



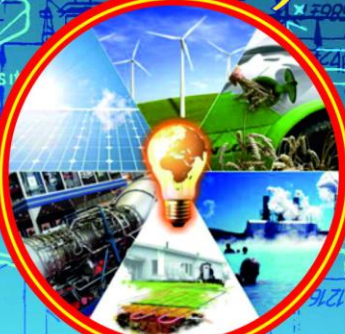
Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2024-1

№1 (124)



2024

Machinery  
Energetics  
Transport  
of Agribusiness

ТЕХНІКА  
ЕНЕРГЕТИКА  
ТРАНСПОРТ АПК



*Всеукраїнський науково-технічний журнал*

**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

*№ 1 (124) / 2024*

**м. Вінниця - 2024**

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /  
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2024. № 1 (124). С. 148.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету  
(протокол № 10 від 22.04.2024 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);*

*Згідно рішення Національної ради України з питань телебачення та радіомовлення від  
25.04.2024 р. №1337 науковому журналу «Техніка, енергетика, транспорт АПК» присвоєно  
ідентифікатор медіа R30-05173.*

*- 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., доцент, Вінницький національний аграрний університет

**Заступник головного редактора**

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

**Відповідальний секретар**

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

**Члени редакційної колегії**

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

*Солоня О.В.* – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

*Граняк В.Ф.* – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

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

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

*Твердохліб І.В.* – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

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

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

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

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

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

*Йордан Максимов* – д.т.н., професор, Технічний університет Габрово (Болгарія)

*Аудріус Жунда* – к.т.н., доцент, Університет Вітовта Великого (Литва)

Відповідальний секретар редакції Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет  
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,  
тел. (0432) 46–00–03

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

Електронна адреса: [pophv@ukr.net](mailto:pophv@ukr.net)



## ЗМІСТ

<b>I. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ</b>	
<i>Grygorii KALETNIK, Vitalii YANOVYCH, Svitlana LUTKOVSKA, Yurii POLIEVODA, Olena SOLONA</i> <b>APPLICATION OF THERMAL ANEMOMETRY FOR TURBULENT FLOW ASSESSMENT...</b>	5
<i>Kateryna VYNARCHUK</i> <b>THE ROLE AND PERSPECTIVE OF THE USE OF METAL NANOPARTICLES IN THE CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS.....</b>	16
<i>КУПЧУК Ігор Миколайович, ВОЛИНЕЦЬ Євгеній Олександрович</i> <b>ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНАКТИВАЦІЇ АНТИПОЖИВНИХ РЕЧОВИН СОЇ....</b>	26
<i>ПАЗЮК Вадим Михайлович, ТОКАРЧУК Олексій Анатолійович, ШАПОВАЛЮК Сергій Олександрович</i> <b>ТЕПЛОВІ НАСОСИ ЯК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ СУШННЯ ЗЕРНА.....</b>	33
<i>Sergiy BURLAKA, Roman YAROSHCHUK</i> <b>TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF A MIXED FUEL FILTER FOR DIESEL AND BIOFUELS.....</b>	41
<i>Sergii SHARGORODSKIY, V. HALANSKYI</i> <b>JUSTIFICATION OF CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE STRIP-TILL SECTION FOR STRIP TILLAGE WITH THE APPLICATION OF FERTILIZERS.....</b>	47
<i>ЯРОПУД Віталій Миколайович</i> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ТВАРИНИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ.....</b>	56
<b>II. АГРОІНЖЕНЕРІЯ</b>	
<i>АЛІЄВ ЕЛЬЧИН Бахтияр огли, БЕЗВЕРХНІЙ Петро Євгенович, АЛІЄВА Ольга Юрійвна</i> <b>РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАСПОКОЮВАЧА НАСІННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ВИСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ.....</b>	73
<i>Anatoliy HRYTSUN, Olena SOLONA</i> <b>OVERVIEW OF MECHANIZED CARE EQUIPMENT BY THE HOOVES OF CATTLE.....</b>	82
<i>БУРЛАКА Сергій Андрійович, ГАЛУЩАК Олександр Олександрович, БОРИСЮК Дмитро Вікторович, БАРАНОВ Владислав Анатолійович</i> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ЧАСТИНОК ПАЛИВА У ЗМІШУВАЧІ.....</b>	89
<i>ЄЛЕНИЧ Анатолій Павлович</i> <b>КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ CASE ІН СЕРІЇ «AXIAL-FLOW».....</b>	95
<i>КОНДРАТЮК Дмитро Гнатович, ТРУХАНСЬКА Олена Олександрівна, ПРЯДКІН Максим Олександрович</i> <b>АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОТАЦІЙНИХ КОСАРОК – ПЛЮЩИЛОК.....</b>	106
<b>III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</b>	
<i>Serhii BOIKO, Olexsii ZHUKOV, Andriy KOVAL, Vdym BOMBIK</i> <b>PRINCIPLES OF APPLICATION OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN REGIONS WITH LIMITED DRINKING WATER RESOURCES.....</b>	115
<i>ГРАННЯК Валерій Федорович, РОГАЧ Валентин Петрович</i> <b>КОНЦЕПЦІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРЕЦИЗІЙНОЇ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОЛЕКТОРНИМ ДВИГУНОМ ВЕРСТАТУ ЧПК.....</b>	122
<i>ДУБЧАК Віктор Миколайович, НОВИЦЬКА Людмила Іванівна, МАНЖОС Ельвіра Олександрівна</i> <b>МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЕЛИКОГО ВОДОСХОВИЩА, ВСТАНОВЛЕННЯ ТА ЗНАХОДЖЕННЯ ЙОГО ОСНОВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....</b>	129
<i>Olexsii TOKARCHUK, Dina TOKARCHUK, Mykola MYTKO, Vladyslav BAHRII</i> <b>MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND MATERIALS FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF SOLAR PANELS.....</b>	140



