

Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI: 10.37128/2520-6168-2021

**Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness**



ТЕХНІКА ЕНЕРГЕТИКА ТРАНСПОРТ АПК



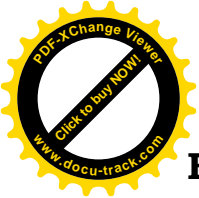


Всеукраїнський науково-технічний журнал

ТЕХНІКА, ЕНЕРГЕТИКА, ТРАНСПОРТ АПК

№ 1 (112) / 2021

м.Вінниця - 2021



**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного
сільськогосподарського інституту».

Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного
аграрного університету. Серія: Технічні науки.

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». Вінниця,
2021. 1(112). С. 157.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 9 від 23.03.2021 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України
від 02.07.2020 року №886);*

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);
- індексується в CrossRef, Google Scholar;
- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф., Вінницький
національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., проф., академік НААН,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України

Севостьянов І.В. – д.т.н., проф.,
Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доц.,
Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доц.,
Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доц.,
Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. .т.н., доц.,
Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф.,
Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доц.,
Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доц.,
Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доц.,
Вінницький національний аграрний університет

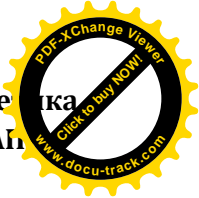
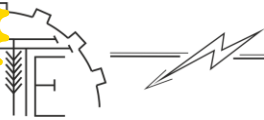
Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного
університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** кандидат технічних наук, доцент
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сосячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

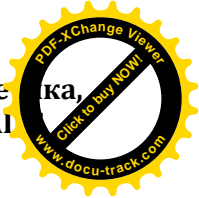
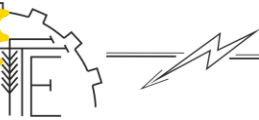
Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

| | |
|---|------------|
| I. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ. | |
| <i>Алієв Е.Б., Яропуд В. М., Бабін І.А., Буйницький О. І.</i> | |
| РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ ТЕСТЕРА ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК v. 2.0..... | 4 |
| <i>Vasyl Muzychuk</i> | |
| COLD PLASTIC DEFORMATION OF PROCESSES IN CONDITIONS OF BORDER FORMATION..... | 15 |
| <i>Зозуляк І.А.</i> | |
| МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОЛОЖЕННЯ НЕОДНОРІДНОЇ СИСТЕМИ | 23 |
| <i>Карнаух С.Г.</i> | |
| РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СХЕМ ПОДІЛУ ТРУБ НА МІРНІ ЗАГОТОВКИ..... | 30 |
| <i>Матвійчук В. А., Колісник М. А.</i> | |
| РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ШИРОКИХ ФЛАНЦІВ НА ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВКАХ МЕТОДОМ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ..... | 38 |
| <i>Oleg Gaidamak</i> | |
| INVESTIGATION OF THE SPEED OF MOVEMENT OF POWDER PARTICLES OF COLD GAS DYNAMIC SPRAYING | 46 |
| <i>Островський А.Й.</i> | |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ШАБЛОНУ ДЛЯ РОЗМІЧАННЯ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК ВИРОБІВ НАЙПОШИРЕНІШИХ ПРОСТОРОВИХ ФОРМ | 53 |
| <i>Полєвода Ю.А., Волинець Є.О.</i> | |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОРЕОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ШАРУ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА... | 60 |
| <i>Посвятенко Е.К., Будяк Р.В., Аксьом П.А.</i> | |
| РОЗШИРЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБІВ ІЗ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ У ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗІ..... | 70 |
| <i>Sergii Karnaukh, Igramotdin Aliiev</i> | |
| RESEARCH OF PROCESS OF DIVISION OF GRADE ROLLING ON THE MEASURED BLANKS BY METHOD OF BREAKING BEND AT STATIC AND SHOCK LOADING | 81 |
| II. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА | |
| <i>Пазюк В.М., Токарчук О.А., Токарчук Д.М.</i> | |
| СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СВІТІ ТА В УКРАЇНІ..... | 88 |
| <i>Стаднік М.І., Штуць А. А., Пилипенко О. В.</i> | |
| РІВЕНЬ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ ЗА РАХУНОК БІОГАЗУ.... | 100 |
| III. АГРОІНЖЕНЕРІЯ | |
| <i>Гулько І.В., Стаднік М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С.</i> | |
| КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ЗАМКНУТИХ ГІДРОСИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ..... | 113 |
| <i>Грушецький С. М. Яропуд В.М. Токарчук О. А.</i> | |
| ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І МАШИН В УКРАЇНІ І ЗА КОРДОНОМ..... | 126 |
| <i>Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А.</i> | |
| ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНО ЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДВИГУНІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ ТЕХНІКИ..... | 137 |
| <i>Середа Л.П., Купчук І.М, Ковальчук Д.А., Замрій М.А.</i> | |
| РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ОДНОЧАСНИМ ВНЕСЕННЯМ ДОБРІВ..... | 152 |



УДК 631.57: 534.014.3

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-1-16

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ОДНОЧАСНИМ
ВНЕСЕННЯМ ДОБРІВ**

Середа Леонід Павлович, к.т.н., професор
Купчук Ігор Миколайович, к.т.н., доцент
Ковальчук Дмитро Анатолійович, магістрант
Замрій Михайло Анатолійович, магістрант
Вінницький національний аграрний університет

Leonid Sereda, Ph.D. of Eng., Professor
Ihor Kupchuk, Ph.D. of Eng., Associate Professor
Dmytro Kovalchuk, Undergraduate
Mykhailo Zamrii, Undergraduate
Vinnytsia National Agrarian University

У всіх розвинених країнах світу ведуться пошуки нових технологічних прийомів обробки ґрунту, спрямовані на його захист від ерозійних процесів, збереження і підвищення родючості, скорочення витрат. Основним засобом який може запобігти втраті родючості землі, це впровадження енергозберігаючих і родючозберігаючих технологій. Закладені фактори травмування ґрунту і максимальне покриття ґрунту рослинними залишками. Найбільш відомими технологіями є технології, досить розповсюдженні в США і Канаді, де оброблюється більше 50% землі, а також в Аргентині де вони становлять понад 50%. В Європі такі країни, як Німеччина, Франція і Великобританія обробляють близько 10% земель, а в Україні – лише біля 5%.

