

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Киричко Данило Олегович

УДК 631.358

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ
ОРґАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Киричко Д.О.

Керівник роботи

Грабар І.Г.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Киричко Данило Олегович. Обґрунтування параметрів робочих органів картоплезбиральної машини. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В магістерській роботі встановлено, що одним із перспективних шляхів удосконалення картоплезбиральних машин є застосування модернізованих лемешів, які підвищують вплив робочих органів на картопляний ворох під час початку виконання технологічного процесу.

Експериментальні дослідження в лабораторії та на в польових умовах довели, що максимальна висота відскоку елементів купи картоплі біля передніх опор головного елеватора становить 0,063 метра. Це було зафіксовано при початковому натягу пружини 0,006 метра з жорсткістю 10,4 Н/м. Варто відмітити, що регулювання натягу пружини позитивно впливає на стабільність висоти відскоку

Зростання впливу призводить до поліпшення сепарації та несуттєвому росту пошкоджень.

Виробничі випробування серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В засвідчили, що при впровадженні модернізованого картоплекопача втрати бульб зменшуються на 2,8%.

Ключові слова: картоплекопач, продуктивність, сепарація, пошкодження, швидкість, пружина.

ANNOTATION

Kuruchko Danylo Olegovich. Substantiation of the parameters of the working bodies of a potato harvester. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering.
– Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In the master's thesis, it was found that one of the promising ways to improve potato harvesters is to use modernized plowshares that increase the impact of working bodies at the beginning of the technological process on the tuberous heap.

Laboratory and field studies have shown that the highest jump height of the potato heap components in the area of the front supports of the main elevator is 0.062 m and was observed at a preload of 0.005 m with a stiffness of 10.3 N/m. It should be noted that the spring tension contributes to the stability of the jump height.

Increasing the impact contributed to improved separation and a slight increase in damage.

The economic tests of the serial and improved KTN-2B potato digger showed that the loss of tubers is reduced by 2.9% during the operation of the improved KTN-2B potato digger.

Keywords: potato digger, productivity, separation, damage, speed, spring.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТА СПОСОБИ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ. ПІДКОПУВАЛЬНІ РОБОЧІ ОРГАНИ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН.....	8
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПІДПРУЖИНЕНОГО ЛЕМІША КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	15
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30

ВСТУП

Актуальність теми дослідження магістерської роботи. Однією з причин, що стримують розвиток картоплярства у фермерських і селянських господарствах, є низький рівень матеріально-технічного постачання недорогою, продуктивною технікою для основних процесів вирощування картоплі.

Так розглядаючи найбільш трудомісткий процес збирання картоплі, очевидно, що використання на малих площах високопродуктивних картоплезбиральних комбайнів не економічне. Тому існує гостра необхідність у розробці картоплекопачів, здатних знизити економічні витрати.

Збір картоплі з мінімізацією використання ресурсів та витрат можливий через збільшення урожайності, використання менш енерговитратних агрегатів, оптимізацію організації праці, а також за допомогою покращення селекції та насінництва. Для досягнення ефективності такої технології необхідно враховувати специфічні ґрунтови, кліматичні умови та особливості місцевого сільського господарства під час її розробки та впровадження.

Якісне виконання технологічного процесу збирання картоплі значною мірою залежить від роботи підкопувальних органів, які своєю чергою мають полегшувати процес сепарації. Таким чином, аналіз впливу характеристик робочих частин картоплезбиральних агрегатів на якість технологічного процесу стає важливим і актуальним завданням, що має значний вплив на аграрний сектор України.

Об'єкт дослідження – технологія підкопування та взаємодії бульбоносного пласта з робочими органами картоплезбиральних машин.

Предмет дослідження – закономірності взаємодії бульбоносного пласта з робочими органами картоплезбиральних машин.

Метою роботи є підвищення продуктивності картоплезбиральних машин.

У зв'язку з поставленою метою в цій роботі вирішувалися такі науково-практичні завдання:

- провести аналіз наявних конструкцій картоплезбиральних машин та визначити перспективний напрям їхнього вдосконалення;
- провести лабораторно-польові дослідження експериментального картоплекопача.

Методи наукового дослідження. Під час проведення аналітичних досліджень використовували відомі закони фізики та математики, а також теоретичної та прикладної механіки. Лабораторні та виробничі випробування проводилися на підставі загальновідомих методик і розроблених на їхній базі – приватних з використанням сучасних електронних і механічних пристроїв, установок і приладів, спеціально розроблених і виготовлених. Обробка експериментальних і теоретичних даних досліджень здійснювалася за допомогою комп'ютерних програм: Statistica V8, Mathcad 15, Microsoft Excel 15.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Киричко Д. О.** Підкопувальні робочі органи картоплезбиральних машин. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь», 5 квітня 2023 року Житомир: Житомирський агротехнічний фаховий коледж, 2023. С. 186-188.

2. **Киричко Д. О.** Особливості та способи збирання картоплі. Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023 С. 78-80.

3. Грабар І.Г., **Киричко Д.О.** Конструктивно-технологічна схема підпружиненого леміша картоплезбиральних машин. XII Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»

(02-20 жовтня 2023 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 21.11.2023).

Практичне значення одержаних результатів. Науково-обґрунтовані параметри робочих органів картоплезбиральної машини дають змогу за підвищення інтенсивності їхнього впливу на бульбоносний пласт збільшити продуктивність збирального агрегату, що підтверджують результати експериментального застосування картоплекопача КТН-2В.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінка комп'ютерного тексту, містить 13 рисунків і 4 таблицю.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ТА СПОСОБИ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ.

