепи слід додатково з'єднати з тягачем страхувальним ланцюгом або тросом.

При стоянці агрегату навісну машину потрібно опустити, а при ремонті під нею необхідно встановити надійну опору. В огороженнях небезпечних вузлів повинна бути виключена можливість мимовільного зміщення, а такі, що піднімаються, повинні мати спеціальні фіксатори.

Конструкція машин повинна виключати можливість підтікання (краплепадіння) мастила, палива, охолоджувальних рідин, а також просипання або підтікання пестицидів та інших отруйних речовин.

Тривалість робочого дня при використанні засобів малої механізації не повинна перевищувати 8 годин, а тривалість робочого тижня - 41 годину.

До роботи із засобами малої механізації (окрім малогабаритних тракторів і мотоблоків) можуть допускатися підлітки віком від 15 до 18 років під наглядом кваліфікованого спеціаліста-наставника. Тривалість робочого дня осіб від 15 до 16 років не повинна перевищувати 4 години, від 16 до 18 років - 6 годин.

В умовах фермерського господарства до роботи на транспортно-технологічних засобах малої механізації і мотоблоках можуть допускатися підлітки-юнаки, які досягли 17 років. Тривалість робочого дня для таких осіб не повинна перевищувати 6 годин. Використання осіб віком до 18 років на роботах, пов'язаних з застосуванням, транспортуванням та виготовленням розчинів пестицидів категорично забороняється.

Вказані вище вимоги сприятимуть досягненню поставлених цілей щодо запобігання аварійності, виробничого травматизму та професійної захворюваності в аграрному виробництві.

## 4.2 Аналіз травмонебезпечних ситуацій при експлуатації малогабаритного транспортного засобу

При експлуатації транспортно-технологічних засобів можуть виникнути небезпечні і шкідливі для оператора механічні, термічні, електричні і психологічні фактори. Носіями небезпечних і шкідливих факторів може бути наступне: предмети праці, способи виробництва, продукти праці, енергія, природнокліматичні умови, флора, фауна, люди, виробниче середовище [24, 25].

Виявлення, ідентифікація і ранжирування потенційних небезпек технологічного процесу відносяться до розряду складних аналітичних задач інженерної діяльності, їх рішення характеризується високим рівнем проблематичності.

Для їх вирішення необхідно мати достатній рівень кваліфікації, бути компетентним фахівцем в області технології виробництва сільськогосподарської продукції, обслуговування і ремонту, організації праці, знать технології безпеки праці.

Для повного аналізу шкідливих і небезпечних факторів, які виникають при виконанні робіт, а також перед початком і по закінченні їх, складемо перепис основних факторів і занесемо до таблиці 4.1.

У таблиці 4.1 представлені найбільш значимі шкідливі фактори, що впливають на оператора. Для наочності впливу цих факторів, за даними таблиці 4.1 будемо діаграму (рис. 4.1).

Таблиця 4.1 - Ранжирування небезпечних факторів

| № фактора      | Можливий небезпечний фактор   | Рівень значимості |
|----------------|---|-------------------|
| X <sub>1</sub> | Ланцюгова передача, що обертається, від двигуна до коробки передач, від коробки до проміжного вала, від проміжного вала до заднього моста, від двигуна до | 1,0               |



| № фактора       | Можливий небезпечний фактор  | Рівень значимості |
|-----------------|--|-------------------|
|                 | гідронасоса  |                   |
| X <sub>4</sub>  | Несправність опор, підніжок  | 0,72              |
| X <sub>15</sub> | Підвищений шум ГОСТ 12.1.003-83  | 0,68              |
| X <sub>5</sub>  | Несправність гальмової системи   | 0,5               |
| X <sub>14</sub> | Нагріті поверхні   | 0,41              |
| X <sub>16</sub> | Гострі кромки  | 0,35              |
| X <sub>3</sub>  | Запуск двигуна при несправному блокуванні  | 0,3               |
| X <sub>7</sub>  | Вібрація, що передається через кермове колесо, сидіння і підніжки ГОСТ 12.1.012-82           | 0,3               |
| X <sub>11</sub> | Штучне висвітлення нижче норми   | 0,3               |
| X <sub>6</sub>  | Великий люфт у рульовому керуванні   | 0,2               |
| X <sub>13</sub> | Можливість утворення іскри П-2-80  | 0,15              |
| X <sub>2</sub>  | Витік палива, олії   | 0,1               |
| X <sub>8</sub>  | Порізи, розриви шин. Невідповідність тиску в шинах нормі. Погане кріплення коліс до маточини | 0,1               |
| X <sub>9</sub>  | Несправність муфти зчеплення   | 0,1               |
| X <sub>10</sub> | Мимовільне вимикання передачі  | 0,1               |
| X <sub>12</sub> | Несправність у системі сигналізації  | 0,1               |

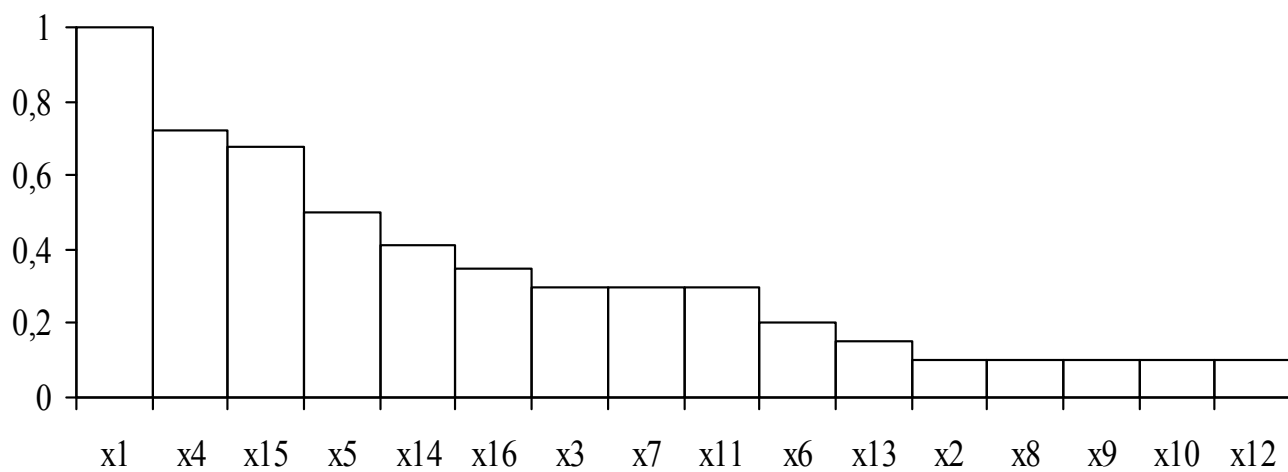


Рис. 4.1 - Діаграма залежностей факторів від рівня їх значимості

### **4.3 Виявлення закономірностей реалізації потенційної небезпеки за критеріями**

Алгоритм рішення задачі [25].

