

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Мельничук Максим Миколайович

УДК 631.316.4:631.51

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту з
модернізацією культиватора КПС-8**

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 _____ Мельничук М.М.

**Керівник роботи
Боровський В.М.
старший викладач**

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Мельничук Максим Миколайович. Підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту з модернізацією культиватора КПС-8. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню якості поверхневого обробітку ґрунту шляхом модернізації культиватора КПС-8. Актуальність теми зумовлена потребою якісного розпушування верхнього шару ґрунту, повного підрізання бур'янів, вирівнювання поверхні поля, збереження вологи та зниження енергетичних витрат під час передпосівного і парового обробітку.

У роботі розглянуто сучасний стан механізації поверхневого обробітку ґрунту, технологію культивації, агротехнічні вимоги, конструктивні особливості культиваторів і робочих органів. Проведено огляд існуючих культиваторів для суцільного обробітку та патентний аналіз робочих органів.

У конструкторській частині обґрунтовано модернізацію культиватора КПС-8 шляхом удосконалення робочого органу. Запропоновано стрілчасту плоскоріжучу лапу з додатковим плоским ножом, шарнірним кріпленням і пружинним механізмом, що забезпечує коливання під час руху агрегату. Це сприяє кращому подрібненню ґрунту, підрізання бур'янів, самоочищенню лапи та стабільності глибини обробітку.

Також визначено склад машинно-тракторного агрегату, робочі режими, схему підготовки поля і руху агрегату, виконано розрахунок продуктивності, витрати палива та трудових затрат. Розглянуто питання охорони праці під час експлуатації культиватора, а також виконано економічне обґрунтування модернізації. Результати підтверджують технічну доцільність і економічну ефективність удосконалення культиватора КПС-8.

Ключові слова: поверхневий обробіток ґрунту, культивація, культиватор КПС-8, робочий орган, стрілчаста лапа, модернізація, підрізання бур'янів.

ANNOTATION

Maksym Mykolayovych Melnychuk. Improving the quality of shallow tillage through the modernisation of the КПС-8 cultivator. – 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 focuses on improving the quality of surface tillage through the modernisation of the KPS-8 cultivator. The relevance of the topic stems from the need for high-quality loosening of the topsoil, complete weed control, levelling of the field surface, moisture conservation and reduction of energy consumption during pre-sowing and fallow cultivation.

The thesis examines the current state of mechanisation in surface soil cultivation, cultivation technology, agrotechnical requirements, and the design features of cultivators and working bodies. A review of existing cultivators for continuous cultivation and a patent analysis of working bodies have been conducted.

The design section justifies the modernisation of the KPS-8 cultivator by improving the working body. A curved flat-cutting tine with an additional flat blade, a hinged mounting and a spring mechanism is proposed, which ensures oscillation during the unit's movement. This contributes to better soil fragmentation, weed cutting, self-cleaning of the tine and stability of the tillage depth.

The composition of the machine-tractor unit, operating modes, field preparation and movement schemes of the unit have also been determined, and calculations of productivity, fuel consumption and labour costs have been carried out. Occupational health and safety issues during the operation of the cultivator are addressed, and an economic justification for the modernisation is provided. The results confirm the technical feasibility and economic efficiency of the improvements to the KPS-8 cultivator.

Keywords: shallow tillage, cultivation, KPS-8 cultivator, working body, arrow-shaped tine, modernisation, weed cutting.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.....	9
1.1 Технологія проведення культивачії.....	9
1.2 Огляд культиваторів для поверхневої обробки ґрунту.....	11
1.3. Патентний огляд робочих органів культиватора.....	17
Висновки по розділу.....	23
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА.....	24
2.1. Агротехнічні вимоги поверхневого обробітку ґрунту.....	24
2.2. Опис запропонованої модернізації культиватора КПС-8.....	25
2.3 Технологічні в , розрахунки міцності та кінематичні розрахунки.....	27
2.4. Налаштування, регулювання та техніка безпеки при експлуатації культиватора КПС-8.....	29
Висновки по розділу.....	32
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ МОДЕРНІЗОВАНИМ КУЛЬТИВАТОРОМ КПС-8.....	33
3.1. Вихідні умови та агротехнічні вимоги.....	33
3.2. Обґрунтування складу агрегату і режимів роботи.....	34
3.3. Підготовка поля та схема руху агрегату.....	35
3.4. Розрахунок продуктивності агрегату.....	36
3.5. Розрахунок витрати палива і трудових затрат.....	36
3.6. Операційно-технологічна карта виконання роботи.....	37
3.7. Контроль якості та безпека праці.....	38
Висновки до розділу.....	39
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	41
4.1. Загальні положення.....	41
4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	42

	5
4.3. Організаційні заходи безпеки.....	43
4.4. Технічні заходи безпеки під час підготовки та роботи.....	43
4.5. Розрахунок зони небезпеки під час роботи агрегату.....	44
4.6. Розрахунок стійкості агрегату на схилі.....	45
4.7. Розрахунок освітлення місця технічного обслуговування.....	46
4.8. Оцінка шуму, вібрації та пожежної безпеки.....	47
Висновки до розділу.....	47
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	49
5.1. Загальні положення.....	49
5.2. Вихідні дані для розрахунку.....	50
5.3. Розрахунок капітальних вкладень у модернізацію.....	51
5.4. Порівняння експлуатаційних показників базового і модернізованого агрегату.....	52
5.5. Розрахунок економії палива та оплати праці.....	53
5.6. Економічний ефект від підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту.....	54
5.7. Розрахунок додаткових експлуатаційних витрат.....	55
5.8. Визначення річного економічного ефекту та строку окупності.....	56
5.9. Аналіз чутливості результатів.....	57
Висновки до розділу.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сільське господарство має багато аспектів, які впливають на кінцевий результат – рясність врожаю. Обробіток ґрунту є основним аспектом землеробства. Існують різні види обробки ґрунту, відомі в сільському господарстві.

Вирощування сільськогосподарських культур вимагає багато зусиль і планування. Сільське господарство, як ми знаємо, є основою виробництва продовольства і запасів продукції.

Кожен процес у сільському господарстві дуже важливий. Тобто кожен елемент: насіння, ґрунт і полив відіграють величезну роль в отриманні плідного врожаю.

Основний і найперший фактор у процесі землеробства - підготовка ґрунту для посіву. Головне завдання - створити ґрунт, який буде міцно утримувати коріння рослин або насіння і мати хорошу здатність поглинати воду та інші необхідні елементи для рясного і здорового врожаю. Обробка землі - це процес, який створює особливі умови ґрунту або готує ґрунт для наступного процесу посіву. Безсумнівно, це найважливіший процес у сільському господарстві.

Поверхневий обробіток ґрунту – обробіток ґрунту різними знаряддями на глибину до 16 см. Ця Обробіток ґрунту необхідна для перетворення ґрунту в пухкий стан, провокації і знищення проростків бур'янів, для передпосівної підготовки ґрунту, для догляду за рослинами, для вирівнювання поверхні поля з метою створення мікрорельєфу, оптимального для росту рослин і для високоякісного збирання врожаю.

Культивація землі може бути визначена як процес риття ґрунту з метою пом'якшення його структури. Для цієї мети використовуються різні механізми і методи, починаючи з традиційних, таких як згрібання, боронування і оранка. Це процес, який триває з моменту збирання першого врожаю до посіву наступного. Своєчасне розпушування ґрунту дуже важливе, враховуючи вологість та інші фактори ґрунту.

Культивация ґрунту – розпушування і перемішування ґрунту, а також підрізання бур'янів на невелику глибину (до 12-15 см).

Культивация є одним з основних процесів обробки ґрунту. У сучасному світі приділяється велика увага вдосконаленню культивации ґрунту.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту модернізацією культиватора КПС-8

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Вивчити сучасний стан питання поверхневої обробки ґрунту.
2. Розробити конструкцію культиватора, здатного здійснювати обробку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог, і провести розрахунок модернізованого вузла.
3. Розробити рекомендації щодо проведення основних налаштувань і регулювань, а також вимоги техніки безпеки при експлуатації.

Об'єктом дослідження є технологічний процес поверхневого обробітку ґрунту культиваторним агрегатом під час передпосівного та парового обробітку.

Предметом дослідження є вплив конструктивних параметрів модернізованого робочого органу культиватора КПС-8 на якість розпушування ґрунту, підрізання бур'янів, вирівнювання поверхні поля, стабільність глибини обробітку та енергетичні показники роботи агрегату.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Борак К.В., Кащенко Є.Д., Савченко В.М., Коноплич А.В., Мельничук М.М. Порівняльна оцінка технологій no-till, mini-till та традиційної оранки за показниками енерговитрат і продуктивності. 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. 95-98.
2. Білецький В.Р., Маліновський О.А., Мельничук М.М., Онуфрієнко О.М., Кравченко А.Ю. Технології обробітку ґрунту: види, застосування, переваги й недоліки. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих

учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/bileckyj_26-2.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованої модернізації культиватора КПС-8 для підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту в умовах сільськогосподарського виробництва. Удосконалення робочого органу культиватора забезпечує краще розпушування верхнього шару ґрунту, повніше підрізання бур'янів, зменшення забивання рослинними рештками та стабільніше дотримання заданої глибини обробітку.

Запропоновані конструктивні рішення можуть бути застосовані під час модернізації наявних культиваторів КПС-8 без повної заміни агрегату, що дає змогу знизити витрати господарства на оновлення техніки. Практичне впровадження результатів роботи сприятиме підвищенню продуктивності агрегату, зменшенню витрат палива й експлуатаційних витрат, покращенню підготовки ґрунту до сівби та підвищенню ефективності виконання передпосівного і парового обробітку.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 32 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 65 сторінок комп'ютерного тексту, містить 11 рисунків, 12 таблиць та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1 Технологія проведення культивуації

Культивуація — прийом суцільної, передпосівної або міжрядної обробки ґрунту, що забезпечує його подрібнення, розпушування, перемішування, вирівнювання поверхні та підрізання бур'янів. В результаті культивуації на поверхні ґрунту створюється пухкий шар, поліпшується водний, поживний і повітряний режими, прискорюється прогрівання ґрунту навесні, активізуються мікробіологічні процеси. Глибина культивуації становить 5-12 см, частіше з одночасним боронуванням.

Суцільну культивуацію проводять для передпосівної підготовки ґрунту, при зябльовій обробці, при догляді за чистими і кулісними парами, в садах. Передпосівна культивуація забезпечує закладення мінеральних добрив, меліорантів, гербіцидів і створює насінневе ложе. Передпосівну культивуацію виконують на глибину посіву 4-6 см або з урахуванням усадки ґрунту (особливо при зрошенні) – дещо глибше. Її виконують поперек напрямку оранки, по діагоналі поля або поперек напрямку попередніх обробок.

Робочі органи культиваторів – лапи, бувають різних конструкцій:

- плоскоріжучі (підрізаючі),
- рихлильні (долотоподібні і на пружинах),
- голчасті диски,
- штангові та інші.

Підрізаючі лапи мають форму плоского трикутника (стрілчасті лапи) або ножа, поставленого горизонтально або під кутом до рами культиватора (односторонні).

Стрілчасті лапи добре підрізають бур'яни і розпушують ґрунт на глибині до 10-12 см, ножі краще обробляють ґрунт на невелику глибину.

Лаповими культиваторами обробляють переважно м'яку ріллю.

Розпушувальні лапи більш вузькі у вигляді долота, кріпляться вертикально на рамі культиватора на жорстких або пружинних стійках (пружинні лапи). Розпушувальні лапи інтенсивно розпушують ґрунт, але слабше підрізають бур'яни. Пружні лапи застосовують для розпушування і вичісування кореневищ. Комбінування односторонніх плоскоріжучих лап з долотоподібними розпушувальними дозволяє забезпечити глибоке розпушування і ретельне підрізання бур'янів.

Розпушування полів, зайнятих культурами суцільного посіву, здійснюють також ротаційними мотигами, робочими органами яких є голчасті диски. При їх обертанні, голки врізаються неглибоко в ґрунт, руйнують кірку, розпушують поверхневий шар, висмикують молоді сходи бур'янів, не пошкоджуючи культурних рослин.

У районах вітрової ерозії, а також при безвідвальній обробці, використовують протиерозійні культиватори-плоскорізи, наприклад, КПГ-2,2, КПШ-5, КПШ-9 і КПШ-11 з плоскорізними робочими органами. Глибина обробки ґрунту при цьому становить 8-16 см з одночасним залишенням до 80-90% стерні та рослинних залишків. Їх використовують для передпосівної підготовки ґрунту під озимі культури, догляду за парами для безвідвальної обробки на глибину 10-16 см восени. Для плоскорізної обробки пласта багаторічних трав і парової обробки застосовують агрегат ОПТ-3-5, який розпушує ґрунт на глибину 10-16 см і підрізає коріння рослин.

На легких ґрунтах використовують штангові культиватори КШ-3,6А з металевим стрижнем — штангою в якості робочого органу. Він розпушує ґрунт без перевертання, вирівнює поверхню і при обертанні в зворотному до руху коліс напрямку виносить на поверхню зароблену стійками стерню.

Застосовують також важкі протиерозійні культиватори КПЕ-3,8 і КТС-10-1 для обробки парів і передпосівної обробки важких сухих і щільних ґрунтів. Вони оснащені пружинними пружними стійками лап, які під час роботи вібрують і розпушують ущільнений ґрунт, при цьому не забиваючись рослинними залишками. Для створення гребнистої поверхні на ці культиватори

встановлюють штанги квадратного перетину, які, обертаючись від приводу коліс на глибині 4-5 см, витягують на поверхню зароблену стерню і підрізани бур'яни та вирівнюють ґрунт.

Міжрядну культивуацію здійснюють для розпушування і підрізання бур'янів у міжряддях просапних культур. У посадках картоплі застосовують окупники, що присипають ґрунт до рослин, що дозволяє утворити додаткові стебла. Для уникнення пошкоджень рослин по обидва боки рядка залишають захисні смуги 10-15 см, а культиватори обладнують спеціальними запобіжниками. Для міжрядних обробок використовують універсальні культиватори-рослиноживильники, наприклад, КРН-4,2, КРН-5,6, КОН-2,8, УСМК-5,4А, які дозволяють одночасно з обробкою вносити мінеральні добрива.