Розширюються функціональні можливості машин, ускладняється конструкція, збільшується їх маса. У всіх розвинених країнах світу ведуться пошуки нових технологічних прийомів обробки ґрунту, спрямовані на його захист від ерозійних процесів, збереження і підвищення родючості, скорочення витрат. Широко впроваджуються різні прийоми мінімізації обробітку ґрунту, а також поширюється часткова заміна відвальної оранки безвідвальним обробітком, велику актуальність мають наукові дослідження і практичні дії направлені на пошуки ефективних, альтернативних, сучасних технологій обробітку ґрунту, щоб зберегти та підвищити родючість землі, що і обумовлює актуальність даної статті.

Таким чином, з метою досягнення збереження родючості ґрунту земель України, були проведені теоретичні дослідження сучасних технологій обробітку ґрунту та запропоновано авторами статті конструктивні особливості пристрою для смугового або суцільного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив, що передує проектуванню та конструктивної реалізації, основні результати яких представлені в статті.

Ключові слова: сучасні технології обробітку ґрунту, гідравлічний привід робочих органів, агрегат для смугового обробітку ґрунту, технологія Strip-Till.

Рис. 4. Ф. 16. Літ. 18.

1. Вступ

Основним матеріальним багатством України є родючі землі, які є найбільшими у Європі. В Україні під сільським господарством зайнято близько 92% території земель, рівень розораності земель становить понад 54%, в той час як в розвинених країнах Європи та світу – не перевищує 35%, що в свою чергу, призводить до втрати родючості, здатності до відтворення біомас і самоочищення від забруднюючих речовин [4,8,13]. Як показує аналіз існуючого стану в регіонах інтенсивного землеробства, майже повсюдно відбувається погіршення ґрунтово-екологічного стану меліорованих земель та докільля в цілому [4,8,13].

Інтенсивний обробіток ґрунту за класичною технологією в агропромисловому комплексі, призводить до поступової втрати його потенціалу родючості, у зв'язку зі зменшенням основного показника родючості – гумусу. На сучасному етапі залишається гострою проблема підвищення якості виконання технологічних операцій при обробці ґрунту з використанням фрези. При цьому підхід до вибору конструктивно-технологічних параметрів агрегату повинен звести до мінімуму енергетичні, трудові та матеріальні витрати.



В останні роки йде активне впровадження в сільськогосподарське виробництво сучасних енергозберігаючих технологій, а також комбінованих ґрунтообробних машин для їх реалізації. Створення конкурентоспроможних на світовому ринку сільськогосподарських машин є актуальним завданням сьогодні. Щорічно з'являються нові конструкції машин з оригінальними робочими органами. Вони можуть одночасно виконувати більше число технологічних операцій за один прохід агрегату, проте стають більш громіздкими, та потребують агрегування з трактором вищого класу.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Із зростанням чисельності населення на планеті зростають і потреби у харчових продуктах. Дане передбачення дає Україні впевненість, що сільське господарство ще довгий час буде актуальною галуззю, одним з перспективних напрямків розвитку економіки держави.

Аграрна галузь України стає все вразливішою до зміни клімату: тривалої посухи, надзвичайно високих температур, нерівномірного та короткочасного надходження вологи у вигляді злив з подальшими посушливими періодами. Стресові фактори особливо негативно впливають на просапні культури (соняшник, кукурудза та ін.), які на початку вегетації не можуть протистояти руйнівній дії злив та суховіїв і потребують проведення заходів щодо збереження вологи та вирівняної динаміки їх надходження.

Водночас сільське господарство України потребує значного осучаснення, впровадження інновацій. За різними оцінками частка впровадження високих технологій в агросекторі становить 5-10% на підприємствах нашої держави або 10-12% від показників світових лідерів [5]. Пошук і впровадження інноваційних технологій, які б забезпечили підвищення ефективності виробництва рослинницької продукції, є надзвичайно актуальним. За дефіциту опадів необхідно адаптувати технології обробки ґрунту під просапні культури в напрямку максимального вологозбереження та вологонакопичення, що дасть можливість отримувати стабільні врожаї та зменшити собівартість продукції.

Сучасні технології землеробства в Україні розвиваються в декількох напрямках, серед яких суттєве значення має покращення способів обробки ґрунту для збереження та відновлення родючості. Основною метою проведення обробки ґрунту є створення оптимальних умов проростання та розвитку кореневої системи рослини, для забезпечення високої урожайності.

Однією із основних тенденцій розвитку способів обробки ґрунту є впровадження сучасних енерго- та ресурсозберігаючих технологій родючого потенціалу ґрунту за рахунок його меншого травмування мінімальною кількістю технологічних операцій та максимальне покриття ґрунту рослинними залишками. За цих умов використання технології смугової обробки ґрунту, або технології Strip-till, значно знижує енергозатрати, але за умови раціонального використання робочих органів, що залежить від безлічі факторів (попередник, структура ґрунту, вологість тощо) [5,9].

Більшість вчених в галузі агрономії, з появою новітніх технологій таких як Mini-till, No-till і Strip-till, називали їх революційними в рослинництві, так, як поряд з економічними показниками дані технології зберігають родючий потенціал ґрунту. Це досягається за рахунок меншого травмування ґрунту із-за мінімальної кількості технологічних операцій, а також обов'язковим покриттям поля рослинними залишками після збирання. Американськими вченими доведено, що при правильному застосуванні цих технологій головний показник якості ґрунту – гумус не зменшується, а навпаки збільшується.

Strip-till поєднує переваги традиційного (орного) способу і нульового обробки ґрунту. Вона добре підходить для рядкових культур з розвиненим стрижневим корінням: цукрові буряки, кукурудза, рапс та інші. В Україні Strip-till використовувалася спочатку в більш посушливих регіонах: Миколаївська, Одеська, Черкаська області. Дещо пізніше її наступники ж успішно випробували в Дніпропетровській, Полтавській і Харківській, Хмельницькій та Вінницькій областях [2,3,6,15,18].

Важливий момент – при класичному обробки ґрунту у повітря вивільняється значна кількість вуглекислого газу, під час оранки виділяється 54 кг/га CO₂ впродовж доби [3,6,18]. П'яту частину у збільшенні вмісту вуглекислого газу в атмосфері забезпечує сільське господарство.