ПІДКОПУВАЛЬНІ РОБОЧІ ОРГАНИ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ

МАШИН

Збирання картоплі – найбільш трудомісткий процес. Аналіз витрат праці на всі операції виробництва картоплі показує, що близько 70% витрат припадає на збирання. Тому комплексна механізація цих процесів і грамотне використання машин на збиранні при дотриманні агротехнічних вимог на виконання всіх операцій забезпечують повне збирання врожаю картоплі з мінімальними втратами і витратами праці [2].

Збирання картоплі включає такі операції: видалення бадилля, підкопування пласта з бульбами, руйнування пласта та відокремлення бульб від ґрунту, залишків бадилля, каміння та інших домішок і збирання чистих бульб у тару.

Як правило, перед збиранням бадилля видаляють механічним способом. За механічного способу застосовують косарки КІР-1,5Б, ботвоподрібнювачі роторні та ланцюгові. Завдяки цьому заходу інтенсифікується процес дозрівання бульб і опробкування їхніх покривних тканин, усуваються зараження бульб фітофторою, забивання робочих органів і полегшується функціонування ботовідбиральних пристосувань машин для збирання картоплі, а також підшування ґрунту за його значної вологості [2].

Залежно від умов збирання та наявних засобів механізації подальші операції виконуються із застосуванням картоплезбиральних комбайнів або копачів [2].

Використання різних схем операцій збирання та машин визначається такими параметрами здійснення робіт: вологість і тип ґрунту; біологічним урожаєм картоплі (продовольча, фуражна або насіннева); кліматичними та природними умовами; розмірами полів; врожайністю культури; трудовими

ресурсами в господарстві, наявністю сховищ і вільних засобів транспорту в період збирання [2].

Фінансові можливості сільгоспвиробників у придбанні відповідної збиральної техніки відіграють не останню роль [2].

Потокове збирання. Передбачається комплекс процесів, що забезпечують збирання врожаю машиною та його навантаження в транспортний засіб для перевезення на приймальні пункти заводів і господарств. У результаті витрати праці в господарствах і втрати врожаю зменшуються, а збирання прискорюється.

Перевалочне збирання проводиться за такою схемою: збирання врожаю картоплезбиральними машинами, складування врожаю на полі у вигляді куп, валків або кагатів для тимчасового зберігання, навантаження з очищенням від домішок і перевезення на заводи для переробки або в господарства для зберігання. Така організація збирання більш трудомістка, ніж потокова, можливе зростання втрат урожаю. До цієї схеми, найчастіше, вдаються за надмірної засміченості продукту, або за недостатньої кількості транспорту для перевезення врожаю з поля [2].

Поточно-перевалочне збирання поєднує два вищеописаних способи, тобто одну частину продукції перевозять безпосередньо від машини в господарство, а іншу залишають на перевалочному майданчику. При цьому поліпшується використання транспортних засобів, зменшується їхня потрібна кількість і скорочуються простої машин [2].

Роздільне збирання складається з двох фаз. Перша фаза включає підкопування пласта, часткове відокремлення ґрунту, рослинних залишків і домішок, а також укладання бульб із кількох рядків у вузьку стрічку-валок, де ґрунт, що прилип до бульб, підсихає, і міцність шкірки картоплі підвищується. Ця фаза збирання виконується спеціальними картоплекопачами-валкоукладачами. Друга фаза збирання виконується картоплезбиральними комбайнами або підбирачами та передбачає підбір бульб із валка, остаточне очищення від ґрунту та домішок і збирання чистих бульб у бункер (тару).

Комбінований спосіб збирання передбачає укладання бульб із двох або чотирьох рядків між двома сусідніми неприбраними рядками та збирання картоплі з цих рядків комбайнами [2].

Збирання картоплекопачами пов'язане зі значними витратами ручної праці і застосовується повсюдно картоплекопачами різних типів. Підкопаний пласт ґрунту з кущами картоплі руйнується, а бульби скидаються на поверхню поля. Потім із поверхні поля їх підбирають вручну.

Комбайнове збирання виконується прямим комбайнуванням, комбінованим і роздільним способами. За прямого комбайнування всі зазначені вище операції збирання виконуються за один прохід агрегату [2].

Під час збирання картоплі вміст домішок в обробленому продукті за вимогами ДСТУ допускається не більше 2 %, точність поділу на фракції не нижче 97 %, загальна кількість пошкодженої картоплі не повинна перевищувати 3 % від вихідного об'єму. Бульбоносний пласт необхідно підкопувати на глибину залягання нижньої бульби плюс 0,01 м по всій ширині бульбового гнізда. Розкид ширини валка не повинен перевищувати 0,9 м за роздільного способу. Органи картоплезбиральних комбайнів мають бути відрегульовані так, щоб у тарі чистота вороху була не нижчою за 80%. На полях, намічених до комбайнового збирання, висота зрізу бадилля встановлюється 18...20 см, на полях, запланованих до збирання картоплекопачами, 8...10 см. На посівах продовольчої картоплі бадилля скошується за 2...5 днів до збирання, на насінницьких посівах – за 10...12 днів [2].

Підкопувальні робочі органи призначені для підкопування бульбоносного пласта на глибину залягання бульб і передавання його на сепаруючі робочі органи, причому під час виконання цих операцій необхідно забирати разом із бульбами мінімальну кількість ґрунту й забезпечувати краще подрібнення пласта для полегшення сепарування. Виходячи з цього визначення підкопувальних робочих органів, наданого Г.Д. Петровим, можна з упевненістю сказати, що

продуктивність і якість виконання технологічного процесу картоплезбиральної машини істотно залежать від роботи цих органів [1].