1.2 Огляд культиваторів для поверхневої обробки ґрунту

Комбінований культиватор КПК-8А (рис. 1.1) може працювати при вологості ґрунту 8%...24% і щільності до 1,6 МПа в горизонтах від 0 до 12 см на полях з рівним і хвилястим до 8° рельєфом місцевості, крім ґрунтів, схильних до вітрової ерозії, і оснащується: пристосуванням для навішування зубових борін; розпушувальним пристосуванням; прикочувальним пристосуванням. [5]

Культиватор складається з: рами, коліс бічних, коліс опорних-транспортних, сніці, підставки, підвіски робочих органів, гідротраси. Рама культиватора шарнірно-секційна, зварної конструкції і включає в себе центральну раму і дві бічні рами. У транспортному положенні бічні рами укладаються на спеціальні опори, встановлені на центральній рамі. Механізм опорних-транспортних коліс призначений для переведення машини з робочого положення в транспортне і навпаки, здійснення транспортування культиватора, а також регулювання глибини ходу робочих органів, встановлених на центральній рамі.



Рис. 1.1. Загальний вигляд культиватора КПК-8А

Культиватор Horsch Cruiser XL призначений для якісної обробки стерні, механічної боротьби з бур'янами і розпушування ґрунту ранньою весною. Чотирирядне розташування робочих органів сприяє більш якісному закладення поживних залишків і вирівнюванню мікрорельєфу поля. Може бути оснащений вузькими лапами шириною 5 см для інтенсивного перемішування поживних залишків у верхньому шарі ґрунту або стрілочастими лапами шириною 18 см для суцільної поверхневої обробки ґрунту.

Відмінні особливості Cruiser XL:

- 4-х рядне розташування робочих органів сприяє більш якісному закладення поживних залишків і вирівнюванню мікрорельєфу поля;
- стійки FlexGrip з пружинним захистом від перевантажень і зусиллям спрацьовування 100 кг;
- вузькі лапи шириною 5 см для інтенсивного перемішування поживних залишків у верхньому шарі ґрунту;
- стрілочасті лапи шириною 18 см для суцільної поверхневої обробки ґрунту [8].



Рис. 1.2. Культиватор Horsch Cruiser XL.

POLARIS – універсальні культиватори, призначені для ресурсозберігаючої передпосівної та парової культивації ґрунту, підрізання та вичісування бур'янів, а також вирівнювання та ущільнення поверхні ґрунту під посів.

Регулювання глибини обробки ґрунту здійснюється гвинтом, розташованим на центральній рамі, і гвинтовими парами, розташованими на опорних колесах крил.

Вирівнювачі і борони культиваторів забезпечують подрібнення ґрунту з істотним переважанням дрібних грудок розміром до 25 мм, рівну поверхню поля і оптимальну щільність верхнього шару на глибину посіву.

Культиватори POLARIS 8,5 мають крила, що складаються вгору за допомогою гідросистеми.

Культиватори POLARIS 10 PREMIUM мають крила, що складаються вгору за допомогою гідросистеми.

Нова полегшена конструкція рами. Використання високоміцних труб європейських сталей дозволяє зменшити вагу конструкції рами при одночасному збільшенні її міцності і жорсткості, що призводить до зменшення витрати палива трактора [6].



Рис. 1.3. Культиватор суцільної обробки ґрунту POLARIS-4.

Культиватор «КПС-4» - це сільськогосподарський агрегат, що виконує роботу по суцільному поверхневому обробітку ґрунтів різного типу і складу; по підготовці ґрунту під посів зернових та інших культурних рослин.

«КПС-4» розпушує і розпушує поверхневі шари ґрунту; ефективно знищує бур'янисту рослинність і її коріння. При встановленні відповідного додаткового обладнання культиватор може також працювати не тільки як паровий, але і як просапний агрегат, тобто виконувати міжрядну обробку полів, без шкоди культурним рослинам, а також здатний обробляти ґрунт з одночасним його живленням, вносячи добрива. [5]

Суцільна культивація «КПС-4» розпушує поверхневі шари ґрунту на глибину від 5 до 12 сантиметрів, доводячи їх до стану дрібних грудок, знищує сходи і коріння бур'янів; вирівнює загальну поверхню поля. Розпушування покращує повітро- і вологопроникність ґрунту, сприяє якісному живленню культурних рослин водою і киснем, перешкоджає швидкому випаровуванню води.

При суцільній культивації ліквідуються бур'яни і запобігається, на досить значний термін, їх нова поява. Поверхневий шар ґрунту після обробки культиватором отримує структуру, найбільш сприятливу для накопичення і збереження вологи і поживних речовин у формах, доступних для засвоєння культурними рослинами.

Передпосівна культивування ґрунту проводиться на глибину закладення насіння. Якщо робота проводиться на полі, що обробляється, не забур'яненому, з достатнім ступенем окультурення, цієї глибини цілком достатньо. Перевищувати глибину обробки ґрунту небажано. Оскільки робочі органи культиватора не повинні викидати на поверхню землі нижній, вологий шар ґрунту [6].

Але в тих випадках, коли необхідно обробити сильно ущільнені землі, засіяні залишками сторонньої рослинності, глибина обробки ґрунту підвищується – в справу пускаються рихлювачі з пружинними зубами.

У повній відповідності з агротехнічними вимогами, культиватор «КПС-4» забезпечує рівну обробку поверхневого шару ґрунту, з нерівномірністю глибини обробки, що не перевищує одного сантиметра. Після проведення робіт верхні шари ґрунту набувають дрібно-грудкуватої структури, всі бур'яни та їх коріння в зоні дії культиватора повністю підрізаються і подрібнюються. [8]



Рис. 1.4. Причіпний культиватор КПС-4.

Культиватор складається з таких складових частин: рама плоска зварна; колеса опорні пневматичні (2 шт.), оснащені гвинтовими механізмами для регулювання глибини ходу робочих органів; гряді з підйомно-натискними штангами: 4 – коротких і 8 – довгих; пристрій для навішування 4-х зубових

борін; гідравлічний пристрій, що піднімає робочі органи в транспортне положення.

До плоскої зварної рами прямокутної форми кріпляться гряділі, ходові колеса і бічні бруси сніці. Опорні ходові колеса монтуються на піввісях кронштейнів, зовнішній кінець кожного з яких з'єднаний з бічним променем сніці гвинтовим механізмом регулювання глибини ходу робочих органів.

На передній частині рами шарнірно закріплена її причіпна частина – дишло. На ньому встановлений механізм регулювання коліс і гідравлічний циліндр. Гідроциліндр розташований на кронштейні і шарніром з'єднаний з у центральним брусом сніці. Він служить для переведення підйому рами з гряділями культиватора при транспортуванні.

На кожній з коротких гряділей змонтовано по одній стрілчастій лапі, а на кожній з довгих, за допомогою здвоєних тримачів, – по дві рихлильні лапи. Стійка лапи приєднана до гряділі болтом, тримачем і планкою. [5]

Болт регулювальний; він утримує стійку лапи в заданому положенні. Культиватор «КПС-4» комплектується стрілчастими універсальними лапами з шириною захвату 270 і 330 мм відповідно, по 8 і 16 штук. Зазвичай стрілчасті лапи закріплюють на гряділях в два ряди. У передньому ряду розташовуються на коротких гряділях лапи шириною 220 або 270 мм, а на задньому ряду, на довгих гряділях, – лапи шириною 270 або 330 мм.

Нормами ДСТУ для культиваторів «КПС-4» передбачено використання універсальних лап типорозміру 3 з шириною захвату 270 мм, товщиною металу 5 мм; а також типорозміру 5 (B=330 мм, S=6 мм). За своєю формою лапи культиватора «КПС-4» бувають, крім стрілчастих (ножоподібних або списоподібних), також долотоподібними, пружинними (на пружинних стійках); а також використовуються диски. Долотоподібні лапи застосовуються для розпушування ґрунту. Пружинні – для ліквідації багаторічної бур'янистої трави і витягування назовні її кореневищ; для вичісування коренеплодових бур'янів: осоту, в'юнка польового тощо; для земель з підвищеною вологістю верхнього шару. [6]

Диски сприяють руйнуванню сухої ґрунтової кірки, допомагають розпушити і вспушити землю в період вегетації, не завдаючи шкоди культурам, але знищуючи при цьому бур'яни. Носки розпушувальних лап бувають односторонніми або двосторонніми. Двосторонні носки після значного зношування одного кінця повертаються на 180 градусів.

Пристрій для додаткового навішування борін – це конструкція, зібрана з чотирьох штанг з тягами, повідків і чотирьох розтяжок. Зубові борони ланками прикріплюються до пристрою гачками і петлями повідків. Розтяжки або ланцюги закріплюються скобами до кінців штанг. [5]

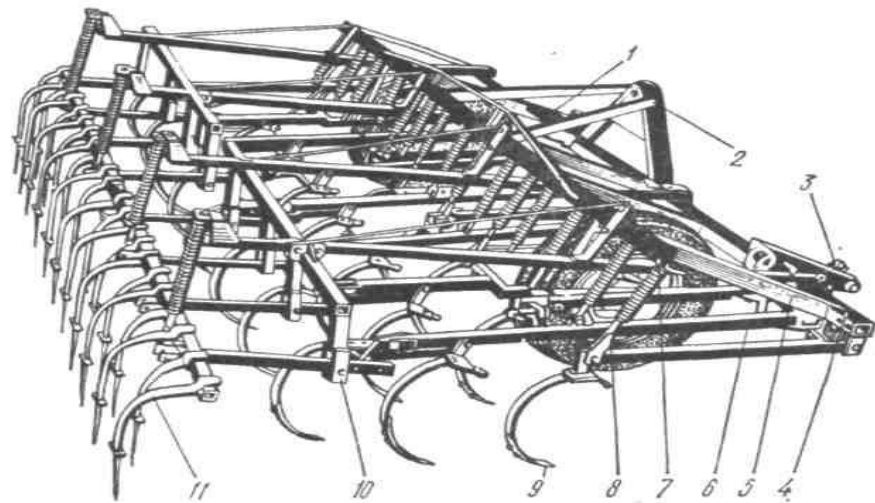


Рис. 1.5. Схема навісного культиватора КПС-4: 1 – рама; 2 – автозчеплення; 3 – механізм регулювання глибини; 4,7 – поперечні бруси; 5 – поздовжній зв'язок; 6 – грядель; 8 – штанга; 9 – робочий орган; 10 – пристосування для навішування борін; 11 – пружинна борона.

1.3. Патентний огляд робочих органів культиватора

Лапа культиватора за патентом №2452155 (рис. 1.6) складається з тримача 1 і двох крил 2 товщиною δ з наплавленим шаром 3 товщиною h і шириною l , розташованим на зовнішній поверхні вздовж краю крил (лез), носової частини 4 з наплавленим шаром 5 товщиною b , шириною c і довжиною a . Наплавлений зносостійкий шар виконаний на зовнішній поверхні кожного

леза вздовж ріжучої кромки під кутом α відносно краю ріжучої кромки до носової частини. [9]

Нанесення на зовнішню поверхню лез зносостійкого шару забезпечує його самозаточування. Самозаточувальне лезо складається з двох шарів, матеріали яких значно відрізняються за зносостійкістю. Ріжучий шар в заявленій лапі виконаний з більш зносостійкого наплавленого металу. Другий шар, виконаний з відносно м'якого в'язкого матеріалу (наприклад, сталі 65Г), є несучим; його призначення - захищати ріжучий шар від поломок. Як правило, лапи культиваторів виготовляють зі сталі 20, сталі 65Г та інших вуглецевих сталей. Ці сталі добре піддаються штампуванню, гарячому куванню та механічній обробці твердосплавним ріжучим інструментом, при цьому вони мають відносно невисоку зносостійкість у порівнянні з більш леггованими сталями та сплавами. Під час роботи лека зносостійкий шар повинен постійно виступати на лезі і різати ґрунт (бур'яни або інші сільськогосподарські матеріали). У процесі роботи лапи самозаточувальне лезо повинно зберігати достатню гостроту профілю. Сама форма профілю двошарового лека, що отримується при зношуванні, як показали дослідження, залежить від зносостійкості матеріалів шарів і співвідношення товщини крила культиватора і розмірів наплавленого зносостійкого шва. [9]

Робочі органи лемеша мають велику площу контакту з оброблюваним ґрунтом, при цьому навантаження на окремі ділянки робочої поверхні значною мірою відрізняються одна від одної. Виступаючий перед лезом носок у процесі різання першим впроваджується в ґрунтове середовище, забезпечуючи заглиблення лапи і її стійкість при роботі. Високий тиск, що реалізується в зоні підвищеного силового контакту ріжучої кромки носка з ґрунтом, викликає його випереджаюче зношування по відношенню до лез крил лапи. У міру зростання напруження лапи величина вильоту носка перед лезом знижується, наближаючись до нуля, тому втрачає здатність заглиблюватися. У підсумку лапа вибраковується з великим запасом незношеного металу по ширині [9].

У заявленій конструкції лапи культиватора наплавлений шар на зовнішній поверхні кожного леза виконаний уздовж ріжучої кромки під кутом $\alpha=1-30^\circ$ відносно краю ріжучої кромки до носової частини, причому носова частина із зовнішнього боку має наплавлений зносостійкий шар.

У запропонованій конструкції лапи, в процесі її експлуатації, починає інтенсивно зношуватися основний метал (наприклад, сталь 65Г). Знос відбувається в першу чергу в неукріпленому місці носової частини і вздовж лез. При досягненні зносу межі наплавлених ділянок, в цій частині лапи зношування різко зменшується, а під укріпленням шаром - продовжується. В результаті ріжуча і носова частини самозаточуються, в носовій частині утворюється негативний кут «потиличної фаски» і утворюється нова конструкція, де виступаючий вперед наплавлений валик носової частини працює за принципом «долота», яке є універсальним знаряддям для розпушування легких і середньоважких земель. Оригінальний профіль носової частини з виступаючим вперед наплавленим валиком, що набувається після зносу неукріпленої ділянки, забезпечує підняття, подрібнення і розпушування ґрунту, але не викликає згружування ґрунту і його ущільнення. Одночасно за рахунок процесу самозаточування лез краще видаляються бур'яни, більш якісно обробляється ґрунт - без пропусків. При куті $\alpha < 1^\circ$ процес утворення долотоподібної форми носка, тобто різко виступаючої передньої частини, практично не відбувається, а при $\alpha > 30^\circ$ після зносу неукріпленої частини ріжучий кут укріплених лез на крилах значно збільшується, що підвищує знос крил і знижує продуктивність обробки ґрунту [9].