У сучасному сільськогосподарському виробництві обробка ґрунту здійснюється за різними системами та технологіями, які можна умовно класифікувати наступним чином [2,3]:

- технологія мінімальної обробки ґрунту (Mini-till), виконується луцильниками, дисковими знаряддями на глибину до 15 см, після чого на поверхні ґрунту залишається від 15 до 30% рослинних решток;

- технологія нульового обробки ґрунту (No-till), що характеризується цілковитою відсутністю обробки. Висівання проводиться сівалками прямої сівби, в яких перед висівним

дисковим сошником установлюється спеціальний варіодиск, що прорізує в ґрунті борозенку, в якій потім потрапляє насіння;

– технологія смугового обробітку ґрунту (Strip-Till), поєднує переваги традиційної технології та ґрунтозберігаючої нульової. Використовується для широкорядних (з міжряддям від 40 см) культур, таких як кукурудза, картопля, соняшник, соя та ін. [2,3,6,12,16].

Враховуючи стратегічну важливість формування матеріально-технічної бази для забезпечення збереження основного показника ґрунту – гумусу, під час обробітку, а також високі енерговитрати на обробіток ґрунту традиційною технологією обробітку, та для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, виникає потреба в проведенні досліджень спрямованих на вирішення питання втрати родючості землі запровадженням енергозберігаючих та родючих технологій обробітку ґрунту, та у тому числі розробкою комбінованих пристроїв, що і обумовлює **актуальність** та практичну цінність досліджень за цим напрямком.

3. Мета та завдання дослідження

Таким чином, була сформульована мета досліджень, яка полягає у розробці пристрою для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив, сучасних технологій обробітку ґрунту за рахунок його меншого травмування мінімальною кількістю технологічних операцій для сільськогосподарських підприємств України.

У зв'язку з високовартісною технікою іноземного виробництва, метою роботи є також впровадження технології за рахунок виготовлення власної техніки, а саме розробка комбінованого пристрою на підприємстві сільгосптехніки "Калина-Агромаш" на Вінниччині які зацікавлені даною розробкою, про яку йдеться у даній статті.

4. Матеріали і методи

В статті використовуються описові методи досліджень, в основу яких покладені сучасні методи пошуку ґрунтозберігаючих технологій обробітку, оптимальних варіантів конструкції пристроїв для сучасних технологій обробітку і внесення добрив. Також, використовувались теоретичні методи дослідження, в основу яких покладено фундаментальні закони вищої математики, для розрахунку робочих органів пристрою.

5. Викладення основного матеріалу та результати дослідження

Технологія Strip-till (рис. 1) має на меті створити простір для оптимального проростання кореня рослин, насамперед, з стрижневим коренем завдяки цілеспрямованому розпушенню саме в місці зростання кореневої системи і прибрати поживні залишки з поверхні над рядком, залишаючи при цьому міжряддя, захищені соломою [3,12,14,16,38].

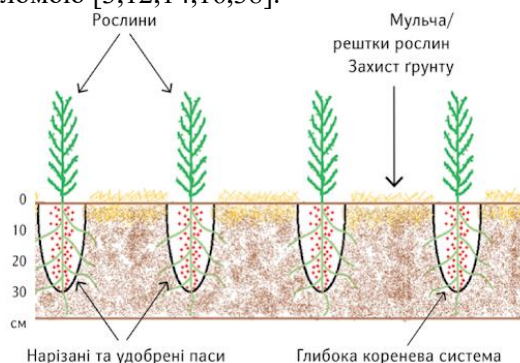
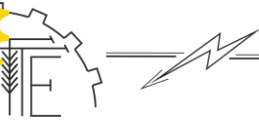


Рис. 1. Технологічна схема виконання ґрунтообробітку за Strip-till

Технологія No-till передбачає посів у необроблений ґрунт спеціальними сівалками та відсутність інших механічних впливів на поле. Суттєвою перевагою системи є мінімальна кількість проходів важких агрегатів по полю, менші енерго- та фінансові затрати на одиницю площі при вирощуванні. Під шаром рослинних решток довго зберігається зимовий запас вологи і обмежене випаровування при посухах. Запобігає всім типам ерозії ґрунту та надмірному перегріванню верхнього шару в періоди підвищених температур [7,9,15].

Strip-till передбачає смугове розпушування на глибину прикореневого шару, з одночасним внесенням добрив. Таким чином, створюються оптимальні умови для проростання сходів, за рахунок отримання добре підготовленого посівного "ложе". Між обробленими ділянками, залишаються



міжряддя незайманого ґрунту. У них зберігаються капіляри, що покращують живлення вологою, а ґрунтова екосистема зберігає свою структуру. Зверху лежить мульча із рослинних залишків, які відіграють свою позитивну роль [3,7,9,14,18].

Міжряддя взаємодіють з розпушеними смугами забезпечуючи процеси обміну речовин, нормалізує життєдіяльність організмів та відновлюючи родючість ґрунту. Мінеральні і органічні добрива вносяться саме туди, де вони найбільше потрібні, до коренів рослин [3,9,12,16,18].

Strip-till передбачає смугове розпушування ширини в 25-30 см, а частина поля залишається незайманою. У ній поєдналися переваги відвальної оранки (прогрів і просушування ґрунту) з захистом ґрунту, завдяки тому, що пухкі тільки смуги для внесення насіння. Розпушені смуги добре поглинають атмосферні опади і повітря. Поля оброблені із застосуванням технології

Strip-till мають задовільну стійкість до водної і вітрової ерозії при правильному виборі напрямку обробітку [3,12,14,15,16,18].

Аналіз основних позитивних сторін технології Strip-till [1,2,17] показав:

- отримання оптимальної структури ґрунту перед посівом за рахунок смугового обробітку ґрунту спеціальними робочими органами;
- створення сформованого простору лише в зоні висіву культури з прибирання поживних залишків із рядка перед розпушуванням;
- економія виробничих затрат за рахунок того, що поле обробляється несучільним рихленням, а лише на третину;
- захист від водяної та вітрової ерозії за рахунок стримувальної дії поживних залишків у міжряддях;
- ефективно підкоренево підживлення рослин на різних глибинах;
- мінімізація парку машин і економія паливно-мастильних ресурсів.

Сучасний стан розвитку сільськогосподарської техніки вимагає використання пристроїв, які б забезпечили підвищення продуктивності технологічних операцій, забезпечили зменшення витрат енергоносіїв, та механізували технологічні процеси. В переважній більшості сучасних пристроїв для обробітку ґрунту, для приводу робочих органів застосовують механічні системи, тому досить актуальним питанням для сьогодення є гідрофікація пристроїв.