Робочі органи для підкопування на картоплезбиральних машинах можна категоризувати за декількома критеріями. Ключовими факторами для такої класифікації є метод впливу на оброблюваний об'єкт - грядку картоплі, а також форма та тип поверхні лемеша. Проаналізуємо основні види цих органів та їх використання в картоплезбиральних агрегатах. В залежності від способу дії на ґрунт, ці елементи поділяють на пасивні, активні та комбіновані. Вони можуть мати різні форми (наприклад, плоскі або коритоподібні) та різняться за типом поверхні (цілісні, роз'єднані та інші). [1].

Суцільні лемеші використовувались в конструкції картоплезбиральних машин з вібраційними механізмами, тоді як розрізні лемеші були характерні для моделей, вироблених німецькою компанією Г. Сакка. Лемеші, що мають прямий кут і середній розріз, були типовими для обладнання, виробленого англійською фірмою Джонсон. [1].

Однорядний картоплезбиральний комбайн від німецької компанії Рекорд привертає увагу своєю унікальною конструкцією підкопувального органу. Ця модель оснащена коритоподібним лемешем з активними бічними частинами, валом і дисками. Тести продемонстрували, що завдяки активним боковинам та дискам, такий леміш ефективно підкопує грядки без втрати бульб, не розсипає їх і не засмічується, навіть при зборі картоплі з густим листям. Більшість зарубіжних картоплезбиральних комбайнів використовують комбінований підкопувальний орган, що включає плоскі пасивні лемеші, копіювальні механізми та пасивні або активні диски. Прикладами є картоплезбиральні машини бельгійської фірми AVR, зокрема моделі AVR 4100 та AVR 6200 SPIRIT, а також картоплезбиральні копачі-навантажувачі, що мають підкопувальні органи з плоскими пасивними лемешами, копіювальними валами та пасивними плоскими дисками. [1].

Інший вид підкопувальних елементів – це дискові лемеші, які можна побачити на моделях комбайнів E665 та E660, вироблених у Німеччині. Для кожного ряду картоплі встановлюють по одному диску. Пласт, що був підкопаний, потім спрямовується на елеватор за допомогою спеціальних щитків..



Рис. 1.1. Комбайн картоплезбиральний SPIRIT

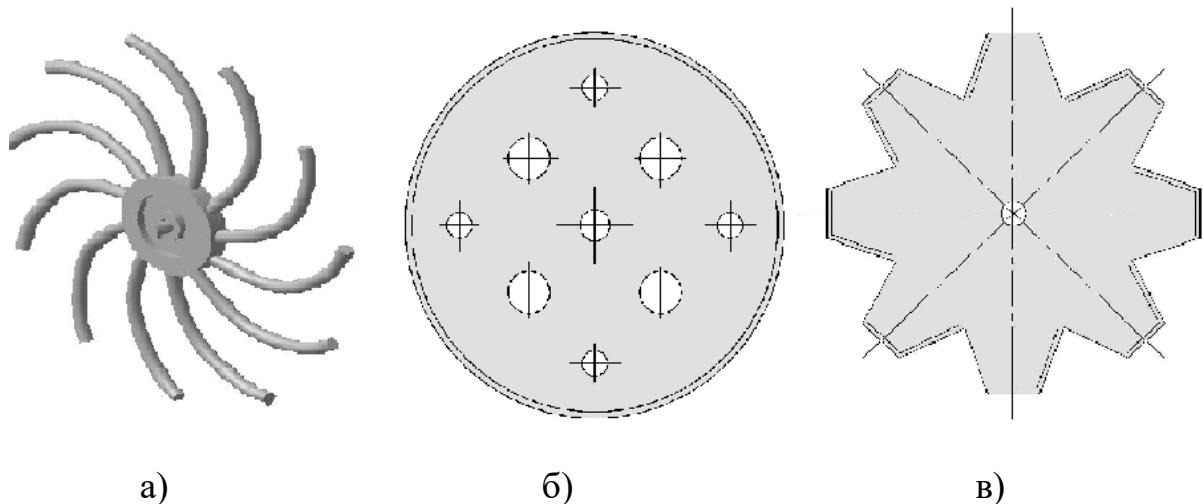


Рис. 1.2. Схематичне зображення дискових робочих органів картоплезбиральних машин: а) прутковий диск (вертикальний); б) диск плоский; в) диск з трапецієподібними зубами.

У картоплезбиральних машинах та підбирачах, які виробляються в США, використовується активний валиковий підкопувальний механізм. Цей орган зазвичай складається з двох валиків: один з них має квадратну форму, інший - круглу. Обидва валики обертаються у напрямку руху підкопаного ґрунту. [1].

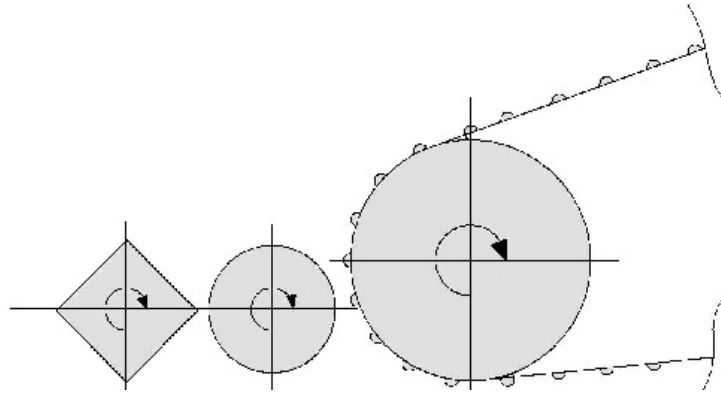


Рис. 1.3. Схема підкопувального робочого органу.