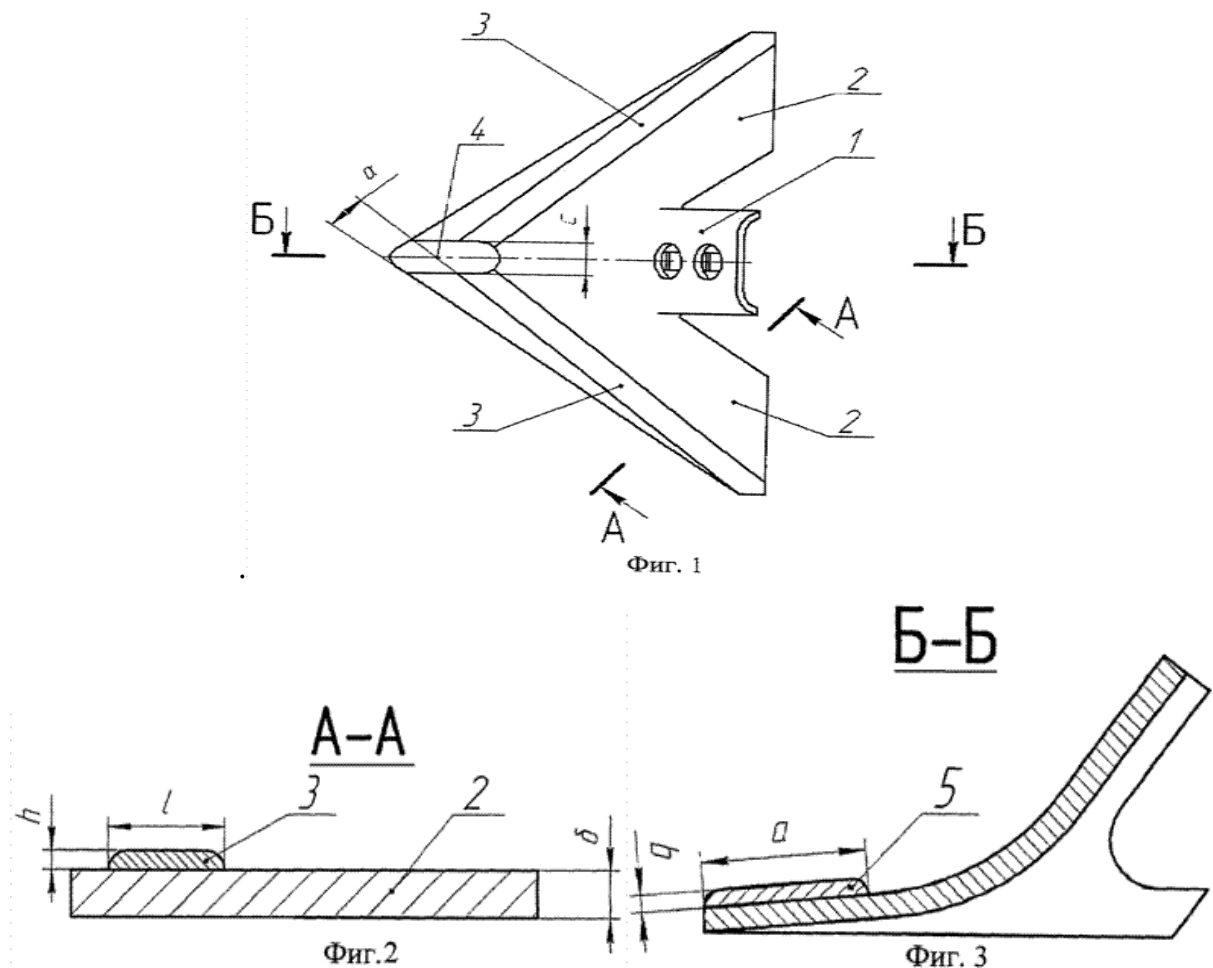


Рис. 1.6. Лапа культиватора.

Робочий орган за патентом №2649331 (рис. 1.7) складається з кронштейна 1, який за допомогою хомута 2 кріпиться до рами культиватора. У нижній частині до кронштейна 1 шарнірно приєднаний важіль підвіски 3, передня частина якого шарнірно пов'язана з нижньою частиною пружинно-гвинтового механізму 4, а в задній частині фіксується дугоподібна стійка 5. На фронтальній частині дугоподібної стійки 5 закріплений обтічник 6 круглого перетину. До верхньої частини кронштейна 1 приєднана верхня частина пружинно-гвинтового механізму 4, а на нижній передній частині кронштейна 1 закріплений упор 7 з механізмом регулювання 8 положення робочого органу. Пружинно-гвинтовий механізм 4 містить пружини 9 регульованої жорсткості. Лапа може бути утворена різними поєднаннями знімних елементів. Лапа утворена долотом 10, корпусом 11 з правим 12 і лівим лезом 13. [10]

При русі агрегату по полю лезо долота 10, лезо праве 12 і лезо ліве 13 лап, запропонованого робочого органу ґрунтообробного знаряддя, заглиблюються в твердий, щільний ґрунт, потім розпушують ґрунт і підрізають коріння бур'янів у ґрунті, причому бур'яниста рослинність залишається на поверхні ґрунту, а вологі шари ґрунту не виносяться на денну поверхню поля. При цьому внаслідок неоднорідності ґрунту опір ґрунту змінюється, в результаті чого виникають коливання стійки 5, які гасяться пружинами 9 пружинно-гвинтового механізму 4. Залежно від опору ґрунту зусилля стиснення пружини регулюється гайкою так, щоб висота відхилення по вертикалі робочого органу від робочого положення не перевищувала ± 20 мм відповідно до агрономіч. Кут входу робочого органу в ґрунт регулюється механізмом регулювання 8 [10].

При зустрічі лапи з перешкодою опір різко зростає, і дугоподібна стійка 5 починає підйом-поворот назад, розтягуючи пружини 9 пружинно-гвинтового механізму 4, що дозволяє обігнути перешкоду і не пошкодити робочий орган. Після обходу перешкоди зусилля пружин створюють момент, необхідний для повернення робочого органу в робоче положення.

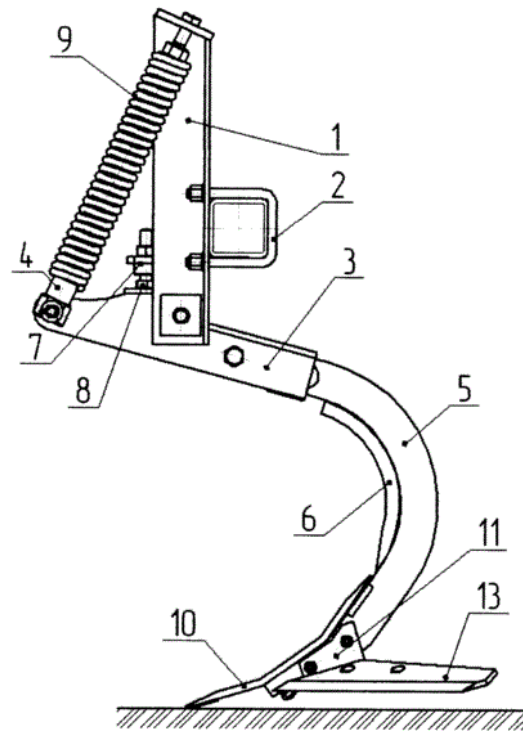
Робочий орган може бути використаний на парових або просапних культиваторах, а також у конструкції комбінованих ґрунтообробних-посівних машин [10].

Стрілчаста лапа культиватора за патентом №2623042 (рис. 1.8) містить з'єднані між собою основу лапи 1, ніс 2, болти 3 кріплення носа 2, леза 4 і в і болти 5 кріплення лез і виконана збірно-розбірною з можливістю зміни кута атаки від α до α_1 , причому в основі лапи 1 симетрично виконано поздовжній наскрізний отвір 6 з пазом під головки болтів 3 і з можливістю обмеженого переміщення носа 2 відносно основи лапи 1 і закріплення його в поздовжньому наскрізному отворі 6.

Стрілчаста лапа культиватора працює наступним чином:

У процесі культивації стрілчаста лапа культиватора рухається у верхньому шарі землі, робочими краями підрізає бур'яни і розпушує ґрунт [11].

При роботі з важким агрофоном (глинисті та суглинкові, забиті ґрунти) або при агровимогах, що вимагають мінімальної ширини обробки, виставляється мінімальний α кут атаки стрілкової лапи культиватора за рахунок того, що відпускаються болти 3 кріплення носа 2, і ніс 2 переміщується вперед відносно основи лапи 1, що дає можливість лезам 4 повернутися відносно осей болтів 5 кріплення лез 4 в бік їх збіжності, що буде відповідати куту атаки α , при ширині обробки ґрунту лапою L.



Фиг. 1

Рис. 1.7. Робочий орган.

При роботі зі сприятливим агрофоном (піщані, супіщані, пухкі ґрунти) або при агровимогах, що вимагають максимальної ширини обробки, виставляється максимальний кут α_1 атаки стрілкової лапи культиватора за рахунок того, що відпускаються болти 3 кріплення носа 2, і ніс 2 переміщується назад відносно основи лапи 1, що змушує леза 4 розійтися в сторони одне від одного за рахунок повороту відносно осей болтів 5 кріплення лез 4, що буде відповідати куту атаки α_1 , при ширині обробки ґрунту лапою L1 [11].

При зносі робочих крайок лез 4 і носа 2 стрілкової лапи культиватора відкручуються болти 3 кріплення носа 2 і болти 5 кріплення лез 4 до основи 1

лапи і замінюються на нові елементи ніс 2 і леза 4. Потім нові леза 4 встановлюються, прикручуються болтами 5 і кріплення лез до основи лапи 1. Після чого встановлюється ніс 2 і прикручується за допомогою болтів 3 кріплення носа 2 до основи лапи 1 [11].

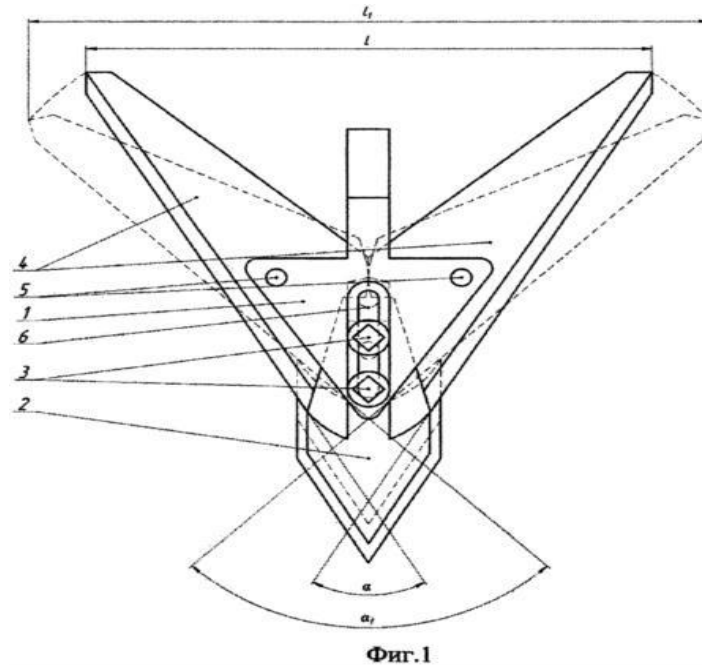


Рис. 1.8. Лапа культиватора.

Висновки по розділу.

Проведений аналіз існуючих засобів для поверхневої обробки ґрунту показав, що Обробіток ґрунту сучасними культиваторами не в повній мірі відповідає агротехнічним вимогам, а саме – відбувається слабе подрібнення ґрунту і не повне підрізання бур'янів, а також у зв'язку з великим тяговим опором підвищена витрата палива тракторів.

Розробка конструкції культиватора, здатного здійснювати обробку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог, є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

2.1. Агротехнічні вимоги поверхневого обробітку ґрунту

Поверхневий обробіток ґрунту – одне з найважливіших агротехнічних заходів отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур. Основні її завдання – розпушити верхній шар ґрунту на глибину посіву насіння, вирівняти поверхню поля, забезпечити дрібногрудкову структуру посівного шару, створити ущільнене ложе на глибині закладення насіння, знищити сходи бур'янів, заробити внесені мінеральні добрива, зберегти вологу в посівному і орному шарах, поліпшити мікробіологічну активність і харчовий режим ґрунту, створити умови для продуктивної роботи сільськогосподарських машин на посіві, догляді за посівами і збиранні врожаю [6].

Прийоми поверхневого обробітку ґрунту змінюються залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу місцевості, погодних умов, особливостей вирощування культур, системи добрив, характеру засміченості полів, наявності шкідників, хвороб та багатьох інших умов конкретного господарства. Тому раціональна технологічна схема цієї операції повинна базуватися на науково обґрунтованій системі землеробства кожного колгоспу і радгоспу та її головній ланці – системі сівозмін. Передпосівну обробку диференціюють залежно від виду рослин, що вирощуються. Підвищення культури землеробства, впровадження в практику високоефективних гербіцидів дозволяють мінімізувати її прийоми.

Для забезпечення необхідної якості передпосівного обробітку комбінованими машинами необхідно знати і суворо дотримуватися агротехнічних вимог.

Головний агроном господарства встановлює терміни і тривалість проведення передпосівної обробки ґрунту, необхідні комбіновані машини і агрегати відповідно до агротехнічних термінів, погодних умов і розмірів полів [7].

В даний час вважається допустимим знищення не більше 10-15% стерні за один прохід машини при обробці на глибину до 16 см і не більше 15-20% при розпушуванні на глибину до 30 см. Обробіток ґрунту повинна проводитися у встановлені агротехнічні терміни при оптимальній вологості. Допустимі відхилення середньої глибини розпушування від заданої не повинні перевищувати 1 см при обробці на глибину до 16 см і 2 см при глибині до 30 см, а коливання глибини по ширині захвату не повинно перевищувати 4-5 см. На стиках проходів і між лапами знарядь допускаються валики висотою не більше 5 см, а в місцях проходження стійок – борозни шириною не більше 15 см і глибиною не більше 8 см. Коріння бур'янів і падалиці необхідно повністю підрізати на глибині ходу робочих органів. Огріхи на стику суміжних проходів знаряддя не допускаються. [6]

2.2. Опис запропонованої модернізації культиватора КПС-8

Модернізований культиватор КПС-8 призначений для поверхневого суцільного обробітку необроблених ґрунтів різного механічного складу, а також для підготовки ґрунту під посів озимих після збирання просапних культур без основного глибокого обробітку та подрібнення поживних залишків ґрунтостеблових культур. [5]

Модернізований культиватор КПС-8 оснащений робочими органами за патентом №2446653, які включають поздовжній брус 1, на якому шарнірно з можливістю коливань у поздовжній горизонтальній площині за допомогою держака 2, плоского ножа 3 встановлена стрілчата плоскоріжуча лапа 4. Державка 2 має головку 5 з важелем 6, кінець якого зафіксований між пружинами 7 стиснення. Плоский ніж 3 в передній частині має ріжучу кромку 8, заточену з лівого боку і наплавлену твердим сплавом з правого боку [12].

