

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

**ПЕЛИХ ІВАН ІГОРОВИЧ**

УДК 621.358.42

**«ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КРОТУВАЧА  
ДЛЯ ПРОКЛАДАННЯ ДРЕНАЖНИХ КАНАЛІВ»**

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:** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин  
**Хомик Надія Ігорівна,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** доктор технічних наук,  
професор кафедри автомобілів  
**Гевко Іван Богданович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 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.

Аналіз парку машин, що застосовується для меліоративних робіт та систем формування дренажних каналів, показує, що важливою задачею є вдосконалення технологічного процесу їх прокладання та обладнання, що використовується на таких операціях.

Кротовий дренаж застосовують переважно для поліпшення водних властивостей важких глинистих ґрунтів, у нечорноземних областях, при осушенні боліт і заболочених земель. Цей спосіб дренажу найбільш простий і дешевий. Спеціальну кротову машину, або дренажний плуг, обладнаний вертикально закріпленим ножом (або з невеликим нахилом) із розташованим спереду розпушувачем, протягають у ґрунті трактором, або канатною тягою, за розпушувачем слідує конусоподібний розширювач, який утворює дрени.

Удосконалення технологічного процесу прокладання безматеріального дренажу із розробкою конструкції кротовача кротодренажної машини для покращення водовідведення в умовах перезволожених ґрунтів є актуальною науково-практичною задачею, яка визначила напрям досліджень дипломної роботи.

### б) Мета і завдання

*Метою роботи* є дослідження параметрів кротовача кротодренажної машини для підвищення ефективності прокладання дренажів в цілому та збільшення водовідведення, що сприятиме швидшому осушенню дренажних територій, а також удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі півмуфта.

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено такі завдання:

- проаналізовано способи осушування боліт, види дренажу та способи його прокладання;
- проаналізовано засоби механізації для прокладання дренажу;
- обґрунтовано конструктивно-технологічну схему кротовача;
- вибрано основні параметри дренера;
- виконано розрахунок тягового опору кротодренажної машини;
- обґрунтовано вибір засобу агрегування кротодренажної машини;
- виконано розрахунки на міцність пальця кріплення кротовача, болтового з'єднання кріплення щік кронштейна до ножа; зварного з'єднання кронштейна із щокою та розрахунок сили, яка діє на трос кротовача;
- виконано розрахунок гідроциліндра приводу ножів дренера;
- відзначено роль гідромеліорації у підвищенні врожайності ґрунтів та тенденції у розвитку дренажних систем;
- вибрано схему прокладання дренажних каналів та розраховано відстань між дренами;

- проаналізовано методи САПР, розроблено модель об'єкту проектування – тяга кротувача і досліджено її напружено-деформівний стан;
- проаналізовано конструкцію та службове призначення деталі півмуфта, виконано аналіз її технологічності;
- досліджено способи виготовлення аналогічних деталей;
- розроблено технологічний процес виготовлення деталі півмуфта, для якого вибрано обладнання, оснащення, різальний та вимірювальний 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**

*Об'єкт дослідження.* Конструктивні елементи кротувальної машини; технологічний процес виготовлення деталі півмуфта.

*Предмет дослідження.* Технологічні, енергетичні та гідрокінематичні розрахунки кротувальної машини та розрахунки на міцність кротувача, робоче креслення деталі – півмуфта, базовий технологічний процес механічної обробки деталі.

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

### **д) Наукова новизна отриманих результатів.**

Доведено можливість використання кротувальної машини з удосконаленим кротувачем, який сприятиме більшому відведенню води, що підвищить ефективність прокладання дренажів в умовах підвищеної вологості ґрунтів.

### **е) Практичне значення отриманих результатів.**

Запропоновано агрегат для прокладання кротового дренажу у складі трактора Т-150К і кротувальної машини з удосконаленим кротувачем, який матиме значно меншу витрату палива ніж базовий агрегат. Крім того, після проходження кротодренажної машини не потрібно проводити додаткові операції з промивання дрен, а ножі на кротувачу сприяють більшому відведенню води. Це дозволить підвищити ефективність прокладання дренажів в цілому, а також збільшити водовідведення, що сприятиме швидшому осушенню дренажних територій і спрогнозувати позитивний економічний ефект.