Пасивні лемеші є найбільш розповсюдженим типом підкопувальних органів. Попри деякі технологічні недоліки, часто використовуються плоскі цілісні лемеші. Головною причиною цього є їхня конструктивна простота та висока надійність.

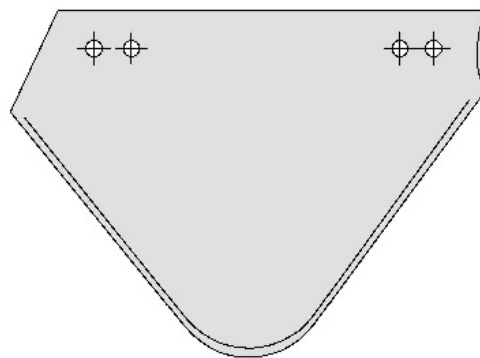


Рис. 1.4. суцільний леміш (плоский).

Вібраційні підкопувальні механізми не стали широко використовуватися у серійно вироблених картоплезбиральних машинах з декількох причин, серед яких ключовою є потреба у коливаннях великих мас. Це призводить до значних динамічних навантажень на раму та підвіси машини. Натомість, в сучасних машинах для збирання картоплі активно застосовуються комбіновані лемеші. Ці лемеші мають низку переваг, таких як більш ефективне подрібнення підкопуваного пласта, зниження тягового опору та ефективнішу передачу підкопаної маси на сепарувальні органи. Проте, вони складніші у конструкції, потребують більше металу для виготовлення та можуть більше пошкоджувати бульби, ніж пасивні лемеші. [1].

Висновки по розділу

Розглядаючи цю класифікацію підкопувальних робочих елементів, можна констатувати, що пасивні лемеші, попри певні технологічні обмеження, домінують на ринку. Виходячи з цього, можна зробити висновок про актуальність досліджень, спрямованих на поліпшення конструкції пасивного лемеша.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПІДПРУЖИНЕНОГО ЛЕМІША КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ефективність роботи картоплезбиральних машин, які виробляються серійно, значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Особливо велике вплив на ефективність збирання має робота підкопувальної частини. Зокрема, використання підпружинного лемішу на початковому етапі роботи машини може підвищити ефективність сепарації картоплі без значного збільшення ризику пошкодження бульб, оскільки між лемішем та бульбами знаходиться шар ґрунту. Інтенсивність дії підкопувальних органів повинна визначатися з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов у момент збирання. При високій або низькій вологості необхідно збільшити інтенсивність впливу, а при оптимальній - зменшити, також вона має адаптуватися до змін робочої швидкості машини.

Для вирішення цього завдання пропонуємо удосконалити підкопувальні органи картоплезбиральних машин. Конструкція підкопувального органу повинна дозволяти регулювати кут нахилу лемеша до горизонту, залежно від типу ґрунту та погодних умов. Підкопувальний орган включає леміш, закріплений у нижній частині на лапках кронштейнів, що встановлені в рамі машини. Ці лемеші кріпляться шарнірно за допомогою болтових з'єднань, а між лемешем та рамою розміщена пружина, що забезпечує необхідну гнучкість при роботі. Кронштейни утримуються у рамі за допомогою напольгливих шайб, гайок та шплінтів.

Кронштейн 7 розміщений у поперечному отворі кронштейна 3 і фіксується з одного боку за допомогою напольгливої шайби 13 і пружини 2, а з іншого – гайкою 4 і шплінтом 5. Завдяки наявності регулювальних отворів 6 у кронштейні 7 та гайки 4, існує можливість адаптації жорсткості пружини в залежності від типу та стану ґрунту, на якому працює збиральна машина. [3].

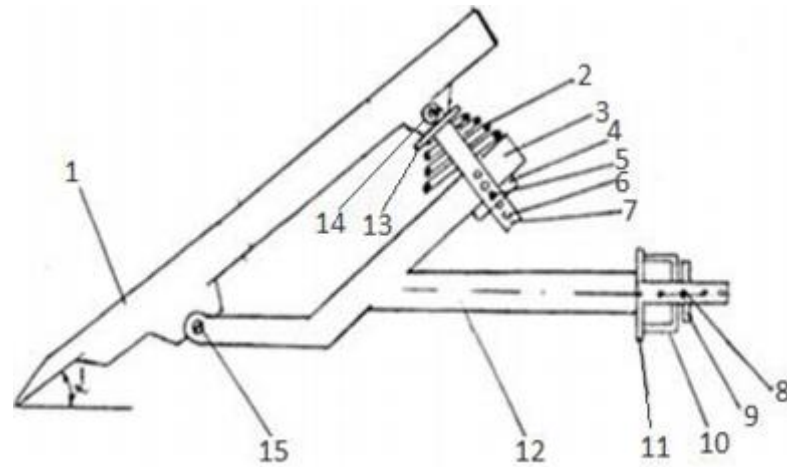


Рис. 2.1. Схематичне зображення робочого органа для підкопування з пружиною для підпружинення робочого леміша: 1 – леміш, 2 – пружина для стиснення, 3 – кронштейн, 4 – гайка, 6 – отвори для регулювання, 5 – шплінт, 7 – кронштейн, 9 – гайка, 8 – шплінт, 10 – рама, 12 – кронштейн, 11 – шайба упорна, 13 – шайба упорна, 14 – з'єднання болтове, 15 – з'єднання 11 – упорна шайба, α – кут нахилення леміша до горизонтальної площини.