Передня ріжуча кромка 8 виконана під кутом φ до горизонтальної площини, величина якого менше кута тертя бур'яну про ріжучу кромку. Стрілчаста лапа 4 виконана з урахуванням кришіння α , що забезпечує розпушування ґрунту без винесення вологих шарів на поверхню. Кут γ розчину

лап прийнятий з умови забезпечення ковзання бур'янів уздовж леза лапи. Глибина обробки «а» робочим органом не повинна перевищувати висоти передньої ріжучої кромки 8. Ріжуча кромка 9 леза стрілочастих лап має верхнє заточування і наплавлення твердим сплавом нижньої кромки. Робочий орган для поверхневої обробки ґрунту працює наступним чином. При усталеному русі при обробці ґрунту, насиченого бур'янами, першою в роботу вступає похила до горизонту під кутом ϕ передня ріжуча кромка 8 [12].

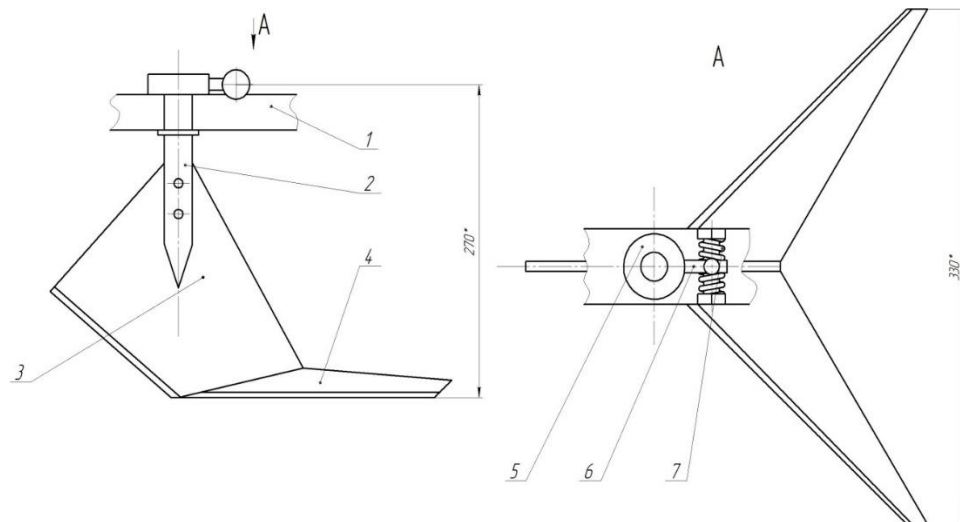


Рис. 2.1. Робочий орган культиватора КПС-8.

Стебло і коріння бур'янів за рахунок кута нахилу леза і поступального переміщення робочого органу ковзають зверху вниз через в у відсутності опори для різання. При досягненні поверхні поля стебло пригальмовується. За рахунок сили інерції спокою і тертя об поверхню верхнього сухого шару ґрунту стебло набуває пружну опору і розрізається ріжучою кромкою 8 на дві рівні або нерівні частини. У разі нависання коренів бур'янів або сторонніх предметів останні за рахунок кута нахилу ріжучої кромки 8 до горизонту захоплюються в нижні шари ґрунту і потрапляють під вплив стрілчастої плоскоріжучої лапи 4, перерізаються їх ріжучими лезами і розміщуються в розпушеному шарі ґрунту для перегнивання і поліпшення структури ґрунту. При обволіканні леза стрілчастої лапи 4 бур'янами або сторонніми предметами зусилля на лезі зростає і лапа 4 повертається в поздовжній горизонтальній площині, кут γ зменшується і лезо 9 звільняється від бур'яну або стороннього предмета. Пружини 7 через важіль 6 повертають лапу в початкове положення. При роботі

стрілчаста лапа буде здійснювати коливання постійно, що запобігає обволіканню робочого органу рослинними залишками, підвищує якість подрібнення, повне механічне знищення бур'янів, а одностороннє заточування ріжучої кромки ножа 3 і лап 4 з наплавленням твердим зносостійким сплавом іншої сторони забезпечує самозаточування лез, повне знищення бур'янів і якісну обробку верхнього шару ґрунту [12].

2.3 Технологічні в , розрахунки міцності та кінематичні розрахунки

Визначаємо тягове зусилля трактора [2]:

$$P_T = \frac{B \cdot q}{\eta}; \quad (2.1)$$

$$P_T = \frac{8 \cdot 2160}{0.8} = 21600H$$

де η – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора: $\eta=0,8 \dots 0,95$;

P_T – тягове зусилля трактора; q -питомий опір ґрунту на 1 м ширини захвату.

У культиваторах для суцільної обробки ґрунту розпушувальні лапи на пружинних стійках зазвичай розставляють у три ряди, а при жорсткому кріпленні – у два ряди. На просапних культиваторах полольні лапи встановлюють у два і три ряди. Стрілчасті лапи рекомендується розміщувати попереду односторонніх для отримання більш рівномірної глибини обробки і рівної поверхні [2].

Оптимальна відстань між лапами по ходу:

$$L = L_0 + h \cdot \tan(\alpha + \varphi), \quad (2.2)$$

де L_0 – виліт носка лапи відносно стійки, м

$$L = 0,20 + 0,14 \cdot \tan(9+25) = 0,136 \text{ м.}$$

При однаковій ширині захвату лап в обох рядах їх кількість розраховується [2]:

$$n = \frac{B - \Delta b}{a},$$

де B – ширина захвату культиватора, м;

a – відстань між слідами лап, м.

Для стрілочастих плоскоріжучих лап відстань між слідами лап:

$$n = \frac{8 - 0.11}{0.274} = 31.197 \text{ м.}$$

Приймаємо: $n = 32$ [2].

Загальна кількість лап $n = 32$.

Визначаємо відстань між лапами в ряду.

$$l_p = 2a = 2 \cdot 0.274 = 0.548 \text{ м.}$$

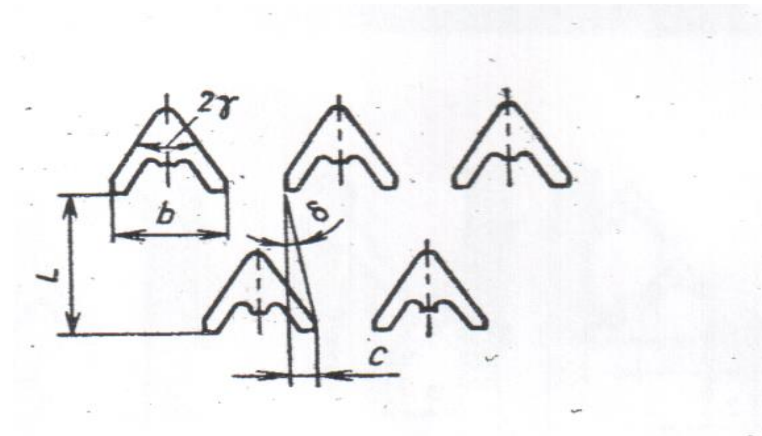


Рис. 2.2. Схема розміщення лап культиватора.

Визначаємо тягове зусилля культиватора [2].

Спроекуємо всі сили на горизонтальну вісь X , отримаємо:

За початок системи відліку візьмемо напрямок руху культиватора.

$$\sum F_{ix} = 0; P_T - T_K - X \cdot n = 0 \quad (2.3)$$

$$T_K = P_T - X \cdot n \quad (2.4)$$

Спроекуємо всі сили на вертикальну вісь Y , отримаємо:

$$\sum F_{iy} = 0; R_1 + R_2 - G_M + Y \cdot n$$

$$Y/X = m = 0.46$$

$$Y = 0.46 \cdot X$$

Сума моментів сил відносно точки причепа.

$$\sum M_A = 0; -G_M \cdot L_M + R_1 \cdot R_2 \cdot h' + X \cdot n \cdot (h' + h) + Y \cdot n_1 \cdot L_{Y1} + Y \cdot n_2 \times \\ \times L_{Y2} + f \cdot R_1 \cdot h'$$

$$R_1 = \frac{G_M \cdot L_M - X \cdot n \cdot (h' + h) - Y \cdot n_1 \cdot L_{Y1} - Y \cdot n_2 (L_{Y1} + l)}{L_R + f \cdot h'} =$$

$$= \frac{8.6 \cdot 10^3 \cdot 4.2 - 15 \cdot 0.27(0.5 + 0.12) - 0.46 \cdot 0.27 \cdot 10^3 \cdot 7 \cdot 4.3 - 0.46 \cdot 0.27 \cdot 10^3 \cdot 8(4.3 + 0.4)}{(4.2 + 0.4 \cdot 0.5)}$$

$$= 4.56 \text{ кН.}$$

Загальне тягове зусилля при робочому положенні.

$$P_T = f \cdot R_1 + X \cdot n;$$

$$P_T^p = 0.4 \cdot 4.56 + 0.27 \cdot 15 = 5.8 \text{ кН.}$$

Загальне тягове зусилля в транспортному положенні.

$$P_T^T = f \cdot G_M \cdot \frac{L_M}{L_R};$$

$$P_T^T = 0.4 \cdot 8.6 \cdot \frac{4.2}{4.2} = 3.44 \text{ кН.}$$

2.4. Налаштування, регулювання та техніка безпеки при експлуатації культиватора КПС-8

Для обробки слабо забур'янених полів на грядках переднього ряду встановлюють стрілчасті лапи із захватом 270 мм, а на грядках заднього ряду – із захватом 330 мм. Для обробки сильно забур'янених полів на грядках переднього та заднього рядів встановлюють лапи із захватом 330 мм. Для вичісування коренеплодових бур'янів на грядках переднього ряду встановлюють поодинокі тримачі пружинних стійок, а на грядках заднього ряду – здвоєні і прикріплюють до тримачів стійки з рихлювальними лапами.

Встановлення робочих органів на задану глибину ходу.

Робочі органи на задану глибину ходу встановлюють у причіпного культиватора КПС-8 наступним чином. Якщо культиватор до трактора не приєднаний, то піднімають сницю вгору, відокремлюють транспортні планки від кронштейна рами і опускають сницю на підставку. Під підставку поміщають підкладку висотою, рівною заданій глибині обробки мінус глибина занурення коліс в ґрунт (2...4 см). Причіп повинен знаходитися над поверхнею майданчика

на висоті 550 мм плюс висота підкладки, якщо культиватор з'єднаний з трактором за допомогою зчіпки. Дана висота повинна дорівнювати 350 мм плюс висота підкладки, якщо культиватор з'єднаний безпосередньо з трактором. При цьому відстань між центром шарніра кріплення гідроциліндра і центром шарніра штока в його крайньому положенні повинна бути 715 мм [4].

Під колеса культиватора кладуть підкладки висотою, що дорівнює заданій глибині обробки мінус 2...4 см (величина занурення коліс у ґрунт). Потім гвинтами регулювання глибини ходу встановлюють раму культиватора так, щоб вона була паралельна майданчику. При цьому головки натискних штанг 2 довгих гряділів повинні спиратися на вкладиші, а підшви лап – розташовуватися на поверхні майданчика. Після установки довгих гряділів встановлюють короткі і односторонні. Головки їх ів штанг також повинні спиратися на вкладиші, а підшви лап – лежати на опорному майданчику. Досягають цього перестановкою осей, що з'єднують штанги 2 з гряділями, в регульованих отворах штанг, а також додаванням спеціальних прокладок під головки штанг. Всі лапи повинні спиратися підшвами на майданчик. Положення кожної лапи змінюють переміщенням стійки 5 в пазах рифлених планок. У встановленому положенні стійку закріплюють болтом 4. Якщо культиватор готують до підрізання бур'янів на легких ґрунтах або до розпушування на глибину 6...8 см, стійки переміщують в пазах рифлених планок, ТАК щоб лапи прилягали всією ріжучою кромкою до поверхні майданчика. Для роботи на важких ґрунтах лапи повинні бути нахилені носками вперед на 2...3°. При підготовці культиватора до роботи на щільних ґрунтах пружини натискних штанг 2 підтискають перестановкою фігурного шплінта 3 [4].

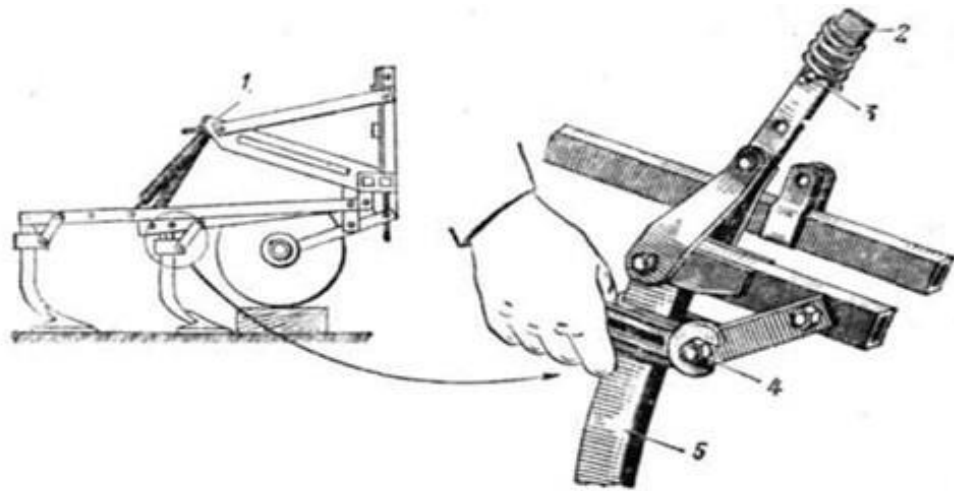


Рис. 2.3. Налаштування лап культиватора.

