МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Вдовиченко Андрій Миколайович

УДК 631.3:633.63:631.333

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення комплексу машин для вирощування цукрових буряків з модернізацією розкидача органічних добрив

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Вдовиченко А.М.

Керівник роботи
Савченко В.М.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Вдовиченко Андрій Миколайович. Удосконалення комплексу машин для вирощування цукрових буряків з модернізацією розкидача органічних добрив. *– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення комплексу машин для вирощування цукрових буряків з модернізацією універсального причіпного розкидача органічних добрив горизонтальними подрібнювальними барабанами. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності механізованого вирощування цукрових буряків, поліпшення якості внесення органічних добрив і зменшення виробничих витрат. У роботі проаналізовано технологію вирощування цукрових буряків, агротехнічні вимоги до основних операцій та значення органічного удобрення для підвищення родючості ґрунту. Обґрунтовано склад комплексу машин для виконання технологічних операцій з урахуванням умов Житомирської області та потреби своєчасного виконання польових робіт. Особливу увагу приділено операції розкидання органічних добрив, яку передбачено виконувати удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10. Запропонована модернізація розкидача ПРТ-10 шляхом встановлення горизонтальних подрібнювальних барабанів спрямована на покращення подрібнення добрив і підвищення рівномірності їх розподілу по поверхні поля. У конструктивній частині роботи виконано розрахунки, що підтверджують працездатність запропонованого технічного рішення та доцільність його використання у виробничих умовах. У розділі охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори під час експлуатації агрегату Т-150К+ПРТ-10 і запропоновано заходи щодо безпечного виконання робіт. Техніко-економічне обґрунтування показало, що впровадження модернізованого розкидача дозволяє підвищити продуктивність агрегату, зменшити експлуатаційні витрати та покращити якість внесення органічних добрив. Результати роботи можуть бути використані в сільськогосподарських підприємствах для підвищення ефективності вирощування цукрових буряків і раціонального використання машинно-тракторного парку.

Ключові слова: цукрові буряки; комплекс машин; органічні добрива; розкидач ПРТ-10; горизонтальні подрібнювальні барабани; техніко-економічна ефективність.

ANNOTATION

Andrii Mykolaiovych Vdovichenko. Improvements to the range of machinery for growing sugar beet, including the modernisation of the organic fertiliser spreader. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines the improvement of machinery for sugar beet cultivation, specifically the modernisation of a universal trailed organic fertiliser spreader with horizontal shredding drums. The relevance of the topic stems from the need to increase the efficiency of mechanised sugar beet cultivation, improve the quality of organic fertiliser application and reduce production costs. The thesis analyses sugar beet cultivation technology, agronomic requirements for key operations and the importance of organic fertilisation for improving soil fertility. The composition of the machinery complex for performing technological operations is justified, taking into account the conditions of the Zhytomyr region and the need for timely field work. Particular attention is paid to the operation of spreading organic fertilisers, which is intended to be carried out using the improved T-150K+PRT-10 unit. The proposed modernisation of the PRT-10 spreader by installing horizontal grinding drums is aimed at improving the grinding of fertilisers and increasing the uniformity of their distribution across the field surface. The design section of the work includes calculations confirming the feasibility of the proposed technical solution and the advisability of its use in production conditions. The occupational health and safety section identifies the main hazardous and harmful factors during the operation of the T-150K+PRT-10 unit and proposes measures for the safe performance of work. The technical and economic justification has shown that the introduction of the modernised spreader allows for an increase in the unit’s productivity, a reduction in operating costs, and an improvement in the quality of organic fertiliser application. The results of this work can be utilised by agricultural enterprises to improve the efficiency of sugar beet cultivation and the rational use of machinery and tractor fleets.

Keywords: sugar beet; machinery complex; organic fertilisers; ПРТ-10 spreader; horizontal shredding drums; technical and economic efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП……8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ……..…..11
1.1. Значення культури і вихідні умови формування технології……..……11
1.2. Природно-кліматичні та ґрунтові умови Житомирщини…….....….12
1.3. Аналіз основних технологічних операцій вирощування……...….13
1.4. Комплекс машин для виконання технологічного процесу…….15
1.5. Значення органічних добрив і вимоги до їх внесення……..……..16
1.6. Перспективні шляхи вдосконалення технології для умов області……....17
Висновки по розділу…….….18
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ……...……....19
2.1. Вихідні умови проєктування технології…….....…….19
2.2. Агротехнічні вимоги до вирощування цукрових буряків…….…….20
2.3. Обґрунтування складу сучасного комплексу машин……..…...…22
2.4. Розробка технологічної схеми вирощування……..……25
2.5. Розрахунок обсягів робіт і потреби в агрегатах……..…...….26
2.6. Технологічна карта вирощування цукрових буряків на площі 800 га…..28
2.7. Перспективні напрями удосконалення технології……..……30
Висновки по розділу……..……30
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ……..…...…..31
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ……...…….…….37
4.1. Загальні положення з охорони праці під час вирощування цукрових буряків……....37
4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів……...….38
4.3. Вимоги безпеки під час роботи агрегату Т-150К+ПРТ-10……...…..…40
4.4. Санітарно-гігієнічні вимоги та засоби індивідуального захисту……41

4.5. Розрахункова оцінка безпеки виконання робіт……..……42
4.6. Пожежна безпека та дії в аварійних ситуаціях……..…….46
4.7. Заходи щодо поліпшення умов праці……..……...……..47
Висновки по розділу……..48
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……...…50
5.1. Мета та вихідні положення техніко-економічного обґрунтування……..…..50
5.2. Розрахунок обсягу робіт та потреби в органічних добривах……..…..….52
5.3. Капітальні вкладення на модернізацію агрегату Т-150К+ПРТ-10……52
5.4. Розрахунок продуктивності та тривалості виконання робіт……..……54
5.5. Розрахунок витрат пального та оплати праці……..……55
5.6. Визначення експлуатаційних витрат……....……..55
5.7. Економічний ефект від підвищення якості внесення добрив……....57
5.8. Загальний річний економічний ефект та строк окупності…….....58
5.9. Аналіз чутливості результатів та виробничі переваги модернізації…....59
Висновки по розділу……..……60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…….……..62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...……..65

.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Цукрові буряки є однією з найважливіших технічних культур України, яка має велике народногосподарське значення та є основною сировиною для виробництва цукру. Крім того, побічна продукція переробки цукрових буряків використовується у тваринництві та інших галузях агропромислового комплексу. Висока продуктивність цієї культури значною мірою залежить від рівня родючості ґрунту, якості виконання технологічних операцій, своєчасності проведення польових робіт і правильного підбору комплексу машин.

У сучасних умовах сільськогосподарського виробництва особливого значення набуває питання підвищення ефективності механізованих технологій вирощування цукрових буряків. Це пов’язано з необхідністю зменшення витрат пального, праці та матеріальних ресурсів, скорочення строків виконання робіт, підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів і забезпечення високої якості агротехнічних операцій. Одним із важливих напрямів підвищення врожайності цукрових буряків є раціональне застосування органічних добрив, які сприяють поліпшенню фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту.

Внесення органічних добрив є відповідальною технологічною операцією, оскільки від рівномірності їх розподілу по поверхні поля залежить ефективність використання поживних речовин, розвиток кореневої системи рослин, формування врожаю та якість коренеплодів. Недостатнє подрібнення добрив або нерівномірне їх розкидання призводить до погіршення умов живлення рослин, перевитрати добрив, зниження агротехнічної якості операції та збільшення виробничих витрат.

Тому удосконалення машин для внесення органічних добрив є актуальним завданням для сучасного агроінженерного виробництва.

У даній кваліфікаційній роботі передбачено удосконалення комплексу машин для вирощування цукрових буряків з модернізацією універсального причіпного розкидача органічних добрив горизонтальними подрібнювальними барабанами. Розкидання органічних добрив здійснюється удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10, що дає змогу підвищити якість подрібнення добрив, забезпечити більш рівномірне їх розподілення по поверхні поля та поліпшити умови подальшого загортання у ґрунт. Модернізація розкидача ПРТ-10 спрямована на підвищення продуктивності агрегату, зменшення нерівномірності внесення та покращення експлуатаційних показників машини.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності технології вирощування цукрових буряків шляхом раціонального підбору комплексу машин і вдосконалення технічних засобів для внесення органічних добрив. Використання модернізованого агрегату Т-150К+ПРТ-10 дозволяє підвищити якість виконання операції, зменшити втрати робочого часу, покращити використання органічних добрив і створити сприятливі умови для формування стабільної врожайності культури

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення комплексу машин для вирощування цукрових буряків та модернізація універсального причіпного розкидача органічних добрив ПРТ-10 шляхом застосування горизонтальних подрібнювальних барабанів для підвищення якості й ефективності внесення добрив.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– проаналізувати технологію вирощування цукрових буряків та визначити основні напрями її вдосконалення;

– обґрунтувати склад комплексу машин для виконання основних технологічних операцій;

– розробити технологічну карту вирощування цукрових буряків;

– проаналізувати роботу машин для внесення органічних добрив;

– обґрунтувати доцільність використання агрегату Т-150К+ПРТ-10;

– запропонувати модернізацію розкидача ПРТ-10 горизонтальними подрібнювальними барабанами;

– виконати необхідні конструктивні, технологічні та експлуатаційні розрахунки;

– розробити заходи з охорони праці під час виконання механізованих робіт;

– визначити техніко-економічну ефективність запропонованих проєктних рішень.

Об’єктом дослідження є технологічний процес вирощування цукрових буряків із застосуванням комплексу машин для виконання основних польових операцій.

Предметом дослідження є процес внесення органічних добрив удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10 та конструктивно-технологічні параметри модернізованого розкидача.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В.Л., Шевчук О.А., Дем’янчук В.П., Вдовиченко А.М., Омельчук С.М. Особливості роботи машин для внесення твердих органічних добрив. Матеріали VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/kulykivskyj_26-2.pdf (дата звернення: 03.06.2026).

2. Білецький В.Р., Шаповал М.О., Вдовиченко А.М., Омельчук С.М. Способи посіву цукрових буряків. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 134-136.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих рішень для підвищення ефективності механізованого вирощування цукрових буряків шляхом удосконалення комплексу машин та

модернізації розкидача органічних добрив. Запропоновані технічні й організаційні заходи спрямовані на покращення якості внесення органічних добрив, забезпечення більш рівномірного їх розподілу по поверхні поля, зменшення втрат поживних речовин і підвищення родючості ґрунту.

Результати роботи можуть бути використані в сільськогосподарських підприємствах, фермерських господарствах та навчально-виробничих підрозділах під час планування і виконання технологічних операцій з вирощування цукрових буряків. Модернізація розкидача органічних добрив дає змогу підвищити продуктивність агрегату, зменшити витрати праці, пального та часу на виконання операції, а також покращити експлуатаційні показники машини.

Запропоновані конструктивні удосконалення можуть бути впроваджені під час ремонту, технічного обслуговування або переобладнання наявної сільськогосподарської техніки без значного ускладнення її конструкції. Це дозволяє підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку господарства, зменшити собівартість виконання польових робіт і забезпечити кращі умови для формування високого врожаю цукрових буряків.

Окремі положення роботи можуть бути використані як практичні рекомендації для спеціалістів агроінженерного профілю, механіків, інженерів сільськогосподарських підприємств, а також у навчальному процесі під час вивчення дисциплін, пов’язаних із механізацією рослинництва, експлуатацією машинно-тракторного парку та технологіями внесення добрив

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 39 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 65 сторінок комп’ютерного тексту, містить 1 рисунок, 13таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Значення культури і вихідні умови формування технології

Цукрові буряки є однією з найважливіших технічних культур бурякоцукрового підкомплексу України. Вони забезпечують сировину для виробництва цукру, а побічна продукція переробки використовується у тваринництві та інших напрямах аграрного виробництва. Культура відзначається високою потенційною продуктивністю, але потребує значних матеріальних, енергетичних і трудових витрат. Тому ефективність її вирощування визначається не лише врожайністю, а й узгодженістю всіх технологічних операцій: підготовки ґрунту, удобрення, сівби, догляду за посівами, збирання і транспортування коренеплодів.

На відміну від багатьох зернових культур, цукрові буряки дуже чутливо реагують на нерівномірність умов у межах поля. Неоднакова глибина обробітку, грудкувата поверхня, строкате розміщення добрив, ущільнені колії або пропуски під час догляду призводять до нерівномірних сходів і різної маси коренеплодів. У подальшому це ускладнює механізоване збирання, збільшує втрати та погіршує якість цукросировини. Отже, технологія вирощування повинна бути спрямована на формування вирівняного посіву з оптимальною густотою рослин і стабільним живленням протягом усього вегетаційного періоду.

Для умов Житомирської області особливого значення набуває адаптація технології до неоднорідного ґрунтового покриву і змінного зволоження.

Північна частина області має поліський характер із поширенням легших і менш родючих ґрунтів, тоді як центральні та південні райони ближчі до лісостепових умов. У зв'язку з цим важливими є підтримання

родючості, вапнування кислих ґрунтів, раціональне використання органічних добрив і добір машин, здатних якісно працювати на полях з різною вологістю та механічним складом ґрунту. Одним із таких напрямів є модернізація універсального причіпного розкидача органічних добрив горизонтальними подрібнювальними барабанами.

1.2. Природно-кліматичні та ґрунтові умови Житомирщини

Житомирська область розташована у зоні переходу Полісся до Лісостепу, що визначає різноманітність умов для землеробства. Клімат області помірно континентальний, із порівняно вологим літом і м'якою зимою. Для цукрових буряків така кліматична характеристика загалом сприятлива, однак реальна продуктивність культури залежить від розподілу опадів упродовж вегетації. Весняний дефіцит вологи погіршує появу сходів, літні посушливі періоди обмежують наростання листкової поверхні, а надмірне зволоження восени ускладнює збирання та транспортування коренеплодів.

