

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ МАШИН, СПОРУД ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНКИ ТА  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

**ЗАСАДЗІНСЬКИЙ РУСЛАН ЮРІЙОВИЧ**

УДК 621.326

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШАБЕЛЬНИХ НОЖІВ  
ГИЧКОРІЗА ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ БМ-6**

133 «Галузеве машинобудування»

**Автореферат**  
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2019

Роботу виконано на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин  
**Гевко Роман Богданович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування  
**Ткаченко Ігор Григорович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. об 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії № 13 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус № 2, ауд. 74.

## 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### а) Актуальність теми роботи.

Збирання врожаю сільськогосподарських культур, зокрема коренеплодів, є найбільш енергоємним, тривалим у часі, залежним від природнокліматичних умов, стану ґрунту та посівів, а також вимог до якості зібраної продукції, і вимагає надійної техніки, придатної до модернізації і переналагодження.

Удосконалення бурякозбиральних машин необхідно здійснювати так, щоб забезпечити відповідну якість збирання цукрових буряків, високі експлуатаційно-економічні показники у різних природно-виробничих умовах, з дотриманням вимог до якості сировини при її зберіганні та переробці.

Гичкорізальні апарати призначені для зрізання верхньої частини головок коренеплодів з гичкою і подачі їх на транспортер. При цьому із зрізаною частиною повинно усуватися якомога менше цукроносної маси, щоб запобігти втратам сировини при зберіганні та переробці.

Удосконалення шабельних ножів гичкоріза гичкозбиральної машини БМ-6 є актуальною науково-практичною задачею, яка визначила напрям досліджень дипломної роботи.

### б) Мета і завдання.

*Метою роботи* є дослідження параметрів шабельних ножів гичкоріза гичкозбиральної машини БМ-6 для забезпечення якості виконання технологічного процесу на забур'ячених полях та плантаціях з високоврожайною гичкою, а також удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі маточина.

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено такі завдання:

- наведено характеристику умов вирощування цукрових буряків;
- виконано агротехнічне обґрунтування типів робочих органів і схем бурякозбиральних машин;
- описано тенденції розвитку бурякозбиральних машин і технології збирання врожаю;
- проаналізовано машини-аналоги;
- виконано енергетичний і конструктивний розрахунки гичкоріжучого апарату машини БМ-6;
- виконано кінематичний і силовий розрахунки гичкорізального апарата;
- виконано кінематичний і силовий розрахунки транспортерів гички;
- виконано розрахунок ланцюгової передачі привода редуктора різального апарату (ГРА);
- виконано розрахунок редуктора різального апарату;
- виконано міцнісний розрахунок болтового з'єднання шабельного ножа гичкоріза;
- проаналізовано схеми взаємодії еластичних гичковидаляючих робочих органів з коренеплодом;
- досліджено умови роботи гичковидаляючого механізму;

- виконано аналіз напружено-деформівного стану при взаємодії еластичного робочого органу з коренеплодом;
- запропоновано порядок виконання експериментальних досліджень механізму видалення гички;
- проаналізовано методи САПР, розроблено модель об'єкту проектування – вала гичкоріза і досліджено його напружено-деформівний стан;
- проаналізовано конструкцію та службове призначення деталі маточина, виконано аналіз її технологічності;
- досліджено способи виготовлення аналогічних деталей;
- розроблено технологічний процес виготовлення деталі маточина, для якого вибрано обладнання, оснащення, різальний та вимірвальний інструмент, розраховано режими різання та норми часу;
- підібрано та спроектовано необхідне технологічне оснащення;
- виконано техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень;
- розглянуто питання охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології.

**с) Об'єкт, методи та джерела дослідження (якщо робота дослідницького плану).**

*Об'єкт дослідження.* Конструктивні елементи гичкоріза гичкозбиральної машини БМ-6; технологічний процес виготовлення деталі маточина.

*Предмет дослідження.* Технологічні, силові розрахунки та розрахунки на міцність конструктивних елементів гичкоріза гичкозбиральної машини, робоче креслення деталі маточина, базовий технологічний процес механічної обробки деталі.

*Методи дослідження.* Теоретико-емпіричний, теорії міцності, кінцевих елементів, економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

**d) Наукова новизна отриманих результатів.**

Доведено можливість використання запропонованого конструктивного рішення для машини типу БМ-6 – гичкорізальний апарат з шабельними (активними) ножами для збирання гички в умовах її високої врожайності.

**е) Практичне значення отриманих результатів.**

Розроблено гичкорізальний апарат з шабельними (активними) ножами для машини типу БМ-6, який добре працює на підвищених швидкостях різання забур'янених полях та полях з високоврожайною гичкою. Тобто виконується відносно високе зрізування гички, а рештки гички зачищає очисник головок коренів з капроновими щітками гвинтового типу. Його використання забезпечить високу зносостійкість, меншу енергоємність і високу якість роботи машини.