## CONTENTS

**I. APPLIED MECHANICS. MATERIALS SCIENCE. INDUSTRY MACHINERY BUILDING**

<i>Grygorii KALETNIK, Vitalii YANOVYCH, Svitlana LUTKOVSKA, Yurii POLIEVODA, Olena SOLONA</i> <b>APPLICATION OF THERMAL ANEMOMETRY FOR TURBULENT FLOW ASSESSMENT...</b>	5
<i>Kateryna VYNARCHUK</i> <b>THE ROLE AND PERSPECTIVE OF THE USE OF METAL NANOPARTICLES IN THE CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS.....</b>	16
<i>Ihor KUPCHUK, Yevhenii VOLYNETS</i> <b>REVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES FOR INACTIVATION OF ANTI-NUTRIENTS IN SOYBEANS.....</b>	26
<i>Vadym PAZIUK, Oleksii TOKARCHUK, Serhii SHAPOVALIUK</i> <b>HEAT PUMPS AS AN ENERGY-EFFICIENT MEANS OF GRAIN DRYING.....</b>	33
<i>Sergiy BURLAKA, Roman YAROSHCHUK</i> <b>TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF A MIXED FUEL FILTER FOR DIESEL AND BIOFUELS.....</b>	41
<i>Sergii SHARGORODSKIY, Vadym HALANSKYI</i> <b>JUSTIFICATION OF CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE STRIP-TILL SECTION FOR STRIP TILLAGE WITH THE APPLICATION OF FERTILIZERS.....</b>	47
<i>Vitalii YAROPUD</i> <b>STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING PROCESS OF THE MECHATRONIC SYSTEM OF ENSURING THE MICROCLIMATE OF ANIMAL PREMISES.....</b>	56