Ґрунтовий покрив області є строкатим. У поліській частині поширені дерново-підзолисті, супіщані, піщані й оглеєні ґрунти, які часто мають підвищену кислотність, невисокий вміст гумусу і меншу буферність. Для них потрібні систематичне органічне удобрення, вапнування, збереження вологи та обмеження зайвого механічного розпушування навесні. У центральній і південній частинах трапляються сірі лісові, темно-сірі опідзолені ґрунти та опідзолені чорноземи. Вони придатніші для цукрових буряків, але також потребують контролю щільності орного шару і рівномірного розміщення поживних речовин.

Урожайність буряків у регіоні значною мірою залежить від того, наскільки технологія враховує ці відмінності. На легких ґрунтах доцільно спрямовувати систему обробітку на збереження вологи і підвищення вмісту органічної речовини. На важчих суглинках необхідно запобігати утворенню плужної підошви, підтримувати добру водопроникність та уникати

запливання поверхні. Для всіх типів ґрунтів спільною вимогою є якісне внесення органічних добрив, оскільки воно поліпшує структуру ґрунту, живлення рослин і стійкість посівів до стресових умов.

Таблиця 1.1 – Особливості умов Житомирської області та технологічні заходи

Умова	Можливий вплив	Необхідний технологічний захід
Легкі дерново-підзолисті ґрунти	Швидке пересихання, низька буферність	Органіка, вапнування, ощадний весняний обробіток
Сірі лісові та опідзолені ґрунти	Ризик ущільнення і брилуватості	Глибокий основний обробіток, вирівнювання поля
Нестійке весняне зволоження	Зрідження сходів, нерівномірна густота	Своєчасний передпосівний обробіток і точна сівба
Надмірна забур’яненість	Конкуренція за вологу та живлення	Сівозміна, лущення стерні, інтегрований захист
Нерівномірне внесення органіки	Строкатий розвиток рослин	Розкидач із якісним подрібненням і розподілом

1.3. Аналіз основних технологічних операцій вирощування

Першою умовою стабільного виробництва цукрових буряків є правильне розміщення культури в сівозміні. Найкращими попередниками є озимі зернові, розміщені після багаторічних бобових трав або зернобобових культур. Вони залишають поле відносно чистим від бур'янів, сприяють накопиченню вологи і не створюють високого фітосанітарного ризику. Небажано висівати буряки після культур, які сильно висушують ґрунт або сприяють накопиченню спільних шкідників і хвороб. Повернення культури на те саме поле через короткий період веде до виснаження ґрунту, зростання забур'яненості та погіршення фітосанітарного стану.

Після збирання попередника проводять післяжнивний обробіток. Його завданням є подрібнення рослинних решток, провокування проростання бур'янів, закриття вологи та підготовка поля до внесення добрив. В умовах Житомирської області ця операція повинна виконуватися без затримки, оскільки на легких ґрунтах швидко втрачається волога, а на важчих утворюються брили. При значному забур'яненні доцільно застосовувати

повторні обробітки з урахуванням видового складу бур'янів і вологості ґрунту.

Основний обробіток ґрунту під цукрові буряки має створити глибокий, добре розпушений орний шар. Після внесення органічних і фосфорно-калійних добрив проводять зяблеву оранку або інший глибокий обробіток, який забезпечує загортання добрив і формування умов для розвитку кореневої системи. На полях із ущільненим підорним горизонтом доцільне періодичне глибоке розпушення або щілювання. Якщо цього не робити, коренеплоди можуть розгалужуватися, погіршується використання вологи і знижується якість механізованого збирання.

Весняний обробіток повинен бути поверхневим, своєчасним і спрямованим на збереження вологи. Його виконують тоді, коли ґрунт досяг фізичної стиглості і добре кришиться. Основна мета полягає у вирівнюванні поверхні, руйнуванні кірки та створенні посівного ложа з твердим вологим підґрунтям і розпушеним верхнім шаром. Розрив між передпосівним обробітком і сівбою має бути мінімальним, оскільки пересихання верхнього шару різко зменшує польову схожість насіння.

Сівбу цукрових буряків проводять сівалками точного висіву з дотриманням заданої глибини та рівномірної відстані між насінинами. Важливими є каліброване насіння, налаштування висівних апаратів, стабільна швидкість агрегату і відсутність грудок у посівному шарі. Оптимальна густота рослин повинна забезпечувати повне використання площі живлення без надмірної конкуренції. Однорідні сходи полегшують подальший захист рослин, міжрядний обробіток і формування вирівняної маси коренеплодів.

Догляд за посівами включає боротьбу з бур'янами, хворобами та шкідниками, а також підтримання сприятливого повітряно-водного режиму в міжряддях. У початковий період розвитку буряки слабко конкурують із бур'янами, тому запізнення із захисними заходами може суттєво зменшити врожай. Доцільним є поєднання агротехнічних заходів, міжрядного

обробітку та хімічного захисту. Збирання повинно забезпечити мінімальні втрати і пошкодження коренеплодів, що можливе лише за рівної поверхні поля, правильно сформованої густоти та однорідного розвитку рослин.

1.4. Комплекс машин для виконання технологічного процесу

Комплекс машин для вирощування цукрових буряків повинен забезпечувати послідовне і своєчасне виконання всіх операцій. До нього входять трактори відповідного тягового класу, машини для лущення стерні, розкидачі органічних і мінеральних добрив, плуги або глибокорозпушувачі, передпосівні комбіновані агрегати, сівалки точного висіву, обприскувачі, міжрядні культиватори, бурякозбиральні машини та транспортні засоби. Вибір конкретного складу машин залежить від площі посівів, строків виконання робіт, типів ґрунтів і наявного тракторного парку господарства.

Найбільш енергоємними операціями є основний обробіток ґрунту, внесення органічних добрив і збирання. Тому під час формування машинного комплексу важливо зменшити кількість зайвих проходів, забезпечити достатню продуктивність агрегатів і підвищити надійність їх роботи. Особливе місце займає розкидач органічних добрив, оскільки його якість роботи безпосередньо впливає на родючість поля і рівномірність розвитку посіву.

Таблиця 1.2 – Орієнтовний список операцій.

Операція	Мета	Машини	Основна вимога
Лущення стерні	Збереження вологи, знищення бур’янів	Дискові лущильники, борони	Рівномірна глибина
Внесення органіки	Поповнення гумусу і поживних речовин	Причіпні розкидачі	Рівномірність норми
Основний обробіток	Розпушення і загортання добрив	Плуги, глибокорозпушувачі	Відсутність огріхів
Передпосівний обробіток	Створення посівного ложа	Комбіновані культиватори	Глибина 2–4 см
Сівба	Формування густоти	Сівалки точного висіву	Однакова глибина
Догляд і захист	Знищення бур’янів і шкідників	Обприскувачі, культиватори	Без пошкодження рослин
Збирання	Викопування і очищення коренеплодів	Бурякозбиральні машини	Мінімальні втрати

1.5. Значення органічних добрив і вимоги до їх внесення

Цукрові буряки виносять з урожаєм значну кількість елементів живлення, тому система удобрення повинна бути збалансованою. Органічні добрива мають комплексну дію: вони є джерелом поживних речовин, підвищують вміст гумусу, покращують структуру, водопроникність і вологоємність ґрунту. Для Житомирської області це особливо важливо, бо значна частина ґрунтів має невисокий природний запас гумусу та потребує постійного відтворення родючості.

Найдоцільніше вносити органічні добрива восени під основний обробіток. У такому разі маса рівномірно загортається в орний шар і встигає пройти початкові процеси мінералізації до початку активного живлення рослин. Весняне внесення під цукрові буряки менш бажане, оскільки грубі неперепрілі включення погіршують якість передпосівного обробітку, перешкоджають точній роботі сівалки і можуть зумовити нерівномірні сходи. Тому якість осіннього розподілу органічних добрив є одним із вирішальних чинників майбутньої продуктивності посіву.

Основними показниками якості роботи розкидача є рівномірність подачі маси, ступінь її подрібнення, ширина захвату і стабільність норми внесення. Тверді органічні добрива часто мають неоднакову вологість і щільність, містять солому, грудки та ущільнені фрагменти. Без попереднього подрібнення така маса розкидається нерівномірно, утворює скупчення, гірше загортається у ґрунт і створює строкатість живлення. У посівах буряків це проявляється різною інтенсивністю росту, неоднаковою масою коренеплодів і складнішими умовами збирання.

Встановлення горизонтальних подрібнювальних барабанів на універсальному причіпному розкидачі дає змогу усунути частину цих недоліків. Барабани приймають масу від транспортера, руйнують великі грудки, розпушують матеріал і формують більш рівномірний потік до розкидальних органів. Завдяки цьому зменшується пульсація подачі, підвищується рівномірність розподілу по ширині захвату і покращується

подальше загортання добрив у ґрунт. Для технології вирощування цукрових буряків така модернізація є обґрунтованою, оскільки вона сприяє створенню однорідного фону живлення.

1.6. Перспективні шляхи вдосконалення технології для умов області

Першим перспективним напрямом є зональна адаптація системи обробітку ґрунту. На легких поліських ґрунтах необхідно мінімізувати втрати вологи, уникати надмірного весняного розпушування і підтримувати вміст органічної речовини. На важчих ґрунтах центральної та південної частин області важливо контролювати ущільнення, періодично застосовувати глибоке розпушення та забезпечувати вирівнювання поля. Такий підхід дає змогу зменшити негативний вплив погодних коливань і створити стабільні умови для проростання насіння.

Другим напрямом є удосконалення системи удобрення. Вона повинна поєднувати органічні добрива, мінеральне живлення, вапнування кислих ґрунтів і використання сидеральних культур. Внесення органічних добрив необхідно виконувати з високою рівномірністю, оскільки саме ця операція закладає основу родючості поля на весь період вегетації. Модернізований розкидач із горизонтальними подрібнювальними барабанами відповідає цьому завданню, бо забезпечує кращу підготовку маси до розподілу і зменшує нерівномірність удобрення.

Третім напрямом є підвищення точності виконання польових операцій. Використання навігаційних систем, контролю перекриттів, якісних сівалок точного висіву та налаштованих обприскувачів дозволяє зменшити перевитрати насіння, пального, добрив і засобів захисту. Для культури з високими витратами це істотно впливає на собівартість. Крім того, точні траєкторії руху агрегатів зменшують ущільнення ґрунту і полегшують догляд за посівами.

Четвертим напрямом є підвищення надійності та ремонтопридатності машин. Розкидачі органічних добрив працюють у складних умовах, оскільки контактують із вологою, важкою та неоднорідною масою. Тому модернізація повинна передбачати міцні робочі органи, захищені підшипникові вузли, надійний привід барабанів, можливість регулювання подачі транспортера і зручне очищення. У результаті господарство отримує не тільки якісніше розкидання, а й менші простої під час напружених строків осінніх польових робіт.

Висновки по розділу

Проведений аналіз свідчить, що вирощування цукрових буряків у Житомирській області потребує диференційованого підходу до вибору технологічних прийомів і складу машин. Регіон поєднує поліські та лісостепові умови, тому необхідно враховувати тип ґрунту, його кислотність, забезпеченість гумусом, вологість і схильність до ущільнення. Основними умовами стабільної врожайності є правильна сівозміна, якісний післяжнивний та основний обробіток, ощадний весняний обробіток, точна сівба, своєчасний догляд і мінімізація втрат під час збирання.

Одним із найважливіших резервів удосконалення технології є підвищення якості внесення органічних добрив. Нерівномірний розподіл гною або компосту спричиняє строкатість живлення, різний розвиток рослин і ускладнення механізованого збирання. Модернізація універсального причіпного розкидача органічних добрив горизонтальними подрібнювальними барабанами є перспективним рішенням для умов Житомирської області. Вона спрямована на кращу підготовку органічної маси до розкидання, підвищення рівномірності внесення та створення більш стабільних умов для формування врожаю цукрових буряків.

РОЗДІЛ 2
ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Вихідні умови проєктування технології

Проєктування технології вирощування цукрових буряків виконано для умов Житомирської області з урахуванням площі посіву 800 га, необхідності застосування органічної системи удобрення та використання удосконаленого агрегату Т-150К+ПРТ-10 для внесення органічних добрив. Головною метою розділу є формування такого комплексу машин, який забезпечує своєчасне виконання польових робіт, зменшує втрати врожаю, підвищує рівномірність розподілу добрив і створює оптимальні умови для росту коренеплодів.

Житомирська область належить до зони достатнього, але нерівномірного зволоження. Для буряків це має подвійне значення: з одного боку, культура позитивно реагує на запаси вологи у метровому шарі ґрунту, з іншого боку, надмірне перезволоження окремих ділянок навесні може затримувати строки підготовки поля та посіву. Тому технологія повинна передбачати раннє закриття вологи, мінімізацію зайвих проходів техніки і якісне вирівнювання поверхні поля ще з осені.

Ґрунтовий покрив області різнорідний: у господарствах можуть переважати сірі лісові ґрунти, чорноземи опідзолені, дерново-підзолисті та перехідні різновиди. Для цукрових буряків найціннішими є добре окультурені, структурні, достатньо забезпечені кальцієм і поживними речовинами ґрунти з нейтральною або слабокислою реакцією.

На кислих ґрунтах ефективність мінерального живлення знижується, а польова схожість насіння стає менш стабільною, тому у практичній технології доцільно передбачати агрохімічний контроль та, за потреби, вапнування у попередні роки сівозміни.

Вирощування цукрових буряків на площі 800 га потребує високої організації технологічного процесу. Культура має дрібне насіння, повільно

росте на початкових фазах, чутлива до ущільнення ґрунту і забур’янення. Саме тому технологічний ланцюг повинен поєднувати потужні трактори для основного обробітку, високоточні сівалки для формування рівномірного рядка, сучасні обприскувачі для захисту посівів та продуктивний бурякозбиральний комбайн. Окрему увагу необхідно приділити внесенню органічних добрив, оскільки воно є енергомісткою операцією і істотно впливає на структуру ґрунту та майбутню врожайність.