Розроблено також технологічний процес механічної обробки деталі маточина, який може бути впроваджений в умовах реального виробництва.

#### **f) Апробація.**

Окремі результати роботи доповідались на VIII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів, Тернопіль, ТНТУ, 27-28 листопада 2019.

### **2. СТРУКТУРА РОБОТИ**

Робота складається зі ступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (62 найменування), 7 додатків.

Загальний обсяг текстової частини: 180 сторінок пояснювальної записки і 34 сторінки додатків, 20 таблиць, 46 рисунків.

Графічна частина складається з 12 аркушів формату А1.

### **3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**a) У Вступі** відзначено можливості удосконалення робочих органів для збирання гички цукрових буряків при умові отримання якісної сировини для цукропереробної галузі.

**b) У першому розділі «АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ»** на основі аналізу наукових праць присвячених досліджуваній проблематиці наведено характеристику умов вирощування цукрових буряків; виконано агротехнічне обґрунтування типів робочих органів і схем бурякозбиральних машин; описано тенденції розвитку бурякозбиральних машин і технології збирання урожаю; проведено огляд машин-аналогів для збирання гички цукрових буряків; описано об'єкт розробки; обґрунтовано тему дипломної роботи.

**c) У другому розділі «ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ»** виконано енергетичний і конструктивний розрахунки гичкоріжучого апарату машини БМ-6 та кінематичний і силовий розрахунки гичкорізального апарату і транспортерів гички; проведено міцнісні розрахунки, а саме, розрахунок ланцюгової передачі привода редуктора різального апарату; розрахунок редуктора різального апарату; розрахунок болтового з'єднання шабельного ріжучого ножа.

**d) У третьому розділі «ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ»** проаналізовано схеми взаємодії еластичних гичковидаляючих робочих органів з коренеплодом; досліджено умови роботи гичковидаляючого механізму та виконано аналіз напружено-деформівного стану при взаємодії еластичного робочого органу з коренеплодом; наведено порядок виконання експериментальних досліджень механізму видалення гички.

**e) У четвертому розділі «САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН»** виконано опис методів і систем САПР сільськогосподарської техніки, розробку моделі об'єкту проектування – вала гичкоріза, аналіз даних за результатами моделювання.

**f) У п'ятому розділі «РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ»** наведено характеристику об'єкту виробництва, аналіз креслення деталі і технічних умов на виготовлення, проведено аналіз технологічності деталі маточина, сформульовано висновки та

основні задачі проектування, спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, виконано вибір і проектування засобів технологічного оснащення для виготовлення заданої деталі.

**г) У шостому розділі «ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ»** оцінку технічного рівня удосконалюваної машини; визначено показники порівняльної економічної ефективності розробленого механізму видалення гички машини гичкозбиральної причіпної БМ-6; розраховано економічний ефект від використання удосконаленої гичкозбиральної машини БМ-6.

**h) У сьомому розділі «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»** визначені загальні вимоги охорони праці, які ставлять до сільськогосподарських машин; розроблені вимоги безпеки і порядок роботи машини БМ-6 з удосконаленням гичкорізом, а також вимоги безпеки при підготовці машини БМ-6 до роботи; описано стійкість роботи підприємств агропромислового комплексу від впливу факторів ураження ядерного вибуху та наведено основні заходи підвищення їх стійкості.

**і) У восьмому розділі «ЕКОЛОГІЯ»** відзначено актуальність охорони навколишнього середовища, проаналізовано забруднення довкілля, що виникають у результаті виготовлення гичкозбиральної машини БМ-6 та запропоновано заходи зменшення забруднення довкілля.

**У загальних висновках** описано прийняті у роботі технічні рішення і організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання на проектування; оригінальні технічні рішення, прийняті автором у процесі роботи; технічні рішення, які можуть бути впроваджені у виробництво.

**У додатках** до пояснювальної записки приведено відомості специфікацій, комплект технологічної документації по ГОСТЗ.1404-86.

**У графічній частині** наведено: складальне креслення машини гичкозбиральної причіпної БМ-6; схему кінематичну машини гичкозбиральної причіпної БМ-6; складальні креслення гичкоріза лівого та апарата ріжучого; розрахункові схеми; деталювання; комп'ютерну модель навантаженості вала гичкоріза; складальні креслення спеціальних верстатних пристосувань; інструментальну наладку на операції.

## **ВИСНОВКИ**

У магістерській роботі обґрунтовано параметри шабельних ножів гичкоріза гичкозбиральної машини БМ-6.