Оптимізований підкопувальний орган функціонує наступним чином. Пружина 2 налаштовується на специфічний рівень зусилля, що вибирається з урахуванням типу та кондиції ґрунту. У процесі роботи картоплекопача, леміш 1, який занурюється на задану глибину для підкопування бульбоносного шару, зазнає змінних сил через нерівномірний опір ґрунту. Ці сили передаються через опорну шайбу 13 до кронштейна 7 та пружини 2, змушуючи кронштейн 7 разом з лемешем 1 змінювати кут нахилу лемеша до горизонту α . Кут нахилу лемеша до горизонту α регулюється відповідно до типу, стану та властивостей зв'язності ґрунту. [3].

Жорсткість пружини 2 регулюється гайкою 4 і встановлюється такою, за якої кут нахилу лемеша до горизонту α унеможливилює згружування.

Унаслідок нерівномірного опору ґрунту на леміш 1 діють змінні сили, які змушують леміш змінювати своє положення, тобто кут α нахилу лемеша до горизонту. Пласт ґрунту при цьому зазнає впливу лемеша і кришиться. Цим досягається подрібнення бульбоносного пласта і поліпшується транспортування пласта через леміш 1 до пруткового елеватора. Шляхом устанавлення

необхідного кута α нахилу лемеша 1 до горизонту, що залежить від типу та стану ґрунту, запобігає згружуванню бульбоносного пласта перед прутковим елеватором [3].

Таким чином, застосування розробленого підкопувального робочого органа покращує подрібнення бульбоносного пласта та зменшує його згружування перед прутковим елеватором, що призводить до підвищення продуктивності [3].

З метою оптимізації параметрів удосконаленого підкопувального робочого органа, було прийнято таку програму досліджень:

1. Проведення агротехнічної оцінки умов експериментальних досліджень.
2. Проведення лабораторно-польових досліджень для визначення раціональних параметрів підкопувального робочого органа.
3. Проведення порівняльних польових досліджень серійного та вдосконаленого картоплекопачів.

На підставі аналітичних досліджень було спроектовано конструкцію підкопуючого органа (рис. 2.2). Модернізований підкопувальне пристосування обладнано лемешем з пркжиною, механізм якого представлено на рис. 2.2.

Зусилля стиснення пружини змінювалося попереднім натягом пружини за допомогою гайки. Під час стискання пружини відбувається зміна кута нахилу підпружиненого лемеша, зусилля стискання визначають за середньою величиною стискання тарованих пружин, встановлених між лемешем і основою.



Рис. 2.2. Фото модернізованого підкопувального пристрою.



Рис 2.3. Загальний вигляд пружинного механізму модернізованого підкопувального робочого органу [3].

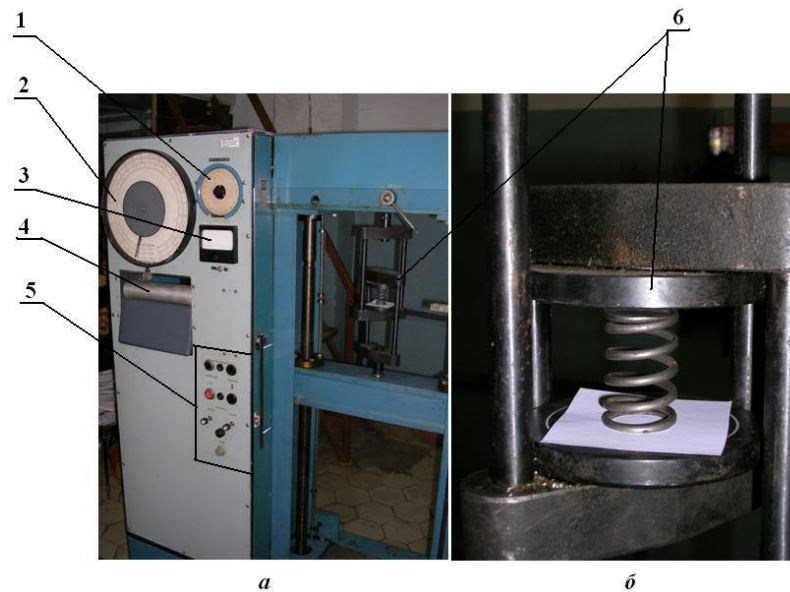


Рис. 2.4. Загальний вигляд розривного стенда Р5.

Під час лабораторно-польових досліджень картоплекопача з удосконаленим підкопувальним пристроєм ми встановлювали залежність висоти підскоку компонентів бульбоносного шару від зміни кута нахилу лемеша, який регулювався зусиллям стиснення пружини. Для фіксації підскоку компонентів бульбоносного пласта в місці переходу з лемеша на прутковий елеватор, було наклеєно вимірну шкалу з кроком 0,05 м (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Загальний вигляд вимірювальної шкали для фіксації висоти підскоку компонентів. Процес підскоку компонентів бульбоносного пласта в місці переходу з лемеша на прутковий елеватор знімали за допомогою камери Nikon S9200.