**II. AGROENGINEERING**

<i>Elchyn ALIIEV, Petro BEZVERKHNIY, Olha ALIIEVA</i> <b>РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАСПОКОЮВАЧА НАСІННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ВИСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ.....</b>	73
<i>Anatoliy HRYTSUN, Olena SOLONA</i> <b>OVERVIEW OF MECHANIZED CARE EQUIPMENT BY THE HOOVES OF CATTLE.....</b>	82
<i>Serhii BURLAKA, Oleksandr HALUSHCHAK, Dmytro BORYSIUK, Vladyslav BARANOV</i> <b>RESEARCH OF THE TRAJECTORY OF THE MOVEMENT OF FUEL PARTICLES IN THE MIXER.....</b>	89
<i>Anatoliy YELENYCH</i> <b>DESIGN FEATURES OF GRAIN HARVESTING COMBINEERS CASE IH "AXIAL-FLOW" SERIES.....</b>	95
<i>Dmytro KONDRATUK, Olena TRUKHANSKA, Maksym PRIADKIN</i> <b>ANALYSIS OF ROTARY MOWER DESIGNS – CONDITIONERS.....</b>	106

**III. ELECTRICAL ENERGY, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS**

<i>BOIKO Serhii, ZHUKOV Oleksii, KOVAL Andriy BOMBIK Vdym</i> <b>PRINCIPLES OF APPLICATION OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN REGIONS WITH LIMITED DRINKING WATER RESOURCES.....</b>	115
<i>Valerii HRANIAK, Valentyn ROHACH</i> <b>CONCEPT OF IMPLEMENTATION OF PRECISION MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM OF COLLECTOR ENGINE OF CNC MACHINE.....</b>	122
<i>Viktor DUBCHAK, Liudmyla NOVYTSKA, Elvira MANZHOS</i> <b>MATHEMATICAL MODEL OF A LARGE RESERVOIR, ESTABLISHING AND FINDING ITS MAIN ENERGY CHARACTERISTICS.....</b>	129
<i>Oleksii TOKARCHUK, Dina TOKARCHUK, Mykola MYTKO, Vladyslav BAHRII</i> <b>MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND MATERIALS FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF SOLAR PANELS.....</b>	140



УДК 631.372/62.191

DOI: 10.37128/2520-6168-2024-1-12

**АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОТАЦІЙНИХ КОСАРОК – ПЛЮЩИЛОК**

**КОНДРАТЮК Дмитро Гнатович**, к.т.н., доцент  
**ТРУХАНСЬКА Олена Олександрівна**, к.т.н., доцент  
**ПРЯДКІН Максим Олександрович**, аспірант  
Вінницький національний аграрний університет

**Dmytro KONDRATUK**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
**Olena TRUKHANSKA**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
**Maksym PRIADKIN**, Postgraduate Student  
Vinnytsia National Agrarian University

*Невід'ємною операцією будь якої технології заготівлі сіна є скошування трави, від якості виконання якого залежить збір сіна з одиниці площі, а також відростання отави та врожайність трави в наступні роки. Сучасні ротаційні косарки здатні якісно скошувати трави незалежно від стану стеблостою. Основними різновидами ротаційних косарок є дискові та барабанні. Їхня продуктивність на 20-30 % вища, ніж продуктивність сегментно-пальцьових косарок. Якість сіна в значній мірі залежить від швидкості сушіння вегетативних органів скошених рослин. З метою вирівнювання швидкості сушіння стебел і листків трав ротаційні косарки обладнують вальцьовими або бильними (кондиціонерами) плющильними апаратами. На якість плющення трави впливає матеріал, з якого виготовлені вальці і форма їх поверхні. При однаковому профілю поверхні вальців ефективність плющення сталевими вальцями вища, ніж вкритих полімерними матеріалами. Проте, їх робота супроводжується підвищеними механічними втратами внаслідок обривання листків. З метою більш м'якого режиму роботи плющильних вальців на їх поверхню наносять гуму або поліуретан. Рифлені вальці інтенсивніше плющать траву, ніж гладенькі. Вальцьові плющильні апарати забезпечують якісну роботу в тому випадку, коли в зазор між вальцями подається рівномірний за товщиною шар трави. В протилежному - збільшується кількість не плющених стебел.*

*Плющильні апарати вальцьового типу менш жорстко діють на траву, ніж плющильні апарати динамічної дії, тому з метою зменшення втрат від обривання листків і суцвіт'я їх рекомендують використовуватися для роботи з бобовими травами. Оскільки плющильні апарати динамічної дії в меншій мірі чутливі до нерівномірності подачі маси, то їх доцільно використовувати при скошуванні трав з нерівномірною густиною травостою та злакових трав.*