Налаштування причіпного культиватора КПС-8, приєднаного до трактора, на задану глибину обробки виконується наступним чином.

Культиватор закріплюють колесами на підкладки висотою, рівною різниці глибини обробки і глибини колії коліс. Гідроциліндром опускають робочі органи в робоче положення. Механізмами регулювання положення коліс встановлюють раму так, щоб підшви лап торкалися поверхні майданчика, а головки штанг довгих грядків спиралися на в укладиші. Вся подальша трійка здійснюється так само, як і в попередньому випадку [4].

Для запобігання нещасних випадків забороняється:

- їзда на великих швидкостях і круті повороти в людних місцях і населених пунктах;
- поворот агрегату радіусом менше 11,5 м;
- транспортувати культиватор без фіксації піднятих секцій і механізму підкочування;
- перебувати в зоні піднятих секцій;
- виконувати очищення, змащування, ремонт і підтягування різьбових з'єднань культиватора, коли він приєднаний до трактора і піднятий у положення «далекий транспорт»;
- робити повороти із заглибленими робочими органами;
- від'єднувати культиватор від трактора в положенні «далекий транспорт» без установки на робочі органи;

- транспортувати без установки страхувального ланцюга.

Всі роботи, пов'язані з ремонтом і технічним обслуговуванням, виконуйте тільки при розгорнутому і опущеному на робочі органи культиваторі, з заглушеним двигуном трактора, або відчепленим від нього. Для підтягування кріплення робочих органів лап до стійок, виконайте підкат коліс центральної рами і заблокуйте гідроциліндр фіксатором. До роботи допускайте тільки підготовлених трактористів.

Висновки по розділу

Розробка конструкції культиватора, здатного обробляти ґрунт відповідно до агротехнічних вимог, є актуальним завданням, для досягнення якого було розроблено лапу культиватора з метою подальшого застосування в якості робочого органу культиватора КПС-8, призначеного для поверхневої обробки ґрунту.

Розроблений робочий орган дозволить підвищити якість обробки ерозійно небезпечних ґрунтів з сильною бур'янистою рослинністю, запобігти обволіканню стійки і лапи рослинними залишками.

Застосування модернізованого культиватора дозволить забезпечити самозаточування лез, повне знищення бур'янів і якісну обробку верхнього шару ґрунту.

В ході проведення технологічних розрахунків було визначено тягове зусилля агрегату в робочому положенні, яке склало 5,8 кН, а також тягове зусилля в транспортному положенні склало 3,44 кН. Загальна кількість лап культиватора склала 32 штуки, відстань між лапами 0,548 м.

З метою запобігання поломок культиватора КПС-8, а також дотримання заходів безпеки при його експлуатації, були розроблені рекомендації щодо виконання основних налаштувань і регулювань, а також вимоги безпеки.

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ МОДЕРНІЗОВАНИМ КУЛЬТИВАТОРОМ КПС-8

3.1. Вихідні умови та агротехнічні вимоги

Операційна технологія визначає порядок практичного використання модернізованого культиватора КПС-8 у виробничих умовах. Її розроблення необхідне для того, щоб конструкторське удосконалення робочого органу було реалізоване у конкретній технологічній операції: підготовці поля, виборі режимів руху, налаштуванні машини, контролі якості та організації праці механізатора.

Модернізований культиватор КПС-8 призначений для суцільного поверхневого обробітку ґрунту, передпосівної культивації, догляду за парами, розпушування верхнього шару та підрізання бур'янів. Запропонований робочий орган із плоским ножом і стрілчастою лапою має забезпечити краще самоочищення, повніше перерізання кореневої системи бур'янів та стабільніше дотримання заданої глибини.

Для проєктування приймаємо поле площею $F = 100$ га. Ґрунт середньосуглинковий, рельєф рівнинний, забур'яненість середня, вологість верхнього шару відповідає фізичній стиглості. За інших площ наведені розрахунки можуть бути перераховані пропорційно. Основною вимогою до операції є формування рівного, дрібногрудкуватого шару без огріхів і без винесення вологого нижнього шару на поверхню.

Глибина культивації залежить від призначення обробітку: для передпосівної підготовки – 5-7 см, для знищення бур'янів у паровому полі – 6-8 см, для стерньового фону або ущільненого верхнього шару – 8-10 см. У проєктній технології приймаємо основну глибину 8 см, допустиме відхилення середньої глибини – не більше 1 см. Огріхи між суміжними проходами агрегату не допускаються.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для проектування операційної технології

Показник	Позначення	Одиниця	Значення
Площа поля	F	га	100
Ширина захвату КПС-8	B	м	8,0
Робоча швидкість	v	км/год	9,0
Коефіцієнт використання часу	τ	-	0,78
Глибина обробітку	a	см	6-10
Кількість лап	n	шт.	32
Відстань між лапами	l	м	0,548
Тягове зусилля у робочому положенні	P	кН	5,8
Годинна витрата палива	Gгод	кг/год	18,0
Корисний час зміни	Tзм	год	7,0

3.2. Обґрунтування складу агрегату і режимів роботи

Для виконання операції приймаємо агрегат у складі трактора МТЗ-1221 і модернізованого культиватора КПС-8. Такий трактор забезпечує достатній тяговий запас для роботи з широкозахватним культиватором на середньосуглинкових ґрунтах. Запас тяги потрібний для подолання короткочасного збільшення опору на ущільнених або більш забур'яненних ділянках поля.

Рациональна робоча швидкість для агрегату становить 8-10 км/год. За меншої швидкості зменшується продуктивність і погіршується самоочищення робочих органів. Надмірна швидкість збільшує гребенистість поверхні, може спричинити нерівномірне заглиблення лап і погіршити якість кришення ґрунту. Для розрахунку приймаємо $v = 9$ км/год.

Перед виїздом у поле перевіряють стан трактора, зчіпного пристрою, гідросистеми, опорних коліс, рами культиватора, пружинних механізмів і кріплення лап. Затуплені або деформовані леза замінюють. Раму культиватора встановлюють паралельно поверхні майданчика, а всі робочі органи повинні торкатися опорної поверхні на однаковій висоті.

Перший прохід виконують як пробний на довжині 30-50 м. Після нього вимірюють глибину в кількох точках по ширині захвату, оцінюють повноту підрізання бур'янів, наявність забивання лап і рівність поверхні. Якщо виявлено відхилення, регулюють положення опорних коліс, натиск пружин або кут встановлення робочих органів.

3.3. Підготовка поля та схема руху агрегату

Підготовка поля починається з огляду ділянки. Визначають межі поля, напрям руху агрегату, місця заїзду і виїзду, наявність каміння, глибоких колій, перезволожених місць та інших перешкод. Сторонні предмети видаляють, оскільки вони можуть пошкодити лапи або стійки культиватора.

Для КПС-8 доцільно застосовувати гоновий спосіб руху з човниковими проходами. Якщо попередній обробіток проводився вздовж поля, культивацію бажано виконувати впоперек або під кутом 20-30° до попереднього напрямку. Це поліпшує вирівнювання мікрорельєфу, руйнує колії та забезпечує рівномірніше підрізання бур'янів.

Ширину поворотної смуги приймаємо 20-24 м. Повороти виконують тільки після повного виглиблення робочих органів, тому що розворот із заглибленими лапами створює бокові навантаження на стійки, деформує раму, залишає гребені та погіршує якість обробітку. Перекриття суміжних проходів має становити 10-15 см.

Після завершення основної частини поля обробляють поворотні смуги поперечними проходами. Окремі клини, необроблені місця біля меж поля та ділянки складної конфігурації доробляють додатковими проходами. Це особливо важливо перед сівбою, оскільки огріхи спричиняють нерівномірне загортання насіння.

3.4. Розрахунок продуктивності агрегату

Годинну продуктивність агрегату визначаємо за робочою шириною захвату, швидкістю руху та коефіцієнтом використання часу зміни:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau, \text{ га/год}, \quad (3.1)$$

де B – ширина захвату культиватора, м; v – робоча швидкість, км/год; τ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 8,0 \cdot 9,0 \cdot 0,78 = 5,62 \text{ га/год}.$$

Змінна продуктивність за корисного часу зміни $T_{\text{зм}} = 7$ год становить:

$$W_{\text{зм}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}} = 5,62 \cdot 7,0 = 39,34 \text{ га/зміну}. \quad (3.2)$$

Тривалість обробітку поля площею 100 га одним агрегатом дорівнює:

$$T = F / W_{\text{год}} = 100 / 5,62 = 17,8 \text{ год}, \quad (3.3)$$

$$n_{\text{зм}} = F / W_{\text{зм}} = 100 / 39,34 = 2,54 \text{ зміни}. \quad (3.4)$$

Отже, один агрегат може виконати обробіток 100 га приблизно за три зміни. Якщо агротехнічний строк обмежений двома змінами, потрібно залучити два агрегати або організувати подовжений робочий день із дотриманням вимог охорони праці.

Таблиця 3.2 – Розрахункові показники роботи агрегату

Показник	Формула	Розрахунок	Результат
Годинна продуктивність	$0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau$	$0,1 \cdot 8,0 \cdot 9,0 \cdot 0,78$	5,62 га/год
Змінна продуктивність	$W_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}}$	$5,62 \cdot 7,0$	39,34 га/зміну
Час на 100 га	$F / W_{\text{год}}$	$100 / 5,62$	17,8 год
Кількість змін	$F / W_{\text{зм}}$	$100 / 39,34$	2,54
Потреба за 2 зміни	$F / (W_{\text{зм}} \cdot 2)$	$100 / 78,68$	2 агрегати

3.5. Розрахунок витрати палива і трудових затрат

Питому витрату палива визначаємо за відношенням годинної витрати палива до годинної продуктивності. Для агрегату приймаємо $G_{\text{год}} = 18,0$ кг/год.

$$q_{\text{га}} = G_{\text{год}} / W_{\text{год}} = 18,0 / 5,62 = 3,20 \text{ кг/га}. \quad (3.5)$$

За густини дизельного палива $\rho = 0,84$ кг/л витрата у літрах становитиме:

$$q_{\text{л}} = q_{\text{га}} / \rho = 3,20 / 0,84 = 3,81 \text{ л/га}. \quad (3.6)$$

Загальна потреба в паливі для обробітку 100 га:

$$Q = q_{\text{л}} \cdot F = 3,81 \cdot 100 = 381 \text{ л}. \quad (3.7)$$

Трудові затрати за умови роботи одного механізатора дорівнюють:

$$Z_{\text{пит}} = T / F = 17,8 / 100 = 0,178 \text{ люд.-год/га}. \quad (3.8)$$

Зменшення витрат палива досягається правильним вибором глибини, роботою на фізично стиглому ґрунті, недопущенням забивання лап, підтриманням сталої швидкості та зменшенням холостих переїздів. Не слід збільшувати швидкість понад допустиму, якщо це погіршує якість кришення або призводить до появи огріхів.

3.6. Операційно-технологічна карта виконання роботи

Технологічна операція складається з підготовчих, основних і заключних етапів. Підготовчі роботи виконуються до виїзду в поле та безпосередньо на полі. Основна операція полягає у суцільному розпушуванні ґрунту, підрізання бур'янів і вирівнюванні поверхні. Заключні роботи включають контроль якості, очищення культиватора, технічне обслуговування та облік виконаної площі.

Таблиця 3.3 – Операційно-технологічна карта поверхневого обробітку ґрунту КПС-8.

Етап	Зміст операції	Технічні вимоги	Контроль	Виконавець
Підготовка поля	Огляд ділянки, розмічання загонів і поворотних смуг	Сторонні предмети видалені, смуга 20-24 м	Візуальний огляд	Агроном, механізатор
Підготовка агрегату	Огляд трактора, гідросистеми, рами, коліс, лап	Вузли справні, кріплення підтягнуті	Огляд, пробне піднімання	Механізатор
Налаштування	Встановлення глибини і положення лап	Глибина 6-10 см, рама паралельна поверхні	Лінійка, підкладки	Механізатор
Пробний прохід	Прохід 30-50 м на робочій швидкості	Немає огріхів і забивання лап	Вимірювання в 5-7 точках	Механізатор
Основна робота	Човникові проходи з перекриттям 10-15 см	Швидкість 8-10 км/год, повороти з піднятими лапами	Постійний огляд	Механізатор
Контроль якості	Перевірка глибини, бур'янів, гребенистості	Відхилення глибини до 1 см, бур'яни підрізані	Лінійка, огляд	Агроном
Завершення	Обробіток поворотних смуг, очищення, ТО	Агрегат очищений, дані внесені в журнал	Огляд, облік	Механізатор

3.7. Контроль якості та безпека праці

Якість поверхневого обробітку контролюють після пробного проходу, періодично протягом зміни та після завершення поля. Основні показники: фактична глибина, рівномірність глибини по ширині захвату, повнота підрізання бур'янів, ступінь кришення ґрунту, вирівняність поверхні, відсутність огріхів і забивання робочих органів.

Глибину вимірюють лінійкою у лівій, середній і правій частинах проходу. Для цього розпушений шар обережно знімають до межі необробленого ґрунту. Якщо середня глибина відрізняється від заданої більше ніж на 1 см, регулюють положення опорних коліс і робочих органів. Повнота підрізання бур'янів має становити не менше 95 %.

Гребенистість поверхні не повинна перевищувати 3-4 см. Її збільшення свідчить про зовелику швидкість, неправильне встановлення лап або недостатню роботу вирівнювальних пристроїв. За передпосівної підготовки бажано використовувати борони або шлейфи, які руйнують дрібні гребені та формують рівномірний посівний шар.

До роботи допускаються механізатори, які пройшли інструктаж і мають право керування трактором відповідного класу. Забороняється перебувати між трактором і культиватором під час зчіплювання, перевозити людей на рамі, очищати лапи під час руху або за працюючого двигуна. Усі регулювання і очищення виконують лише після зупинки агрегату, опускання культиватора на землю, вимкнення двигуна і встановлення трактора на стоянкове гальмо.

Під час транспортування культиватор переводять у транспортне положення, перевіряють фіксатори, гідросистему і світлову сигналізацію. На полі повороти виконують тільки з виглибленими робочими органами. У разі появи стороннього шуму, перекосу рами, вібрації або забивання лап роботу негайно припиняють і усувають несправність.