Для проведення експериментальних досліджень було створено матрицю планування експерименту, представлену в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Матриця планування експерименту

Варійовані параметри експерименту		Функція оптимізації
Попередній натяг пружини		
Натуральні значення, м	Кодовані значення	Висота підскоку, м
0	-2	x_1
0,006	-1	x_2
0,01	0	x_3
0,016	+1	x_4
0,02	+2	x_5
Інтервал варіювання 0,005		

Установчу глибину ходу підкопувальних робочих органів регулювали на глибину до 2 см понад максимальну глибину залягання бульб, узятую з характеристики культури.

Фактичну глибину ходу підкопувальних робочих органів визначали після проходу машиною облікової ділянки за допомогою лінійки та рейки, покладеної на вершину гребеня.

Висновки по розділу

В ході проведення досліджень були застосовані стандартні методи та ті, що були розроблені на їх основі. Перед початком лабораторно-польових випробувань, удосконалений картоплекопач КТН-2В був налагоджений відповідно до вказівок з інструкції з експлуатації цієї техніки.

Під час проведення лабораторно-польових та виробничих випробувань планувалося виконати агротехнічну оцінку ділянки та оцінити експлуатаційні та якісні характеристики роботи збирального агрегату.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі досліджень визначили характеристику ділянки випробувань: тип ґрунту, вологість і твердість ґрунту, засміченість ділянки бур'янами та камінням, а також досліджували профіль рядка. Визначили характеристику культури картоплі з встановленням врожайності, маси та розмірів бульб, стану бадилля, висоти гребенів та характеристики гнізда. Провели лабораторні та виробничі випробування серійного та модернізованого картоплекопача КТН-2В, оснащеного підкопувальним пристроєм, який виконано у вигляді підпружиненого лемеша з дільником. Визначили повноту збирання, втрати та пошкодження бульб картоплі. Перед проведенням польових досліджень було обрано ділянку картопляного поля на базі ТОВ «Брусилів». У період збирання картоплі з вересня по жовтень 2023 року було знято її характеристику.

Усі показники визначали згідно з ДСТУ. Результати замірів заносили в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика поля випробувань

Показники	Значення показників
Дата проведення	Вересень-жовтень 2023
Тип ґрунту	темно-сіра
Найменування ґрунту по механічному складу	середній суглинок
Вологість ґрунту, %	19,8 – 24,3
Твердість ґрунту, МПа	0,43
Спосіб посадки	рядовий
Ширина міжрядь, см	73
Засміченість ділянки бур'янами, т/га	1,5
Фактичний врожай бульб, т/га	16,7
Стан бадилля	напіввисушена/скошена
Кількість кущів, тис. шт/га	37,9
Висота гребенів, см	18,5



Рис. 3.1. Дослідження вологості ґрунту.

Твердість ґрунту визначали твердоміром Ревякіна, на глибину 0...25 см.



Рис. 3.2. Вимірювання твердості ґрунту твердоміром Ревякіна

Лабораторно-польові дослідження агрегату в складі трактора МТЗ-82 і картоплекопача КТН-2В з удосконаленим підкопувальним органом проводили

збирання на 2 передачі. Конфігурація робочих елементів картоплекопача була виконана з увагою до агротехнічних стандартів, що визначають якість збору картоплі. На картоплекопачі, який був попередньо налаштований, ми вносили корективи у натяг пружин лемеша, що дозволяло регулювати кут нахилу та точку подачі бульбоносного шару на елеватор. Сила пружності пружини складала 10,3 Н/мм. Експериментальні дослідження були здійснені відповідно до спеціально розробленого плану та методики експерименту. Результати експерименту представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати однофакторного експерименту, проведеного на картоплекопачі КТН-2В з удосконаленим підкопувальним органом.

№	Фактор варіювання	Функції оптимізації
	Попередній натяг пружини, м	Висота підскоку, м <i>x_{ejl}</i>
1	0	0,06
2	0	0,066
3	0	0,061
4	0,006	0,066
6	0,006	0,066
6	0,006	0,069
7	0,01	0,064
8	0,01	0,068
9	0,01	0,068
10	0,016	0,038
11	0,016	0,048
12	0,016	0,063
13	0,02	0,037
14	0,02	0,039
16	0,02	0,033

Отримані результати було оброблено за допомогою програми STATISTICA V8, що дало змогу отримати рівняння регресії:

$$Var2 = 0.0599 + 0.9057 \cdot x_6 - 107.619 \cdot x_6^2$$

де *Var2* – висота підскоку, Н;

x_b – попереднє натягнення пружини, м.

Аналіз статистичних показників моделі дає змогу говорити про її адекватність, коефіцієнт детермінації становить $R^2=0,73$. Найбільш значимим коефіцієнтом рівняння регресії є коефіцієнт при останньому членові рівняння, який дорівнює 107,619, що підкреслює параболічний характер залежності. На підставі отриманого рівняння регресії було побудовано графік впливу натягу пружини на висоту підскоку, що представлений на рис. 3.3.