За основу розробки комбінованого пристрою, приймаємо смугову технологію (Strip-till) обробітку ґрунту. Ця технологія досить широко розповсюджена в США, Канаді та в Європі, так як являється екологічно ефективною.

Для задоволення вимог агротехнічних вимог сільськогосподарських технологічних операцій йшов розвиток і вдосконалення ґрунтообробних машин і знарядь, в тому числі - фрез. Широке застосування фрези для суцільного обробітку ґрунту дозволило перейти до інтенсивного використання сільськогосподарських угідь.

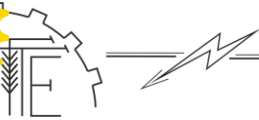
Основною вимогою до ґрунтообробних машин, які використовуються при інтенсивній технології вирощування сільськогосподарських культур, є можливість їх застосування в різні агротехнічні терміни. Перевага віддається фрезам, які здатні підготувати ґрунт відповідно до агротехнічних вимог, особливо на важких ґрунтах.

Дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених показують, що по ефективності обробки ґрунтів, особливо важких за механічним складом, ротаційні ґрунтообробні машини не мають рівних. Більшість іноземних фірм випускають фрезерні ґрунтообробні машини як з горизонтальною, так і з вертикальною віссю обертання. Ширина захвату цих фрез варіюється в межах 0,2 - 9,0 м. Зі збільшенням ширини захвату фрези, потрібно більш потужні трактори, що обмежує їх повсюдне застосування.

Фрезерна обробка ґрунту широко впроваджується як в Україні, так і за кордоном. Доведено доцільність її застосування в тих випадках, коли звичайні лемішні плуги та культиватори не забезпечують потрібної якості обробки ґрунту.

Аналізуючи якість роботи агрегатів встановлено, що кращі результати по подрібненню ґрунту показали пристрої з активними робочими органами у вигляді спеціальних обертальних дисків і ґрунтових фрез. Враховуючи перспективність подібних пристроїв, на кафедрі агроінженерії і технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету розробили пристрій для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив.

Даний пристрій призначений як і для суцільного обробітку ґрунту на глибину 10-12 см фрезерними барабанами, так і для сучасних технологій обробітку з одночасним внесенням добрив, що в свою чергу дозволить за один прохід виконувати дві технологічних операції – фрезерування та внесення добрив на поверхню ґрунту. Нами було запропоновано конструкцію пристрою як для малих



фермерських господарств, так і великих фермерських підприємств. Результати аналізів показують, що створення нових модернізованих комбінованих ґрунтообробних фрез є актуальним на сьогодні.

Запропонована конструкція для малих фермерських господарств пристрою для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив представлена на рис. 2.

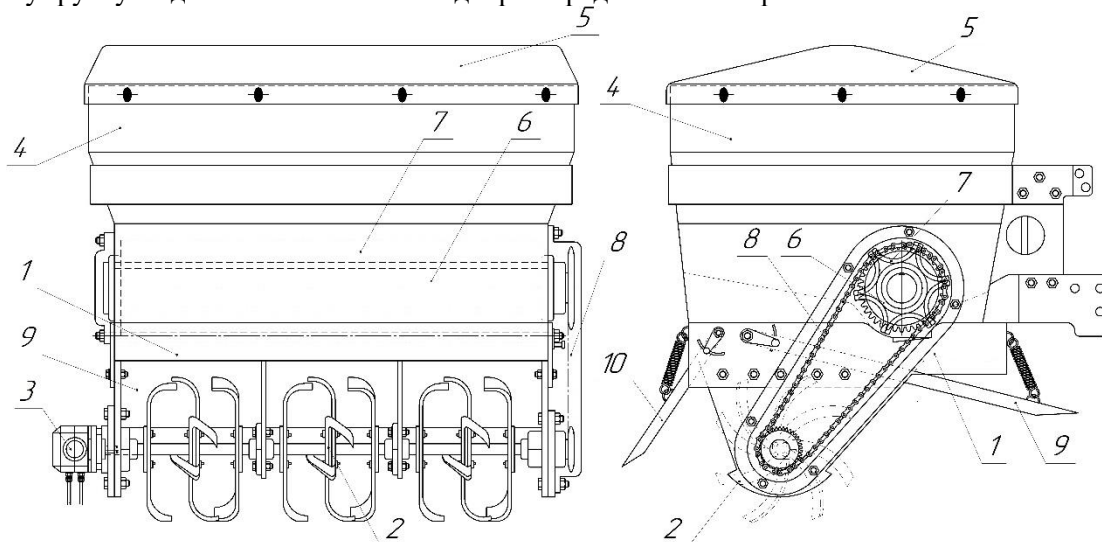


Рис. 2. Запропонована конструкція фрезерного пристрою для малих фермерських господарств

Запропонована конструкція для великих фермерських підприємств пристрою для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив представлена на рис. 3.

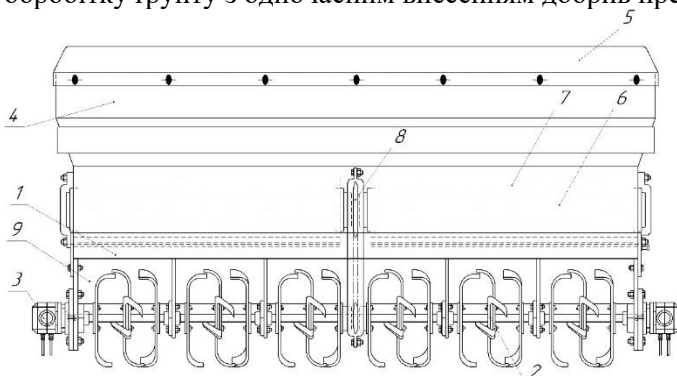


Рис. 3. Запропонована конструкція фрезерного пристрою для великих фермерських підприємств

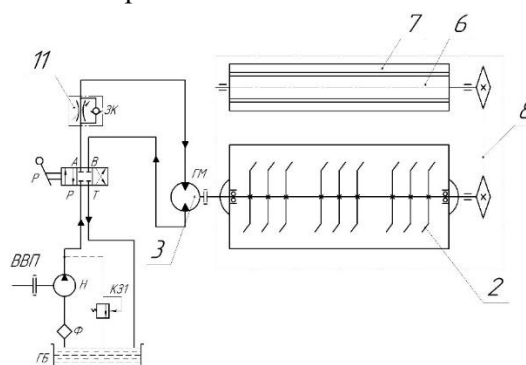


Рис. 4. Розміщення робочих органів та гідравлічна схема приводу пристрою

Привід пристрою та розміщення, призначення робочих органів представлено на рис.4.