Таблиця 3.4 – Основні показники контролю якості поверхневого обробітку

Показник	Нормативне значення	Метод контролю	Періодичність
Глибина обробітку	Задана 6-10 см, відхилення до 1 см	Вимірювання лінійкою	Після пробного проходу і кожні 10-15 га
Підрізання бур'янів	Не менше 95 %	Огляд обробленої смуги	Періодично
Перекриття проходів	10-15 см, огріхи не допускаються	Огляд стиків	Постійно
Гребенистість	Не більше 3-4 см	Лінійка або візуальна оцінка	Після зміни режиму
Кришення ґрунту	Переважає дрібногрудкувата структура	Огляд шару	Періодично
Стан лап	Леза гострі, кріплення справні	Технічний огляд	До і після зміни

Показники контролю якості фіксують у робочому журналі або технологічній карті. Якщо після перевірки виявлено систематичне відхилення глибини, недостатнє підрізання бур'янів чи гребенистість поверхні, роботу припиняють і повторно налаштовують агрегат. Продовження роботи без усунення причин браку недоцільне, оскільки наступні технологічні операції не виправляють повністю помилки поверхневої культивування.

Висновки до розділу

Розроблено операційну технологію поверхневого обробітку ґрунту модернізованим культиватором КПС-8. Обґрунтовано склад агрегату МТЗ-1221 + КПС-8, прийнято робочу швидкість 9 км/год і глибину обробітку 6-10 см залежно від агрофону.

Розрахунками встановлено, що годинна продуктивність агрегату становить 5,62 га/год, змінна продуктивність – 39,34 га/зміну. Для поля площею 100 га один агрегат виконає роботу приблизно за 2,54 зміни. Питома витрата палива становить 3,20 кг/га, або 3,81 л/га.

Запропоновано схему підготовки поля, порядок налаштування культиватора, спосіб руху, ширину поворотних смуг, вимоги до перекриття проходів і контроль якості. Дотримання цієї технології дає змогу реалізувати

переваги модернізованого робочого органу, зменшити забивання лап, підвищити повноту підрізання бур'янів і забезпечити якісну підготовку ґрунту до наступних технологічних операцій.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Охорона праці під час поверхневого обробітку ґрунту є обов'язковою умовою ефективної експлуатації машинно-тракторного агрегату, оскільки робота культиватора КПС-8 пов'язана з дією механічних, фізичних, пожежних та організаційних небезпек. У кваліфікаційній роботі запропоновано модернізацію культиватора шляхом удосконалення робочого органу, що містить плоский ніж, стрілчасту плоскоріжучу лапу та пружинний механізм повернення. Така конструкція покращує підрізання бур'янів і самоочищення лап, але потребує суворого дотримання правил безпеки під час налаштування, очищення, ремонту та транспортування агрегату.

Метою розділу є розроблення заходів для безпечного виконання операції поверхневого обробітку ґрунту модернізованим культиватором КПС-8. Основними завданнями є аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, визначення вимог до підготовки машинно-тракторного агрегату, обґрунтування безпечних режимів роботи, виконання розрахунків небезпечної зони, стійкості агрегату, освітлення місця технічного обслуговування, а також розроблення заходів пожежної безпеки. До роботи допускають трактористів-машиністів, які пройшли медичний огляд, навчання, інструктажі з охорони праці та мають право керування відповідним трактором.

Роботи з культиватором повинні виконуватися відповідно до вимог законодавства України про охорону праці, правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві, інструкцій з експлуатації трактора і культиватора.

Відповідальність за організацію безпечної праці покладається на керівника господарства, інженерно-технічних працівників та безпосередньо на механізатора. Основним принципом безпеки є недопущення працівника в зону дії рухомих, навантажених або гострих елементів агрегату.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Основним робочим місцем під час культивації є кабіна трактора, а небезпечними зонами – простір біля причіпного пристрою, гідросистеми, транспортних коліс, гряділів, пружинних механізмів, лап, ножів і борін. Небезпеки виникають під час агрегування, переведення культиватора з транспортного положення в робоче, регулювання глибини ходу лап, очищення від ґрунту і рослинних решток, руху полем, поворотів та переїздів дорогами. Особливу небезпеку становлять гострі кромки модернізованих робочих органів та пружинні вузли, які можуть раптово повернути лапу у вихідне положення.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори під час експлуатації КПС-8

Фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Механічне травмування	Лапи, ножі, борони, шарніри	Порізи, удари, защемлення	Очищення тільки після зупинки, рукавиці, фіксація рами
Защемлення під час зчеплення	Зона між трактором і культиватором	Травмування працівника	Сигнальний, стоянкове гальмо, заборона перебування між машинами під час руху
Гідравлічна небезпека	Рукави високого тиску, гідроциліндри	Раптове опускання рами, травми	Перевірка шлангів, скидання тиску, страхувальні опори
Пил, шум і вібрація	Двигун трактора, сухий ґрунт, коливання лап	Втома, подразнення очей, зниження уваги	Справна кабіна, фільтри, перерви, регулювання сидіння
Втрата стійкості	Робота на схилах, різкі повороти	Перекидання, пошкодження техніки	Зниження швидкості, плавні повороти, контроль рельєфу
Пожежна небезпека	Паливо, мастила, сухі рештки, гарячі поверхні	Загоряння трактора або стерні	Вогнегасник, очищення від соломи, заборона куріння біля ПММ

Шкідливими факторами є пиловиділення, шум, загальна вібрація, підвищена температура повітря в літній період та тривале напруження уваги. Пил утворюється під час роботи на сухих ґрунтах і за наявності великої кількості рослинних решток. Шум і вібрація посилюються при зношених кріпленнях, несправному сидінні, підвищеній швидкості руху або неправильному налаштуванні глибини обробки. Для зниження впливу цих факторів необхідно підтримувати справність трактора і культиватора,

застосовувати кабіну з фільтрацією повітря, виконувати перерви та не перевищувати рекомендовану робочу швидкість.

4.3. Організаційні заходи безпеки

Перед початком робіт відповідальна особа визначає склад агрегату, маршрут руху, порядок обробітку поля, місця розворотів і небезпечні ділянки. Поле попередньо оглядають, а каміння, ями, залишки металу, межові знаки, опори, канали та інші перешкоди позначають віхами. Робота без огляду поля небезпечна, оскільки зіткнення робочого органу з твердою перешкодою може спричинити поломку, перекіс рами або різкий ривок агрегату.

Механізатор повинен працювати у спецодязі без звисаючих частин, у закритому взутті з неслизькою підшовою. Під час огляду і очищення лап обов'язково застосовують рукавиці, а за потреби – захисні окуляри. Перед виїздом перевіряють гальма, рульове керування, світлову сигналізацію, звуковий сигнал, дзеркала, тиск у шинах, наявність аптечки, вогнегасника та справного інструменту. На культиваторі перевіряють раму, причіпний пристрій, гідрошланги, пальці, шплінти, пружини, болти кріплення лап і стан ріжучих кромок.

Під час агрегування не допускається перебування працівника між трактором і культиватором, якщо трактор рухається. Зчеплення виконують за участю одного сигнальника, який перебуває збоку і подає зрозумілі команди механізатору. Перед початком руху подають звуковий сигнал і переконуються, що в зоні роботи немає людей, тварин і сторонньої техніки. Забороняється працювати у стані перевтоми, після вживання алкоголю, під дією ліків, що знижують увагу, або при погіршенні самопочуття.

4.4. Технічні заходи безпеки під час підготовки та роботи

Підготовку культиватора КПС-8 виконують на рівному майданчику. Раму встановлюють паралельно опорній поверхні, а робочі органи виставляють на задану глибину за допомогою механізмів регулювання коліс і положення

стійок. Усі лапи повинні мати справні ріжучі кромки без тріщин, надмірного зношування та деформації. Болтові з'єднання затягують, пальці фіксують шплінтами, а гідросистему перевіряють на відсутність підтікання. На модернізованих вузлах додатково контролюють стан пружин, важеля повернення, тримача ножа і ділянок наплавлення ріжучої кромки.

Під час руху агрегату забороняється стояти на рамі, боронах або причіпному пристрої, перевозити людей, очищати лапи, підтягувати болти чи виконувати регулювання. Якщо робочі органи забилися ґрунтом або рослинними рештками, механізатор зупиняє трактор, опускає знаряддя, вимикає передачу, глушить двигун, ставить трактор на стоянкове гальмо і тільки після цього очищає лапи спеціальним скребком. Очищення руками без інструменту не допускається.

Робоча швидкість повинна відповідати стану поля та агротехнічним вимогам. Надмірна швидкість збільшує динамічні навантаження, погіршує стійкість ходу по глибині, підвищує запиленість і створює небезпеку руйнування робочих органів. Повороти виконують на зниженій швидкості після піднімання лап із ґрунту. Під час транспортування культиватор переводять у транспортне положення, фіксують секції, перевіряють попереджувальні знаки і не допускають перевищення безпечної швидкості руху.

4.5. Розрахунок зони небезпеки під час роботи агрегату

Для попередження травмування сторонніх осіб визначаємо мінімальну небезпечну зону навколо агрегату. Приймаємо ширину захвату культиватора $B = 8,0$ м, орієнтовну довжину агрегату з трактором $L = 10,5$ м, бокову захисну смугу $b = 2,0$ м, поздовжню захисну відстань спереду і позаду $l = 5,0$ м. Площа небезпечної зони визначається за формулою:

$$S_n = (B + 2b) \cdot (L + 2l), \text{ м}^2, \quad (4.1)$$

де S_n – площа небезпечної зони, м^2 ; B – ширина захвату культиватора, м; b – бокова захисна смуга, м; L – довжина агрегату, м; l – поздовжня захисна відстань, м.

$$S_H = (8,0 + 2 \cdot 2,0) \cdot (10,5 + 2 \cdot 5,0) = 12,0 \cdot 20,5 = 246 \text{ м}^2.$$

Отже, під час роботи в межах площі не менше 246 м² не повинні перебувати сторонні особи. Практично це означає, що безпечна відстань збоку від культиватора має становити не менше 2 м, а перед агрегатом і позаду нього – не менше 5 м. На краях поля та біля перешкод механізатор зобов'язаний зменшити швидкість і переконався у відсутності людей у зоні маневрування.

Окремо визначимо орієнтовну зупинну відстань агрегату. За робочої швидкості $v = 8 \text{ км/год} = 2,22 \text{ м/с}$, часу реакції механізатора $t = 1,0 \text{ с}$ і уповільнення при гальмуванні $a = 2,0 \text{ м/с}^2$:

$$S_3 = v \cdot t + v^2 / (2a) = 2,22 \cdot 1,0 + 2,22^2 / (2 \cdot 2,0) = 3,45 \text{ м.} \quad (4.2)$$

З урахуванням пилу, нерівностей поля та інерції причіпного агрегату приймаємо мінімальну практичну дистанцію перед агрегатом не менше 5 м. Якщо видимість погіршується, швидкість необхідно зменшити або припинити роботу.

4.6. Розрахунок стійкості агрегату на схилі

Культиватор КПС-8 може працювати на полях із хвилястим рельєфом, тому необхідно оцінити запас поперечної стійкості машинно-тракторного агрегату. Для орієнтовного розрахунку приймаємо ширину колії трактора $B_k = 1,8 \text{ м}$, висоту центра мас $h_{\text{ц}} = 0,9 \text{ м}$. Граничний кут поперечного схилу без урахування динамічних факторів визначаємо за формулою:

$$\text{tg } \alpha_{\text{гр}} = B_k / (2h_{\text{ц}}). \quad (4.3)$$

$$\text{tg } \alpha_{\text{гр}} = 1,8 / (2 \cdot 0,9) = 1,0; \quad \alpha_{\text{гр}} = 45^\circ.$$

Теоретичне значення не можна приймати як допустиме для реальної роботи, оскільки воно не враховує коливання, нерівності, ковзання коліс, причіпну дію культиватора і різкі повороти. Для практичної оцінки приймаємо роботу на схилі $\alpha_p = 8^\circ$. Запас стійкості становить:

$$k_3 = \text{tg } \alpha_{\text{гр}} / \text{tg } \alpha_p = 1,0 / \text{tg } 8^\circ = 1,0 / 0,140 = 7,1. \quad (4.4)$$

Отже, при роботі на схилах до 8° агрегат має достатній розрахунковий запас стійкості. Однак на вологому ґрунті, у коліях, під час розворотів або при

піднятому культиваторі швидкість необхідно знижувати, різкі маневри забороняти, а напрямок руху обирати відповідно до технологічної карти поля.

4.7. Розрахунок освітлення місця технічного обслуговування

Регулювання, заміна лап і підтягування кріплень можуть виконуватися у майстерні або на спеціальному посту технічного обслуговування. Недостатня освітленість підвищує ризик порізів, помилкового встановлення деталей і неякісного затягування болтів. Для поста площею $S = 36 \text{ м}^2$ приймаємо нормовану освітленість $E_n = 200 \text{ лк}$, коефіцієнт запасу $k = 1,5$, коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$, світловий потік одного світлодіодного світильника $F = 3200 \text{ лм}$, коефіцієнт використання $\eta = 0,55$.

$$N = (E_n \cdot S \cdot k \cdot z) / (F \cdot \eta). \quad (4.5)$$

$$N = (200 \cdot 36 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / (3200 \cdot 0,55) = 6,75.$$

Приймаємо $N = 8$ світлодіодних світильників. Їх розміщують рівномірно над робочою зоною, щоб уникнути тіней під рамою культиватора та біля місць кріплення лап. У польових умовах у темну пору доби слід застосовувати переносні акумуляторні світильники або ліхтарі, встановлені так, щоб не засліплювати механізатора.

4.8. Оцінка шуму, вібрації та пожежної безпеки

Джерелами шуму є двигун і трансмісія трактора, вентилятор, контакт шин із ґрунтом і взаємодія лап із ґрунтовым середовищем. Для орієнтовної оцінки приймемо рівень шуму від трактора $L_1 = 82 \text{ дБА}$, а додатковий шум робочого процесу $L_2 = 76 \text{ дБА}$. Сумарний рівень визначається логарифмічно:

$$L_\Sigma = 10 \lg(10^{(L_1/10)} + 10^{(L_2/10)}) = 10 \lg(10^{8,2} + 10^{7,6}) \approx 83 \text{ дБА}.$$

Отримане значення потребує контролю технічного стану трактора, справності глушника, ущільнення кабіни, сидіння та підвіски. За підвищеного шуму необхідно застосовувати засоби захисту слуху і регламентувати перерви. Вібрацію зменшують правильним регулюванням сидіння під масу механізатора,

підтриманням тиску в шинах, усуненням люфтів у причіпному пристрої та недопущенням надмірної швидкості.