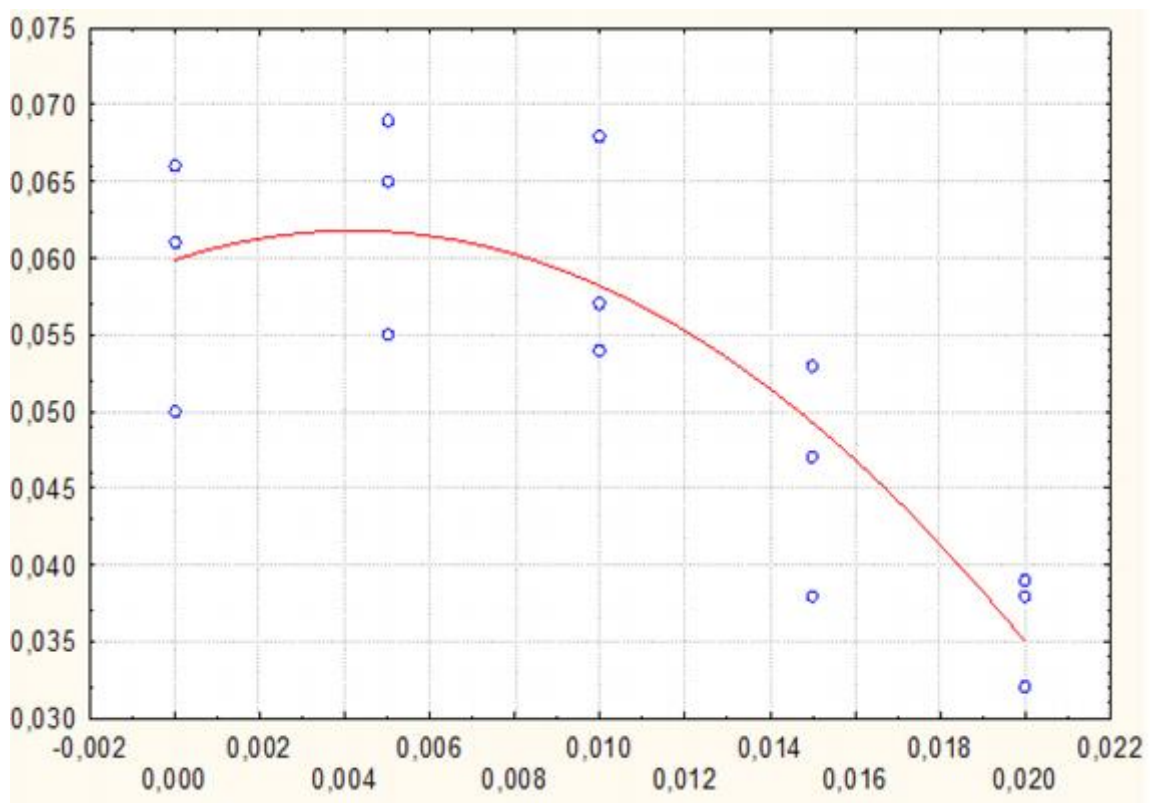


Рис. 3.3. Залежність висоти підскоку компонентів від раніше встановленого натягу пружини.

З аналізу графіку випливає, що максимальна висота відскоку елементів картопляної гряди, яка склала 0,063 м, була зафіксована при попередньому натягу пружини на 0,006 м. Варто підкреслити, що натяг пружини позитивно впливає на консистентність висоти відскоку. Враховуючи зв'язок висоти відскоку з інтенсивністю впливу на бульбоносний шар, ми також провели оцінку якісних характеристик роботи картоплекопача. Це включало аналіз кількості бульб, залишених на поверхні та в ґрунті, а також різних типів пошкоджень бульб.

На основі лабораторних досліджень було розроблено та виготовлено, на базі картоплекопача КТН-2В, вдосконалений картоплекопач, в якого замість серійного підкопувального органа встановлено вдосконалений робочий орган, який містить пружні леміші з подільниками бульбоносного пласта у вигляді гіперболічного конуса. За потреби подільники можна зняти і продовжувати роботу використовуючи підпружинені леміші, змінюючи частоту коливань і кут нахилу за допомогою зміни жорсткості пружини.

Для забезпечення порівняльності результатів випробувань, ми вибрали картоплекопач, що працює в парі з трактором МТЗ-82. На нього встановлювались як стандартні, так і удосконалені картопледікопувальні робочі елементи.

Тестування картоплезбиральних машин здійснювалось на ділянках з бадиллям, яке було попередньо обрізане. Максимальна висота обрізу бадилля становила 15 см.

Для оцінки ефективності збирання, втрат та пошкоджень картопляних бульб на досліджувані картоплекопачі була встановлена вісь з вільно обертаєтьсям рулоном плівки довжиною 10 м. Під час наближення тестованого картоплекопача до облікової ділянки, кінці плівки фіксували на землі. Довжина рулону плівки була аналогічна довжині облікової ділянки, тому при зборі картоплі вміст елеватора висипався на плівку до кінця облікової ділянки. По завершенню облікової ділянки зупиняли машину та вимикали усі приводи робочих органів та технологічних ліній.

Результати порівняльних випробувань картоплекопачів наведено в табл. 3.3.



Рис. 3.4. Модернізований картоплекопач КТН проведення досліджень.

Аналіз таблиці 3.3 показав переваги та незначні недоліки в роботі вдосконаленого картоплекопача з модернізованим підкопувальним органом порівняно із серійним: - під час роботи модернізованого картоплекопача втрати бульб зменшуються на 2,8 %, як порівняти із серійним, за рахунок зменшення кількості бульб, присипаних ґрунтом; - застосування модернізованого підкопувального органа в конструкції картоплекопача КТН-2В незначно підвищує ушкодження бульб на 0,11%.

- під час роботи модернізованого картоплекопача з'ясовано, що збільшення впливу на бульбоносний пласт на початку технологічного процесу сприяє поліпшенню сепарації ґрунту, це дало змогу збільшити робочу швидкість агрегату до 3,9 км/год.