**Перший етап.** Вибір технологічного процесу.

**Другий етап.** Підбір нормативно-технічної документації.

Згідно до наявного переліку нормативно-технічної документації і технічної літератури вибираються ті документи і джерела, що безпосередньо відносяться до технічного процесу.

1. Закон України «Про охорону праці».
2. Кодекс законів про працю України.
3. Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я».
4. Закон України «Про пожежну безпеку».
5. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку».
6. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».
7. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».
8. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності».
9. Закон України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності».
10. Закон України "Про цивільну оборону України" ВРУ № 2974 - ХП від 03.02.1993 р. - К., 1993.
11. Закон України "Про внесення змін до Закону України "Про цивільну оборону України" Постановою ВР N 2975-12 від 03.02.93, із змінами, внесеними згідно із Законами N 555-XIV від 24.03.99,

та № 2470-III від 29.05.01) ВРУ № 555 - XIV. - К., 1999.

12. Закон України "Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань" від 14 січня 1998 р. - К., 1998.

13. Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" ВРУ № 1809 - III від 08.06.2000 р. - К., 2000.

14. Закон України "Про правові засади цивільного захисту" ВРУ № 135 - IV від 24.06.2004 р. - К., 2004.

15. Закон України "Про аварійно-рятувальні служби" ВРУ № 128 - XIV від 14.12.1999 р. - К., 1999.

16. Закон України "Про внесення змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення щодо встановлення відповідальності у сфері цивільної оборони та захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій" ВРУ №666 - IV - К., 2003 .

17. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 р. № 1112 «Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві».

18. НПАОП 0.00-4.03-04 «Положення про Державний реєстр нормативно-правових актів з питань охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 08.06.2004 р. № 151.

19. НПАОП 0.00-4.09-07 «Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства». Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. № 55.

20. НПАОП 0.00-4.11-07 «Типове положення про діяльність уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони праці». Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. № 56.

21. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15.

22. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 29.01.1998 р. № 9.
23. НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 15.11.2004 р. № 255.
24. НПАОП 0.00-4.33-99 «Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій. Наказ Держнаглядохоронпраці від 17.06.1999 р. № 112.
25. НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві». Наказ Держнаглядохоронпраці від 21.12.1993 р. № 132.
26. НПАОП 0.00-6.13-05 «Порядок організації державного нагляду за охороною праці та гірничого нагляду в системі Держнаглядохоронпраці України». Наказ Держнаглядохоронпраці від 30.03.2004 р. № 92
27. Рекомендації щодо організації роботи кабінету промислової безпеки та охорони праці. Затверджено Головою Держгірпромнагляду 16.01.2008 р.
28. Рекомендації щодо побудови, впровадження та удосконалення системи управління охороною праці. Затверджено Головою Держгірпромнагляд 07.02.2008 р.
29. Постанова Кабінету Міністрів України від 10.05.1994 р. № 299 "Про затвердження Положення про цивільну оборону України". - К., 1994.
30. Постанова Кабінету Міністрів України від 03.08.1998 р. № 1198 "Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру". - К., 1998.

31. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.07.2001 р. № 874 "Про удосконалення підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації керівних кадрів і фахівців у сфері цивільного захисту". - К., 2001.

**Третій етап.** Визначення складу засобів технічного оснащення процесу і параметрів умов праці.

**Четвертий етап.** Установлення вимог стандартів до елементів системи.

На даному етапі виявлятися в основоположних стандартах, вимоги безпеки до елементів системи «організація праці – людина – виробниче середовище – машина».

При проведенні робіт необхідно мати і знати інструкцію для даного технологічного процесу. Працюючий повинний бути навчений, проінструктований і мати допуск для даного виду робіт, а також повинний мати засоби індивідуального захисту і спецодяг. Машина повинна бути обладнана: захисними кожухами на обертових елементах конструкції, засобами блокування, що виключають запуск двигуна при включеній передачі, надійною фіксацією навісного знаряддя в піднятому положенні, засобами пожежегасіння і першої медичної допомоги, надійним робочими і стоянковими гальмами, штучним освітленням і системою сигналізації. Організація праці також має велике значення, від неї залежить продуктивність праці і якість.

**П'ятий етап.** Визначення складу дії виконавця.

Основні дії виконавця під час підготовки і реалізації технологічного процесу можуть бути прийняті за відповідними картами праці або встановлені аналітичним шляхом. Для цього необхідно мати вихідні дані: характеристики елементів системи; порядок комплектації агрегату; зміст елементів, які складають операцію; приблизний час виконання роботи. Загальна тривалість роботи не повинна перевищувати встановлений час зміни.

Перед початком робіт необхідно оглянути транспортно-технологічний засіб, перевірити наявність палива в баці, масла двигуна, коробку зміни передач, задній міст, а також тиск у шинах. Після запуску двигуна необхідно навісити знаряддя, розставити робочі органи і виставити глибину обробки. Після чого можна приступати до виконання робіт.

**Шостий етап.** Ранжирування факторів по рівнях безпеки.

Значення рангу безпеки фактора – це важлива початкова інтегрована інформація для встановлення критеріїв першочергового прийняття обґрунтованих рішень по виключенню або зниженню дії тих або інших факторів.

Ранжирування факторів виконується на основі властивостей факторів, прогнозованих реакцій людини на вплив небезпечних факторів, що відповідають статистичним даним про випадки травматизму і захворювань, допустимому шкоді здоров'ю і життю виконавця операції.

Фактори по рівнях безпеки ранжируються по трьох класифікаційних групах: I – особливо небезпечні (ОН); II – інтенсивні (І); III – помірні (П), які у свою чергу бувають тривалі (Т) і короткочасні (К).

У загальному плані зв'язок між рангом безпеки фактора і припустимою шкодою здоров'ю конкретного виконавця знаходиться в прямій залежності з можливими властивостями.

#### **4.4 Вимоги безпеки при експлуатації енергетичних засобів малої механізації**

Серед вимог безпеки, які ставляться до експлуатації засобів малої механізації можна вилити наступні [23-25].

1. До постійних робіт з транспортно-технологічними засобами малої механізації допускаються люди не молодше 18 років, які пройшли навчання та інструктаж з охорони праці.

2. На площадках, де проводиться навантаження навалочних та сипучих вантажів (зерно, мінеральні добрива і т.п.) з стаціонарних бункерів, повинні бути встановлені показники та розмежувальні лінії для транспортно-технологічних засобів.

3. У місцях під'їзду транспортного засобу до навантажно-розвантажувальних механізмів, приймальним бункерам та ін., повинні бути передбачені відбійні бруски, які захищають їх від наїзду транспортного засобу.

4. Персонал, який обслуговує транспортно-технологічний засіб, повинен знати конструкцію, правила експлуатації та техніку безпеки.