На основі аналізу конструктивних особливостей машин-аналогів для зрізання гички, а також їх перспективних схем запропоноване конструктивне рішення для машини типу БМ-6 – гичкорізальний апарат з шабельними (активними) ножами. Така конструкція виконує відносно високе зрізування гички, а рештки гички зачищає очисник головок коренів з капроновими щітками гвинтового типу. Його використання забезпечить високу зносостійкість, меншу енергоємність і високу якість роботи машини.

ГРА з «шабельними» ножами працюють при збільшених швидкостях різання  $V_p = 22 \dots 26$  м/с і створюють ефект різання з ковзанням, у результаті чого зменшується лобовий опір різанню і число сколів.

Запропоноване конструктивне рішення обґрунтовано необхідними конструктивними і міцнісними розрахунками.

Різальний дисковий шабельний ніж приймаємо діаметром  $D=530$  мм, що перекриває ширину міжрядь 450 мм із шахматним розташуванням ножів. Швидкість різання підвищена –  $V_{zp}=24$  м/с; число обертів ножа 800 об/хв.

Інші конструктивні параметри шабельних ножів: ширина ножа  $b=60$  мм; довжина ножа  $l=145$  мм; кут заточки передній –  $30^\circ$ ; кут заточки задній  $\gamma=0^\circ$ .

У дипломній роботі виконано розрахунок ланцюгової передачі привода редуктора різального апарату; розрахунок редуктора різального апарату; розрахунок болтового з'єднання шабельного ріжучого ножа; доведена економічна доцільність розробки.

Враховуючи, що найбільш оптимальним робочим органом для доочищення від залишків гички коренеплодів цукрових буряків і очищення головок коренеплодів кормових буряків є еластичні робочі органи – бичі або біла та щітки, виготовлені з прогумованої стрічки, поліуретану та інших еластичних матеріалів, стійких до стирання, то обґрунтовано їх використання для застосування у поєднанні із удосконаленим у дипломній роботі гичкоріжучим апаратом.

З допомогою САПР змодельований навантажений стан вала гичкоріза, для якого виконано міцнісний розрахунок, визначено коефіцієнти запасу міцності небезпечних перетинів.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі маточина, спроектовані спеціальні верстатні пристосування.

Розроблено заходи з техніки безпеки при експлуатації гичкозбиральної машини БМ-6 та заходи з підвищення стійкості об'єктів АПК від впливу факторів ураження ядерного вибуху.

Відзначено актуальність охорони навколишнього середовища, проаналізовано можливі забруднення, які виникають при виготовленні гичкозбиральної машини БМ-6 та запропоновано заходи їх усунення.

Конструктивні рішення, які розроблені у дипломній роботі, відображені у графічній частині.

## ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1979. – 461 с.
2. Мартиненко В.Я. Гичкозбиральні машини. – Тернопіль: ТОВ «Поліграфіст», 1997. – 108 с.
3. Мартиненко В.Я. Механіко-технологічні основи підвищення ефективності робочих органів гичкозбиральних машин. Дис...докт.техн.наук: 05.05.11.– Тернопіль, 2000. – 374 с.

4. Свеклоуборочные машины. (Конструирование и расчет) /Л.В.Погорелый, Н.В. Татьяна, В.В. Брей и др. –К.:Техніка, 1983. –168 с.
5. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – Київ: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
6. Кобець О.М. Обґрунтування робочого процесу і параметрів робочих органів для видалення гички кормових буряків. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 – Дніпропетровськ, 2007. – 170 с.
7. Засадзінський Р.Ю., Борис І.М. Удосконалення гичкоріза гичкозбиральної машини// Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей, том I VIII міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 27-28 листопада 2019). – Тернопіль. – ТНТУ, 2019. – С. 87-88.
8. Хомик Н.І. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 191 с.
9. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Основи агрономії. Курс лекцій Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. – 300 с.
10. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки // Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Синій С.В., Булгаков В.М., Рогатинський Р.М., Павелчак О.Б. Луцьк: ЛДТУ –1999. – 168 с.
11. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
12. Гевко Р.Б., Гарькавий А.Д., Гладич Б.Б., Павх І.І., Павелчак О.Б. Оцінка ринкової вартості та конкурентоспроможності машин і технологій. – Тернопіль: ТДПУ, 2004. – 199с.
13. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. – Тернопіль, 2005. – 228 с.
14. Данильченко М.Г., Гладич Б.Б., Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. – Тернопіль: Економічна думка, 2001. – 61 с.
15. Nevko R. B., Tkachenko R. I., Synii S. V., Flonts I. V. *Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters. INMATEH: Agricultural engineering. Bucharest, Romania. 2016. Vol. 49. № 2. P. 53-60.*
16. Nevko R., Brukhanskyi R., Flonts I., Synii S., Klendii O. *Advances in methods of cleaning root crops. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II. Transilvania University Press Brasov, Romania. 2018. Vol. 11(60). № 1. P. 127-138.*



## АНОТАЦІЯ

**Засадзінський Р.Ю. «Обґрунтування параметрів шабельних ножів гичкоріза гичкозбиральної машини БМ-6». – Рукопис.**

Робота на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – м. Тернопіль, 2019 р.