За базову врожайність у проєкті прийнято 50 т/га. За такої врожайності валовий збір коренеплодів становитиме 40 000 т. Норма внесення органічних добрив прийнята 40 т/га, що для площі 800 га відповідає загальному обсягу 32 000 т. Мінеральне удобрення, система захисту рослин і кількість міжрядних обробітків уточнюються залежно від результатів агрохімічного аналізу, забур’яненості поля та погодних умов року, проте в технологічній карті наведено типовий комплекс робіт для інтенсивної технології.

2.2. Агротехнічні вимоги до вирощування цукрових буряків

Цукрові буряки найкраще розміщувати після озимих зернових, зернобобових або культур, які рано звільняють поле й дають можливість якісно виконати післяжнивний обробіток. Недоцільно розміщувати буряки після культур, що сильно висушують ґрунт або залишають після себе значну кількість важкорозкладних решток без належного подрібнення. Повернення буряків на попереднє поле бажано здійснювати не раніше ніж через 3-4 роки, оскільки це зменшує поширення хвороб, шкідників і спеціалізованих бур’янів.

Основний обробіток ґрунту має забезпечити глибокий розпушений шар, вільний розвиток коренеплоду, накопичення вологи та якісне загортання органічних добрив. Для умов Житомирської області доцільним є поєднання лущення стерні, внесення органіки, дискового загортання добрив та оранки або глибокого безполицевого обробітку на глибину 28-32 см. На ущільнених ділянках необхідне локальне розущільнення до 35-40 см,

особливо на поворотних смугах і в місцях систематичного руху транспортних засобів.

Передпосівний обробіток повинен створити дрібногрудочкувате, щільне внизу та розпушене зверху насіннєве ложе. Глибина посіву насіння, як правило, становить 2,5-3,5 см залежно від вологості ґрунту та гранулометричного складу. Поверхня поля має бути вирівняною, тому що навіть невеликі гребені або колії ускладнюють стабільну роботу сівалки, погіршують точність загортання насіння і в подальшому збільшують втрати під час збирання.

Сівбу необхідно проводити тоді, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогрівається до стійких 5-6 °С і має достатню вологість. Для інтенсивної технології рекомендоване міжряддя 45 см, що відповідає поширеним схемам вирощування та конструкції бурякозбиральних машин. Орієнтовна кінцева густота стояння рослин повинна становити 95-105 тис. шт./га. Для досягнення цього показника важливо забезпечити рівномірний висів, коректне налаштування вакуумної або механічної висівної системи, контроль притискного зусилля сошників і швидкість руху агрегату в межах, що не погіршують точність розкладки насіння.

Система догляду за посівами включає хімічний захист, міжрядний обробіток і підживлення. На початкових фазах розвитку буряки програють бур’янам у темпах росту, тому захист посівів має бути превентивним і багатоступеневим. У проєктній технології передбачено досходове внесення гербіциду, два післясходові обприскування, інсектицидно-фунгіцидний захист за потреби та два міжрядні розпушування. Такий підхід дозволяє зменшити конкуренцію бур’янів, підтримати аерацію ґрунту та зберегти вологу у міжряддях.

Збирання буряків необхідно організувати так, щоб коренеплоди були мінімально травмовані, добре очищені від ґрунту і своєчасно вивезені з поля. Для площі 800 га продуктивність комбайна та транспортного забезпечення має вирішальне значення, адже затягування строків збирання збільшує ризик

втрат від перезволоження, приморозків і пошкодження ґрунтової структури. Тому у комплексі машин передбачено високопродуктивний самохідний бурякозбиральний комбайн і достатню кількість транспортних засобів для безперервного відвезення коренеплодів.

2.3. Обґрунтування складу сучасного комплексу машин

Комплекс машин для 800 га цукрових буряків має поєднувати універсальність, достатню потужність і технологічну сумісність між окремими операціями. Для основного обробітку та роботи з широкозахватними ґрунтообробними агрегатами доцільно використовувати трактор тягово-енергетичного класу 300-410 к.с. У проєкті як базовий сучасний трактор важкого класу прийнято John Deere 8R 410, який може агрегатуватися з напівнавісним плугом, глибокорозпушувачем, важкою дисковою бороною та широкозахватним культиватором. Альтернативою в умовах господарства можуть бути Fendt 936 Vario, Case IH Magnum 340 або CLAAS Axion 930, якщо вони доступні в машинно-тракторному парку.

Для середніх за енергоємністю робіт, таких як передпосівна культивація, сівба, міжрядний обробіток і внесення мінеральних добрив, передбачено трактори потужністю 170-260 к.с. Доцільними є John Deere 6R 250, New Holland T7.270, CLAAS Arion 650 або МТЗ-3522 у разі використання наявної техніки. Такі трактори забезпечують достатню вантажопідйомність навісної системи, роботу з ISOBUS-обладнанням і можливість використання систем паралельного водіння.

Органічні добрива в проєкті вносяться удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10. Його використання обґрунтовується наявністю такого агрегату в господарстві, достатньою вантажопідйомністю причепа-розкидача та модернізацією розкидального пристрою горизонтальними подрібнювальними барабанами. Удосконалення має забезпечити краще подрібнення гнойової маси, стабільнішу подачу до робочих органів і рівномірніше розподілення органіки по ширині захвату. Для площі 800 га і

норми 40 т/га доцільно використовувати не менше трьох таких агрегатів або організовувати роботу у подовжену зміну з попереднім підвезенням добрив до краю поля.

Для сівби цукрових буряків підібрано високоточну сівалку Kverneland Monopill або Kverneland Optima з 12-рядною схемою на міжряддя 45 см. Така машина забезпечує точне розміщення насіння у рядку, стабільну глибину загортання та можливість роботи з мікрогрануляторами або стартовим добривом. За наявності системи електроприводу висівних секцій додатково підвищується точність норми висіву, спрощується відключення секцій на клинах поля та зменшуються перевитрати насіння.

Для захисту рослин обрано самохідний обприскувач Amazone Pantera 4504 або аналогічний за параметрами агрегат із баком 4500 л і штангою 30-36 м. На площі 800 га така машина дає змогу виконувати обприскування у стислі агротехнічні строки, підтримувати стабільну норму виливу, працювати по технологічних коліях і зменшувати ущільнення міжрядь. Використання автоматичного керування секціями, навігації та контролю висоти штанги особливо важливе для гербіцидних обробок, де перекриття або пропуски негативно впливають на стан посівів.

Для збирання прийнято самохідний бурякозбиральний комбайн ROPA Tiger 6S з шестирядним копачем під міжряддя 45 см. Машина поєднує операції зрізування гички, підкопування, очищення, транспортування і накопичення коренеплодів у бункері. Для площі 800 га один такий комбайн може виконати роботу лише за умови тривалої двозмінної роботи та належного транспортного забезпечення, тому в технологічній карті передбачено можливість залучення двох комбайнів або одного основного комбайна з резервною підрядною технікою у піковий період.

Таблиця 2.1 – Рекомендований комплекс машин для вирощування цукрових буряків на площі 800 га

Група робіт	Рекомендований агрегат	Основні параметри	Призначення у технології
Внесення органіки	Т-150К + ПРТ-10 (удосконалений)	вантажопідйомність 10 т; робоча ширина близько 6 м; продуктивність прийнята 60 т/год	поверхневе внесення гною з подальшим загортанням
Основний обробіток	John Deere 8R 410 + Lemken Diamant 16	потужний трактор; плуг 6-8 корпусів; глибина 28-32 см	оранка або глибокий обробіток після внесення органіки
Дискування	CLAAS Axion 930 + HORSCH Joker 8/12 RT	ширина захвату 8-12 м	лущення стерні, подрібнення решток, загортання добрив
Передпосівна підготовка	John Deere 6R 250 + Lemken Kompaktor 8	робоча ширина 8 м; точне вирівнювання поля	формування насіннєвого ложа
Сівба	Kverneland Monopill або Optima 12 рядків	міжряддя 45 см; точний висів	посів цукрових буряків із заданою густотою
Догляд за посівами	John Deere 6M/6R + міжрядний культиватор 12 рядків	міжряддя 45 см; захисні диски	розпушування міжрядь, руйнування кірки
Захист рослин	Amazone Pantera 4504	бак 4500 л; штанга 30-36 м	гербіцидні, фунгіцидні та інсектицидні обробки
Збирання	ROPA Tiger 6S	6 рядків; міжряддя 45 або 50 см; бункер понад 43 м³	зрізування гички, підкопування, очищення та накопичення коренеплодів
Транспорт	автосамоскиди або тракторні причепи 2ПТС/НТС	вантажопідйомність 10-20 т	відвезення коренеплодів до кагатів або пункту приймання

2.4. Розробка технологічної схеми вирощування

Технологічна схема вирощування цукрових буряків для умов Житомирської області складається з послідовних етапів: післязбиральний обробіток попередника, внесення органічних і мінеральних добрив, основний обробіток ґрунту, весняне закриття вологи, передпосівна культивація, сівба, догляд за посівами, захист рослин, збирання і післязбиральний обробіток. Кожний етап повинен бути пов’язаний із наступним, оскільки помилки в осінній підготовці не можна повністю виправити навесні.

Після збирання попередника проводять лущення стерні дисковою бороною на глибину 6-8 см. Мета операції полягає у подрібненні рослинних решток, провокуванні проростання падалиці та бур’янів, зменшенні випаровування вологи і підготовці поля до внесення органічних добрив. У разі значної кількості післяжнивних решток доцільно застосовувати важкі дискові агрегати, які забезпечують інтенсивне перемішування верхнього шару ґрунту.

Органічні добрива вносять восени під основний обробіток. У проєкті прийнята норма 40 т/га. Загальний обсяг робіт визначається за формулою: Qорг = F · Норг = 800 · 40 = 32 000 т, де F - площа посіву, га; Норг - норма внесення, т/га. За продуктивності агрегату Т-150К+ПРТ-10 60 т/год тривалість виконання операції одним агрегатом становить 32 000 / 60 = 533 год. Для завершення роботи у прийнятні агротехнічні строки необхідно використовувати три агрегати або організувати роботу у дві зміни з раціональним підвезенням добрив.

Після внесення органіки необхідно виконати її загортання дисковою бороною, а потім провести оранку або глибокий обробіток. Така послідовність зменшує втрати поживних речовин, запобігає нерівномірному накопиченню гнойової маси на поверхні й створює однорідний орний шар. На полях із ризиком ерозії чи надмірного ущільнення доцільно частину площі обробляти глибокорозпушувачем без обороту пласта, але для цукрових буряків поверхня перед зимою повинна залишатися достатньо вирівняною.

Весняна підготовка починається із закриття вологи легкими боронами або комбінованими знаряддями. Надалі вносяться мінеральні добрива і виконується передпосівна культивація на глибину загортання насіння. Важливо уникати надто раннього виходу техніки на перезволожене поле, оскільки ущільнення колії зберігається протягом усього сезону і негативно впливає на форму коренеплоду та роботу копача під час збирання.

Сівба виконується високоточною сівалкою з міжряддям 45 см. Робоча швидкість посівного агрегату приймається 6-8 км/год, оскільки перевищення швидкості може спричинити нерівномірний розподіл насіння, коливання глибини загортання і появу пропусків. Для площі 800 га доцільно мати два посівні агрегати або один агрегат підвищеної продуктивності з можливістю подовженої зміни, адже оптимальне вікно посіву для буряків є порівняно коротким.

Догляд за посівами передбачає поєднання хімічних і механічних заходів. Механічні міжрядні обробітки особливо доцільні за утворення ґрунтової кірки, після сильних дощів або за необхідності поліпшення аерації ґрунту. Водночас обробіток слід виконувати так, щоб не пошкоджувати кореневу шийку рослин і не засипати рядок ґрунтом. Для цього культиватор оснащують захисними дисками, паралелограмними секціями та, за можливості, камерним або RTK-керуванням.

Збирання коренеплодів виконується у період технічної стиглості. Технологічна схема повинна забезпечити безперервну роботу комбайна: транспортні засоби мають підходити до поля за графіком, місця тимчасового зберігання повинні бути підготовлені, а маршрути руху - розділені так, щоб не створювати зайвого ущільнення. Після завершення збирання проводять післязбиральне дискування для вирівнювання поля та подрібнення решток.

2.5. Розрахунок обсягів робіт і потреби в агрегатах

Площа посіву у проєкті становить 800 га. Для операцій, що виконуються по всій площі, обсяг робіт дорівнює площі поля. Для внесення

органічних добрив, транспортування та формування кагатів обсяг визначено у тоннах. Розрахункова врожайність прийнята 50 т/га, тому очікуваний валовий збір коренеплодів становить $Q_{ур} = 800 \cdot 50 = 40\,000$ т.

обсягу робіт на годинну продуктивність агрегату. Наприклад, для передпосівної культивації за продуктивності 8 га/год потрібно 800 / 8 = 100 год чистого робочого часу. Якщо використати два агрегати і прийняти тривалість зміни 8 год, операція може бути виконана приблизно за 6-7 робочих змін. Такий підхід дозволяє зіставити фактичну потребу в техніці з оптимальними агротехнічними строками.

Для внесення органічних добрив тривалість роботи одним удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10 становить 533 год. У разі використання трьох агрегатів чистий час роботи кожного з них становитиме близько 178 год, або 22 зміни по 8 год. Якщо господарство працює у двозмінному режимі, внесення органіки можна виконати приблизно за 11 календарних днів, що є прийнятним для осіннього періоду за умови належної підготовки добрив і логістики.