5. Під час роботи транспортно-технологічних засобів негайно зупинятися, якщо:

- нещасний випадок (або погроза його);
- поява вогню або диму у двигуні, проводах пускорегулюючої, захисної апаратури;
- потужній вібрації;
- поломці будь-яких вузлів та деталей;
- значному зниженні числа обертів двигуна.

6. На стоянці транспортно-технологічний засіб повинен бути поставлений на підставки.

7. При роботі з транспортно-технологічним засобом забороняється:

- перенавантажувати платформу більше норми, яка установлена;
- перевозити людей у причепі;
- працювати зі знятими захисними огорожами клинопасових та ланцюгових передач;
- класти на транспортно-технологічний засіб які-небудь предмети;
- працювати з послабленою ланцюговою передачею;



- агрегатувати транспортно-технологічний засіб один за другим.

8. На шляху руху транспортно-технологічного засобу не повинні знаходитися люди, тварини та сторонні предмети.

9. Транспортно-технологічний засіб повинен мати справні зовнішні пристрої та звукові сигнали.

10. Усунення несправностей в роботі транспортно-технологічного засобу проводиться тільки при зупиненому двигуні.

#### **4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях на малих підприємствах**

Як свідчить аналіз надзвичайних ситуацій за останні 5–8 років, значна кількість різноманітних надзвичайних ситуацій виникає на об'єктовому рівні. До нього належать і невеликі (малі) підприємства, установи, організації, заклади (далі – підприємства) з чисельністю працівників 50 осіб і менше у сфері виробництва, логістики, торгівлі, освіти та науки, медицини, розважальної індустрії тощо. Від ефективності розроблення та впровадження в життя заходів із запобігання та ліквідації надзвичайної ситуації в разі її виникнення залежатиме життя та здоров'я персоналу та відвідувачів цих підприємств і розміри заподіяної шкоди. Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, підготовка персоналу на підприємствах незалежно від форм власності до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за спеціально розробленою схемою заходів захисту населення та територій.

Для великих і малих підприємств система заходів захисту від надзвичайних ситуацій включає [25]:

- планування та здійснення необхідних заходів для захисту своїх працівників, об'єктів господарювання;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;

- підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- створення та підтримання матеріальних резервів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;
- забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.

Наведені вище заходи мають загальний характер, вони не повністю враховують специфіку діяльності конкретного підприємства, чисельність працівників, обсяг і вид виробництва тощо.

Основною особливістю дій малих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій є в першу чергу захист персоналу та відвідувачів. Виходячи з цього, ст. 130 Кодексу цивільного захисту України передбачає, що на підприємствах з чисельністю персоналу 50 осіб і менше розробляються та затверджуються інструкції щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій. Крім того, у сфері промислового виробництва до малих підприємств можуть бути віднесені і такі, де чисельність працівників перевищує 50 осіб. Інструкції для таких підприємств розробляються за рішенням відповідного територіального органу Держслужби України з надзвичайних ситуацій. Розроблена інструкція не повинна суперечити положенням та вимогам Кодексу цивільного захисту України. Інструкція розробляється та підписується посадовою особою підприємства з питань цивільного захисту, затверджується керівником підприємства та доводиться до всіх працівників під підпис. Крім Інструкції, на малому підприємстві розробляється План евакуації при пожежі або загрозі вибуху. Особливо це важливо для тих об'єктів, на території яких може знаходитись значна кількість відвідувачів. Деякі конкретні заходи, не відображені в нормативних документах підприємства, потребують внесення до посадових інструкцій працівників.

Крім того, на малому підприємстві необхідно розробляти й доводити до всіх працівників Порядок цілодобового оповіщення керівництва та

працівників у випадку загрози або виникнення надзвичайної ситуації. Всі працівники підприємства повинні бути навчені діям, чітко знати свої обов'язки та неухильно їх виконувати. Це також стосується адміністрації малого підприємства, яка в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необґрунтовані розпорядження. Уникнути цього дозволить якісно розроблена Інструкція щодо дій персоналу малого підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій, наведена нижче. Інструкція щодо дій персоналу невеликих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Типову інструкцію розроблено Українським НДІ цивільного захисту відповідно до ст. 130 Кодексу цивільного захисту України.

Залежно від існуючої або прогнозованої обстановки з питань цивільного захисту та надзвичайних ситуацій на підприємстві, в установі, організації, закладі (далі – підприємство) може бути встановлено один з трьох режимів функціонування об'єктової ланки функціональної або територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту:

- режим повсякденного функціонування;
- режим підвищеної готовності;
- режим надзвичайної ситуації.

Режими встановлюються органами виконавчої влади, а у окремих випадках на території підприємства — його керівником.

Усі працівники підприємства, незалежно від займаних посад, повинні знати та суворо виконувати вимоги Типової інструкції щодо дій персоналу підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій. За невиконання вимог Інструкції персонал підприємства може бути притягнутий до адміністративної відповідальності.

Оповіщення адміністрації, робітників та службовців підприємства щодо надзвичайних ситуацій проводиться за заздалегідь розробленою схемою.

Адміністрація у неробочий час оповіщається телефоном (вказується відповідальний виконавець). Залежно від обстановки оповіщається й решта персоналу.

У робочий час персонал підприємств оповіщається про надзвичайну ситуацію (вказується яким способом).

При отриманні інформації про надзвичайну подію вмикають сирени, виробничі гудки, що буде означати подання попереджувального сигналу «Увага всім», після чого негайно приводяться у готовність радіо- та телеприймачі для прийняття повідомлення.

Кожний працівник підприємства повинен знати сигнали оповіщення цивільного захисту та вміти правильно діяти в умовах загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

На випадок виникнення надзвичайної ситуації, пов'язаної із загрозою або початком забруднення повітря хімічно небезпечною чи радіоактивною речовиною всі працівники підприємства підлягають укриттю в захисній споруді цивільного захисту (вказується адреса та приналежність споруди).

Для термінового укриття працівників у разі забруднення хімічно небезпечною речовиною використовуються загерметизовані приміщення (вказується адреса), забезпечується перебування у них без подачі повітря протягом відведених для цього годин.

При отриманні інформації про радіоактивну небезпеку працівники укриваються в приміщенні (вказується приміщення, адреса), яке забезпечує захист осіб, що переховуються від ураження іонізуючим випромінюванням при радіоактивному зараженні.

Засоби індивідуального захисту видаються після отримання відповідного розпорядження або за рішенням керівника підприємства (вказується місце видачі).

Працівники, які отримали такі засоби, повинні перевірити їх стан, провести підбір та мати постійно при собі або на робочому місці.

Протигази переводяться у бойовий стан за командою або самостійно, при наявності небезпеки забруднення повітря.

При проведенні термінової евакуації персоналу та відвідувачів з небезпечних зон залучається весь наявний службовий, а також особистий транспорт працівників підприємства, які повинні надавати його в розпорядження адміністрації.