**Ключові слова:** трава, плющення, апарат, вальці, біла, кондиціювання, швидкість, сушіння.

**Рис. 12. Літ. 13.**

---

**1. Постановка проблеми**

Першою і невід'ємною операцією будь якої технології заготівлі сіна є скошування трав, яке повинно бути здійснено в оптимальні терміни з дотриманням агротехнічних вимог. Важливу роль при виконанні цієї операції відіграє висота стерні, яка впливає на збір сіна з одиниці площі, а також на відростання отави та врожайність трави в наступні роки [1].

При низькому скошуванні трав збір сіна може бути максимальним, проте другий укіс може бути значно меншим, через те що відростання травостою після скошування залежить від висоти стерні. Трави відростають дружно, якщо зрізання проведене вище точки росту, і повільніше - при її пошкодженні. Вибір оптимальних строків та висоти скошування трав є однією з головних умов раціонального використання травостоїв [1]. Із вищезазначеного випливає, що до косарок висувається ряд вимог, які обумовлюються їх експлуатацією та біологією рослин.

У світовій практиці для скошування трав здебільшого використовують ротаційні косарки. Тут і далі під терміном ротаційні косарки розуміємо косарки без підпірного зрізування з обертовим рухом різальних елементів (ножів) навколо вертикальних осей. Ротаційні косарки бувають барабанними і дисковими їх обладнують вальцьовими або бильними (кондиціонерами) плющильними апаратами.

Сьогодні на ринку сільськогосподарської техніки України споживачам пропонуються ротаційні косарки багатьох зарубіжних фірм Krone, Claas, Deutz Fahr, Pöttinger, Niemeyer, Fella, John Deere та ін.



виробників. Слід зазначити, що фірми – виробники пропонують не одну, а ряд уніфікованих косарок, які за способом приєднання до трактора можуть бути причіпними, фронтально начіпними, задньоначіпними з право та лівобічним розміщенням. Наявність зазначених типів косарок дозволяє створювати варіанти їх комбінацій (фронтальна-задньоначіпна правобічна, фронтальна – начіпні право і ліво стороння). Комбінації різних косарок дозволяють скошувати за один прохід смугу травостою шириною до 10 м [1, 2, 3].

Постійне удосконалення конструкції ротаційних косарок спрямоване на підвищення споживчих властивостей, що передбачає збільшення номенклатури базових моделей і модифікацій; створення машин, які вирізняються високою продуктивністю і якістю виконання технологічних процесів, підвищеною надійністю, покращеним дизайном, спрощеним технічним обслуговуванням та ін.

Для ефективного вибору та використання косарок потрібно знати їхню будову, умови використання, особливості виконання технологічного процесу. Потрібно також уміти виконувати технологічні налаштування, що відповідають найвищій продуктивності при мінімальних втратах урожаю та затратах праці, що безумовно сприяє зниженню собівартості заготовлі сіна.

---

## 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналізу конструкцій сінозбиральних машин присвячено ряд досліджень та публікацій [3, 5-7, 13].

В роботі [3] розглянуто конструкції косарок з різними типами різальних апаратів та оцінено ефективність їх за агротехнічними, експлуатаційно-технологічними, енергетичними та економічними показниками. Зроблено висновок, що зарубіжні косарки виробництва фірми Kuhn мають високі функціональні показники, надійні в роботі. Однак, зважаючи на їх високу вартість, такі косарки доцільно використовувати у великих господарствах. Косарки виробництва UNIA group і Agromech (Польща) та SIP Strojna Industrija d.d. досить вдало поєднують в собі задовільний технічний рівень та доступні ціни.

В. Роженко із співавторами проаналізувавши стан техніки для заготовлі сіна стверджують, що продуктивність ротаційних косарок на 20-30 % вища, ніж продуктивність сегментно-пальцевих косарок зі зворотно-поступальним рухом ножів, а барабанні косарки ідеально підходять для роботи на перезволожених та заболочених ґрунтах [5].