Діаметр секції фрезерного барабана визначаємо із глибини обробітку смуги, мм:

$$D = d + 2 \cdot h_p, \quad (1)$$

де d – діаметр дисків фрези ($d = 120..350$ мм); h_p – робоча частина висоти ножа на барабані, мм, яка визначається за формулою, мм:

$$h_p = a + \Delta, \quad (2)$$

де a – задана глибина обробітку ґрунту, мм; Δ – зазор між дисками секції фрезерного барабана і поверхнею поля під час роботи, ($\Delta = 20-30$);

Для визначення радіусу фрезерного барабану, яку знаходять за формулою, мм:

$$R = \frac{\lambda \cdot v}{\omega}, \quad (3)$$

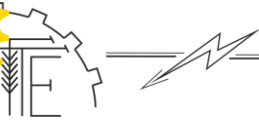
де v – задана швидкість, км/год; ω – кутова швидкість ножів, яку знаходять за формулою, р/с:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (4)$$

Шлях який проходить ґрунтообробний фрезерний барабан за один оберт, являється подачею фрези, і визначається за формулою, см:

$$S_z = \frac{\pi \cdot D}{\lambda \cdot z}, \quad (5)$$

де z – кількість робочих органів на дисковій секції, (в більшості $z = 4$); λ – показник кінематичного режиму фрези, (прийнято $\lambda = 4$).



При роботі ґрунтообробної фрези з горизонтальною віссю обертання потрібну потужність для роботи машини визначають за формулою:

$$N = N_{\text{вг}} + N_{\text{ф}} + (N_{\text{вг}} + N_{\text{ф}})(1 - \eta_{\text{п}}) + N_{\text{п}}, \quad (6)$$

де $N_{\text{ф}}$ – потужність яка витрачається на фрезерування, кВт, яка визначається як:

$$N_{\text{ф}} = N_{\text{р}} + N_{\text{вг}}, \quad (7)$$

$N_{\text{п}}$ – потужність на подолання постійних опорів (переміщення машини), кВт; $\eta_{\text{п}}$ – ККД приводу; $N_{\text{р}}$ – потужність, що витрачається на різання ґрунту, кВт, визначається як:

$$N_{\text{р}} = \frac{k_{\text{д}} \cdot S_{\text{в}} \cdot a \cdot z \cdot q \cdot h}{60 \cdot 10^{-3}}, \quad (8)$$

$S_{\text{в}}$ – подача на ніж, м, яка визначається як:

$$S_{\text{в}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\lambda \cdot z}, \quad (9)$$

R – радіус барабана, м; z – кількість ножів на барабані; λ – кінематичний показник фрези; $k_{\text{д}}$ – питомий опір деформації ґрунту, МПа;

$N_{\text{в}}$ – потужність, яка витрачається на відкидання ґрунту, знаходиться за формулою, Вт:

$$N_{\text{в}} = \frac{\delta \cdot Q \cdot v}{2}, \quad (10)$$

де δ – коефіцієнт відкидання, від форми робочих органів ($\delta \approx 0,8..0,9$); Q – маса ґрунту що відкидається за 1с., визначається за формулою, кг:

$$Q = \frac{B_{\text{р}} \cdot S_{\text{з}} \cdot a \cdot \gamma}{\omega}, \quad (11)$$

де γ – об'ємна маса ґрунту, см^3 ($\gamma = 1,1..1,4$).

Умовно витрату потужності двигуна, визначають за формулою, кВт:

$$N_{\text{в.п.}} = \frac{N_{\text{ф.р.}}}{\eta_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

де $N_{\text{ф.р.}}$ – потужність яка передається через гідромех. передачу, кВт; $\eta_{\text{пр}}$ – ККД гідропередачі ($\eta_{\text{пр}} = 0,9$).

При роботі фрезерного культиватора, необхідно забезпечити умову, кН:

$$P \cdot K \geq R_{\text{м}} + P_{\text{в.п.}}, \quad (13)$$

де P – потужність двигуна, кВт; K – коефіцієнт використання потужності двигуна, ($K = 0,85..0,9$);

$R_{\text{м}}$ – опір переміщення фрез по полю, визначається за формулою, кН:

$$R_{\text{м}} = 10 \cdot f \cdot m_{\text{ф}}, \quad (14)$$

f – коефіцієнт опору перекочування агрегату по полю, ($f = 0,15..0,2$); $m_{\text{ф}}$ – маса фрези, кг;

Кількість обертів фрези при роботі, визначаємо по формулі, об/хв:

$$n = \frac{60 \cdot v_{\text{р}}}{\pi \cdot D}, \quad (15)$$

де $v_{\text{р}}$ – рекомендована швидкість обертання фрези, м/с ($v_{\text{р}} = 6$ м/с).

Робочий об'єм гідромотора для приводу фрезерного пристрою, визначається за формулою, см^3 :

$$q_{\text{м}} = \frac{q_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}}}{n_{\text{м}} \cdot \eta}, \quad (16)$$

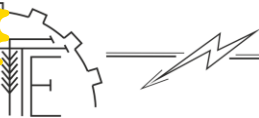
де $q_{\text{н}}$ – робочий об'єм гідромотора; $\eta_{\text{н}}$ – ККД гідромотора; $n_{\text{м}}$ – кількість обертів гідромотора; η – загальний ККД гідромотора, ($\eta = 0,91..0,95$);

Запропонований пристрій для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив складається з несучої рами 1, на якій вмонтовано ґрунтообробну фрезу 2, яка має гідромеханічний привід 3, на раму встановлено бункер 4 з мінеральними добривами, зверху який накритий тентом 5, для запобігання розсипання добрив під час виконання технологічних операцій, в бункер вмонтовано туковисівний апарат 6 який розміщений на всю ширину бункера, який приводиться в обертаний рух за допомогою вмонтованої ланцюгової передачі 8 від приводу ґрунтообробної фрези 3.

Працює пристрій для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив наступним чином. При роботі ґрунтообробна фреза 2 має гідромеханічний привід 3 гідравлічної системи, добриво із загального бункера 4 під дією сили тяжіння, та від вібрації під час обробітку ґрунту самопливом потрапляє на туковисівний апарат 6 який розміщений на всю ширину бункера, який приводиться в обертаний рух з-за допомогою ланцюгової передачі 8, після цього, висівний апарат 7 захвачує частину добрив та скидаються на скатну доску 9, далі, добрива за допомогою скатної доски 9 розсіюється по поверхню ґрунту перед фрезеруванням, що забезпечує внесення добрив рівномірно та стабільно на всю ширину, регулювання норми висіву проводиться за рахунок дросельного 11 регулювання об'ємного гідроприводу фрези.