Для збирання 800 га буряків комбайном продуктивністю 1,7 га/год потрібно 471 год чистого часу. За роботи одного комбайна у дві зміни це близько 29-30 календарних днів без урахування простоїв. З огляду на погодні ризики Житомирської області, доцільно передбачити два комбайни одного типу або один власний комбайн і можливість залучення підрядної машини в період масового збирання. Такий резерв зменшує ризик втрат і дозволяє швидше звільнити поле.

Сумарна витрата пального за технологічною картою становить орієнтовно 176,2 тис. л. Найбільші витрати припадають на внесення органічних добрив, основний обробіток і збирання. Тому саме ці операції мають найбільший резерв енергозбереження: правильне комплектування агрегату, оптимізація маршрутів руху, зменшення холостих переїздів, робота з повним завантаженням і дотримання рекомендованої швидкості.

Таблиця 2.2 – Основні розрахункові показники технології

Показник	Позначення / формула	Значення	Пояснення
Площа посіву	F	800 га	задана умовами проєкту
Норма органічних добрив	$H_{орг}$	40 т/га	внесення під основний обробіток
Загальна маса органіки	$Q_{орг} = F \cdot H_{орг}$	32 000 т	обсяг для агрегату Т-150К+ПРТ-10
Розрахункова урожайність	У	50 т/га	прийнята для технологічного розрахунку
Валовий збір коренеплодів	$Q_{ур} = F \cdot У$	40 000 т	потреба у транспорті та кагатуванні
Продуктивність ПРТ-10	W	60 т/год	прийнята для розрахунку технологічної карти
Час внесення органіки одним агрегатом	$T = Q_{орг} / W$	533 год	потребує групової роботи агрегатів
Загальна витрата пального	ΣG	176,2 тис. л	орієнтовно за всіма операціями

2.6. Технологічна карта вирощування цукрових буряків на площі 800 га

Технологічна карта наведена з урахуванням сучасного машинно-тракторного комплексу, прийнятих агротехнічних строків і необхідності механізованого внесення органічних добрив удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10. Показники продуктивності та витрати пального є розрахунковими і можуть уточнюватися залежно від конфігурації поля, відстані перевезення, вологості ґрунту, технічного стану машин і організації роботи зміни.

Таблиця 2.3 – Техн ологічна карта вирощування цукрових буряків на площі 800 га

№	Назва технологічної операції	Строк виконання	Склад агрегату	Обсяг робіт	Продуктивність	Потрібний час, год	Кількість агрегатів	Пальне, л
1	Лущення стерні попередника на 6-8 см	липень-серпень	John Deere 8R 410 + HORSCH Joker 12 RT	800 га	9 га/год	89	1	5600
2	Внесення органічних добрив, 40 т/га	серпень-вересень	Т-150К + ПРТ-10 удосконалений	32000 т	60 т/год	533	3	32000
3	Дискове загортання органічних добрив	до 1 доби після внесення	CLAAS Axion 930 + дискова борона 8-12 м	800 га	7 га/год	114	2	9600
4	Оранка або глибокий основний обробіток 28-32 см	вересень-жовтень	John Deere 8R 410 + Lemken Diamant 16	800 га	3 га/год	267	2	18400
5	Осіннє вирівнювання зябу	жовтень	Fendt 930 + вирівнювач або шлейф-борона	800 га	10 га/год	80	1	3200
6	Внесення мінеральних добрив під передпосівний обробіток	березень-квітень	New Holland T7.270 + Amazone ZA-TS 4200	800 га	25 га/год	32	1	2400
7	Ранньовесняне закриття вологи	перша можливість виходу в поле	МТЗ-1221 + широкозахватні борони 18 м	800 га	14 га/год	57	1	2400
8	Передпосівна культивація на 4-5 см	безпосередньо перед сівбою	John Deere 6R 250 + Lemken Kompaktor 8	800 га	8 га/год	100	2	4800
9	Сівба цукрових буряків, міжряддя 45 см	квітень	John Deere 6R 250 + Kverneland Monopill/Optima 12 рядків	800 га	5 га/год	160	2	4000
10	Коткування посівів за потреби	після сівби	МТЗ-1221 + кільчасто-шпорові котки 9 м	800 га	10 га/год	80	1	2400
11	Досходове внесення ґрунтового гербіциду	до появи сходів	Amazone Pantera 4504, штанга 36 м	800 га	45 га/год	18	1	960
12	Перше міжрядне розпушування	фаза 2-4 пар листків	John Deere 6M + міжрядний культиватор 12 рядків	800 га	5,5 га/год	145	2	4800
13	Позакореневе або прикореневе підживлення	травень-червень	Fendt 724 + Amazone ZA-TS / КАС-аплікатор	800 га	25 га/год	32	1	2400
14	Післясходове гербіцидне обприскування I	травень	Amazone Pantera 4504	800 га	45 га/год	18	1	960
15	Післясходове гербіцидне обприскування II	через 8-12 діб після першого	Amazone Pantera 4504	800 га	45 га/год	18	1	960
16	Інсектицидно-фунгіцидний захист за моніторингом	червень-липень	Amazone Pantera 4504	800 га	45 га/год	18	1	960
17	Друге міжрядне розпушування	до змикання рядків	John Deere 6M + міжрядний культиватор 12 рядків	800 га	5,5 га/год	145	2	4800
18	Збирання коренеплодів	вересень-жовтень	ROPA Tiger 6S, 6 рядків	800 га	1,7 га/год	471	2	40000
19	Вивезення коренеплодів від комбайна	одночасно зі збиранням	автосамоскиди або тракторні причепи 10-20 т	40000 т	80 т/год	500	6	20000
20	Формування польових кагатів або навантаження	після збирання	телескопічний навантажувач + кагатоутворювач	40000 т	150 т/год	267	2	10000
21	Післязбиральне дискування поля	після вивезення врожаю	John Deere 8R 410 + HORSCH Joker 12 RT	800 га	9 га/год	89	1	5600

2.7. Перспективні напрями удосконалення технології

Удосконалення технології вирощування цукрових буряків для умов Житомирської області доцільно здійснювати через комплексну оптимізацію всіх операцій: від внесення органіки до збирання. Найбільший ефект очікується від підвищення рівномірності розподілу органічних добрив, точного посіву, раціонального захисту рослин, керованого руху агрегатів і своєчасного збирання.

Першим перспективним напрямом є використання удосконаленого ПРТ-10 з горизонтальними подрібнювальними барабанами. Така модернізація має забезпечити краще подрібнення гнойової маси, стабільнішу подачу до робочих органів і рівномірніше внесення органіки на поверхню поля, що є важливим для формування вирівняних коренеплодів.

Другим напрямом є впровадження елементів точного землеробства: RTK-навігації, автоматичного відключення секцій сівалки та обприскувача, контролю норми висіву, картування врожайності й диференційованого внесення матеріалів. Додатково слід зменшувати ущільнення ґрунту шляхом використання широкопрофільних шин, регулювання тиску в шинах, постійних технологічних колій і чіткої логістики вивезення коренеплодів.

Висновки по розділу

У розділі спроєктовано технологію вирощування цукрових буряків для умов Житомирської області на площі 800 га. Система передбачає внесення 32 000 т органічних добрив удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10, точний посів із міжряддям 45 см, комплексний догляд за посівами та механізоване збирання коренеплодів. Підібраний комплекс машин забезпечує виконання робіт у раціональні агротехнічні строки, а головними резервами ефективності є рівномірне внесення органіки, оптимізація логістики, навігаційні системи, зменшення ущільнення ґрунту та впровадження елементів точного землеробства.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТИВНЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

Одним із ключових напрямів інтенсифікації аграрного виробництва є стабільне підтримання родючості ґрунтів. Значну роль у цьому процесі відіграє внесення органічних добрив, оскільки вони не лише поповнюють запаси азоту, фосфору й калію, а й поліпшують водно-повітряний режим, структуру, біологічну активність та буферні властивості ґрунтового середовища. У результаті створюються сприятливіші умови для росту культур і формування вищої врожайності.

Органічні добрива зазвичай застосовують у великих дозах, тому для їх транспортування та розподілу потрібні спеціалізовані агрегати з місткістю кузова орієнтовно від 4 до 24 т [2, 6]. Робота таких машин ґрунтується на однаковому принципі: подаючий транспортер переміщує масу до активного розкидального органа, а той подрібнює матеріал, надає йому швидкості та розсіює по поверхні поля.

У практиці використовують різні схеми причепних і напівпричепних розкидачів, призначених для доставки добрив до поля та їх нанесення з заданою нормою. Разом з тим типові вітчизняні конструкції не завжди забезпечують достатню поперечну рівномірність розподілу. Основною причиною є недосконаліть робочих органів, через що частина маси концентрується в центральній зоні смуги, а крайові ділянки отримують меншу кількість добрив.

Серед відомих іноземних виробників техніки для поверхневого внесення органічних добрив можна виділити фірми «Corne Henri S.A.», «Dangreville»,

«Deguilaume», «Deves», «Jeantil», «GiLiBERT», «Leboulch», «Sodimac», «Perard» (Франція), «Camara» (Іспанія), «Fliegl» (Німеччина) та інші. Їхня продукція свідчить про широке застосування активних розподільчих механізмів, здатних поліпшувати ширину й рівномірність внесення.

Вітчизняна промисловість також випускає ряд машин для роботи з твердими органічними добривами. До них належать РОД-6, МТО-3, МТО-6, МТО-7, МТО-10, МТО-12, ПРТ-10, ПРТ-10-1, ПРТ-16, ПРТ-16М, МТТ-23 та інші розкидачі, які агрегатуються з основними типами колісних тракторів сільськогосподарського призначення тягових класів 1,4; 3 і 5 т. Узагальнені показники окремих машин наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики розкидачів органічних добрив

Показники	ПРТ-16	ПРТ-10	РОУ-6	МТТ-13
Продуктивність за годину чистої роботи, т	117	60	52	64
Ширина захвату, м	7	6	5	6
Вантажопідйомність, т	16	10	6	12
Робоча швидкість, км/год	10-12	9-11	10	10-12
Норма внесення добрив, т/га	20; 40; 60	15; 30; 45	11...45	15...60
Маса, т	6,020	4,025	2,0	4,540
Агрегатується з тракторами	К-701	Т-150К	МТЗ-80	Т-150К

Поверхневе внесення твердих органічних добрив переважно виконують напівпричепними розкидачами. Для підвищення якості їх роботи доцільно доповнити конструкцію вузлом, який стабілізує подачу матеріалу й формує ширшу та рівномірнішу смугу розсіювання. Таке технічне рішення дає змогу зменшити нерівномірність удобрення, поліпшити агрофон поля та створити передумови для підвищення врожайності цукрових буряків.

Як модернізований робочий орган пропонується застосувати дводисковий відцентровий розкидальний пристрій. Кожний диск оснащується чотирма лопатями, розміщеними радіально відносно осі обертання. Під час роботи добриво потрапляє на поверхню диска, захоплюється лопатями, прискорюється та викидається у бік поля, утворюючи смугу внесення.

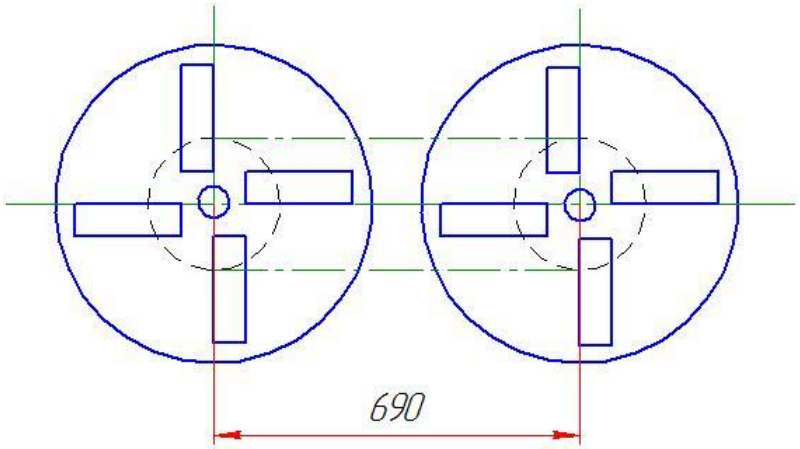


Рис. 3.1. Схема дводискового розкидального пристрою

Робочий процес дводискового апарата можна поділити на дві послідовні стадії [2]. Перша стадія охоплює переміщення добрива по поверхні диска та вздовж лопаті, а друга – вільний політ частинок після відриву від робочого органа. Траєкторія польоту визначається швидкістю, яку частинка отримує на диску, а також дією сили тяжіння.

Початковий етап розпочинається в момент надходження частинки на диск. Спочатку вона рухається по поверхні диска до контакту з лопаттю, після чого змінює напрям і переміщується вздовж її робочої грані. Для забезпечення такого режиму мінімальна частота обертання диска повинна відповідати умові:

$$n \geq 30 \cdot \sqrt{(f \cdot g / (\pi^2 \cdot r))} \qquad (3.1)$$

де f – коефіцієнт тертя частинки добрива по диску; r – відстань від точки подачі матеріалу до центра обертання диска, м; g – прискорення вільного падіння, м/с².

$$n \geq 30 \cdot \sqrt{(0{,}45 \cdot 9{,}8 / (3{,}14^2 \cdot 0{,}07))} = 76 \text{ об/хв}$$

Після контакту з лопаттю частинка продовжує рухатися вздовж її поверхні. Радіальне розміщення лопатей змінює напрям переміщення матеріалу та сприяє його рівномірнішому відведенню з диска.

Абсолютна швидкість частинки у момент сходження з лопаті визначається як геометрична сума відносної швидкості ковзання та переносної швидкості обертального руху:

$$\upsilon_a = \sqrt{(\upsilon_r^2 + \upsilon_e^2)} \qquad (3.2)$$

де υ_r – відносна швидкість ковзання добрив уздовж лопаті; υ_e – переносна швидкість частинок, зумовлена обертанням диска.