Розроблено також технологічний процес механічної обробки деталі півмуфта, 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 (36 найменувань), 8 додатків.

Загальний обсяг текстової частини: 165 сторінок пояснювальної записки, 19 таблиць, 37 рисунків, додатки на 31 сторінці.

Графічна частина складається з 12 аркушів формату А1.

## **3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**a) У Вступі** відзначено доцільність удосконалення робочих органів машин для меліорації земель.

**b) У першому розділі «АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ»** на основі наукових праць різних авторів присвячених досліджуваній проблематиці описано способи осушування боліт, види дренажу, способи прокладання дренажу, технологія будівництва дрен, проведено аналіз засобів механізації для прокладання дренажу, описано об'єкт розробки, обґрунтовано тему магістерської роботи.

**c) У другому розділі «ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ»** Зазначено сучасні тенденції розвитку дренажних систем; обґрунтовано конструктивно-технологічну схему кротувача, вибрано схему прокладання дренажних каналів, розраховано відстань між дренами, вибрано основні параметри дренера, розраховано тяговий опір кротодренажної машини, проведено розрахунки на міцність елементів кротувача та розрахунки гідроциліндра приводу ножів дренера.

**d) У третьому розділі «ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ** відзначено роль гідромеліорації у підвищенні врожайності ґрунтів; досліджено тенденції розвитку дренажних систем; проведено вибір схеми прокладання дренажних каналів та розрахунок відстані між дренами при застосуванні кротувача удосконаленої конструкції.

**e) У четвертому розділі «САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН»** виконано дослідження моделі об'єкту проектування – тяги кротувача, аналіз даних за результатами моделювання.

**f) У п'ятому розділі «РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ»** виконано аналіз конструктивних особливостей деталі півмуфта, розроблено технологічний процес механічної обробки та спеціальні верстатні пристрої.

**g) У шостому розділі «ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ»** визначено продуктивність розробленої кротодренажної машини, експлуатаційних видатків та норм відрахувань при її використанні та річного економічного ефекту і терміну окупності кротувача.

**h) У сьомому розділі «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»** визначені загальні вимоги охорони праці до причіпних сільськогосподарських машин; розроблені вимоги безпеки і порядок технічного обслуговування та зберігання проектованої кротодренажної машини; описано протипожежні заходи при експлуатації кротодренажної машини; організацію протипожежного захисту та проведення протипожежної профілактики на промисловому об'єкті; наведено характеристику пожеж та засобів гасіння пожеж на промислових об'єктах.

**i) У восьмому розділі «ЕКОЛОГІЯ»** відзначено актуальність охорони навколишнього середовища; проаналізовано забруднення довкілля, що виникає при виготовленні ґрунтообробної техніки та запропоновано заходи зменшення забруднення довкілля машинобудівним підприємством сільськогосподарського профілю.

**У загальних висновках** описано запропоновані автором оригінальні технічні рішення для удосконалення конструкції кротувальної машини, які можуть бути впроваджені у виробництво.

**У додатках** до пояснювальної записки приведено відомості специфікацій, комплект технологічної документації згідно ГОСТ 3.1404-86 та ксерокопія публікації виконавця дипломної роботи.

**У графічній частині** наведено: схеми машин для прокладання дренажу; форми поперечного перетину дрен та схеми робочих органів трубоукладних машин; загальний вигляд машини кротувальної; схему принципів кротувача Д-657 та складальне креслення кротувача; складальні креслення кронштейна і тяга кротувача; робочі креслення деталей кротувача; розрахункові схеми дослідження конструктивних та технологічних параметрів удосконаленого кротувача; комп'ютерну модель завантаженості тяги кротувача; складальні креслення спеціальних верстатних пристосувань; інструментальну наладку на операції.