До технічних переваг запропонованого пристрою для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив, можна віднести:

– залучення об'ємного гідроприводу дасть можливість регулювати норму висіву за рахунок дросельного регулювання;



– внесення добрив проходить рівномірно на всю ширину обробітку ґрунту фрезою, з можливістю регулювання в горизонталі скатної доски;

– внесення добрив проводиться перед фрезеруванням ґрунту, що дасть можливість подрібнити частинки добрив та занурити їх на глибину обробітку.

Технології No-till і Strip-till знайшли широке застосування в рослинництві. Основний аргумент це збереження родючості, за рахунок обов'язкового покриття ґрунту. На кафедрі агроінженерії і технічного сервісу Вінницького НАУ на протязі багатьох років читається курс лекцій для магістрів по мало затратним і екологічно перспективним технологіям в рослинництві. Виробники сільськогосподарської техніки «Калина-Агромаш» Вінницької області зацікавленні даною розробкою.

6. Висновки

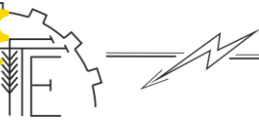
Таким чином, за результатами проведених досліджень, актуальним на сьогодні є впровадження ґрунтозберігаючих технологій, які дозволять зберегти та відновити родючість землі, зменшити та усунути ерозійні процеси, зберегти екосистему ґрунту, екологічно керувати бур'янами на посівах, вносити добрива до коренів рослин, накопичувати та зберігати вологу у ґрунті, знизити залежність врожаю від погодних умов та збільшити врожайність сільськогосподарських культур.

Можна сказати що технологія смугового обробітку ґрунту є енерго- і ресурсозберігаючим, оскільки вона обробляє за один прохід агрегату лише близько 30% площі, а отже, економиться близько 70% енергетичних ресурсів. До того ж, краще прогривається оброблений ґрунт, зменшується випаровування вологи, а також дія вітрової та водної ерозії.

Основною задачею даної статті була розробка конструкції комбінованого пристрою для фрезерного обробітку з одночасним внесенням добрив для господарств України, та безпосередньо розробка системи гідроприводу для нього. Перевагами якого полягають в тому, що використовуючи пристрій за смуговою технологією Strip-till обробітку ґрунту, значно зменшились затрати потужності, в наслідок чого збільшилась швидкість роботи пристрою. Друга перевага, це одночасне внесення добрив, тому, за один прохід агрегату виконується дві технологічні операції – фрезерування та внесення добрив.

Список використаних джерел

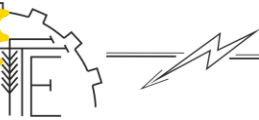
1. No-till: достоинства и недостатки системы обработки почвы. *AGEEK* : веб сайт. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/no-till-dostoinstva-i-nedostatki-sistemy-obrabotki-pochvy> (дата звернення 10.03.2021).
2. Євтушенко В. Strip-Till в Україні. *The Ukrainian Farmer*. 2012. № 9. С. 99–100.
3. Шустік Л., Громадська В. Застосування смугового обробітку в малих та середніх господарствах. *Аграрна техніка та обладнання*. 2018. №1. С. 56–60.
4. Козішкурт С. М., Савчук Н.В. Основні причини погіршення ґрунтово-екологічних умов меліорованих земель. *Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи* : матеріали регіональної наук.-пр. інтернет-конф., 2-3 лист. 2017 р. Дніпро : ДДАЕУ, 2017. С. 104–106.
5. Крачок Л. І. Новітні технології в сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження. *Сталий розвиток економіки*. 2013. №3. С. 224–231.
6. Кротінов О. No-till: переваги і питання без відповіді. *Фермер*. 2008. № 8. С. 12–19.
7. Порівняння систем обробітку ґрунту. *Всеукраїнський науковий інститут селекції* : веб сайт. URL: <http://vnis.com.ua/useful-information/advice-to-the-agronomist/Porivnyannya-system-obrobitkugruntu%E2%80%93prevahy-ta-nedoliky/> (дата звернення 10.03.2021).
8. Про збереження та відтворення родючості ґрунтів. Інформаційно-аналітичні матеріали щодо наукового обґрунтування заходів із збереження та відтворення родючості ґрунтів. Національна академія аграрних наук України. *Сільськогосподарська обслуговуюча кооперація України* : веб сайт. URL: <http://www.coop-union.org.ua/?p=8963> (дата звернення 10.03.2021).
9. Серета Л. П., Швець Л. В., Труханська О. О. Внесення органічних рідинних добрив в умовах фермерських господарств. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. № 2 (105). С. 25–30. DOI: 10.37128/2520-6168-2019-2-4
10. Серета Л. П. Технологія strip-till в рослинництві. Перспективність впровадження в Україні. *Сучасні проблеми землеробської механіки* : матеріали XX міжнародної наукової конференції, присвяченої 119-й річниці з дня народження академіка П.М. Василенка, 17-19 жовтня 2019 р. Миколаїв : МНАУ, 2019. С. 70–74.
11. Серета Л. П., Труханська О. О., Швець Л. В. Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології strip-till з активними фрезерними робочими органами. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2019. № 4 (95). С. 108–118. DOI: 10.37128/2306-8744-2019-4-8



12. Система нулевой обработки почвы или «No-Till» технология. *Агропортал Agrostory* : веб сайт. URL: <https://agrostory.com/info-centre/knowledge-lab/sistema-nulevoy-obrabotki-pochvy-ili-no-till-tekhnologiya/> (дата звернення 10.03.2021).
13. Стан українських ґрунтів. *Головний сайт для агрономів – SuperAgronom* : веб сайт. URL: <https://superagronom.com/news/9421-stan-ukrayinskih-gruntiv-staye-problemoju-ekologichnoyi-bezpeki-krayini> (дата звернення 10.03.2021).
14. Шустік Л. Стрип-тілл у малих і середніх господарствах України: перспективи розвитку і впровадження *Пропозиція*. 2016. № 7/8. С. 168–172.
15. Сучасна техніка та технології. *Кам'янецький часопис Ключ* : веб сайт. URL: <https://klyuch.com.ua/articles/economy/suchasna-tekhnika-ta-tekhnologiyi/> (дата звернення 10.03.2021).
16. Технологія полосної обробки ґрунту «Strip-Till». *Агропортал Agrostory* : веб сайт. URL: https://agrostory.com/info-centre/knowledge-lab/tekhnologiya-polosnoy-obrabotki-pochvy-strip-till/?sphrase_id=1135601
17. Шагров Р. Переваги та недоліки смугової технології. *Агробізнес сьогодні*. 2017. № 19. С. 46–48.
18. Шустік Л., Громадська В., Мариніна Л., Негуляєва Н., Супрун В. Шляхи реалізації технологій смугового обробітку ґрунту в малих і середніх господарствах. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 11. С. 16–20.