У статті [5] здійснено порівняльний аналіз конструкцій та техніко-економічних показників різних косарок. Показано переваги та недоліки. Запропоновано рекомендації щодо використання іноземних та вітчизняних машин на скошуванні рослинної маси.

У статті Л. Шкоробада [6] викладено аналіз результатів випробувань машин для технологій заготовлі пресованого і розсипного сіна, зокрема косарок, косарок-плющилок, грабель-валкоутворювачів, причепів-підбирачів, самозавантажувальних причепів-рулоновозів, перегрібачів, рулонних і пакових прес-підбирачів. Зроблено висновок, що комплекси машин для різних технологій сінозаготовлі виробництва фірм Kuhn та SIP Strojna Industrija d.d мають високі функціональні показники, надійні в роботі. Застосування цих комплексів машин в українських господарствах дозволить провести заготовлю сіна в оптимальні терміни з дотриманням вимог до виконання технологічних операцій.

В праці [7] зазначається, що сучасні ротаційні косарки здатні високоякісно скошувати різні трави незалежно від стану стеблостою. Основними різновидами ротаційних косарок є дискові та барабанні. Описано особливості конструкцій косарок компаній John Deere, Kuhn та Krone.

---

## 3. Виклад основного матеріалу

Прагнення до підвищення продуктивності, якості та надійності виконання технологічного процесу, зменшення трудомісткості технічного обслуговування призвело до створення великої кількості машин для скошування трав [4].

При заготовлі сіна спостерігається нерівномірне висихання окремих частин рослин. Листя сохне значно швидше стебел. Це призводить до їх пересихання і втрачання внаслідок оббивання робочими органами машин під час ворушіння, згрібання та виконання інших операцій.

Листя люцерни містить у 2–3 рази більше поживних речовин і в 10–15 разів більше каротину, ніж стебла, а тому при заготовлі сіна треба намагатися зберегти максимальну кількість листя, а процес сушіння у покосах і валках скоротити до мінімуму. Якщо прогледіти оптимальну вологість для згрібання прив'яленої маси, то втрата листя може досягти 50 % і більше від загальної маси [9, 10].



Рівномірне сушіння всіх частин рослин може бути досягнуто за рахунок руйнування цілісності стебел і бокових пагонів, тобто плющення рослинної маси. Крім того, цей захід сприяє скороченню терміну сушіння трави при заготівлі сіна [8].

За даними [10] завдяки плющенню швидкість вологовіддачі в стебел зростає на 25–30 % і практично зрівнюється з швидкістю вологовіддачі листків, забезпечуючи рівномірність сушіння всієї рослинної маси.

Ротаційні косарки обладнують вальцьовими або бильними (кондиціонерами) плющильними апаратами.

Плющення трави вальцьовими апаратами являє собою процес проходження рослинної маси між двома паралельними розміщеними циліндричними вальцями з зустрічним обертанням, які з певним зусиллям стискають рослинну масу, що призводить до утворення в стеблах трави тріщин. При сушінні трави в результаті деформації стебел вони збільшуються і забезпечують значно швидше випаровування із них вологи [12].

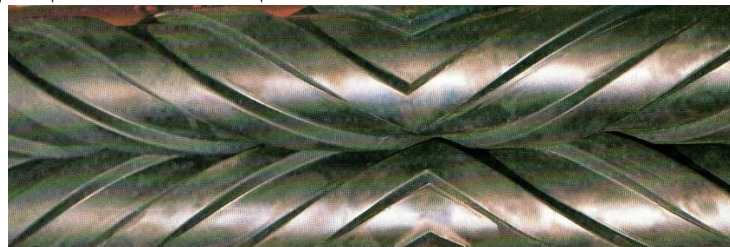
За конструктивним виконанням вальцеві плющильні апарати однотипні і мають пару вальців, які розміщені один над одним. Верхній валець підпружинений і може переміщуватись відносно нижнього за рахунок установки корпусів підшипників у напрямних пристроях. Ступінь плющення трави регулюють зусиллям стискання пружин. Процес роботи такого плющильного апарата відбувається наступним чином (рис. 1). Зрізана різальним апаратом трава захватується плющильними вальцями, які обертаються в зустрічному напрямку, проходить через зазор між вальцями, де відбувається плющення стебел рослин.