Оскільки відносна швидкість ковзання істотно менша за переносну, у практичних розрахунках її впливом можна знехтувати та прийняти $\upsilon_a \approx \upsilon_e$. Переносна швидкість дорівнює:

$$\upsilon_e = \omega \cdot R, \text{ м/с} \quad (3.3)$$

де ω – кутова швидкість диска, 1/с; R – радіус диска, м.

$$\upsilon_e = 8 \cdot 0{,}3 = 2{,}4 \text{ м/с}$$

Друга стадія починається після відриву частинки від диска. У цей момент матеріал набуває переважно горизонтального напрямку руху, а дальність його польоту залежить від висоти розміщення диска та отриманої швидкості.

Ширина смуги розсіювання для дводискового пристрою може бути оцінена за залежністю:

$$B_r = 2 \cdot \omega \cdot R \cdot \sqrt{(2 \cdot H / g)} + A \quad (3.4)$$

де H – висота встановлення розсіювального диска над поверхнею ґрунту, м; A – відстань між центрами розсіювальних дисків, м.

$$B_r = 2 \cdot 8 \cdot 0{,}3 \cdot \sqrt{(2 \cdot 1 / 9{,}8)} + 0{,}12 = 2{,}2 \text{ м}$$

Для надійної роботи запропонованого дискового органа необхідно правильно підібрати підшипник вала, на якому закріплюються диски. Під час вибору типорозміру підшипника враховують величину й напрямок навантаження, характер його зміни, частоту обертання, потрібний ресурс, умови експлуатації та додаткові конструктивні вимоги [1].

У розглянутій конструкції вал, що обертається в опорах, створює на підшипник осьові та радіальні навантаження. Їх величина не є сталою, оскільки залежить від кількості добрива, яке в певний момент перебуває на диску. Для розрахунку приймаємо діаметр посадкового місця вала 60 мм, частоту обертання 76 об/хв, імовірність безвідмовної роботи 90 %, середній нормальний режим навантаження, максимальне осьове зусилля F_a = 109 Н, підвищену вологість і запиленість робочого середовища та потрібний ресурс 10000 год.

Працездатність підшипника кочення оцінюють за статичною та динамічною вантажопідйомністю. Оскільки вал працює з частотою понад 1 об/хв, перевірку доцільно виконувати за динамічним навантаженням.

Спочатку визначимо зусилля, пов’язане з попереднім натягом ременів клинопасової передачі:

$$F_n = 2 \cdot F_0 \cdot Z \cdot \sin(\alpha / 2) \quad (3.5)$$

де F_0 – сила попереднього натягу ременів, Н.

$$F_0 = (150 \cdot p \cdot C_p \cdot C_l) / (Z \cdot V \cdot C\alpha) + Q \cdot V^2 \quad (3.6)$$

де p – розрахункова потужність, що передається, p = 11 кВт; C_p – коефіцієнт режиму роботи, C_p = 1,1; C_l – коефіцієнт, що враховує тривалість роботи, C_l = 1,08; Cα – коефіцієнт кута обхвату ременя, Cα = 0,95; V – швидкість руху ременя, м/с; Z – кількість ременів; Q – коефіцієнт впливу відцентрової сили, Q = 0,06; α – кут обхвату шківа ременем, α = 160°.

$$V = (\pi \cdot n \cdot R) / 30 = (3{,}14 \cdot 76 \cdot 0{,}08) / 30 = 0{,}63 \text{ м/с}$$

$$F_0 = (150 \cdot 11 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}08) / (1 \cdot 0{,}64 \cdot 0{,}95) + 0{,}64^2 \cdot 0{,}06 = 3224 \text{ Н}$$

$$F_n = 2 \cdot 3224 \cdot 1 \cdot \sin(160° / 2) = 6350 \text{ Н}$$

Далі виконаємо перевірку підшипника на довговічність. Для підшипника з імовірністю безвідмовної роботи 90 % ресурс у годинах визначається залежністю:

$$L_n = (10^6 / (60 \cdot n)) \cdot (C / P)^p \quad (3.7)$$

де n – частота обертання вала, n = 76 об/хв; C – динамічна вантажопідйомність підшипника №170412, C = 22,9 кН; P – еквівалентне навантаження; p – показник степеня, для кулькових підшипників p = 3.

Для сферичних підшипників еквівалентне радіальне навантаження визначається за виразом:

$$P_r = (V \cdot F_r + F_a) \cdot K_\beta \cdot K_t$$

де V – коефіцієнт, що приймається рівним 1 за обертання внутрішнього кільця; K_β = 1; K_t – температурний коефіцієнт.

$$K_t = 0{,}66 + 100 / (400 - t) \quad (4.8)$$

$$K_t = 0{,}66 + 100 / (400 - 40) = 0{,}93$$

Приймаємо $F_r = F_n = 6350$ Н, $F_a = 102$ Н. Тоді:

$$P_r = (1 \cdot 6350 + 102) \cdot 1 \cdot 0{,}93 = 6000 \text{ Н}$$

$$L_n = 10^6 / (60 \cdot 76) \cdot (22900 / 6000)^3 = 12192 \text{ год}$$

Нормальна експлуатація підшипника можлива за умови, що фактична довговічність перевищує необхідне значення: $L_n > [L_n]$. У даному випадку $[L_n] = 10000$ год, а розрахункове значення становить $L_n = 12192$ год. Отже, умова довговічності виконується, тому для запропонованого вузла приймаємо підшипник №170412.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення з охорони праці під час вирощування цукрових буряків

Вирощування цукрових буряків належить до технологічно складних процесів, у яких поєднуються енергонасичені трактори, ґрунтообробні машини, розкидачі органічних і мінеральних добрив, сівалки точного висіву, обприскувачі, транспортні засоби та бурякозбиральні комбайни. Особливістю такої технології є велика кількість проходів агрегатів по полю, значна маса причіпних машин, робота з добривами і засобами захисту рослин, а також виконання операцій у стислі агротехнічні строки. Тому організація охорони праці повинна бути спрямована не лише на дотримання формальних вимог, а й на попередження виробничих ризиків, які виникають під час підготовки техніки, агрегатування, транспортування, внесення добрив, передпосівного обробітку ґрунту, сівби, догляду за посівами і збирання врожаю.

У даній кваліфікаційній роботі особливу увагу приділено безпечній експлуатації удосконаленого машинно-тракторного агрегату Т-150К+ПРТ-10, який використовується для розкидання органічних добрив під цукрові буряки. Універсальний причіпний розкидач ПРТ-10 після модернізації горизонтальними подрібнювальними барабанами повинен забезпечувати більш якісне подрібнення та рівномірніше розподілення маси по поверхні поля. Разом з тим наявність активних барабанів, ланцюгово-планчастого транспортера, карданної передачі, рухомого дна кузова і значної маси вантажу підвищує вимоги до огородження небезпечних зон, справності приводів, підготовки механізатора та контролю за роботою агрегату.

До виконання механізованих робіт допускають працівників, які пройшли медичний огляд, навчання та інструктажі з охорони праці, знають будову агрегату, правила дорожнього руху, порядок дій при аварійних ситуаціях і вміють користуватися первинними засобами пожежогасіння. Перед початком

польових робіт відповідальна особа повинна перевірити технічний стан трактора, розкидача, карданної передачі, гальмової системи, зчіпного пристрою, світлової сигналізації, захисних кожухів, кріплення подрібнювальних барабанів, справність гідросистеми та наявність попереджувальних написів. Забороняється експлуатувати агрегат із несправними гальмами, пошкодженими захисними огородженнями, підтіканням палива або оливи, послабленими болтовими з'єднаннями, а також при відсутності аптечки та вогнегасника.

Організаційні заходи з охорони праці включають призначення відповідальних за безпечне виконання робіт, розроблення маршрутів руху агрегатів, визначення місць завантаження органічних добрив, встановлення безпечних зон для працівників і транспорту, проведення передрейсового контролю техніки, забезпечення механізаторів спецодягом, рукавицями, захисним взуттям, окулярами та засобами захисту органів дихання при роботі в запиленому середовищі. Для зменшення ризику травмування всі регулювання, очищення, змащування, підтягування кріплень і видалення намотаних рослинних решток виконують тільки після повної зупинки трактора, вимкнення вала відбору потужності, опускання робочих органів у безпечне положення і встановлення агрегату на стоянкове гальмо.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час вирощування цукрових буряків небезпечні фактори формуються внаслідок взаємодії людини, машини та польового середовища. На механізатора впливають шум, вібрація, запиленість повітря, метеорологічні умови, нервово-емоційне напруження, тривале перебування у кабіні, а також небезпека травмування при контакті з рухомими частинами машин. Під час внесення органічних добрив додатково виникають біологічні фактори, неприємні запахи, можливість забруднення шкіри та одягу, ковзання на забруднених майданчиках і ризик потрапляння сторонніх предметів у подрібнювальні барабани розкидача.

Найбільш небезпечними зонами агрегату Т-150К+ПРТ-10 є карданний вал, зчіпний пристрій, задня частина розкидача з горизонтальними барабанами, механізм транспортера, колеса, зона розльоту часток добрив, місця завантаження кузова та ділянки поворотів на полі. Перебування людей позаду розкидача під час роботи забороняється, оскільки частки добрив і включення твердої фракції можуть відлітати на значну відстань. Під час руху агрегату не дозволяється стояти на рамі, бортах кузова, дишлі, підніжках розкидача або між трактором і причепом. Особливу небезпеку становить спроба очищення транспортера чи барабанів без повної зупинки приводу.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні фактори під час виконання робіт.

Операція	Небезпечний або шкідливий фактор	Можливі наслідки	Профілактичні заходи
Підготовка агрегату	Незахищені обертові частини, послаблені кріплення, підтікання палива	Травмування, пожежа, відмова машини в полі	Передзмінний огляд, наявність кожухів, усунення несправностей до виїзду
Агрегатування Т-150К з ПРТ-10	Перебування між трактором і розкидачем, неконтрольований рух агрегату	Затискання, наїзд, пошкодження зчіпного пристрою	Агрегатування на рівному майданчику, використання сигналів, стоянкове гальмо
Завантаження органічних добрив	Падіння з висоти, забруднення, робота навантажувача	Травми, подразнення шкіри, зіткнення техніки	Безпечна схема руху, заборона перебування в кузові, рукавиці та спецодяг
Розкидання добрив	Зона розльоту маси, робота подрібнювальних барабанів, шум і вібрація	Удар частками, травмування рухомими органами, перевтома	Огородження, заборона перебування позаду агрегату, дотримання дистанції
Рух і повороти на полі	Перекидання на схилах, занесення, недостатня видимість	Травми механізатора, пошкодження агрегату	Обмеження швидкості, повороти без ривків, робота лише на допустимих схилах
Технічне обслуговування	Гарячі поверхні, тиск у гідросистемі, самовільне опускання вузлів	Опіки, травми рук, забруднення оливою	Зупинка двигуна, скидання тиску, упори, справний інструмент

4.3. Вимоги безпеки під час роботи агрегату Т-150К+ПРТ-10

Перед початком розкидання органічних добрив механізатор повинен перевірити комплектність агрегату, справність гальмової системи трактора і

розкидача, надійність з’єднання дишла з тяговим пристроєм, наявність страхувального ланцюга, справність валу відбору потужності та карданної передачі. Карданний вал має бути закритий захисним кожухом по всій довжині, а місця встановлення подрібнювальних барабанів – обладнані огородженнями, які не перешкоджають технологічному процесу, але унеможливлюють випадковий контакт працівника з рухомими робочими органами. Забороняється запускати розкидач при відкритих люках, знятих кожухах або перебуванні людей у небезпечній зоні.

Завантаження кузова ПРТ-10 органічними добривами проводять на рівному майданчику з твердим покриттям або ущільненим ґрунтом. Водій трактора під час завантаження повинен перебувати в кабіні або у безпечному місці, погодженому з оператором навантажувача. Не дозволяється перевищувати вантажопідйомність розкидача, розміщувати вантаж вище рівня бортів таким чином, щоб він міг випадати під час руху, а також подавати в кузов каміння, металеві предмети, деревину та інші включення, які можуть пошкодити горизонтальні барабани або бути викинутими з великою швидкістю.

Під час руху до поля агрегат повинен мати справну світлову сигналізацію, відбивачі та габаритні знаки. Швидкість руху вибирають з урахуванням стану дороги, завантаження кузова, видимості та погодних умов. На поворотах, спусках, підйомах і нерівних ділянках швидкість зменшують, щоб уникнути занесення та перекидання. При транспортуванні завантаженого розкидача забороняються різкі маневри, різке гальмування і рух з відключеними гальмами причепа. Особливої обережності потребує рух по вологому ґрунту, оскільки маса добрив зміщує центр ваги агрегату і збільшує гальмівний шлях.

У процесі розкидання органічних добрив механізатор повинен стежити за рівномірністю подачі маси транспортером, відсутністю сторонніх шумів, вібрації, перегріву підшипників, намотування рослинних решток на барабани, а також за якістю розподілення добрив по ширині захвату. При появі нехарактерного стуку, різкої вібрації, заклинювання транспортера або

потрапляння стороннього предмета привід негайно вимикають, агрегат зупиняють, двигун глушать і лише після повної зупинки рухомих частин проводять огляд. Використання рук, лопат чи металевих прутів для очищення барабанів під час їх обертання категорично забороняється.

Після закінчення роботи агрегат очищають від залишків органічних добрив, перевіряють стан барабанів, лопатей, транспортера, підшипників, гідравлічних рукавів і кріплень. Очищення виконують у рукавицях і спецодязі, не допускаючи потрапляння забруднень на відкриті ділянки шкіри. Після роботи з органічними добривами працівники повинні вимити руки та обличчя теплою водою з милом, очистити взуття, провітрити спецодяг і за потреби виконати санітарну обробку робочого місця. Залишати завантажений розкидач на схилі, поблизу водойм, доріг або місць перебування людей не допускається.