References

- [1] No-till: dostoinstva i nedostatki sistemyi obrabotki pochvy [No-till: advantages and disadvantages of the tillage system]. *aggeek.net*. Retrieved from <https://aggeek.net/ru-blog/no-till-dostoinstva-i-nedostatki-sistemyi-obrabotki-pochvy> [In Russian].
- [2] Ievtushenko, V. (2012). Strip-Till v Ukraini [Strip-Till in Ukraine]. *The Ukrainian Farmer*, 9, 99–100 [In Ukrainian].
- [3] Shustik, L. & Hromadska, V. (2018). Zastosuvannya smuhovoho obrobitku v malykh ta serednikh gospodarstvakh [Application of strip tillage in small and medium farms]. *Ahrarna tekhnika ta obladnannia – Agricultural machinery and equipment*, 1, 56–60 [In Ukrainian].
- [4] Kozishkurt, S. M. & Savchuk, N. V. (2017). Osnovni prychny pohirshennia gruntovo-ekolohichnykh umov meliorovanykh zemel [The main reasons for the deterioration of soil and ecological conditions of reclaimed lands]. *Zroshuvane zemlerobstvo: sohodennia, problemy, perspektyvy – Irrigated agriculture: present, problems, prospects* : Proceedings of regional science internet conference (pp. 104–106). Dnipro : DDAEU [In Ukrainian].
- [5] Krachok, L. I. (2013). Novitni tekhnolohii v silskomu hospodarstvi: problemy i perspektyvy vprovadzhennia [The latest technologies in agriculture: problems and prospects for implementation]. *Stalyi rozvytok ekonomiky – Sustainable economic development*, 3, 224–231 [In Ukrainian].
- [6] Krotinov, O. (2008). No-till: perevahy i pytannia bez vidpovidy [No-till: advantages and unanswered questions]. *Fermer – Farmer*, 8, 12–19 [In Ukrainian].
- [7] Porivniannia system obrobitku gruntu [Comparison of tillage systems]. *vnis.com.ua*. Retrieved from <http://vnis.com.ua/useful-information/advice-to-the-agronomist/Porivnyannya-system-obrobitkugruntu%E2%80%9393perevahy-ta-nedoliky/> [In Ukrainian].
- [8] Pro zberezhennta ta vidtvorennia rodiuchosti gruntiv. Informatsiino-analitychni materialy shchodo naukovooho obgruntuvannia zakhodiv iz zberezhennta ta vidtvorennia rodiuchosti gruntiv. Natsionalna akademiia ahrarnykh nauk Ukrainy [On preservation and reproduction of soil fertility. Information and analytical materials on the scientific substantiation of measures to preserve and restore soil fertility. National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine]. www.coop-union.org.ua. Retrieved from <http://www.coop-union.org.ua/?p=8963> [In Ukrainian].
- [9] Sereda, L.P., Shvets, L.V. & Trukhanska, O.O. (2019). Vnesennia orhanichnykh ridynnykh dobryv v umovakh fermerskykh gospodarstv [Application of organic liquid fertilizers in the conditions of farms]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK – Engineering, Energy, Transport AIC*, 2 (105), 25–30. DOI: 10.37128/2520-6168-2019-2-4 [In Ukrainian].
- [10] Sereda, L. P. (2019). Tekhnolohiia Strip-till v roslynnystvi [Strip-till technology in crop production]. *Suchasni problemy zemlerobskoi mekhaniky – Modern problems of agricultural mechanics* : Proceedings of the XX international scientific conference dedicated to the 119th anniversary of the birth of Academician P.M. Vasylenko (pp. 70–74). Mykolaiv : MNAU [In Ukrainian].
- [11] Sereda, L.P., Trukhanska, O.O. & Shvets, L.V. (2019). Rozrobka i doslidzhennia gruntoobrobnoi mashyny dlia tekhnolohii strip-till z aktyvnymy frezernymy robochymy orhanamy [Development and research of a tillage machine for strip-till technology with active milling working bodies]. *Vibratsii v tekhnitsi ta*



- tekhnologiiakh – Vibrations in engineering and technology, 4 (95), 108–118. DOI: 10.37128/2306-8744-2019-4-8 [In Ukrainian].*
- [12] Sistema nulevoy obrabotki pochvyi ili «No-Till» tehnologiya [Zero tillage system or "No-Till" technology]. *agrostory.com*. Retrieved from <https://agrostory.com/info-centre/knowledge-lab/sistema-nulevoy-obrabotki-pochvy-ili-no-till-tekhnologiya/> [In Russian].
- [13] Stan ukrainskykh gruntiv [Condition of Ukrainian soils]. *superagronom.com*. Retrieved from <https://superagronom.com/news/9421-stan-ukrayinskih-gruntiv-staye-problemoyu-ekologichnoyi-bezpeki-krayini> [In Ukrainian].
- [14] Shustik, L. (2016). Stryp-till u malykh i serednikh hospodarstvakh Ukrainy: perspektyvy rozvytku i vprovadzhennia [Strip-till in small and medium-sized farms of Ukraine: prospects for development and implementation]. *Propozytsiia – Proposition, 7(8), 168–172* [In Ukrainian].
- [15] Suchasna tekhnika ta tekhnolohii [Modern machinery and technology]. *klyuch.com.ua*. Retrieved from <https://klyuch.com.ua/articles/economy/suchasna-tekhnika-ta-tekhnologiyi/articles/economy/suchasna-tekhnika-ta-tekhnologiyi/> [In Ukrainian].
- [16] Tehnologiya polosnoy obrabotki pochvyi «Strip-Till» [Strip-Till technology]. *agrostory.com*. Retrieved from https://agrostory.com/info-centre/knowledge-lab/tehnologiya-polosnoy-obrabotki-pochvy-strip-till/?sphrase_id=1135601 [In Russian].
- [17] Shatrov, R. (2017). Perevahy ta nedoliky smuhovoi tekhnolohii [Advantages and disadvantages of band technology]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today, 19, 46–48* [In Ukrainian].
- [18] Shustik, L., Hromadska, V., Marynina, L., Nehuliaieva, N., & Suprun, V. (2017). Shliakhy realizatsii tekhnolohii smuhovoho obrobitku gruntu v malykh i serednikh hospodarstvakh [Ways of realization of technologies of strip tillage in small and average farms]. *Tekhnika i tekhnolohii APK – Machinery and technologies of agro-industrial complex, 11, 16–20* [In Ukrainian].