*Рис. 1. Схема роботи вальцьового плющильного апарата: 1 – різальний апарат; 2 – плющильні вальці; 3 – рослинна маса.*

Геометрична форма і матеріал поверхні плющильних вальців різноманітні. Використовуються вальці сталеві і обгумовані, гладенькі, ребристі та рифлені з прямими і спіральними пазами. Глибина пазів і кут нахилу їх до твірної поверхні вальців різноманітні [9].

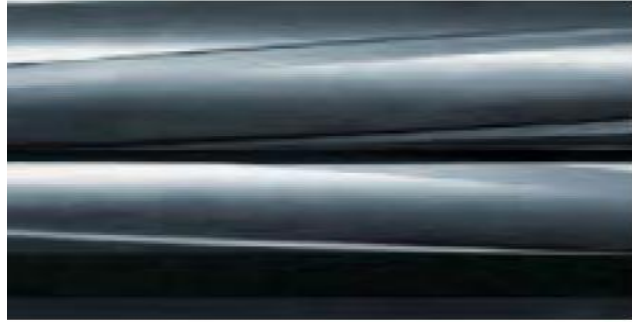
Цікаву конструкцію спіральних вальців запропонували фірми Kuhn та Claas (рис. 2). Спіральні виступи кожного із вальців навиті від центрів у взаємно протилежних напрямках. Це дозволяє у випадку подачі на плющення нерівномірного за товщиною шару трави розподіляти його за довжиною вальців, що дає змогу підвищити якість плющення.



*Рис. 2. Спіральні плющильні вальці косарки FC 202R фірми Kuhn та Disco 3000 TRC фірми Claas*

Відома конструкція плющильного апарату, оснащеного спіральними вальцями з поліуретановим покриттям із збільшеною площею контакту для плющення і бобових трав в умовах досить низької атмосферної вологості (рис. 3) [4].



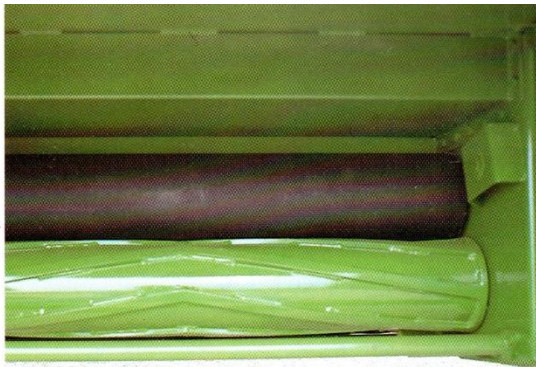


**Рис. 3. Спіральні вальці із збільшеною шириною впадин**

Комбінації вальців, їх розташування один над одним може бути різноманітним. В плющильних апаратах зустрічаються різні тип верхнього та нижнього вальців. Відомі плющильні апарати, в яких нижній валець спіральний, а верхній гладенький (рис. 4) [5].

Верхні і нижні плющильні вальці косарок АМ 202; АМ 242 фірми Krone мають пази змінної ширини і кутом розташування їх до осі вальців (рис. 5).

Металеві плющильні вальці з гладенькою поверхнею використовувалися на початковому етапі розвитку плющильних апаратів косарок. Пізніше були створені ребристі металеві вальці, які не роздавлюють стебла рослин, а їх надломлюють з певним кроком. На сьогоднішній день з метою більш м'якого режиму роботи плющильних апаратів, а відтак й зменшення обривання листків і суцвіть здебільшого використовуються покриті гумою або поліуретаном плющильні вальці.



**Рис. 4. Плющильні вальці косарок АМ 202; АМ 242 фірми Krone**



**Рис. 5. Плющильний апарат косарок FC 4000 R фірми Kuhn**

На якість плющення, а відтак і динаміку вологовіддачі крім навантаження на вальці та їх колової швидкості значний вплив чинять матеріал, з якого виготовлені вальці і форма їх поверхні.