Якщо на території підприємства або поблизу нього виникла небезпека розповсюдження особливо небезпечних інфекційних захворювань, усі працівники повинні суворо виконувати вимоги санітарно-епідеміологічної служби щодо проведення термінової профілактики та імунізації, ізоляції та лікування виявлених хворих, дотримуватися режиму із запобігання розповсюдженню інфекції.

При необхідності працівники, які прибули на роботу, повинні проходити санітарну обробку (вказується місце її проведення), дезінфекцію або міняти одяг, а водії транспортних засобів — здійснювати спеціальну обробку автотранспорту (вказується місце її проведення), а також виконувати інші вимоги та заходи, які перешкоджають розповсюдженню особливо небезпечних інфекційних захворювань.

Усі працівники підприємства повинні вжити необхідних заходів щодо зберігання матеріальних цінностей при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Заходи із захисту від надзвичайних ситуацій або з ліквідації їхніх наслідків повинні враховувати необхідність попередження або зменшення можливих збитків підприємству.

Відповідальність за організацію охорони майна підприємства під час захисту від надзвичайних ситуацій або ліквідації їхніх наслідків покладається на (вказується посада, прізвище).

При загрозі хімічного ураження оповіщаються всі працівники та відвідувачі, які знаходяться на території підприємства.

Вентиляційні установки та кондиціонери терміново виключаються, закриваються вікна, двері, кватирки, приміщення герметизуються. Вихід із будівлі й вхід до неї припиняється до особливого розпорядження адміністрації. Працівникам видаються засоби індивідуального захисту, одночасно вживаються заходи із забезпечення відвідувачів ватно-марлевими пов'язками. Відповідальні за забезпечення герметизації приміщень (посада, прізвище), за забезпечення працівників та відвідувачів засобами індивідуального захисту (посада, прізвище). При виявленні у приміщенні, де укриваються працівники, хімічно небезпечної речовини працівники повинні вийти (вказати куди) або з дозволу адміністрації залишити зону забруднення. Виходити із зони необхідно тільки у засобах індивідуального захисту та рухатися в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру.

При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно з Планом евакуації.

Відповідальність за дотримання заходів пожежної безпеки та організацію дій персоналу при загрозі або виникненні пожежі покладається на (посада, прізвище).

При радіоактивному забрудненні території підприємства або при загрозі забруднення всі працівники повинні уважно слідкувати за мовним повідомленням управління з питань надзвичайних ситуацій, яке передається по радіо та телебаченню після попереджувального сигналу «Увага всім», за інформацією інших засобів масової інформації про обстановку в місті та суворо виконувати рекомендації із захисту від радіоактивного зараження.

Працівник (посада, прізвище) організовує на території підприємства контроль за радіаційною обстановкою за допомогою побутового дозиметру (називається тип приладу) та постійно інформує про результати вимірювань адміністрацію підприємства, управління з питань надзвичайних ситуацій.

При перевищенні гранично допустимих норм опромінення організується облік доз опромінювання. Відповідальний за виконання цього заходу (посада, прізвище).

Скорочується до мінімуму вхід у будівлю та вихід з неї. Контроль за дотриманням режиму поведінки й роботи працівників, який дозволяє максимально понизити наслідки радіоактивного опромінення, покладається на (посада, прізвище).

При загрозі або виникненні катастрофічних стихійних лих працівник підприємства по розпорядженню адміністрації повинен зупинити виробництво, виконати необхідні протипожежні заходи, відключити від електромережі електрообладнання, підготуватися до евакуації або вивезення до безпечного місця найбільш цінних матеріальних засобів.

Контроль за обстановкою на території підприємства при стихійних лихах і за вжитими заходами захисту персоналу покладається на (посада, прізвище).

Якщо з'явилися постраждалі, їм надається перша медична допомога із залученням санітарних дружин або постів підприємства, вживаються заходи з госпіталізації постраждалих до медичних закладів.

Працівник (посада, прізвище) постійно слідкує за інформацією, яку надає управління з питань надзвичайних ситуацій, про обстановку в місті та доводить її до адміністрації й персоналу підприємства.

При надходженні анонімної інформації про загрозу на території підприємства або поблизу нього терористичного акту працівник, який прийняв її, повинен терміново доповісти керівнику підприємства та до правоохоронних органів і діяти згідно з розпорядженнями та рекомендаціями.

## 5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ МАЛОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ У СКЛАДІ СЕГВЕЯ

Для оцінки економічної ефективності використання транспортно-технологічних засобів малої механізації у складі сівалок СЛМ-2/2 (виробник компанія «Роста», м. Мелітополь) та сегвея на сівбі с.-г. культур (цибулі-сівка, часнику, цибулин тюльпана, гладіолуса, бульб картоплі) порівняємо економічні витрати з агрегатом у складі цієї ж сівалки і мотоблока.

За методику визначення показників економічного оцінювання положимо ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування» [26]. Цей стандарт поширюється на спеціалізовану сільськогосподарську техніку (далі за текстом – машини), призначену для виконання окремих операцій, трактори, транспортні засоби, універсальні самохідні машини, технологічні мобільні та стаціонарні комплекси. Стандарт встановлює загальні положення, показники економічного оцінювання та методи їх визначення на етапі випробування вказаних машин.

За базовий варіант (базова машина) положимо с.-г. агрегат у складі мотоблока і двох сівалок СЛМ-2/2 (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Сівалка СЛМ-2/2 з мотоблоком (базовий варіант)



За новий варіант (нова машина) положимо агрегат у складі сегвея і двох сівалок СЛМ-2/2 (рис. 5.2).

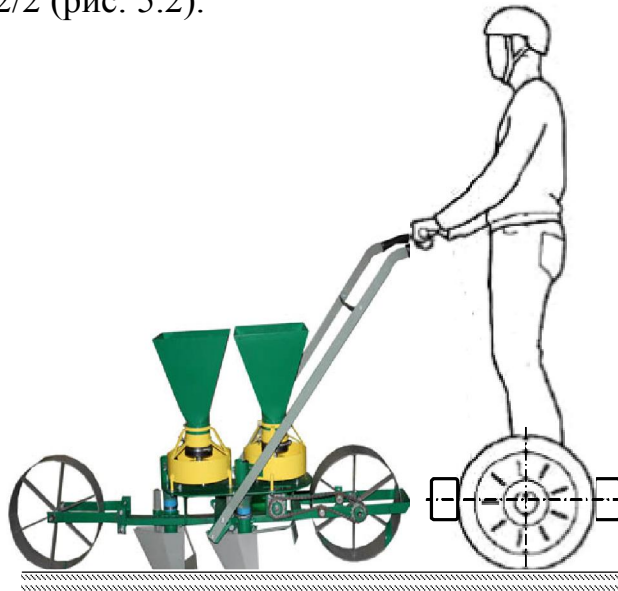


Рисунок 5.2 – Сівалка СЛМ-2/2 з сігвеєм (новий варіант)

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції ( $E_p$ ) у гривнях визначаються за формулою [27]:

$$E_p = (\Pi_{\text{б}} - \Pi_{\text{н}}) \cdot B_3 + E_{\text{я}}, \quad (5.1)$$

де  $\Pi_{\text{б}}$ ,  $\Pi_{\text{н}}$  – сукупні витрати на га відповідно по базовій і новій машинах, грн/га;

$B_3$  – річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, га;

$E_{\text{я}}$  – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Зональний річний обсяг наробітку новою машиною ( $B_3$ ) в одиницях наробітку визначають за формулою:

$$B_3 = W_{\text{ек}} \cdot T_3, \quad (5.2)$$

де  $W_{\text{ек}}$  – продуктивність нової машини за 1 год експлуатаційного часу, га/год.