4.4. Санітарно-гігієнічні вимоги та засоби індивідуального захисту

Польові роботи під час вирощування цукрових буряків часто виконуються за підвищеної температури повітря, запиленості, вітру та тривалого перебування механізатора у кабіні. Тому важливим елементом охорони праці є забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов: справна вентиляція кабіни, очищення фільтрів, герметичність дверей і вікон, справність сидіння, наявність питної води, аптечки, засобів зв’язку та можливості оперативного припинення роботи при погіршенні самопочуття. Механізатор повинен працювати у зручному спецодязі, який не має вільно звисаючих кінців і не може бути захоплений обертовими деталями.

Під час внесення органічних добрив використовують комбінезон або костюм із щільної тканини, гумові чи полімерні рукавиці, захисне взуття, головний убір, за потреби – захисні окуляри та протипиловий респіратор. При очищенні розкидача не допускається видаляти забруднення голими руками. У разі потрапляння органічної маси на шкіру її необхідно змити водою, а при подразненні звернутися за медичною допомогою. Після закінчення зміни

спецодяг зберігають окремо від особистих речей, а робоче місце очищають від залишків добрив.

Шкідливий вплив шуму та вібрації зменшують за рахунок справного технічного стану трактора, регулювання двигуна, своєчасного змащування підшипників, підтягування кріплень, балансування обертових вузлів і правильного вибору режиму роботи. Тривале перевищення допустимого рівня шуму призводить до втоми, зниження уваги та підвищення ймовірності помилкових дій механізатора. Тому під час роботи необхідно контролювати технічний стан кабіни, ущільнень, підвіски сидіння та застосовувати протишумові засоби у випадках, коли фактичні рівні шуму перевищують допустимі значення.

Організація режиму праці та відпочинку має велике значення, оскільки технологічні операції у буряківництві часто виконують у напружені періоди. Тривалість робочої зміни, перерви для відпочинку, приймання їжі та води повинні забезпечувати працездатність механізатора протягом усього робочого часу. У спекотну погоду доцільно переносити частину робіт на ранкові та вечірні години, забезпечувати працівників питною водою, а також організовувати короткочасні перерви у затінених місцях.

4.5. Розрахункова оцінка безпеки виконання робіт

Для обґрунтування заходів з охорони праці доцільно виконати розрахункову оцінку окремих небезпечних факторів, які характерні для застосування агрегату Т-150К+ПРТ-10. У розрахунках прийнято, що агрегат працює при середній робочій швидкості 10 км/год, ширина захвату розкидача становить 6 м, робота виконується на рівнинних і слабкохвилястих полях, а основна небезпека пов’язана з рухом агрегату, роботою горизонтальних подрібнювальних барабанів, шумовим навантаженням і перебуванням людей у зоні розльоту часток добрив.

Оцінювання виробничого ризику виконаємо за спрощеною експертною методикою:

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

де R – умовний показник ризику; P – імовірність виникнення небезпечної події; S – тяжкість можливих наслідків; E – частота або тривалість контакту працівника з небезпекою. Для кожного параметра приймаємо оцінку від 1 до 5 балів. Значення R до 10 вважаємо прийнятним за умови виконання стандартних заходів безпеки, від 11 до 25 – таким, що потребує додаткових організаційних або технічних заходів, понад 25 – неприпустимим без негайного усунення небезпеки.

Таблиця 4.2 – Розрахункова оцінка ризиків при експлуатації агрегату Т-150К+ПРТ-10

Небезпечна ситуація	P	S	E	R	Рівень ризику	Заходи зниження ризику
Контакт з карданним валом або приводом барабанів	2	5	3	30	неприпустимий	суцільні кожухи, заборона роботи без огороджень, зупинка ВВП перед оглядом
Перебування працівника позаду розкидача під час роботи	3	4	3	36	неприпустимий	встановлення небезпечної зони не менше 15 м, попереджувальні знаки, інструктаж
Перекидання або занесення на повороті	2	5	2	20	підвищений	обмеження швидкості, робота на допустимих схилах, плавні повороти
Шумове навантаження механізатора	3	3	4	36	неприпустимий	справна кабіна, протишумові засоби, регламентовані перерви
Контакт із забрудненими органічними добривами	3	2	3	18	підвищений	рукавиці, спецодяг, санітарна обробка, миття рук після роботи
Пожежа внаслідок підтікання палива або перегріву вузлів	2	5	2	20	підвищений	щозмінний огляд, очищення від залишків, справний вогнегасник

З наведених розрахунків видно, що найбільш небезпечними є ситуації, пов’язані з обертовими приводами, перебуванням працівників у зоні розкидання та шумовим навантаженням. Після впровадження захисних огороджень, встановлення забороненої зони, застосування засобів індивідуального захисту і проведення інструктажу імовірність небезпечної події може бути зменшена з 2–3 балів до 1 бала, що переводить ризик у прийнятну або контрольовану категорію.

Розрахуємо мінімально безпечну відстань від задньої частини розкидача до працівників і сторонніх осіб. Приймаємо ширину розкидання органічних добрив $B_р = 6$ м. Додатковий запас на нерівномірний розліт часток добрив, дію вітру та можливе потрапляння твердих включень приймаємо $\Delta = 10$ м. Тоді радіус небезпечної зони позаду та з боків агрегату становитиме:

$$R_б = B_р / 2 + \Delta = 6 / 2 + 10 = 13 \text{ м}. \quad (4.2)$$

З урахуванням коефіцієнта запасу приймаємо мінімальну безпечну відстань 15 м. Отже, під час роботи удосконаленого розкидача забороняється перебування людей ближче ніж 15 м від задньої частини агрегату та в зоні бокового розльоту маси. При роботі у вітряну погоду або при внесенні неоднорідних добрив цю відстань доцільно збільшувати.

Перевіримо безпечний гальмівний шлях агрегату під час роботи. Робоча швидкість $v = 10$ км/год $= 2{,}78$ м/с, час реакції механізатора $t = 1$ с, коефіцієнт зчеплення коліс із ґрунтовою дорогою $\varphi = 0{,}45$, прискорення вільного падіння $g = 9{,}81$ м/с². Гальмівний шлях визначаємо за формулою:

$$S = v \cdot t + v^2 / (2 \cdot \varphi \cdot g). \quad (4.3)$$

Підставивши значення, одержимо:

$$S = 2{,}78 \cdot 1 + 2{,}78^2 / (2 \cdot 0{,}45 \cdot 9{,}81) = 2{,}78 + 0{,}88 = 3{,}66 \text{ м}.$$

З урахуванням нерівностей поля, маси завантаженого розкидача та можливого збільшення часу реакції приймаємо коефіцієнт запасу 2. Тоді безпечна дистанція до перешкоди становить $S_б = 3{,}66 \cdot 2 = 7{,}32$ м. Практично мінімальну дистанцію до людей, машин або перешкод під час маневрування слід приймати не менше 8 м, а при транспортуванні завантаженого розкидача – ще більшою.

Оцінимо поперечну стійкість агрегату під час роботи на схилах. Для наближеного розрахунку приймаємо колію трактора Т-150К $B = 1{,}86$ м, висоту центра мас завантаженого агрегату $h_ц = 1{,}25$ м. Граничний кут статичної стійкості можна визначити за формулою:

$$\beta_{гр} = \operatorname{arctg} (B / 2h_ц). \quad (4.4)$$

$$\beta_{гр} = \operatorname{arctg} (1{,}86 / (2 \cdot 1{,}25)) = \operatorname{arctg} 0{,}744 \approx 36{,}7°.$$

Для польових умов вводимо коефіцієнт запасу 0,7, оскільки фактична стійкість зменшується через нерівності ґрунту, динамічні навантаження, переміщення маси добрив у кузові та повороти. Допустимий кут становитиме βдоп = 36,7 · 0,7 = 25,7°. Однак для безпечної експлуатації завантаженого агрегату Т-150К+ПРТ-10 доцільно організаційно обмежити роботу на схилах до 8–10°, а повороти на схилах виконувати тільки на зниженій швидкості та без увімкнення розкидального апарата.

Розрахуємо еквівалентний рівень шумового навантаження за зміну. Приймаємо, що протягом 5 год механізатор працює у кабіні трактора при рівні шуму 84 дБА, протягом 2 год виконує допоміжні операції при 78 дБА, а 1 год припадає на регламентовані перерви і підготовчо-заключні роботи при 70 дБА. Еквівалентний рівень визначаємо за формулою:

$$L_{екв} = 10 \lg [(1/T) \cdot \Sigma ti \cdot 10^{(Li/10)}]. \quad (4.5)$$

$$L_{екв} = 10 \lg [(5 \cdot 10^{(8,4)} + 2 \cdot 10^{(7,8)} + 1 \cdot 10^{(7,0)}) / 8] \approx 82,1 \text{ дБА}.$$

Отримане значення наближається до гранично допустимих рівнів для тривалої роботи, тому необхідно підтримувати справність кабіни, ущільнень, двигуна і підшипників розкидача, а також застосовувати протишумові вкладки або навушники при збільшенні фактичного шуму. Якщо під час роботи виникає різкий металевий стук або вібрація, це свідчить не лише про технічну несправність, а й про додаткове шумове навантаження, тому агрегат потрібно негайно зупинити для огляду.

Визначимо потребу в питній воді для ланки, яка обслуговує внесення органічних добрив. До складу ланки входять механізатор трактора, оператор навантажувача і підсобний працівник, тобто n = 3 особи. Норма забезпечення питною водою в польових умовах у теплий період приймається q = 2,5 л на одну особу за зміну. Тоді добова потреба становить:

$$Q = n \cdot q = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ л}. \quad (4.6)$$

З урахуванням 20 % резерву приймаємо $Q_р$ = 7,5 · 1,2 = 9 л. Отже, для однієї зміни необхідно передбачити не менше 9 л питної води для ланки. Вода

повинна зберігатися в закритій чистій тарі, захищеній від нагрівання та забруднення органічними добривами.

4.6. Пожежна безпека та дії в аварійних ситуаціях

Пожежна небезпека під час експлуатації агрегату Т-150К+ПРТ-10 пов’язана з наявністю дизельного палива, мастильних матеріалів, нагрітих поверхонь двигуна, електропроводки, сухих рослинних решток, пилу та можливого перегріву підшипників приводів. Перед виїздом у поле перевіряють відсутність підтікання палива та оливи, справність електропроводки, чистоту моторного відсіку, наявність і справність вогнегасника, лопати, буксирного троса та аптечки. Заправлення трактора виконують лише при вимкненому двигуні, без відкритого вогню і куріння поблизу місця заправлення.

На агрегаті доцільно передбачати не менше двох порошкових вогнегасників: один у кабіні або біля трактора, другий – у доступному місці на розкидачі або транспортному засобі супроводу. Механізатор повинен знати порядок їх застосування і вміти швидко знеструмити машину, зупинити подачу палива та організувати відведення агрегату від місць накопичення сухої рослинної маси. При виникненні пожежі необхідно негайно зупинити агрегат, вимкнути двигун, повідомити відповідальну особу, приступити до гасіння первинними засобами пожежогасіння і, якщо пожежу неможливо ліквідувати власними силами, викликати пожежно-рятувальну службу.

Аварійні ситуації при роботі розкидача можуть виникати через руйнування карданної передачі, заклинювання барабанів, обрив транспортера, пошкодження гідророзподільника, втрату гальмування, перекидання або зіткнення з перешкодою. У будь-якому випадку першочерговим завданням є припинення руху, відключення приводу, запобігання травмуванню людей і недопущення повторного запуску до з’ясування причин несправності. Після аварійної зупинки механізатор не повинен залишати агрегат без вжиття заходів проти самовільного руху: необхідно увімкнути стоянкове гальмо, підкласти

упори під колеса, опустити робочі органи у безпечне положення і позначити місце зупинки.

4.7. Заходи щодо поліпшення умов праці

Для підвищення безпеки роботи удосконаленого агрегату Т-150К+ПРТ-10 необхідно передбачити комплекс технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних заходів. До технічних заходів належать встановлення надійних захисних кожухів карданної передачі, огородження приводів горизонтальних барабанів, застосування попереджувальних написів, справної світлової сигналізації, дзеркал, протиковзних підніжок, фіксаторів бортів, захисних екранів у місцях можливого розльоту часток та блокування запуску при відкритих огородженнях, якщо це передбачено конструкцією модернізованого вузла. Важливе значення має також регулярне балансування барабанів і перевірка підшипникових вузлів, оскільки підвищена вібрація збільшує імовірність руйнування деталей і негативно впливає на механізатора.

Організаційні заходи полягають у правильному плануванні польових робіт, розміщенні місць завантаження добрив, розробленні схеми руху агрегатів без перетину потоків, забезпеченні радіозв’язку або мобільного зв’язку між механізатором, оператором навантажувача і відповідальною особою. Перед початком зміни проводять короткий інструктаж із зазначенням особливостей поля, стану під’їзних шляхів, місць розвороту, наявності ліній електропередач, ярів, канав, переїздів і ділянок із перезволоженим ґрунтом. Під час роботи у темний час доби або при обмеженій видимості розкидання органічних добрив слід припинити або виконувати лише за умови достатнього освітлення та справної сигналізації.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають забезпечення працівників питною водою, милом, індивідуальними рушниками або серветками, аптечкою, засобами для очищення рук і захисту шкіри, а також організацію місця для відпочинку. Окремо потрібно передбачити порядок очищення і зберігання спецодягу після контакту з органічними добривами. Забороняється приймати

їжу, палити або зберігати особисті речі безпосередньо біля місця завантаження добрив. Після завершення зміни працівники повинні мати можливість виконати гігієнічні процедури.