При однаковому профілю поверхні вальців ефективність сталевих вища, ніж вкритих полімерним матеріалом. Проте, робота сталевих вальців супроводжується значними втратами листків [12]. Тому з метою більш м'якого режиму роботи плющильних вальців, а відтак і зменшення втрат у косарках-плющилках здебільшого використовують вальці, на поверхню яких нанесена гума або полімер. Рифлені та спіральні вальці інтенсивніше плющать траву, ніж гладенькі. Однак, обробіток ними бобових трав призводить до ковзання трави по поверхні вальців в момент затягування її у впадини, а відтак до збільшення втрат від обривання нижніх частин рослин [13].

Вальцеві плющильні апарати забезпечують якісну роботу в тому випадку, коли в зазор між вальцями подається рівномірний за товщиною шар трави. В протилежному – збільшується кількість неплющених стебел.

Косарки-плющилки з ротаційним ріжучим апаратом обладнують, як традиційними (вальцьовими) плющильними апаратами, так і плющильними апаратами динамічної дії, які являють собою горизонтальний вал (барабан) з встановленими на ньому билами.

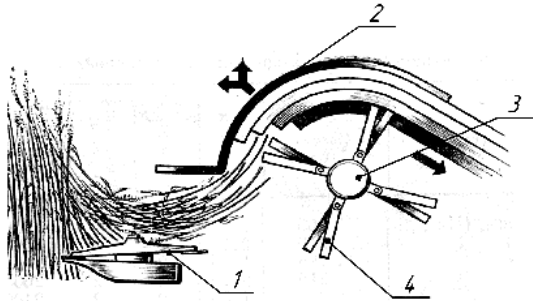
Апарат динамічної дії складається із двох основних елементів: барабана (вала) із встановленими на ньому билами і направляючого кожуха, який охоплює передню частину барабана на певній віддалі.



Технологічний процес роботи плющильного апарата динамічної дії показано на (рис. 6). Горизонтально розміщений барабан (вал), обертаючись з частотою 600–1000 об/хв захвачує билами скошену траву з ріжучого апарата та протягує її по направляючому кожуху. Внутрішня (робоча поверхня) кожуха може бути гладкою або ребристою і виконує функцію гальмування скошеної трави.

В результаті динамічного впливу бил порушується цілісність стебел, і вони деформуються. Вважається, що поздовжня деформація стебел ефективна для їх інтенсивного сушіння. Цьому значною мірою сприяє і те, що після обробки скошеної сировини бильним барабаном утворюється спущений валок або прокіс, який легко продувається вітром. Використання таких косарок-кондиціонерів сприяє збільшенню швидкості підсушування бобово-злакових сумішей трав у 1,5-1,8 рази порівняно з необробленою травою [9].

В деяких конструкціях косарок, оснащених плющильними апаратами динамічної дії, зокрема модель FC 303GC фірми Kuhn для поліпшення обробітку скошеної трави на направляючому кожусі встановлені додаткові гальмівні елементи, виконані у вигляді грабельної решітки (рис. 7). При протягуванні трави билами між зубами решітки відбувається зламування стебел та пошкодження кутикулярної плівки. Зламування стебел сприяє утворенню пористого валка або прокосу, в якому поліпшується аерація повітря, що сприяє прискореному висушуванню трави.

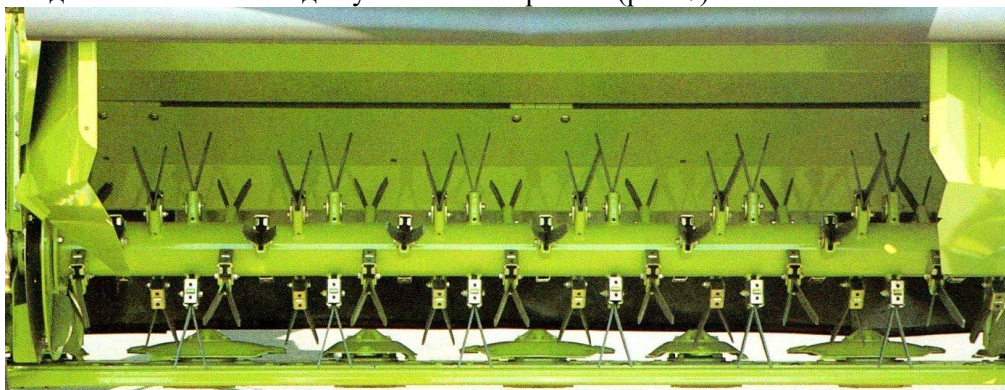


**Рис. 6. Технологічна схема роботи плющильного апарата динамічної дії (кондиціонера): ріжучий апарат; 2 – направляючий кожух; 3 – вал (барабан); 4 – била.**