## **ВИСНОВКИ**

У магістерській роботі запропоновано вдосконалити технологічний процес прокладання безматеріального дренажу із розробкою конструкції кротувача кротодренажної машини.

Проаналізувавши конструкцію кротувача базової моделі, встановили, що його можна вдосконалити за рахунок зміни форми та розмірів з додаванням рухомих елементів – ножів. Це не потребує значних затрат на технологію виробництва нової конструкції, що свідчить про простоту вдосконалення.

Удосконалений кротувач кріпиться до ножа кротувальної машини шарнірно за допомогою пальця. Основу кротувача становить порожнистий дренаж з пазами, у яких розміщені відкрилки-ножі, що складаються з ребра трикутної форми і плоскої передньої стінки з ґрунтовідвідними кромками.

Ножі-відкрилки кріпляться до кротувача за допомогою пальцевого з'єднання. При виконанні технологічного процесу ножі-відкрилки можуть

змінювати кут нахилу відносно дренажа за допомогою гідроциліндра, який з'єднаний з ножами тросом, на кінці якого закріплено півсферичний штовхач.

Плавне висунення відкрилок створює поступове збільшення розмірів щілин по їх довжині, що сприяє вирівнюванню водоприймальної здатності на всій довжині кротових дрен, для запобігання зменшенню водоспоживаної активності.

Для удосконаленої конструкції кротувача з умови оптимальної стійкості дренажа прийнято його діаметр: для мінеральних ґрунтів  $d_{DM} = 50...150$  мм, для торф'яних ґрунтів  $d_{DT} = 100...300$  мм.

Проведено розрахунки: пальця кріплення кротувача, болтового з'єднання щік кронштейна до ножа, зварного з'єднання кронштейна зі щогою, гідроциліндра приводу ножів дренажа та елементів кріплення гідроциліндра.

Результати розрахунків дозволяють зробити висновок, що агрегат для прокладання кротового дренажу у складі трактора Т-150К і кротувальної машини з удосконаленим кротувачем матиме значно меншу витрату палива ніж базовий агрегат. Крім того, після проходження кротодренажної машини не потрібно проводити додаткові операції з промивання дрен, а ножі на кротувачу сприяють більшому відведенню води. Це дозволить підвищити ефективність прокладання дренажів в цілому, а також збільшити водовідведення, що сприятиме швидшому осушенню дренажних територій та отримати економічний ефект.

Застосування удосконаленої кротодренажної машини, що агрегується із сучасними енергетичними засобами, не наносить шкоди природному середовищу, а покращує водно-фізичні властивості перезвожених важких ґрунтів.

Запропонований пристрій, виходячи із розрахунків економічної ефективності, має кращі економічні показники, ніж базовий.

Удосконалено технологічний процес виготовлення деталі півмуфта; спроектовані спеціальні верстатні приспособлення.

Розроблені заходи із безпеки праці та охорони навколишнього середовища відповідно до поставлених завдань.

Конструктивні рішення відображені у графічній частині.

## **ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

1. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1983. – 298 с.
2. 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.

3. Довбуш А.Д. 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.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х томах под ред. А.Г. Косиловой., Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.1. – 656 с.
5. Курко А.М. Интенсификация технологического процесса приемно-сепарирующей части картофлеуборочной машины.– Минск: Белорусский агротехнический университет, 1992. – Дис. канд. техн. наук. – 138с.
6. Сельськохозяйственныя и мелиоративныя машыны /Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зоноў и др.; Под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
7. Пелих І.І., Блашак Б.О., Хомик Н.І. Дренаж ґрунтів – один із способів меліорації//Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей, том І VIII міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 27-28 листопада 2019). – Тернопіль. – ТНТУ, 2019. – С. 125.
8. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Основи агрономії. Курс лекцій Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. – 300 с.
9. 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. – 199 с.
10. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. – Тернопіль, 2005. – 228 с.
11. 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.