Удосконалення розкидача горизонтальними подрібнювальними барабанами повинно супроводжуватися не лише підвищенням технологічної ефективності, але й збереженням або покращенням рівня безпеки. Конструкція модернізованого вузла має забезпечувати доступність для технічного обслуговування без необхідності перебування працівника у зоні можливого самовільного руху деталей. Кріплення барабанів, ножів або лопатей повинно бути розраховане на робочі навантаження з відповідним запасом міцності, а всі регулювальні операції повинні виконуватися простим інструментом при повністю зупиненому приводі.

Висновки по розділу

У розділі розглянуто питання охорони праці під час вирощування цукрових буряків із використанням удосконаленого агрегату Т-150К+ПРТ-10 для розкидання органічних добрив. Встановлено, що основними небезпечними факторами є обертові елементи приводу і горизонтальних подрібнювальних барабанів, зона розльоту добрив, значна маса завантаженого розкидача, шум, вібрація, запиленість, контакт з органічними добривами та ризик пожежі. Запропоновано комплекс заходів, який включає передзмінний технічний огляд, огородження небезпечних зон, дотримання безпечної дистанції, застосування засобів індивідуального захисту, обмеження швидкості руху, контроль роботи на схилах, забезпечення питною водою і готовність до дій в аварійних ситуаціях.

Виконані розрахунки показали, що мінімальна безпечна відстань від задньої частини розкидача під час роботи повинна становити не менше 15 м, безпечна дистанція до перешкод при робочій швидкості 10 км/год – не менше 8 м, а організаційно допустимий кут роботи завантаженого агрегату на схилах доцільно обмежувати 8–10°. Розрахунок еквівалентного рівня шуму підтвердив

необхідність підтримання справності кабіни трактора і застосування протишумових засобів у разі підвищеного шумового навантаження. Отже, дотримання запропонованих заходів дає змогу знизити виробничі ризики, підвищити безпеку механізаторів і забезпечити надійну експлуатацію модернізованого розкидача органічних добрив у технології вирощування цукрових буряків.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Мета та вихідні положення техніко-економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень є завершальним етапом оцінювання доцільності модернізації універсального причіпного розкидача органічних добрив ПРТ-10, який агрегатується з трактором Т-150К і використовується у технології вирощування цукрових буряків. У межах кваліфікаційної роботи прийнято, що основним напрямом удосконалення є встановлення горизонтальних подрібнювальних барабанів та елементів, які забезпечують більш рівномірне подрібнення і розподіл органічної маси по поверхні поля. Таке рішення має не лише технічне, а й економічне значення, оскільки якість внесення гною безпосередньо впливає на родючість ґрунту, рівномірність живлення рослин і потенційний приріст урожайності цукрових буряків.

Для умов господарства Житомирської області органічні добрива доцільно застосовувати під основний обробіток ґрунту або в системі підготовки поля під цукрові буряки. Ця культура характеризується високою потребою в елементах живлення, тому нерівномірне внесення органіки призводить до строкатості посівів, неоднакового розвитку коренеплодів і втрат урожаю. Саме тому проєктне рішення спрямоване на підвищення експлуатаційної надійності агрегату Т-150К+ПРТ-10, зменшення простоїв, поліпшення якості розподілу добрив і скорочення витрат на виконання операції.

Економічну ефективність модернізації визначаємо шляхом порівняння базового варіанта використання серійного розкидача ПРТ-10 та проєктного варіанта, в якому агрегат працює після удосконалення робочих органів. Порівняння виконуємо за показниками продуктивності, тривалості виконання робіт, витрат пального, оплати праці, експлуатаційних витрат, капітальних вкладень, річного економічного ефекту та строку окупності. Розрахунки мають

орієнтовний проєктний характер і можуть уточнюватися залежно від фактичних цін на пальне, метал, запасні частини, оплату праці та реалізаційну ціну цукрових буряків.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Площа вирощування цукрових буряків, га	F	800
Норма внесення органічних добрив, т/га	$Н_д$	40
Вантажопідйомність ПРТ-10, т	q	10
Базова експлуатаційна продуктивність агрегату, т/год	$W_б$	55
Продуктивність модернізованого агрегату, т/год	$W_п$	62
Годинна витрата дизельного пального, л/год	$G_г$	20
Умовна ціна дизельного пального, грн/л	$Ц_п$	55
Розрахункова ціна реалізації коренеплодів, грн/т	$Ц_к$	1800
Очікуваний приріст урожайності від рівномірнішого внесення, т/га	ΔУ	0,5
Капітальні витрати на модернізацію, грн	$К_м$	420000

Прийняті вихідні дані відповідають умовам виконання механізованих робіт на площі 800 га. Норма внесення органічних добрив 40 т/га є достатньо високою, тому якісна робота розкидального пристрою має особливе значення. Усі грошові показники подані в гривнях і використовуються для порівняльного розрахунку, тобто головним є не абсолютне значення кожної статті витрат, а різниця між базовим і проєктним варіантами.

5.2. Розрахунок обсягу робіт та потреби в органічних добривах

Загальний обсяг органічних добрив, який необхідно внести під цукрові буряки, визначаємо за площею поля і прийнятою нормою внесення. Для розрахунку використовуємо формулу:

$$Q_д = F \cdot Нд, \quad (5.1)$$

де $Q_д$ – загальна маса органічних добрив, т; F – площа вирощування цукрових буряків, га; Нд – норма внесення органічних добрив, т/га.

$$Q_д = 800 \cdot 40 = 32000 \text{ т.}$$

Отже, для запроєктованої площі необхідно внести 32000 т органічних добрив. Кількість завантажень кузова розкидача визначаємо за вантажопідйомністю ПРТ-10:

$$N_з = Q_д / q, \quad (5.2)$$

$$N_з = 32000 / 10 = 3200 \text{ завантажень.}$$

Велика кількість завантажень і значний обсяг добрив зумовлюють підвищені вимоги до надійності розкидального апарата, роботи транспортера, підшипникових вузлів, ланцюгових передач і приводу подрібнювальних барабанів. Якщо розкидальний пристрій працює нестабільно, виникають перевитрати добрив на окремих ділянках поля, пропуски, збільшення кількості повторних проходів і додаткове ущільнення ґрунту. Удосконалення агрегату Т-150К+ПРТ-10 дає змогу зменшити ці недоліки та підвищити рівномірність розподілу органіки.

5.3. Капітальні вкладення на модернізацію агрегату Т-150К+ПРТ-10

Капітальні витрати на модернізацію включають вартість виготовлення або придбання горизонтальних подрібнювальних барабанів, лопатей, елементів приводу, захисних кожухів, підшипникових вузлів, кріпильних деталей, а також витрати на монтаж, регулювання та випробування агрегату. Оскільки трактор Т-150К і базовий розкидач ПРТ-10 уже входять до складу машинно-тракторного парку, у розрахунок включаємо лише додаткові витрати, пов’язані з модернізацією розкидача.

Таблиця 5.2 – Орієнтовна структура капітальних витрат на модернізацію

Стаття витрат	Одиниця	Ціна, грн	Сума, грн
Комплект горизонтальних подрібнювальних барабанів	2 шт.	95000	190000
Лопаті, ножі та робочі елементи подрібнення	комплект	52000	52000
Підшипникові вузли, муфти, зірочки, ланцюгові передачі	комплект	65000	65000
Захисні кожухи, огородження та елементи безпеки	комплект	36000	36000
Металопрокат, кріплення, зварювальні та допоміжні матеріали	комплект	42000	42000
Монтажні, слюсарні та регулювальні роботи	комплекс	25000	25000
Випробування, фарбування та підготовка до експлуатації	комплекс	10000	10000
Разом	—	—	420000

Отримана сума капітальних вкладень становить 420000 грн. Для умов господарства така величина є значно меншою, ніж придбання нового високопродуктивного імпортного розкидача, тому модернізація наявного ПРТ-10 є економічно привабливим варіантом. Додатковою перевагою є можливість виконання частини робіт у ремонтній майстерні господарства, що зменшує залежність від сторонніх сервісних організацій і скорочує простої техніки.

5.4. Розрахунок продуктивності та тривалості виконання робіт

Тривалість виконання операції внесення органічних добрив залежить від загальної маси добрив і експлуатаційної продуктивності агрегату. Для базового та проєктного варіантів час роботи визначаємо за формулою:

$$T = Q_д / W, \quad (5.3)$$

де T – тривалість виконання робіт, год; $Q_д$ – загальна маса добрив, т; W – експлуатаційна продуктивність агрегату, т/год.

$$T_б = 32000 / 55 = 581{,}8 \text{ год};$$

$$T_п = 32000 / 62 = 516{,}1 \text{ год}.$$

Економія робочого часу за рахунок модернізації становить:

$$\Delta T = T_б – T_п = 581,8 – 516,1 = 65,7 \text{ год.}$$

Зменшення тривалості роботи пояснюється стабільнішим проходженням органічної маси через розкидальний пристрій, меншим забиванням робочих органів, кращим подрібненням великих включень і зниженням потреби у повторних проходах для вирівнювання норми внесення. Крім прямої економії часу, це забезпечує виконання роботи в оптимальні агротехнічні строки, що особливо важливо в осінній період, коли поле потрібно своєчасно підготувати до наступних технологічних операцій.

Таблиця 5.3 – Порівняння виробничих показників базового і проєктного варіантів

Показник	Базовий ПРТ-10	Модернізований ПРТ-10	Відхилення
Загальна маса органічних добрив, т	32000	32000	—
Продуктивність агрегату, т/год	55	62	+7
Тривалість виконання робіт, год	581,8	516,1	-65,7
Кількість змін за тривалості зміни 7 год	83,1	73,7	-9,4
Кількість завантажень кузова	3200	3200	—

5.5. Розрахунок витрат пального та оплати праці

Витрати дизельного пального визначаємо за годинною витратою пального трактором Т-150К у складі агрегату та тривалістю виконання робіт. Розрахунок виконуємо за формулою:

$$G = G_г \cdot T, \qquad (5.4)$$

де G – загальна витрата дизельного пального, л; Gг – годинна витрата пального, л/год; Т – тривалість роботи агрегату, год.

$$G_б = 20 \cdot 581,8 = 11636 \text{ л;}$$
$$G_п = 20 \cdot 516,1 = 10322 \text{ л.}$$

Економія пального становитиме:

$$\Delta G = 11636 - 10322 = 1314 \text{ л.}$$

У грошовому вираженні економія пального за ціни 55 грн/л дорівнює:

$$Е_п = \Delta G \cdot Ц_п = 1314 \cdot 55 = 72270 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці визначаємо з урахуванням роботи одного механізатора. Для розрахунку приймаємо годинну тарифну ставку з нарахуваннями 190 грн/год. Тоді витрати на оплату праці будуть становити:

$$З = Т \cdot Сг, \quad (5.6)$$

$$З_б = 581{,}8 \cdot 190 = 110542 \text{ грн;}$$

$$З_п = 516{,}1 \cdot 190 = 98059 \text{ грн.}$$

Економія коштів на оплату праці становить 12483 грн. Хоча ця сума менша порівняно з економією пального, вона також має значення, оскільки скорочення тривалості робіт дає можливість використовувати механізатора та трактор на інших технологічних операціях.

5.6. Визначення експлуатаційних витрат

До складу експлуатаційних витрат включаємо витрати на пальне, мастильні матеріали, оплату праці, амортизаційні відрахування, технічне обслуговування та поточний ремонт. У проєктному варіанті годинні витрати на амортизацію і ремонт розкидача дещо зростають у зв’язку з наявністю додаткових вузлів, однак загальні витрати зменшуються завдяки скороченню тривалості виконання робіт.

Таблиця 5.4 – Погодинні експлуатаційні витрати агрегату

Стаття витрат	Базовий варіант, грн/год	Проєктний варіант, грн/год	Пояснення
Пальне	1100	1100	20 л/год · 55 грн/л
Мастильні матеріали	110	110	10 % від вартості пального
Оплата праці механізатора з нарахуваннями	190	190	прийнято за тарифом
Амортизація трактора Т-150К	310	310	за годинами роботи

Продовження таблиці 5.4

Амортизація розкидача	135	180	з урахуванням модернізації
Технічне обслуговування і поточний ремонт	320	345	трактор, розкидач, привід барабанів
Інші виробничі витрати	85	90	організаційні та допоміжні витрати
Разом за 1 год роботи	2250	2325	—

Загальні експлуатаційні витрати визначаємо множенням погодинних витрат на тривалість роботи агрегату:

$$B = C_{год} \cdot T. \quad (5.6)$$

$$B_б = 2250 \cdot 581{,}8 = 1309050 \text{ грн};$$

$$B_п = 2325 \cdot 516{,}1 = 1199933 \text{ грн}.$$

Річна економія експлуатаційних витрат становить:

$$E_е = B_б - B_п = 1309050 - 1199933 = 109117 \text{ грн}.$$

Незважаючи на збільшення погодинної вартості роботи модернізованого агрегату на 75 грн/год, загальні витрати зменшуються на 109117 грн завдяки підвищенню продуктивності. Це свідчить, що модернізація є доцільною не лише з агротехнічного, а й з експлуатаційного погляду.

5.7. Економічний ефект від підвищення якості внесення добрив

Основна перевага модернізованого розкидача полягає не лише в економії часу та пального, а й у поліпшенні рівномірності внесення органічних добрив. Горизонтальні подрібнювальні барабани забезпечують інтенсивніше руйнування грудок гною, зменшують утворення валків і локальних скупчень органічної маси. Завдяки цьому поживні речовини розподіляються по площі поля рівномірніше, а рослини цукрових буряків одержують більш однакові умови живлення.