Пожежна небезпека зумовлена наявністю палива, мастил, сухих рослинних решток і гарячих поверхонь двигуна. Перед початком роботи перевіряють відсутність підтікання палива, справність електропроводки, акумуляторної батареї та наявність зарядженого вогнегасника. Заправлення паливом виконують при заглушеному двигуні, без куріння і відкритого вогню. Після роботи трактор і культиватор очищають від пилу, соломи та бур'янів, особливо поблизу глушника й моторного відсіку.

У разі аварійної ситуації механізатор зупиняє агрегат, опускає культиватор на землю, вимикає передачу, глушить двигун і встановлює трактор на стоянкове гальмо. Несправність гідросистеми, руйнування лапи або перекіси рами усувають тільки після фіксації агрегату. При загорянні необхідно вимкнути двигун, за можливості перекрити подавання палива, застосувати вогнегасник і повідомити відповідальну особу.

Висновки до розділу

У розділі розглянуто умови безпечної експлуатації модернізованого культиватора КПС-8. Встановлено, що основними небезпечними факторами є гострі робочі органи, зона агрегування, гідросистема, рух широкозахватного агрегату, пил, шум, вібрація, робота на схилах і пожежна небезпека. Запропоновані організаційні та технічні заходи охоплюють підготовку поля, допуск механізатора, перевірку трактора і культиватора, безпечне агрегування, регулювання, очищення, транспортування та дії у разі аварії.

Виконані розрахунки показали, що мінімальна небезпечна зона навколо агрегату становить 246 м², орієнтовна зупинна відстань за швидкості 8 км/год дорівнює 3,45 м, тому практична дистанція безпеки приймається не менше 5 м. Розрахунок стійкості підтвердив достатній запас для роботи на схилах до 8° за умови дотримання безпечної швидкості. Для поста технічного обслуговування площею 36 м² прийнято 8 світлодіодних світильників. Дотримання

запропонованих вимог знижує ризик травматизму, підвищує надійність агрегату та забезпечує безпечне виконання поверхневого обробітку ґрунту.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1. Загальні положення

Економічне обґрунтування є завершальним етапом оцінювання доцільності модернізації культиватора КПС-8. У попередніх розділах було обґрунтовано потребу підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту, розглянуто конструкцію модернізованого робочого органу, визначено основні технологічні параметри роботи агрегату та розроблено операційну технологію. Економічна частина повинна показати, чи забезпечує запропоноване конструктивне рішення не тільки агротехнічне поліпшення, а й реальний виробничий ефект для господарства.

Модернізація культиватора КПС-8 полягає у застосуванні вдосконаленого робочого органу з плоским ножом і стрілчастою плоскорізальною лапою, що має поліпшене самоочищення і зносостійке наплавлення ріжучих кромки. Очікуваний результат модернізації проявляється у повнішому підрізання бур'янів, стабільнішому витримуванні глибини ходу лап, зменшенні забивання робочих органів рослинними рештками, скороченні простоїв на очищення та регулювання, а також у зниженні питомих витрат палива за рахунок рівномірнішого тягового опору.

Під час економічного оцінювання враховують дві групи результатів. До першої належать прямі експлуатаційні переваги: економія дизельного палива, зменшення трудових затрат, зниження витрат на заміну і відновлення робочих органів. До другої групи належать технологічні переваги, які впливають на урожайність: краща якість передпосівної підготовки, рівномірніше насіннєве ложе, збереження вологи у верхньому шарі ґрунту, своєчасність виконання операції та зменшення конкуренції бур'янів із культурними рослинами.

Розрахунки виконано методом порівняння базового культиватора КПС-8 у серійному виконанні з модернізованим культиватором. Базовий варіант приймається як наявна машина господарства без запропонованого робочого

органу, а проєктний варіант - як той самий культиватор після встановлення модернізованих лап, ножів і елементів кріплення. Такий підхід дозволяє визначити додаткові капітальні вкладення та річний економічний ефект саме від модернізації, без урахування вартості трактора і самого культиватора, які вже є у господарстві.

5.2. Вихідні дані для розрахунку

Вихідні показники прийнято за матеріалами конструкторського та технологічного розділів роботи. Робоча ширина захвату культиватора становить 8,0 м, кількість лап – 32 шт., розрахункова робоча швидкість модернізованого агрегату – 9 км/год, коефіцієнт використання часу зміни - 0,78. Годинна продуктивність модернізованого агрегату за цими умовами становить 5,62 га/год. Для порівняння прийнято, що базовий агрегат працює зі швидкістю 8 км/год і коефіцієнтом використання часу 0,75, що враховує більші простой на очищення лап, регулювання та повторне проходження окремих ділянок.

Для економічного розрахунку приймаємо сезонне завантаження агрегату 500 га. Такий обсяг відповідає використанню культиватора на передпосівному обробітку, догляді за парами та повторній культивації окремих площ протягом весняно-літнього періоду. Якщо у конкретному господарстві річне завантаження буде іншим, результати економії палива, оплати праці та ефекту від якості обробітку можна перерахувати пропорційно до фактичної площі.

Вартість дизельного палива для розрахунку приймаємо 88,40 грн/л. Це орієнтовний рівень ціни, який доцільно уточнювати безпосередньо перед захистом роботи або під час впровадження модернізації у конкретному господарстві. Тарифну ставку механізатора приймаємо 120 грн/год, що враховує оплату праці з урахуванням преміювання та відрахувань у складі експлуатаційних витрат. Орієнтовну реалізаційну ціну зерна для оцінки технологічного ефекту приймаємо 6500 грн/т.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного розрахунку

Показник	Позначення	Одиниця	Значення
Річне завантаження агрегату	F_p	га	500
Ширина захвату культиватора	B	м	8,0
Кількість робочих органів	n	шт.	32
Робоча швидкість базового агрегату	v_b	км/год	8,0
Робоча швидкість модернізованого агрегату	v_m	км/год	9,0
Коефіцієнт використання часу базового агрегату	τ_b	-	0,75
Коефіцієнт використання часу модернізованого агрегату	τ_m	-	0,78
Годинна витрата палива базового агрегату	G_b	кг/год	19,0
Годинна витрата палива модернізованого агрегату	G_m	кг/год	18,0
Густина дизельного палива	ρ	кг/л	0,84
Ціна дизельного палива	C_p	грн/л	88,40
Тарифна ставка механізатора	C_t	грн/год	120

5.3. Розрахунок капітальних вкладень у модернізацію

Капітальні вкладення у проєктному варіанті складаються з витрат на виготовлення або придбання модернізованих ножів і лап, наплавлення ріжучих кромок, виготовлення кронштейнів та інших елементів кріплення, придбання пружинних елементів, оплату механічної обробки, зварювання, складання, регулювання і виробничі випробування. Оскільки проєкт передбачає модернізацію наявного культиватора, вартість рами, опорних коліс, гідросистеми та причіпного пристрою у додаткові капітальні вкладення не включається.

Вартість деталей і робіт визначається укрупненим кошторисним методом. Для навчального розрахунку використано середні ціни на метал, кріпильні елементи, зварювальні матеріали, механічну обробку та слюсарно-складальні роботи. У реальному господарстві ці витрати уточнюють за комерційними пропозиціями постачальників або за калькуляцією ремонтної майстерні.

Таблиця 5.2 – Розрахунок капітальних вкладень у модернізацію КПС-8

Стаття витрат	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Комплект плоских ножів для модернізованих робочих органів	32 шт.	390	12480
Зносостійке наплавлення ріжучих кромок	32 шт.	280	8960
Пружинні елементи, важелі та дрібні вузли підвіски	16 компл.	450	7200
Кронштейни, болти, пальці, втулки та фіксатори	1 компл.	6500	6500
Метал, електроди, абразивні круги та інші матеріали	1 компл.	5800	5800
Механічна обробка і зварювальні роботи	1 компл.	9200	9200
Монтаж, регулювання та пробні випробування	1 компл.	5400	5400
Транспортно-заготівельні та накладні витрати	1 компл.	6000	6000
Разом капітальні вкладення	-	-	61540

Отже, додаткові капітальні вкладення на модернізацію культиватора КПС-8 становлять:

$$K_m = 61540 \text{ грн.}$$

Це значення використовується для визначення строку окупності, коефіцієнта економічної ефективності та додаткових річних витрат, пов'язаних з амортизацією і технічним обслуговуванням модернізованих елементів.

5.4. Порівняння експлуатаційних показників базового і модернізованого агрегату

Годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату визначається за формулою:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau, \text{ га/год,}$$

де B - ширина захвату культиватора, м; v - робоча швидкість руху, км/год;
 τ - коефіцієнт використання часу зміни. Для базового агрегату маємо:

$$W_b = 0,1 \cdot 8,0 \cdot 8,0 \cdot 0,75 = 4,80 \text{ га/год.}$$

Для модернізованого агрегату:

$$W_m = 0,1 \cdot 8,0 \cdot 9,0 \cdot 0,78 = 5,62 \text{ га/год.}$$

Збільшення продуктивності пояснюється не тільки вищою робочою швидкістю, а й зменшенням втрат часу на очищення робочих органів, усунення забивання, повторне проходження огріхів та коригування глибини обробітку. Відносне підвищення продуктивності становить:

$$\Delta W = (W_m - W_6) / W_6 \cdot 100 = (5,62 - 4,80) / 4,80 \cdot 100 = 17,1 \, \%.$$

Тривалість виконання річного обсягу робіт визначається як відношення площі до годинної продуктивності:

$$T = F_p / W_{\text{год.}}$$

Для базового агрегату:

$$T_6 = 500 / 4,80 = 104,2 \text{ год.}$$

Для модернізованого агрегату:

$$T_m = 500 / 5,62 = 89,0 \text{ год.}$$

Таким чином, економія робочого часу за сезон становить 15,2 год. Це має значення не тільки для зменшення оплати праці, а й для своєчасності виконання агротехнічних операцій у короткі оптимальні строки.

Таблиця 5.3 – Порівняння експлуатаційних показників агрегатів

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант	Зміна
Робоча швидкість, км/год	8,0	9,0	+1,0
Коефіцієнт використання часу	0,75	0,78	+0,03
Годинна продуктивність, га/год	4,80	5,62	+17,1 %
Час на виконання 500 га, год	104,2	89,0	-15,2 год
Питомі трудові затрати, люд.-год/га	0,208	0,178	-0,030

5.5. Розрахунок економії палива та оплати праці

Питома витрата палива на 1 га визначається за формулою:

$$q = G_{\text{год}} / (W_{\text{год}} \cdot \rho), \text{ л/га,}$$

де $G_{\text{год}}$ – годинна витрата палива, кг/год; $W_{\text{год}}$ - продуктивність агрегату, га/год; ρ - густина дизельного палива, кг/л. Для базового агрегату:

$$q_6 = 19,0 / (4,80 \cdot 0,84) = 4,71 \text{ л/га.}$$

Для модернізованого агрегату:

$$q_m = 18,0 / (5,62 \cdot 0,84) = 3,82 \text{ л/га.}$$

Економія палива на 1 га становить:

$$\Delta q = q_6 - q_m = 4,71 - 3,82 = 0,89 \text{ л/га.}$$

За річного обсягу робіт 500 га та ціни дизельного палива 88,40 грн/л річна економія коштів на паливі дорівнює:

$$E_{\text{пал}} = \Delta q \cdot F_p \cdot C_p = 0,89 \cdot 500 \cdot 88,40 = 39633 \text{ грн.}$$

Економія оплати праці визначається за скороченням витрат часу механізатора. Питомі трудові затрати становлять $1/W_{\text{год}}$ люд.-год/га, тому економія часу на 1 га дорівнює:

$$\Delta t = 1/W_6 - 1/W_m = 1/4,80 - 1/5,62 = 0,030 \text{ люд.-год/га.}$$

Річна економія оплати праці становить:

$$E_{\text{праці}} = \Delta t \cdot F_p \cdot C_t = 0,030 \cdot 500 \cdot 120 = 1816 \text{ грн.}$$

Крім того, застосування зносостійкого наплавлення і самоочищення робочих органів зменшує витрати на заміну лап і ножів. Для розрахунку приймаємо, що річні витрати на робочі органи зменшуються на 3920 грн. Це значення враховує подовження строку служби ріжучих кромek та зменшення кількості випадків передчасного вибракування деталей через затуплення або нерівномірне спрацювання.

Таблиця 5.4 – Розрахунок прямої експлуатаційної економії

Стаття економії	Розрахунок	Сума, грн/рік
Економія дизельного палива	$0,89 \text{ л/га} \cdot 500 \text{ га} \cdot 88,40 \text{ грн/л}$	39633
Економія оплати праці	$0,030 \text{ люд.-год/га} \cdot 500 \text{ га} \cdot 120 \text{ грн/год}$	1816
Зменшення витрат на робочі органи	укрупнений розрахунок	3920
Разом пряма експлуатаційна економія	-	45369

5.6. Економічний ефект від підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту

Основна мета модернізації КПС-8 полягає не лише у зменшенні експлуатаційних витрат, а й у підвищенні якості поверхневого обробітку ґрунту. Якісна культивация забезпечує рівномірне розпушування верхнього шару, повне підрізання бур'янів, збереження вологи, зменшення грудкуватості та створення кращих умов для роботи сівалки. Ці фактори не завжди можна

прямо виміряти у гривнях, однак вони впливають на рівномірність сходів і врожайність польових культур.

Для розрахунку приймаємо обережну оцінку приросту або запобігання втратам урожаю на рівні 0,025 т/га. Це значення є невеликим, тому його можна вважати помірним для умов, коли модернізація забезпечує повніше знищення бур'янів і краще дотримання глибини передпосівного обробітку. За ціни продукції 6500 грн/т додатковий дохід становитиме:

$$Д_{\text{як}} = \Delta Y \cdot F_p \cdot Ц_3 = 0,025 \cdot 500 \cdot 6500 = 81250 \text{ грн.}$$

Наведений розрахунок не означає, що модернізація автоматично збільшує врожайність незалежно від інших факторів. Ефект буде досягнутий лише за умови дотримання операційної технології: виконання культивуації на фізично стиглому ґрунті, правильного налаштування глибини, недопущення огріхів і перекриттів, дотримання робочої швидкості та своєчасного технічного обслуговування агрегату.