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВНЕСЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

Во всех развитых странах мира ведутся поиски новых технологических приемов обработки почвы, направленные на его защиту от эрозионных процессов, сохранение и повышение плодородия, сокращение издержек. Основным средством который может предотвратить потерю плодородия земли, это внедрение энергосберегающих и плодородиеэсберегающих технологий. Заложённые факторы травмированной почвы и максимальное покрытие почвы растительными остатками. Наиболее известными технологиями являются технологии, достаточно распространены в США и Канаде, где обрабатывается более 50% земли, а также в Аргентине они составляют более 50%. В Европе такие страны, как Германия, Франция и Великобритания обрабатывают около 10% земель, а в Украине - лишь около 5%.

Расширяются функциональные возможности машин, осложняется конструкция, увеличивается их масса. Во всех развитых странах мира ведутся поиски новых технологических приемов обработки почвы, направленные на его защиту от эрозионных процессов, сохранение и повышение плодородия, сокращение издержек. Широко внедряются различные приемы минимизации обработки почвы, а также распространяется частичная замена отвальной вспашки безотвальной обработкой, большую актуальность имеют научные исследования и практические действия направлены на поиски эффективных, альтернативных, современных технологий обработки, чтобы сохранить и повысить плодородие земли, и обуславливает актуальность данной статьи.

Таким образом, с целью достижения сохранения плодородия почвы земель Украины, были проведены теоретические исследования современных технологий обработки и предложены авторами статьи конструктивные особенности устройства полосового или сплошной обработки почвы с одновременным внесением удобрений, предшествующий проектированию и конструктивной реализации, основные результаты которых представлены в статье.

Ключевые слова: *современные технологии обработки почвы, гидравлический привод рабочих органов, агрегат для полосового обработки, технология Strip-Till.*

Ф. 16. Рuc. 4. Лум. 18.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR MILLING TILLAGE WITH SIMULTANEOUS APPLICATION OF FERTILIZERS

In all developed countries of the world there is a search for new technological methods of tillage, aimed at protecting it from erosion, preserving and increasing fertility, reducing costs. The main means that can prevent the loss of soil fertility is the introduction of energy-saving and fertility-saving technologies. The factors of soil trauma and the maximum coverage of the soil with plant residues are laid down. The most



well-known technologies are technologies that are quite common in the United States and Canada, where more than 50% of the land is cultivated, as well as in Argentina, where they account for more than 50%. In Europe, countries such as Germany, France and the United Kingdom will cultivate about 10% of the land, and in Ukraine - only about 5%.

The functionality of machines is expanding, the design is becoming more complicated, their weight is increasing. In all developed countries of the world there is a search for new technological methods of tillage, aimed at protecting it from erosion, preserving and increasing fertility, reducing costs. Various methods of minimizing tillage are widely implemented, as well as the partial replacement of dump plowing with dumpless tillage, research and practical actions aimed at finding effective, alternative, modern tillage technologies to maintain and increase the fertility of the land, which articles.

Thus, in order to preserve the soil fertility of the lands of Ukraine, theoretical studies of modern tillage technologies were conducted and the authors proposed the design features of the device for strip or continuous tillage with simultaneous application of fertilizers prior to design and design, the main results of which are presented in articles.

Key words: modern tillage technologies, hydraulic drive of working bodies, unit for strip tillage, Strip-Till technology.

F. 16. Fig. 4. Ref. 18.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Серета Леонід Павлович – кандидат технічних наук, професор кафедри Агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, +380674726202, e-mail: leonidsereda@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0866-2503>).

Купчук Ігор Миколайович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, +380978173992, kupchuk.igor@i.ua, <http://orcid.org/0000-0002-2973-6914>).

Ковальчук Дмитро Анатолійович – студент магістратури за спеціальністю 208 «Агроінженерія», Інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, +380937622253, e-mail: dimasikkovalchuk2008@gmail.com).

Замрій Михайло Анатолійович – студент магістратури за спеціальністю 208 «Агроінженерія», Інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, +380984491815, e-mail: zamrij99@gmail.com).

Серета Леонид Павлович – кандидат технических наук, профессор кафедры Агроинженерии и технического сервиса Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная 3, м. Винница, 21008, Украина, +380674726202, e-mail: leonidsereda@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0866-2503>).

Купчук Игорь Николаевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, +380978173992, kupchuk.igor@i.ua, <http://orcid.org/0000-0002-2973-6914>).

Ковальчук Дмитрий Анатольевич – студент магистратуры по специальности «208 Агроинженерия», Инженерно-технологического факультета Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, +380937622253, e-mail: dimasikkovalchuk2008@gmail.com).

Замрий Михаил Анатольевич – студент магистратуры по специальности «208 Агроинженерия», Инженерно-технологического факультета Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, +380984491815, e-mail: zamrij99@gmail.com).

Leonid Sereda – PhD, Professor of the Department of Agroengineering and technical service, Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, +380674726202, e-mail: leonidsereda@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0866-2503>).

Kupchuk Ihor – Ph.D, Senior Lecturer of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection of Vinnytsia National Agrarian University (3, Sonychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, +380978173992, kupchuk.igor@i.ua, <http://orcid.org/0000-0002-2973-6914>).

Kovalchuk Dmytro – Master's student majoring in 208 “Agroengineering” Faculty of Engineering and Technology of Vinnytsia National Agrarian University (3, Sonychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, +380937622253, e-mail: dimasikkovalchuk2008@gmail.com).

Zamrii Mykhailo – Master's student majoring in 208 of Agroengineering, Faculty of Engineering and Technology of Vinnytsia National Agrarian University (str. Sonyachna, 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine, +380984491815, e-mail: zamrij99@gmail.com).