$T_3$  – зональне річне навантаження машини, год.

Основна продуктивність роботи с.-г. агрегатів розрахуємо за відомою залежністю:

$$W_{ек} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p,$$

де  $B_p$  і  $V_p$  – робочі ширина захвату (м) і швидкість руху (км/год).

Для розглядуваних варіантів агрегатів отримаємо:

$$W_{екб} = 0,1 \cdot 0,45 \cdot 3,6 = 0,162 \text{ га/год.}$$

$$W_{екн} = 0,1 \cdot 0,45 \cdot 6,12 = 0,275 \text{ га/год.}$$

При зональному річному завантаженні розглядуваного посівного агрегату у 100 год отримаємо:

$$B_{зб} = 100 \cdot 0,162 = 16,2 \text{ га.}$$

$$B_{зн} = 100 \cdot 0,275 = 27,5 \text{ га.}$$

Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції ( $E_я$ ) у гривнях, визначається за формулою:

$$E_я = C_{ян} - C_{яб}, \quad (5.3)$$

де  $C_{ян}$ ,  $C_{яб}$  – вартість продукції, отриманої у разі застосування відповідно нової та базової машини протягом року, грн.

В дипломній роботі положимо, що за  $E_я = 0 \text{ грн/га}$ .

Вартість продукції, отриманої у разі застосування нової чи базової ( $C_я$ ) у гривнях, визначають за формулою [27]:

$$C_я = \sum_{j=1}^n C_j \cdot V_j, \quad (5.4)$$

де  $C_j$  – закупівельна ціна одиниці  $j$ -ї продукції, грн;

$V_j$  – кількість  $j$ -ї продукції, одержаної у разі застосування нової чи базової машини, т.

Сукупні витрати ( $\Pi$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Pi = I + K \cdot E_n, \quad (5.5)$$

де  $I$  – прямі експлуатаційні витрати, грн/га;

$K$  – питомі інвестиційні вкладення, грн/га.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $E_n$ ) визначають за формулою:

$$E_n = C_\delta / 100, \quad (5.6)$$

де  $C_\delta$  – ставка пільгового кредиту Національного банку України у відсотках,  $C_\delta = 17,5\%$ .

Прямі експлуатаційні витрати ( $I$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$I = Z + \Gamma + A + \Phi + M, \quad (5.7)$$

де  $Z$  – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;

$\Gamma$  – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн/га;

$P$  – затрати на технічне обслуговування, поточне та капітальне ремонтування, грн./га;

$A$  – затрати на амортизацію, грн./га;

$\Phi$  – затрати на допоміжні матеріали, грн./га;

$M$  – затрати на зберігання, страхування та монтування, грн./га.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу ( $Z$ ) у гривнях на га визначають за формулою [27]:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_D \cdot n_i}{W_{зм}}, \quad (5.8)$$

де  $L_i$  – кількість  $i$ -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини (визначаються за даними випробувань), люд;

$t_i$  – тривалість зайнятості  $i$ -го виробничого персоналу, год;

$r_i$  – погодинна тарифна ставка оплати праці на  $i$ -му виді робіт, грн./люд.год.;

$k_D$  – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

$n_i$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості);

$W_{см}$  – продуктивність машини за годину змінного часу, га/год.

$$z_o = \frac{100}{0,162} = 617,32 \text{ грн / га} .$$

$$z_o = \frac{100}{0,275} = 363,64 \text{ грн / га} .$$

Затрати коштів на енергоносії (паливно-мастильні матеріали та електроенергію) ( $\Gamma$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot C_n, \quad (5.9)$$

де  $q$  – питомі витрати палива (електроенергії), кг(кВт·год)/га;

$C_n$  – ціна одного літру палива або 1 кВт·год електроенергії, грн/кг;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів.

Питома витрата палива для дизельного мотоблока становить приблизно 0,5 кг/год. Через це питомі витрати палива на 1 га дорівнюватимуть  $0,5 / 0,162 = 3,08$  кг/га.

$$\Gamma_o = 3,08 \cdot 29 = 89,51 \text{ грн/га}.$$

Витрати на електроенергію для роботи сегвея обчислимо, враховуючи ємність його батареї. Для цього величину ємності ( $E$ ) помноженої на напругу ( $V$ ) акумуляторної батареї отримуємо чисту потужність, необхідну для зарядки батареї. Але враховуючи ККД батареї ( $\eta_m$ ) та ККД процесу перетворення хімічної енергії акумуляторних батарей в електричну ( $\eta_x$ ) отримуємо загальну споживану потужність для зарядки батареї. При цьому результат помножимо на вартість 1кВт·год електроенергії:

$$\Gamma_n = 10^{-3} \cdot E \cdot V / \eta_m / \eta_x \cdot C_e / W_{екн}.$$

$$\Gamma_n = 10^{-6} \cdot 12000 \cdot 3,6 / \eta_m / \eta_x \cdot 1,68 / 32,8 = 0,358 \text{ грн/га}.$$

Отриманий результат свідчить про те, що з енергетичної безпеки перехід на використання сегвеїв зменшує в 300 разів витрати енергії на виконання роботи ним у сільському господарстві.

Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування ( $P$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$P = \frac{B \cdot (r_T + r_K)}{W_{ек} \cdot T_n}, \quad (5.10)$$

де  $r_T$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

$r_K$  – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$T_n$  – нормативне річне завантаження, год.

$$P_o = \frac{35000 \cdot (0,0712)}{81} + \frac{17000 \cdot (0,0146)}{16,2} = 46,1 \text{ грн / га .}$$

$$P_n = \frac{35000 \cdot (0,0638)}{137,5} + \frac{17000 \cdot (0,0146)}{27,5} = 17,63 \text{ грн / га .}$$

Затрати на амортизацію машини ( $A$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{зм} \cdot T_3}, \quad (5.11)$$

де  $a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини. Визначають за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації, тобто

$$a = 1 / n, \quad (5.12)$$

де  $n$  – термін служби в роках.

$$A_o = \frac{35000 \cdot (0,125)}{81} + \frac{17000 \cdot (0,125)}{16,2} = 185,2 \text{ грн / га .}$$

$$A_n = \frac{35000 \cdot (0,105)}{137,5} + \frac{17000 \cdot (0,125)}{27,5} = 104,0 \text{ грн / га .}$$

Затрати на допоміжні технологічні матеріали ( $\Phi$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Phi = \sum h_i \cdot C_{Ti}, \quad (5.13)$$

де  $h_i$  – питомі витрати  $i$ -го виду технологічного матеріалу, кг/га;

$C_{Ti}$  – ціна одиниці  $i$ -го технологічного матеріалу, грн./кг.