Індустріальні методи вирощування цукрових буряків пред'являють до бурякозбиральних машин (надалі БМЗ) підвищені вимоги щодо продуктивності, якості і технологічної надійності робочих процесів, машин і комплексів, а також забезпечення можливості варіювати процесами збирання залежно від ґрунтових та погодних умов, що складаються під час збирання урожаю.

Гичкорізальні апарати БЗМ призначені для зрізання верхньої частини головок коренеплодів з гичкою і подачі їх на транспортер. При цьому із зрізаною частиною повинно усуватися якомога менше цукроносної маси.

Запропоновано гичкорізальний апарат (надалі ГРА) з активними ножами шабельного типу. Відсутнє застосування копирів, тому виконується відносно високе зрізування гички, а рештки гички зачищає очисник головок коренів з капроновими щітками гвинтового типу. Його використання забезпечить високу зносостійкість, меншу енергоємність і високу якість роботи машини. Такий ГРА доцільно використовувати на полях з високою забур'яненістю і добре розвиненою високоврожайною гичкою.

Виконано відповідні розрахунки для розробленої конструкції ГРА машини БМ-6. Виконано енергетичний, конструктивний кінематичний і силовий розрахунок ГРА і транспортерів гички; проведено розрахунок ланцюгової передачі привода редуктора ГРА; розрахунок редуктора різального апарату; розрахунок болтового з'єднання шабельного ножа ГРА.

Проаналізовано схеми взаємодії еластичних гичковидаляючих робочих органів з коренеплодом; досліджено умови роботи гичковидаляючого механізму та виконано аналіз напружено-деформівного стану при взаємодії еластичного робочого органу з коренеплодом; наведено порядок виконання експериментальних досліджень механізму видалення гички.

Створено кінцево-елементну модель вала гичкоріза та досліджено його напружено-деформівний стан.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі маточина, спроектовано спеціальні верстатні пристрої.

Є техніко-економічне обґрунтування розробки.

Розроблено заходи з охорони праці, безпеки у надзвичайних ситуаціях та екологічної безпеки.

**Ключові слова:** гичка цукрових буряків, гичкозбиральна машина, шабельний ніж, гичкоріз, доочисник головок коренеплодів.

## ANNOTATION

**R.Y. Zasadzinskyi «Substantiation of parameters of haulm cutter swing cutters of BM-6 top gathering machine». – Manuscript.**

Manuscript on obtaining qualifications of Master in the specialty 133 “Industrial Machinery Engineering”. – Ternopil Ivan Pul’uj National Technical University. – Ternopil, 2019.

Industrial methods of growing sugar beets impose on the beet harvesting machines (hereinafter BHM) the increased requirements for productivity, quality and technological reliability of work processes, machines and complexes, as well as providing the ability to vary the harvesting processes depending on the soil and weather conditions during the harvesting harvest.

BHM haulm cutter are designed to cut off the top of the root heads with a twig and feed them to the conveyor. At the same time with the cut off part should be eliminated as little as possible sugar mass.

Paper we offer a haulm cutter (hereinafter HC) with active knives of saber type. There is no use of copiers, so a relatively high cut of the wig is performed, and the remnants of the wig are cleansed by a root head cleaner with nylon screw-type capron brushes. Its use will provide high durability, less energy consumption and high quality of the machine. It is advisable to use this HC in fields with high amount of weeds and well developed high yielding hog.

Work the corresponding calculations for the developed design of the HC of the BM-6 machine were made. Energy, constructive kinematic and power calculation of HC and horsetail conveyors were performed; calculated chain transmission of the drive gearbox HC; calculated reducer of the cutting machine; calculated of the bolt connection of the HC saber knife.

In the work the schemes of interaction of elastic rod-removing working organs with root crop are analyzed; the working conditions of the rod-removing mechanism were investigated and the stress-strain state analysis at the interaction of the elastic working body with the root was performed; the procedure for performing experimental studies of the mechanism of removal of the reed is presented.

In the work, a finite-element model of the drive shaft of HC was created and its stress-strain state was investigated.

In the technological part the technological process of mechanical processing of the part is developed, special machine tools are designed.

The improved design of the drive of the disk digger is justified economically.

Work on occupational safety and security in emergencies, in particular in the event of an enterprise fire, has been developed, and the importance of preserving the environment in the production activities of the machine-building enterprise of agricultural profile has been noted.

**Key words:** haulm of sugar beets, top gathering machine, knives of saber type, haulm cutter, a root head cleaner.