Перевагою такого підходу є те, що в економічній оцінці враховано не завищений урожайний ефект, а лише мінімальне зниження втрат. Навіть за такого обережного припущення якісний ефект є істотним, оскільки робота культиватора впливає на всю площу обробітку.

5.7. Розрахунок додаткових експлуатаційних витрат

Модернізація потребує не тільки одноразових капітальних вкладень, а й додаткових річних витрат на амортизацію та підтримання працездатності встановлених вузлів. До таких витрат належать амортизаційні відрахування, профілактичний ремонт, підтягування кріплень, заміна окремих зношених елементів і періодичне відновлення ріжучих кромek.

Річні амортизаційні відрахування приймаємо у розмірі 10 % від вартості модернізації:

$$A = 0,10 \cdot K_m = 0,10 \cdot 61540 = 6154 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт модернізованих елементів приймаємо у розмірі 5 % від капітальних вкладень:

$$P = 0,05 \cdot K_m = 0,05 \cdot 61540 = 3077 \text{ грн.}$$

Загальні додаткові експлуатаційні витрати становлять:

$$V_{\text{дод}} = A + P = 6154 + 3077 = 9231 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 5.5 – Додаткові річні витрати на модернізовані елементи

Стаття витрат	Норма	Розрахунок	Сума, грн/рік
Амортизаційні відрахування	10 %	$0,10 \cdot 61540$	6154
Технічне обслуговування і поточний ремонт	5 %	$0,05 \cdot 61540$	3077
Разом додаткові витрати	-	$6154 + 3077$	9231

5.8. Визначення річного економічного ефекту та строку окупності

Загальна річна економія складається з прямої експлуатаційної економії та економічного результату від підвищення якості обробітку ґрунту:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{пал}} + E_{\text{праці}} + E_{\text{роб}} + D_{\text{як}},$$

де $E_{\text{пал}}$ – економія палива; $E_{\text{праці}}$ – економія оплати праці; $E_{\text{роб}}$ – економія на робочих органах; $D_{\text{як}}$ – додатковий дохід від підвищення якості обробітку ґрунту. Підставимо числові значення:

$$E_{\text{заг}} = 39633 + 1816 + 3920 + 81250 = 126619 \text{ грн/рік.}$$

Річний економічний ефект з урахуванням додаткових витрат на амортизацію та технічне обслуговування модернізованих елементів становить:

$$E_p = E_{\text{заг}} - V_{\text{дод}} = 126619 - 9231 = 117388 \text{ грн/рік.}$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = K_m / E_p = 61540 / 117388 = 0,52 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності становить:

$$E_k = E_p / K_m = 117388 / 61540 = 1,91.$$

Оскільки строк окупності менший одного року, а коефіцієнт економічної ефективності значно перевищує одиницю, модернізацію культиватора КПС-8 можна вважати економічно доцільною. Отриманий результат пояснюється тим, що витрати на модернізацію є відносно невеликими порівняно з річним обсягом робіт, а поліпшення якості обробітку впливає на значну площу.

Таблиця 5.6 – Підсумкові техніко-економічні показники проєкту

Показник	Одиниця	Значення
Додаткові капітальні вкладення	грн	61540
Річна економія палива	грн/рік	39633
Річна економія оплати праці	грн/рік	1816
Економія на робочих органах	грн/рік	3920
Економічний результат від підвищення якості обробітку	грн/рік	81250
Загальна річна економія	грн/рік	126619
Додаткові експлуатаційні витрати	грн/рік	9231
Річний економічний ефект	грн/рік	117388
Строк окупності	року	0,52
Коефіцієнт економічної ефективності	-	1,91

5.9. Аналіз чутливості результатів

Економічні показники залежать від річного завантаження культиватора, ціни палива, тарифної ставки механізатора, вартості робочих органів і фактичного впливу якості обробітку на урожайність. Тому доцільно перевірити стійкість результатів за більш обережного сценарію, коли враховується тільки пряма експлуатаційна економія без додаткового доходу від урожайності.

У такому випадку річний економічний ефект дорівнює:

$$E_{p.min} = 39633 + 1816 + 3920 - 9231 = 36138 \text{ грн/рік.}$$

Строк окупності за мінімального сценарію становить:

$$T_{ок.min} = 61540 / 36138 = 1,70 \text{ року.}$$

Отже, навіть без урахування додаткового урожайного ефекту модернізація окупається менш ніж за два роки. Це свідчить про достатню економічну стійкість проєкту. За збільшення річного завантаження понад 500 га строк окупності скорочуватиметься, оскільки капітальні вкладення залишаються сталими, а економія палива, праці та витрат на робочі органи зростає пропорційно площі обробітку.

Таблиця 5.7 – Порівняння результатів за двома сценаріями

Сценарій	Що враховано	Річний ефект, грн	Строк окупності, року
Мінімальний	Тільки паливо, праця і зношування робочих органів	36138	1,70
Основний	Додатково враховано якість обробітку і зменшення втрат урожаю	117388	0,52

Для практичного впровадження доцільно вести облік витрат і результатів за фактичними даними господарства: кількістю оброблених гектарів, витратою палива за зміну, часом роботи агрегату, кількістю заміненних лап, якістю культивації та урожайністю культур. Це дозволить уточнити розрахунковий ефект і застосувати модернізацію на інших ґрунтообробних машинах господарства.

Висновки до розділу

У розділі виконано економічне обґрунтування модернізації культиватора КПС-8, спрямованої на підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту. Додаткові капітальні вкладення у виготовлення та встановлення модернізованих робочих органів становлять 61540 грн. Річне завантаження агрегату прийнято на рівні 500 га.

Порівняння базового і модернізованого варіантів показало, що годинна продуктивність агрегату зростає з 4,80 до 5,62 га/год, тобто на 17,1 %. Питома витрата дизельного палива зменшується з 4,71 до 3,82 л/га. За прийнятих умов це забезпечує річну економію палива 39633 грн, економію оплати праці 1816 грн і зменшення витрат на робочі органи 3920 грн.

З урахуванням обережно прийнятого економічного результату від підвищення якості обробітку ґрунту загальна річна економія становить 126619 грн. Після віднімання додаткових експлуатаційних витрат річний економічний ефект дорівнює 117388 грн. Строк окупності модернізації становить 0,52 року, а коефіцієнт економічної ефективності – 1,91. Навіть за мінімального сценарію,

без урахування приросту урожайності, строк окупності становить 1,70 року, що підтверджує економічну доцільність запропонованого проєкту.

Отже, модернізація культиватора КПС-8 є технічно обґрунтованою та економічно вигідною. Вона дозволяє підвищити продуктивність поверхневого обробітку ґрунту, знизити експлуатаційні витрати, покращити якість підготовки поля та забезпечити швидке повернення вкладених коштів у виробничих умовах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз існуючих засобів, призначених для поверхневої обробки ґрунту, показав, що Обробіток ґрунту сучасними культиваторами не в повній мірі відповідає агротехнічним вимогам, а саме - відбувається слабе подрібнення ґрунту і неповне підрізання бур'янів, а також у зв'язку з великим тяговим опором підвищується витрата палива тракторів.

Розробка конструкції культиватора, здатного здійснювати обробку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог, є актуальним завданням, для досягнення якого було розроблено лапу культиватора з метою подальшого застосування в якості робочого органу культиватора КПС-8, призначеного для поверхневої обробки ґрунту. Розроблений робочий орган дозволить підвищити якість обробки ерозійно небезпечних ґрунтів з сильною бур'янистою рослинністю, запобігти обволіканню стійки і лапи рослинними залишками. Застосування модернізованого культиватора дозволить забезпечити самозаточування лез, повне знищення бур'янів і якісну обробку верхнього шару ґрунту. В ході проведення технологічних розрахунків було визначено тягове зусилля агрегату в робочому положенні, яке склало 5,8 кН, а також тягове зусилля в транспортному положенні склало 3,44 кН. Загальна кількість лап культиватора склала 32 штуки, відстань між лапами 0,548 м. З метою запобігання поломок культиватора КПС-8, а також дотримання заходів безпеки при його експлуатації, були розроблені рекомендації щодо виконання основних налаштувань і регулювань, а також вимоги безпеки.

З урахуванням обережно прийнятого економічного результату від підвищення якості обробітку ґрунту загальна річна економія становить 126619 грн. Після віднімання додаткових експлуатаційних витрат річний економічний ефект дорівнює 117388 грн.

Строк окупності модернізації становить 0,52 року, а коефіцієнт економічної ефективності – 1,91. Навіть за мінімального сценарію, без урахування приросту урожайності, строк окупності становить 1,70 року, що підтверджує економічну доцільність запропонованого проєкту.

Отже, модернізація культиватора КПС-8 є технічно обґрунтованою та економічно вигідною. Вона дозволяє підвищити продуктивність поверхневого обробітку ґрунту, знизити експлуатаційні витрати, покращити якість підготовки поля та забезпечити швидке повернення вкладених коштів у виробничих умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борак К. В., Куликівський В. Л., Руднік Д. І. Вплив попередньої корозії на інтенсивність абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин. Наукові праці ВНТУ. 2023. № 2. С. 34–43.
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. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
4. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.
5. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.
6. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
7. Заєць М. Технологія вертикального обробітку ґрунту як спосіб отримання стабільних врожаїв. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 21-22. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/2960>
8. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/1712> (дата звернення: 08.05.2026).

9. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
10. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
11. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. 2-ге вид. Київ : Каравела, 2008. 552 с.
12. Гевко Б. М., Гевко І. Б., Радик Д. Л. Технологія сільськогосподарського машинобудування : підручник для вищих технічних та аграрно-технічних навчальних закладів / за ред. Б. М. Гевка. Київ : Кондор, 2006. 496 с.
13. Гевко Б. М., Гевко І. Б., Радик Д. Л., Матвійчук А. В. Технологія сільськогосподарського машинобудування : підручник. 2-ге вид., переробл. і допов. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2015. 420 с.
14. Проектування технологічних процесів в рослинництві : практикум / М. В. Кіндер, В. М. Сакало, В. В. Падалка, С. В. Ляшенко. Полтава : РВВ ПДАА, 2014. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/items/4ecdeb56-c216-4a72-b000-99bc6159e1ed> (дата звернення: 08.05.2026).
15. Технологія виробництва продукції рослинництва : навчальний посібник / Ю. П. Манько, С. П. Танчик, О. А. Цюк та ін. Київ : НУБіП України, 2019. 215 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/6190> (дата звернення: 08.05.2026).
16. Танчик С. П., Дмитришак М. Я., Миропольський О. М. Механізація технологічних процесів у рослинництві : навчальний посібник. Київ : НУХТ, 2009. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/items/7a194a7d-c361-4161-8035-8e124178af19> (дата звернення: 08.05.2026).
17. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» / В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко та ін.

Кропивницький : ЦНТУ, 2018. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/3f5ff1e8-62d1-4131-8d66-3f1883d9eca7> (дата звернення: 08.05.2026).

18. Моделювання технологічних процесів і систем : методичні вказівки до виконання практичних робіт / уклад.: К. В. Васильковська, Д. І. Петренко, В. О. Майхровська. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. 20 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/9654> (дата звернення: 08.05.2026).

19. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. 591 с.

20. Культиватор сплошної обробки 8 м 2х рядний КПС-8. Профи Стан. URL: <https://profistan.com.ua/ru/product/kultivator-sploshnoj-obrabotki-8m-kps-8/> (дата звернення: 08.05.2026).

21. Культиватор КПС-8П. ТМ «Восход». URL: https://voshod.ua/production/kultivatory/kultivator_kps8p-69/ (дата звернення: 08.05.2026).

22. Культиватор КПС-8 суцільного обробітку ґрунту. Агроліга. URL: <https://agro-liga.com/catalog-produkcii/kultivator-kps-8-sploshnoj/> (дата звернення: 08.05.2026).

23. Культиватор паровий КПН-8 і КПП-8. ПАТ «Харківський тракторний завод». URL: <https://xtz.ua/ua/cultivators/kultivator-paroviy-kpn-8-i-kpp-8.html> (дата звернення: 08.05.2026).

24. Рабочий орган для поверхностной обработки почвы : патент RU 2446653 C1 / В. Г. Абезин, С. Е. Греков, М. А. Перепелкин, А. Н. Цепляев ; заявник Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. URL: <https://patentdb.ru/patent/2446653> (дата звернення: 08.05.2026).

25. Лапа культиватора : патент RU 2452155 C1 / В. В. Ветер, В. В. Бондаренко, Г. А. Белкин та ін. ; заявник ООО «НПП «ВАЛОК»». Опубл. 10.06.2012. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2452155C1/ru> (дата звернення: 08.05.2026).

26. Стрельчатая лапа культиватора с регулируемым углом атаки : патент RU 2623042 C1 ; заявник Ставропольский государственный аграрный

університет. Опубл. 21.06.2017. URL: <https://edrid.ru/rid/217.015.d5d8.html> (дата звернення: 08.05.2026).

27. Борак К. В. Уплив коефіцієнта форми абразивних частинок ґрунту на інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2020. № 1. С. 46–55. DOI: 10.31649/2307-5392-2020-1-46-55.

28. Борак К. В. Вплив рослинних решток на інтенсивність абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин. Центральнотураїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С. 96–101. DOI: 10.32515/2664-262X.2020.3(34).96-101.

29. Borak K., Kulykivskyi V., Rudnik D. Impact of the preliminary corrosion on the intensity of the abrasive wear of the working tools of the tillage machine. Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. 2023. No. 2. P. 33–42. DOI: 10.31649/2307-5392-2023-2-33-42.

30. Wang Y., Li D., Nie C., Gong P., Yang J., Hu Z., Li B., Ma M. Research Progress on the Wear Resistance of Key Components in Agricultural Machinery. Materials. 2023. Vol. 16, No. 24. Article 7646. DOI: 10.3390/ma16247646.

31. Stavinskiy A., Vakhonina L., Martynenko V., Mardziavko V., Rudenko A. The use of surface strengthening to increase the wear resistance of working bodies of agricultural machines. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2024. Vol. 28, No. 2. P. 21–32. DOI: 10.56407/bs.agrarian/2.2024.21.

32. Середні ціни в Україні: дизельне пальне. Мінфін. URL: https://index.minfin.com.ua/ua/markets/product-prices/diesel_fuel/ (дата