Затрати на зберігання, страхування та монтування машин ( $M$ ) у гривнях на га визначають за формулою [28]:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{mi} \cdot r_i \cdot n_i + C_d + S_{зсм}}{W_{ER} \cdot T_3}, \quad (5.14)$$

де  $Z_{ПГ}$  – затрати праці  $i$ -ої категорії працівників на доскладання та монтування устаткування, люд.-год.;

$Ц_{Д}$  – вартість матеріалів, які використані на доскладанні та монтуванні машини, грн.;

$S_{ЗСМ}$  – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

$$M_6 = \frac{35000 \cdot (0,03)}{81} + \frac{17000 \cdot (0,03)}{16,2} = 44,44 \text{ грн / га .}$$

$$M_n = \frac{35000 \cdot (0,03)}{137,5} + \frac{17000 \cdot (0,03)}{27,5} = 26,18 \text{ грн / га .}$$

Питомі інвестиційні вкладення ( $K$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$K = \frac{B + K_{БВД}}{B_3}, \quad (5.15)$$

де  $K_{БВД}$  – балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, (вводиться в формулу за наявності різниці в обсягах будівельної частини нової та базової машини), грн.

$$K_6 = \frac{35000 + 0}{81} + \frac{17000 + 0}{16,2} = 1481,48 \text{ грн / га .}$$

$$K_n = \frac{35000 + 0}{137,5} + \frac{17000 + 0}{27,5} = 872,72 \text{ грн / га}$$

Прямі експлуатаційні витрати ( $I$ ) у гривнях на га складатимуть:

$$I_6 = 617,3 + 185,2 + 46,1 + 89,51 + 44,44 = 982,5 \text{ грн/га.}$$

$$I_n = 363,6 + 104,0 + 17,63 + 0,358 + 26,18 = 511,8 \text{ грн/га.}$$

Сукупні витрати ( $\Pi$ ) у гривнях на га складатимуть:

$$\Pi_6 = 982,5 + 1481,48 \cdot 0,175 = 1242,0 \text{ грн/га.}$$

$$\Pi_n = 511,8 + 872,72 \cdot 0,175 = 664,5 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини у гривнях дорівнюватиме:

$$E_p = (1242,0 - 664,5) \cdot 27,5 = 15873,9 \text{ грн.}$$

Річний прибуток ( $O$ ) від експлуатації нової машини у гривнях визначають за формулою:

$$O = (I_{\text{б}} - I_{\text{н}}) \cdot B_{\text{з}} + E_{\text{я}}, \quad (5.16)$$

де  $I_{\text{б}}$ ,  $I_{\text{н}}$  – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машинах на одиницю наробітку, грн/га.

$$O = (982,5 - 511,8) \cdot 27,5 = 12944,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину ( $T_{\text{окд}}$ ) у роках визначають за формулою:

$$T_{\text{окд}} = \frac{K_{\text{н}}}{O}, \quad (5.17)$$

де  $K_{\text{н}}$  – сумарні інвестиційні вкладення відповідно у нову машину, грн.

$$T_{\text{окд}} = \frac{37000 + 17000}{12944,2} = 4,0 \text{ років.}$$

Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат по елементах представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат

| Склад СГА за варіантом | Заробітна плата |        | Амортизація |        | Капітальне, поточне ремонтування, ТО |        | Енергоносії     |        | Затрати на допоміжні матеріали |        | Затрати на зберігання, страхування та монтування |        | Всього |
|------------------------|-----------------|--------|-------------|--------|--------------------------------------|--------|-----------------|--------|--------------------------------|--------|--|--------|--------|
|                        | грн/год         | грн/га | %           | грн/га | %                                    | грн/га | кг (кВт·год)/га | грн/га | кг/га                          | грн/га | %  | грн/га |        |
| Базовий варіант        |                 |        |             |        |                                      |        |                 |        |                                |        |  |        |        |
| Мотоблок               | 100             | 617,3  | 12,5        | 54,01  | 7,12                                 | 30,7   | 3,08            | 89,5   | 0                              | 0      | 3  | 12,96  | 982,5  |
| СЛМ-2/2                |                 |        | 12,5        | 131,2  | 1,46                                 | 15,3   |                 |        |                                |        |  | 31,48  |        |
| Новий варіант          |                 |        |             |        |                                      |        |                 |        |                                |        |  |        |        |
| Сегвей                 | 100             | 363,6  | 10,5        | 26,73  | 3,38                                 | 8,6    | 0,21            | 0,35   | 0                              | 0      | 3  | 7,64   | 511,8  |
| СЛМ-2/2                |                 |        | 12,5        | 77,27  | 1,46                                 | 9,0    |                 |        |                                |        |  | 18,55  |        |

Результати обчислювання показників порівняльної економічної ефективності представлено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Показники порівняльної економічної ефективності нового посівного транспортно-технологічного агрегату

| Найменування показника                        | Варіант СГА        |                  | Відхилення (+,-) |
|---|--------------------|------------------|------------------|
|   | Базовий            | Новий            |                  |
|   | Мотоблок + СЛМ-2/2 | Сегвей+ СЛМ-2/2  |                  |
| 1   | 2                  | 3                | 4                |
| Балансова вартість агрегату, грн              | 35000 +<br>17000   | 35000 +<br>17000 | 0                |
| Продуктивність чиста, га/год                  | 0,162              | 0,275            | +0,113           |
| Зональний наробіток, год<br>га                | 100<br>16,2        | 100<br>27,5      | 0<br>+11,3       |
| Прямі експлуатаційні витрати, грн/га          | 982,5              | 511,8            | -470,7           |
| Сукупні витрати, грн/га                       | 1242,0             | 664,0            | -577,2           |
| Річний економічний ефект, грн.                | -                  | 15873,9          | -                |
| Річний прибуток, грн.                         | -                  | 12944,3          | -                |
| Термін окупності інвестиційних вкладень, роки | -                  | 4,0              | -                |

Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що використання транспортно-технологічного засобу, побудованого на основі сегвея на посіві с.-г. культур сівалкою СЛМ-2/2 дозволить на кожному га заощаджувати 470,7 грн. За рахунок більшої продуктивності роботи та менших витрат на енергоносії в порівнянні з базовим сільськогосподарським агрегатом, побудованим на основі мотоблока дозволить отримати річний економічний ефект в сумі 15873,9 грн. Затрати на придбання нового транспортно-технологічного засобу при його річному зональному завантаженні окупляться за 4,0 років.