Таблиця 3.3 – Результати виробничих випробувань серійного та модернізованого картоплекопача

Показник	Картоплекопач КТН-2В	
	Серійний	Модернізований
1. Термін проведення досліджень	Вересень-Жовтень 2023 р.	
2. Температура оточуючого середовища, °С	14	
3. Температура ґрунту на глибині залягання бульб, °С	8	
4. Попередня обробка	Усунення бадилля	
5. Швидкість агрегату, км/год	3,4	3,8
6. Якість виконання технологічного процесу, %:	92,4	96,3
6.1. Кількість бульб на поверхні	0,8	0,8
6.2. Залишено в ґрунті	6,6	3,7
6.3 Присипано ґрунтом	-	-
6.4. Всього втрат	7,6	4,7
7. Пошкоджено бульб всього по масі, %:	4,09	4,13
7.1. Здерта шкірка от 1/4 до 1/2 поверхні бульби	0,59	0,63
7.2. Здерта шкірка більше 1/2 поверхні бульби	-	-
7.3. Вириви м'якоті глибиною більше 5 мм	-	-
7.4. Тріщини довжиною більше 20 мм	1,26	1,28
7.5. Розчавлені бульби	0,31	0,26
7.6. Різані бульби	0,21	0,21
7.7. Потемніння від удару глибиною більше 5 мм	1,76	1,84

Висновки по розділу

1. Знято характеристику ділянки випробувань із визначенням: типу ґрунту, вологості та твердості ґрунту, засміченості ділянки бур'янами та камінням, а також дослідженням профілю грядки.

2. Експериментальні дослідження в лабораторії та на в польових умовах довели, що максимальна висота відскоку елементів купи картоплі біля передніх опор головного елеватора становить 0,063 метра. Це було зафіксовано при початковому натягу пружини 0,006 метра з жорсткістю 10,4 Н/м. Варто відмітити, що регулювання натягу пружини позитивно впливає на стабільність висоти відскоку

3. Зростання впливу леміша призводить до поліпшення сепарації та несуттєвому росту пошкоджень.

4. Виробничі випробування серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В засвідчили, що при впровадженні модернізованого картоплекопача втрати бульб зменшуються на 2,8%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Одним із перспективних шляхів удосконалення картоплезбиральних машин є застосування модернізованих лемешів, які підвищують вплив робочих органів на картопляний ворох під час початку виконання технологічного процесу.

Експериментальні дослідження в лабораторії та на в польових умовах довели, що максимальна висота відскоку елементів купи картоплі біля передніх опор головного елеватора становить 0,063 метра. Це було зафіксовано при початковому натягу пружини 0,006 метра з жорсткістю 10,4 Н/м. Варто відмітити, що регулювання натягу пружини позитивно впливає на стабільність висоти відскоку

Зростання впливу призводить до поліпшення сепарації та несуттєвому росту пошкоджень.

Виробничі випробування серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В засвідчили, що при впровадженні модернізованого картоплекопача втрати бульб зменшуються на 2,8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Киричко Д. О.** Підкопувальні робочі органи картоплезбиральних машин. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь», 5 квітня 2023 року Житомир: Житомирський агротехнічний фаховий коледж, 2023. С. 186-188.
2. **Киричко Д. О.** Особливості та способи збирання картоплі. Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023 С. 78-80.
3. Грабар І.Г., **Киричко Д.О.** Конструктивно-технологічна схема підпружиненого леміша картоплезбиральних машин. XII Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (02-20 жовтня 2023 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 21.11.2023).
4. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф. Машина для збирання зернових та технічних культур. Посібник. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. 296 с.
5. Погорілець О.М. Електронний посібник з розділу Машина для збирання овочевих культур. Посібник. Київ: НУБіП України, 2008. 33 с.
6. Булгаков В.М., Калетнік Г.М. та ін. Машина та технологічне обладнання вібраційної дії. Навчальний посібник. К.: ХАЙ-ТЕК Прес, 2013. 486 с.
7. Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Моторна О.О. Практикум з навчальної дисципліни Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Навчальний посібник. — Вінниця: Вінницький національний аграрний університет (ВНАУ), ТВОРИ, 2020. 355 с.

8. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. *Машини сільськогосподарського виробництва. Навчальний посібник.* — Вид. 2-е, доопр. — Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя), 2005. 228 с.
9. Мельник І.І. *Комплекси машин для виробництва картоплі. Аграрна техніка та обладнання.* 2009. С. 30-33.
10. 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.
11. Nanka, A., Morozov, I., Morozov, V., Krekot, M., Poliakov, A., Kiralhazi, I., Lohvynenko, M., Ryndiaiev, V., Dyakonov, S., & Stashkiv, M. (2021). Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers, 102 which increase the quality of sowing and yield. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4, №. 1 (112), 61–75.
12. Nanka, A., Morozov, I., Morozov, V., Krekot, M., Poliakov, A., Kiralhazi, I., Lohvynenko, M., Ryndiaiev, V., Dyakonov, S., & Stashkiv, M. (2021). Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers, 102 which increase the quality of sowing and yield. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4, №. 1 (112), 61–75.
13. Дідух В.Ф. *Проектування машин та обладнання для вирощування і збирання сільськогосподарських культур. Конспект лекцій для студ. спец. 133 "Галузеве машинобудування" денної та заоч. форм навчання.* — Луцьк: Луцький НТУ, 2017. 110 с.
14. Пат. України № 103967. МПК А01D 19/02/ Підкопуючий робочий орган картоплезбиральної машини / О.О. Налобіна, А.В. Шимко. — № 201505929; заявл. 16.06.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1.