## АНОТАЦІЯ

**Пелих І.І. «Обґрунтування параметрів кротувача для прокладання дренажних каналів».** – Рукопис.

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

У дипломній роботі удосконалено кротувальну машину розробкою кротувача. Це забезпечить більше відведення води та підвищить ефективність прокладання дренажів в умовах підвищеної вологості ґрунтів.

Відзначено роль гідромеліорації у підвищенні врожайності ґрунтів. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку дренажних систем. Проведено аналіз засобів механізації для прокладання дренажу.

Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему кротувача. Вибрано схему прокладання дренажних каналів. Розраховано відстань між дренами при



застосуванні кротувача удосконаленої конструкції. Вибрано основні параметри дренера. Розраховано: тяговий опір кротодренажної машини з удосконаленим кротувачем, елементи кріплень кротувача на міцність та гідроциліндр приводу ножів дренера.

Проектована машина відрізняється від серійної тим, що кротувач вдосконалено додаванням рухомих елементів – ножів. Ножі-відкрилки кріплять до кротувача за допомогою пальцевого з'єднання. При виконанні технологічного процесу ножі-відкрилки можуть змінювати кут нахилу відносно дренера за допомогою гідроциліндра. Плавне висунення відкрилок створює поступове збільшення розмірів щілин по їх довжині. Ножі сприяють більшому відведенню води. Не потрібно проводити додаткові операції з промивання дрен.

Створено кінцево-елементну модель тяги кротувача та досліджено її напружено-деформівний стан.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі півмуфта.

Удосконалення коротувача обґрунтовано економічно.

Розроблено вимоги безпеки і порядок технічного обслуговування та зберігання проектованої кротодренажної машини. Наведено організацію протипожежного захисту та проведення протипожежної профілактики на промисловому об'єкті, а також характеристику засобів гасіння пожеж.

Запропоновано заходи зменшення забруднення довкілля при виготовленні ґрунтообробної техніки.

**Ключові слова:** гідромеліорація, трубоукладач, дренаж, кротувальна (кротодренажна) машина, кротувач, дронер, трактор, гідропривод.

## ANNOTATION

**Pelukh I.I. «Parameters substantiation of a drainage digger».** – Manuscript.

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

In the thesis work improved krotuvalnu krotuvacha car development. This will provide more moisture withdrawal and increase the efficiency of laying drainage under conditions of high soil moisture.

The role of hydro melioration in increasing soil productivity was noted. The modern tendencies of development of drainage systems are analyzed. The analysis was performed means of mechanization for laying drainage.

Substantiated constructive-technological scheme of the krotuvacha. The scheme of laying of drainage channels is selected. Calculated distance between drainage in the application of krotuvacha advanced design. Selected the basic

parameters of the drenera. Calculated: traction impedance of a crotodrain-machine with an advanced krotuvach, elements of the mole's fasteners for strength and the hydraulic cylinder of the drive of the knives of the drenera. Projected machine is different from the serial one in that the krotuvach is improved by the addition of moving elements – knives. Opener-knives attached to krotuvacha using finger connection. In the performance of the technological process opener-knives can change the angle of inclination relative of drenera by means of a hydraulic cylinder. The smooth extension of the opener-knives creates a gradual increase in the size of the slits along their length. Knives contribute greater drainage of water. No need to conduct additional operations of the flushing of drains.

The finite element model krotuvacha traction was created and its stress-strain state was investigated.

The technological process of mechanical processing of half coupling parts has been developed.

Improving korotuvacha substantiated economically.

Safety requirements and order of maintenance and storage of the designed kroto-drainage machine have been developed. The organization of fire protection and fire prevention at an industrial site, as well as the characteristics of fire extinguishers are given.

Measures to reduce environmental pollution in the manufacture of soil tillage equipment are proposed.

**Keywords:** hydroreclamation, pipelayer, drainage, kroto-drainage machine, krotuvach, drener, tractor, hydraulic drive.