## ВИСНОВКИ

1. Аналізом проблем використання засобів малої (ручної) механізації доведено, що у сучасному діджиталізованому світі їх застосування характеризується великими тяговими навантаженнями, які долає людина в процесі роботи, що призводять до швидкої її стомлюваності. В наслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість тяжкої людської праці. Тому в дипломній роботі поставлена задача планування наукових та прикладних досліджень процесів функціонування транспортно-технологічних засобів малої механізації у сільському господарстві.

2. В результаті проведеного аналізу перспектив використання малогабаритного електротранспорту в складі транспортно-технологічних засобах малої механізації с.-г. робіт доведена актуальність даного напрямку досліджень, оскільки він:

- узгоджений із світовими тенденціями розвитку малогабаритного, екологічно чистого, дешевого електротранспорту;
- сприятиме соціально-економічному розвитку країни в цілому або декількох галузей економіки, безпеки та обороноздатності;
- сприятиме впровадженню інноваційних технологій, методик та практик, переходу на новий технологічний уклад;
- його результати конкурентоспроможні, матимуть широке впровадження у світі, існують потенційні та реальні замовники;
- реалізація проекту є економічно вигідною;
- він забезпечить економію енерговитрат та підвищення енергоефективності, зменшення витрат інших ресурсів та збільшення ефективності виробництва, надання послуг тощо;
- він забезпечуватиме наближення до європейських стандартів;
- сприятиме підтримці вітчизняного виробника товарів, послуг, збільшенню експорту товарів та послуг;

- є мотиватором для творчості малих академій наук та студентської винахідливості;

- відкриває широке коло для потенційно-можливих стартап-проектів;

- не потребує суттєвих фінансових інвестицій і може бути віднесений до товарів масового попиту.

3. В результаті аналізу відомих способів і технічних засобів для малої механізації с.-г. робіт встановлено, що для більш ефективного будь якого технологічного процесу з найменшим ступенем стомлюваності виконавці повинні розташовуватися на платформах (сегвеях). Тому в завдання дипломної роботи входило адаптація, вибір та узгодження параметрів транспортно-технологічних засобів малої механізації для їх використання і народному (перш за все сільському) господарстві.

4. Розроблений спосіб ручного обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур, який включає обробіток ґрунту і посів відповідними засобами механізації шляхом створення тягового зусилля і їх переміщення людиною вздовж робочої ділянки, за яким створення тягового зусилля і переміщення засобів механізації здійснюється з постійною швидкістю за допомогою сегвея і мотор-коліс, рух яких відбувається по слідах постійної технологічної колії, попередньо прокладеною на ґрунті, а керування рухом виконується шляхом перерозподілу ваги людини на площині платформи сегвея. Застосування запропонованого способу в системі точного землеробства дозволяє зменшити фізичне навантаження на людину, підвищити продуктивність та скоротити тривалість виконання робіт з обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур.

5. Розроблений спосіб ручного транспортування вантажів, який включає переведення вантажного колісного візка з вантажем в транспортне положення і утримування його в ньому та переміщення візка людиною, за яким утримування візка в транспортному положенні відбувається завдяки механічному пристрою без допомоги людини, а переміщення візка здійснюється з постійною швидкістю, шляхом створення колесами сегвея

рушійної сили, на платформі якого знаходиться людина, яка за допомогою даних міні GPS навігатора і приладдя освітлення і світлової сигналізації може здійснювати керування рухом вантажного візка в темний час доби, або при недостатньому освітленні, причому кількість вантажу у візку і відстань пройденого шляху контролюється відповідними приладами із збереженням інформації. Застосування запропонованого способу в системі точного землеробства дозволяє зменшити фізичне навантаження на людину, підвищити продуктивність праці та скоротити тривалість виконання транспортно-вантажних робіт.

6. В результаті моделювання процесу функціонування транспортно-технологічного засобу та проведення теоретичних досліджень тягово-зчіпних властивостей сегвея Іо Сhіс Сrоss встановлено, що в інтервалі швидкостей від 0,5 до 1,7 м/с його тягові можливості обмежені зчіпними властивостями (зчеплення рушія із ґрунтом недостатньо для реалізації корисної потужності двигуна). При подальшому збільшенні швидкості від 1,7 м/с його тягові властивості визначаються корисною потужністю його двигуна (зчеплення достатнє). Аналізом математичного моделювання встановлено, що точка перетинання ліній, яка характеризує зміни корисної потужності і потужності, необхідної для достатнього зчеплення рушіїв з опорною поверхнею, визначає максимально можливу тягову потужність, що дорівнює 1,8 кВт при швидкості гіроциклу в 1,7 м/с, при якій транспортно-технологічний засіб використовується з максимальною ефективністю.

7. При створенні зчіпної ваги транспортно-технологічного засобу вагою сегвею та людини на кожний кілограм експлуатаційної маси він може розвивати тягове зусилля в 4 Н, що становить номінальне тягове зусилля на рівні 0,8 кН.

8. В результаті проведених теоретичних досліджень із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення та сучасних інформаційних технологій створено математичні моделі тягово-енергетичних властивостей сегвеев в складі транспортно-технологічних засобів. Їх аналізом

встановлено, що не збільшення, а навпаки зменшення їх робочих швидкостей руху дозволяє зменшувати енерговитрати на технологічні процеси.

9. Прийняте ефективне рішення про те, що на першому початковому етапі практичної реалізації сегвеїв для складання транспортно-технологічних засобів їх робочі швидкості будуть не вище 1 м/с, а рівень їх енергонасиченості при цьому сягатиме 6 Вт/кг. На другому етапі робочі швидкості їх руху зрівнюються з сучасними традиційними сільськогосподарськими агрегатами і сягатимуть до 2 м/с. Рівень енергонасиченості сегвеїв при цьому, становитиме 11 Вт/кг. Подальше підвищення швидкості руху транспортно-технологічних засобів високої енергонасиченості не вирішує проблему ефективного їх використання. Оскільки в даному випадку при підвищенні темпу наростання питомих тягових опорів робочих органів с.-г. знарядь зростають енергетичні витрати на виконання технологічного процесу.

10. Результатами проведених теоретичних досліджень з моделювання функціонування людини, яка стоїть на платформі сегвея встановлено, що за один нахил відносно свого вертикального положення людина витрачає енергію 7,3 Дж. При здійсненні 2 нахилу за 1 хвилину за 7 годин роботи гіпотетично людина може здійснити 854 нахилів, а отже, витратити енергію 6234 Дж за зміну. Тому доведено, що застосування платформи, яка обладнана сегвеєм, робота людини, за результатами витрат нею енергії, з категорії важкої праці переходить в категорію середньої тяжкості, що знижує її стомлюваність та дозволяє суттєво збільшити продуктивність роботи протягом всієї робочої зміни.