Для проєктного розрахунку приймаємо, що поліпшення якості внесення органічних добрив забезпечує приріст урожайності цукрових буряків на 0,5 т/га. Такий приріст є помірним і реалістичним для умов, коли модернізація

впливає не на всю технологію вирощування, а лише на одну важливу операцію. Додатковий валовий збір визначаємо за формулою:

$$\Delta Q_у = F \cdot \Delta У, \quad (5.7)$$

$$\Delta Q_у = 800 \cdot 0,5 = 400 \text{ т.}$$

Вартість додаткової продукції визначаємо за розрахунковою ціною реалізації коренеплодів:

$$Д_д = \Delta Q_у \cdot Ц_к, \quad (5.8)$$

$$Д_д = 400 \cdot 1800 = 720000 \text{ грн.}$$

Частина додаткового доходу витрачається на збирання, навантаження, транспортування та доробку додаткової продукції. Тому для визначення чистого приросту доходу приймаємо коефіцієнт використання додаткової виручки 0,65:

$$Д_ч = Д_д \cdot 0,65 = 720000 \cdot 0,65 = 468000 \text{ грн.}$$

Отриманий показник характеризує орієнтовний чистий економічний результат від підвищення рівномірності внесення органічних добрив. У реальних умовах він залежатиме від погодних умов, родючості ґрунту, попередника, рівня мінерального живлення, гібриду або сорту, організації збирання та ринкової ціни коренеплодів. Проте навіть за обережного підходу додатковий ефект від покращення якості внесення є суттєвим.

5.8. Загальний річний економічний ефект та строк окупності

Загальний річний економічний ефект визначаємо як суму економії експлуатаційних витрат і чистого додаткового доходу від підвищення урожайності:

$$Е_р = Е_е + Д_ч, \quad (5.9)$$

$$Ер = 109117 + 468000 = 577117 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних вкладень на модернізацію визначаємо за формулою:

$$Ток = Км / Ер, \quad (5.10)$$

$$Т_ок = 420000 / 577117 = 0,73 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень визначаємо як обернену величину строку окупності:

$$E_к = E_р / К_м, \quad (5.11)$$

$$E_к = 577117 / 420000 = 1,37.$$

Рентабельність модернізації за річним ефектом становить:

$$R = (E_р / К_м) \cdot 100 = (577117 / 420000) \cdot 100 = 137,4\ \%.$$

Отже, капітальні вкладення на модернізацію розкидача ПРТ-10 окупаються менш ніж за один виробничий сезон. Такий результат пояснюється тим, що агрегат працює на великій площі, виконує значний обсяг робіт і впливає на важливий елемент технології вирощування цукрових буряків — забезпечення рослин органічним живленням.

Таблиця 5.5 – Основні економічні показники проєктного рішення

Показник	Значення
Загальна площа внесення добрив, га	800
Загальна маса органічних добрив, т	32000
Економія робочого часу, год	65,7
Економія дизельного пального, л	1314
Економія експлуатаційних витрат, грн	109117
Чистий додатковий дохід від приросту урожайності, грн	468000
Загальний річний економічний ефект, грн	577117
Капітальні вкладення на модернізацію, грн	420000
Строк окупності, року	0,73
Рентабельність модернізації, %	137,4

5.9. Аналіз чутливості результатів та виробничі переваги модернізації

Оскільки економічні показники залежать від ринкових цін і фактичної урожайності, доцільно оцінити стійкість проєктного рішення до зміни вихідних умов. Якщо ціна реалізації коренеплодів або приріст урожайності будуть

нижчими за прийняті у розрахунку, строк окупності збільшиться, але економія експлуатаційних витрат залишиться. Навіть у випадку, коли приріст урожайності становитиме лише 0,3 т/га, додатковий валовий збір дорівнюватиме 240 т, а чистий додатковий дохід за коефіцієнта 0,65 становитиме 280800 грн. Тоді загальний річний ефект дорівнюватиме 389917 грн, а строк окупності складе 1,08 року, що також є прийнятним для сільськогосподарського виробництва.

Крім прямих економічних показників, модернізований агрегат Т-150К+ПРТ-10 забезпечує низку виробничих переваг. До них належать зменшення нерівномірності розподілу органічних добрив, скорочення кількості зупинок для очищення робочих органів, підвищення технологічної дисципліни виконання робіт, зменшення ризику перевитрати добрив і поліпшення умов подальшого основного обробітку ґрунту. За рахунок якіснішого подрібнення органічна маса краще заробляється в ґрунт, що сприяє активнішій мінералізації поживних речовин і підвищенню біологічної активності ґрунтового середовища.

Важливою перевагою модернізації є використання наявної енергетичної бази. Трактор Т-150К має достатню тягову потужність для роботи з ПРТ-10, а його експлуатація добре освоєна механізаторами. Це знижує потребу у додатковому навчанні персоналу та спрощує впровадження проєктного рішення. Модернізований розкидач може обслуговувати не лише площі під цукровими буряками, а й інші культури сівозміни, що підвищує його річне завантаження та додатково скорочує строк окупності.

Організаційно-економічний ефект проявляється також у зменшенні напруженості польових робіт. Скорочення тривалості внесення органічних добрив на 65,7 год дає змогу раніше перейти до наступних операцій, зменшити ризик роботи у несприятливих погодних умовах і краще використовувати тракторний парк. Для господарства, яке працює на великих площах, це має суттєве значення, оскільки своєчасність виконання робіт часто впливає на результат не менше, ніж технічні параметри окремої машини.

Висновки по розділу

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що модернізація універсального причіпного розкидача ПРТ-10 горизонтальними подрібнювальними барабанами є доцільною для технології вирощування цукрових буряків на площі 800 га. Загальна потреба в органічних добривах становить 32000 т, що потребує 3200 завантажень кузова розкидача, тому підвищення надійності та продуктивності агрегату має вагоме виробниче значення.

У порівнянні з базовим варіантом модернізований агрегат Т-150К+ПРТ-10 забезпечує збільшення експлуатаційної продуктивності з 55 до 62 т/год, скорочення тривалості виконання робіт на 65,7 год та економію 1314 л дизельного пального. Загальна економія експлуатаційних витрат становить 109117 грн, а чистий додатковий дохід від покращення рівномірності внесення добрив і приросту урожайності оцінено у 468000 грн.

Загальний річний економічний ефект від впровадження проєктного рішення становить 577117 грн. За капітальних вкладень на модернізацію 420000 грн строк окупності дорівнює 0,73 року, а рентабельність модернізації становить 137,4 %. Отже, запропоноване удосконалення є економічно ефективним, технологічно обґрунтованим і може бути рекомендоване для використання у господарствах, що вирощують цукрові буряки та застосовують органічні добрива.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення комплексу машин для вирощування цукрових буряків з модернізацією універсального причіпного розкидача органічних добрив горизонтальними подрібнювальними барабанами. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності механізованого вирощування цукрових буряків, забезпечення якісного виконання технологічних операцій, зменшення витрат матеріально-технічних ресурсів та поліпшення рівномірності внесення органічних добрив.

У першому розділі проаналізовано технологію вирощування цукрових буряків для умов Житомирської області. Встановлено, що врожайність культури значною мірою залежить від правильного вибору попередника, якісного основного і передпосівного обробітку ґрунту, раціональної системи удобрення, точного висіву, своєчасного догляду за посівами та ефективного збирання коренеплодів. Особливу увагу приділено ролі органічних добрив, які покращують фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, підвищують його родючість і створюють сприятливі умови для росту та розвитку рослин.

У другому розділі виконано проєктування технології вирощування цукрових буряків для умов Житомирської області. Обґрунтовано склад машинно-тракторного парку, підібрано сучасні трактори, ґрунтообробні, посівні, обприскувальні, транспортні та збиральні машини. Розроблена технологічна карта вирощування цукрових буряків на площі 800 га дала змогу визначити послідовність виконання польових робіт, потребу в техніці, трудових ресурсах, паливі та експлуатаційних витратах. У технологічному процесі передбачено внесення органічних добрив удосконаленим агрегатом Т-150К+ПРТ-10.

У конструктивній частині роботи обґрунтовано модернізацію універсального причіпного розкидача органічних добрив ПРТ-10 шляхом застосування горизонтальних подрібнювальних барабанів. Запропоноване технічне рішення спрямоване на підвищення рівномірності розподілу

органічних добрив по поверхні поля, покращення якості їх подрібнення та зменшення нерівномірності внесення. Використання модернізованого розкидача у складі агрегату Т-150К+ПРТ-10 дає змогу підвищити агротехнічну якість операції, забезпечити більш повне використання поживних речовин добрив і створити кращі умови для формування врожаю цукрових буряків.

У розділі з охорони праці проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час виконання механізованих робіт з вирощування цукрових буряків і внесення органічних добрив. Розглянуто вимоги безпечної експлуатації агрегату Т-150К+ПРТ-10, порядок підготовки машини до роботи, правила безпечного обслуговування робочих органів, вимоги до руху агрегату в полі та заходи пожежної безпеки. Виконані розрахунки підтвердили необхідність дотримання безпечних відстаней, контролю технічного стану агрегату, використання засобів індивідуального захисту та правильної організації праці механізаторів.

У техніко-економічному розділі визначено ефективність упровадження модернізованого розкидача органічних добрив. Розрахунки показали, що використання удосконаленого агрегату Т-150К+ПРТ-10 дозволяє підвищити продуктивність виконання операції, зменшити експлуатаційні витрати, скоротити витрати пального та підвищити якість внесення добрив. Економічний ефект досягається за рахунок покращення технологічних показників роботи агрегату, зниження втрат робочого часу та підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с.

2. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

3. Борак К.В., Савченко В.М., Корнійчук Ю.М. Робототехнічні засоби в рослинництві. Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року). Київ. НУБІП України. С. 589-601.

4. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2012. 512 с.

5. Барановський В. М., Булгаков В. М., Калетнік Г. М. Основи проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. Вінниця : Нова книга, 2018. 392 с.

6. Агроекологія : навч. посіб. / за ред. О. Ф. Смаглія. Київ : Вища освіта, 2006. 671 с.

7. Барановський В. М., Булгаков В. М., Калетнік Г. М. Основи проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. Вінниця : Нова книга, 2018. 392 с.

8. Буряківництво : навч. посіб. / І. Д. Примак, В. П. Федоренко, Л. А. Козак та ін. Біла Церква : БНАУ, 2009. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/11408/1/%D0%91%D1%83%D1%80%D1%8F%D0%BA%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE..pdf (дата звернення: 01.06.2026).

9. Буряки цукрові – селекція, насінництво та технологія вирощування / О. І. Присяжнюк, Л. М. Присяжнюк, С. І. Мельник, С. М. Гринів. Київ :

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, 2023. URL: https://press.sops.gov.ua/catalog/book/732 (дата звернення: 01.06.2026).

10. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

11. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

12. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Іщенко В. В. Сільськогосподарські машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с.

13. Довідник з машиновикористання в землеробстві / В. І. Пастухов, А. Г. Чигрин, П. А. Джолос та ін. ; за ред. В. І. Пастухова. Харків : Веста, 2001. 347 с.

14. Довідник інженера-механіка сільськогосподарського виробництва / за ред. О. В. Надикта. Київ : Урожай, 2017. 456 с.

15. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 20 с.

16. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

17. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 44 с.

18. ДСТУ EN ISO 4254-1:2017. Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 34 с.

19. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ : МОЗ України, 1999. 31 с.

20. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ : МОЗ України, 1999. 21 с.

21. Заєць М. Л. Функція управління системою машин для збирання цукрових буряків Наукові читання–2021: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 33-35.

22. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» : від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (дата звернення: 01.06.2026).

23. Закон України «Про охорону праці» : від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text (дата звернення: 01.06.2026).

24. Закон України «Про пестициди і агрохімікати» : від 02.03.1995 № 86/95-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 01.06.2026).

25. Кодекс законів про працю України : від 10.12.1971 № 322-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text (дата звернення: 01.06.2026).

26. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. 4-те вид., випр. і допов. Львів : Українські технології, 2014. 1040 с.

27. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : Українські технології, 2019. 732 с.

28. Машини для внесення органічних добрив. AgroBusiness. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/30441-mashyny-dlia-vnesennia-orhanichnykh-dobryv.html (дата звернення: 01.06.2026).

29. Машини для внесення органічних добрив. Alfatech. URL: https://alfatech.com.ua/news/mashyny-dlya-vnesennya-orhanichnykh-dobryv (дата звернення: 01.06.2026).

30. Механізація вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / В. М. Булгаков, В. В. Адамчук, В. Т. Надикто та ін. Київ : Аграрна освіта, 2018. 356 с.

31. Модернізація розкидача органічних добрив «ПРТ-10» зі змінними барабанно-фрезерними робочими органами. Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. URL: https://www.ndipvt.com.ua/Zbyrnyk/Edition33_47/Collection_of_scientific_works_Edition_47_article_9.pdf (дата звернення: 01.06.2026).

32. Надикто В. Т. Основи агрегатування модульних енергетичних засобів. Мелітополь : КП «Мелітопольська міська друкарня», 2003. 240 с.

33. Організація та технологія механізованих робіт у рослинництві : навч. посіб. / за ред. В. І. Пастухова. Харків : ХНТУСГ, 2016. 302 с.

34. Пастухов В. І. Якість механізованих технологічних операцій і біопотенціал польових культур. Харків : Ранок, 2002. 124 с.

35. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. Львів : Українські технології, 2020. 806 с.

36. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві : наказ Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#Text (дата звернення: 01.06.2026).

37. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text (дата звернення: 01.06.2026).

38. Заєць М. Л. Моделювання процесу екстракції коренеплодів цукрових буряків з врахуванням динаміки налипання ґрунту на їхній поверхні. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2023. № 3 (122). С. 63-71.

39. Про затвердження Державних санітарних правил транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві : наказ Міністерства охорони здоров’я України від 03.08.1998 № 1. URL:

https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0001282-98#Text (дата звернення: 01.06.2026).