11. Обґрунтовані оптимальні параметри робочого місця людини в положенні стоячи на платформі сегвея, що забезпечить суттєве підвищення продуктивності його роботи в складі транспортно-технологічного засобу. Зокрема, визначено площу охопту зони поля руками людини, стоячи на платформі сегвея. Так при нахилі людини убік відносно свого вертикального положення на 10 град площа охопту поля однією рукою становить  $0,318 \text{ м}^2$ , а

при роботі двома руками – 0,636 м<sup>2</sup>. При нахилі людини убік відносно свого вертикального положення на 30 град площа охопту поля однією рукою становить 0,412 м<sup>2</sup>, а при роботі двома руками – 0,824 м<sup>2</sup>. Працюючи на платформі, яка обладнана сегвеем, амплітуда зони охопту поля руками не перевищує 650 мм.

12. У відповідності до вимог чинного законодавства України розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при використанні БПЛА на внесенні агрохімікатів і біопрепаратів у сільськогосподарському виробництві.

13. Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що використання транспортно-технологічного засобу, побудованого на основі сегвея на посіві с.-г. культур сівалкою СЛМ-2/2 дозволить на кожному га заощаджувати 470,7 грн. За рахунок більшої продуктивності роботи та менших витрат на енергоносії в порівнянні з базовим сільськогосподарським агрегатом, побудованим на основі мотоблока дозволить отримати річний економічний ефект в сумі 15873,9 грн. Затрати на придбання нового транспортно-технологічного засобу при його річному зональному завантаженні окупляться за 4,0 років.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Резник Е.И. Особенности выбора и использования техники для личных подсобных хозяйств. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1998. № 4. С. 13 – 17.
2. Мобільні засоби малої механізації сільськогосподарських робіт. Трактори малогабаритні. Типи та основні параметри: ГОСТ 28523-90. К., 1990. 12 с.
3. Бурлаков В.В., Зикунов М.Е., Иовлев Н.Н. Мини-тракторы. Л.: Машиностроение, 1987. 272 с.
4. Мітков В.Б. Методика визначення оцінки рівня екологічної безпеки сільськогосподарських агрегатів / В.Б. Мітков, В.П. Кувачов // Вісник Сумського НАУ. – Суми: Сумський НАУ, 2016. - Вип. 10/3 (31). - С. 6-10.
5. Ипатов А.А., Дзоценидзе Т.Д., Минкин И.М. и др. Первый в мире типаж мобильных малогабаритных АТС для сельского хозяйства. *Автомобильная промышленность*. 2008. №10. С. 10-13.
6. Панина В.В. Средства механизации в фермерском хозяйстве. *Праці ТДАТУ*. 2004. Вип. 17. С.114-118.
7. Филиппов Р.А., Утков Ю.А. Технические средства для совершенствования ручного сбора ягод земляники на промышленной плантации. *Садоводство и виноградарство*. 2010. №2. С. 37-40.
8. Жихарев В.Л., Войпаш А.С. Малогабаритные блочно-мобильные машины. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1995. № 3. С. 18 – 20.
9. Филиппов Р.А. Платформа для рационализации уборки ягод земляники. *Конструирование, использование и надёжность машин сельскохозяйственного назначения*. 2011. №1. С. 20-24.
10. Мітков В.Б. Альтернативний спосіб глибокого обробітку ґрунту в умовах півдня України / В.Б. Мітков, В.П. Кувачов, Є.І. Ігнат'єв, В.О. Мітков // Вісник Сумського НАУ. – Суми: Сумський НАУ, 2016. - Вип. 10/1 (29). - С. 20-25.

11. Кувачов В.П. Кінематика повороту ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства / В.П. Кувачов // Вісник Сумського НАУ. – Суми: Сумський НАУ, 2016. - Вип. 10/2 (30). - С. 46-49.

12. Мітков В.Б. Вплив та екологічна оцінка рівня шкідливих речовин відпрацьованих газів дизельних двигунів в залежності від режимів роботи МТА / В.Б. Мітков, В.П. Кувачов, Є.І. Ігнат'єв // Вестник УВ МААО. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. - Вип. 4. - С. 78-88.

13. Надикто В.Т. Оцінка керованості руху ширококоліїних енерготехнологічних засобів механізації сільськогосподарського виробництва / В.Т. Надикто, В.П. Кувачов // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип. 6., т.1. – С. 99-110.

14. Мясищев Д.Г. Снижение затрат труда при управлении мотоблоком / Мясищев Д.Г. // Тракторы и сельскохозяйственные машины.–1998.–№ 4.–С. 37–39.

15. Паніна В.В. Обґрунтування параметрів малогабаритного трактора. *Праці ТДАТУ*. 1998. Вип. 1, т. 4. С.120-122.

16. Паніна В.В. Випробування малогабаритного енергетичного засобу з автоматичною плавнорегульованою трансмісією. *Праці ТДАТУ*. 2000. Вип.1, т.15. С.172-174.

17. Кувачев В. Моделирование плоско-параллельного движения в вертикальной плоскости ширококолейного агросредства для колёйной системы земледелия / В. Кувачев, В. Митков, О. Шульга // Motrol. – 2016. – Vol.18, №1. – С. 3-12.

18. Ипатов А.А. Создание новых средств развития транспортной инфраструктуры: проблемы и решения. М.: Металургиздат, 2008. 272 с.

19. Дзоценидзе Т.Д. Новый транспорт сельскохозяйственного назначения. *Аграрная наука*. 2009. №.1. С. 29-32.

20. Дзоценидзе Т.Д. Производственно-логистический комплекс для выпуска МТС сельскохозяйственного назначения. *Технология машиностроения*. 2009. №.4. С. 57-67.
21. Ипатов А.А., Кисуленко Б.В., Дзоценидзе Т.Д. Концепция обеспечения безопасности малогабаритных транспортных средств с широкими функциональными возможностями. *Труды НАМИ: Автомобили, двигатели и их компоненты*. 2008. Вып. 239. С. 18-23.
22. Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П. Використання техніки в АПК: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 268 с.
23. Гранкіна О.В., Гранкін С.Г. Гарантування безпеки при конструюванні та експлуатації мобільних засобів малої механізації сільськогосподарських робіт. *Праці ТДАТУ*. 2008. Вип.1. С.14-17.
24. Основы охраны труда: підручник / Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін. К.: Основа, 2006. 444 с.
25. Рогач Ю.П., Гранкіна О.В., Вітер Г.Ю. Охрана труда: навчальний посібник. Мелітополь: ТДАТА, 2007. 160 с.
26. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування: ДСТУ 4397:2005. К., 2005.
27. Мазнев Г.Є. Турченко М.М., Щетинін М.Д. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК. Харків: ХДТУСГ, 2001. 400 с.
28. Дробот В.І., Лузан Ю.Я, Саблука П.Т. Економічний довідник аграрника. К.: Преса України, 2003. 800 с.