**Рис. 7. Плющильний апарат динамічної дії косарки FC 303GC фірми Kuhn**

Била плющильних апаратів динамічної дії можуть бути жорстко прикріпленими до валу (рис. 8) або шарнірно підвішеним на осях підвісу бильного барабана (рис. 7).



**Рис. 8. Плющильний апарат косарки Disco 30004 фірми Claas**

За формою виконання била можуть бути V-подібними (рис. 8), циліндричними (рис. 7), виготовленими з відрізків штаби певної довжини (рис. 9).

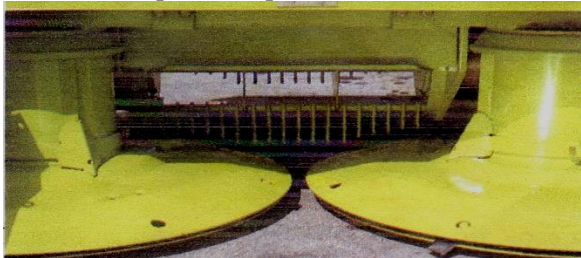


**Рис. 9.** Загальний вигляд плющильного апарату динамічної дії косарок AM 242C та AM 202C фірми Krone.

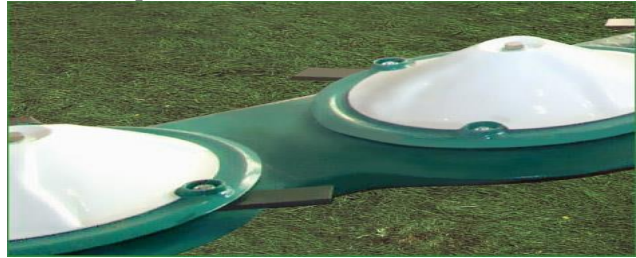
З метою зменшення металоємності відомі конструкції косарок, в яких була плющильних апаратів динамічної дії виконанні із полімерних матеріалів, зокрема модель ALTERNA 500R, FG 243 G II Lift-control фірми Kuhn [1, 4].

Плющильні апарати динамічної дії в меншій мірі чутливі до нерівномірності подачі маси, ніж вальцеві плющильні апарати. Однак, при обробі цими апаратами бобових трав збільшуються механічні втрати за рахунок оббитих листків та суцвіть [11]. Це спонукало виробників випускати косарки, які можуть комплектуватися вальцьовими або плющильними апаратами динамічної дії. Наприклад, фірма Kuhn випускає косарки Easy Cut 2800 CV, Easy Cut 2800 CRi, які мають однакову ширину захвату, але модель типу CV обладнують кондиціонером з V-подібними металевими билами, а модель CRi плющильними вальцями спірального типу.

Ротаційні косарки бувають з верхнім, нижнім та комбінованим приводом. Косарки з верхнім приводом мають барабани, які змонтовані на вертикальних консольних валах. Привод барабанів з ножами здійснюється зверху, внаслідок чого несуча рама розміщена над рослинами, під якою відбувається їх скошування (рис. 10). В косарках з нижнім приводом скошування трав здійснюється над несучою рамою коробчастої форми, в якій розміщений привод роторів, а самі ротори з ножами встановлені зверху рами (рис. 11). В ротаційних косарках з комбінованим приводом ріжучих елементів крайні ротори мають верхній привід, а середні – нижній (рис. 12). Така конструкція приводу дозволяє підвищити жорсткість рами, а відтак і надійність роботи косарки.



**Рис. 10.** Плющильний апарат динамічної дії косарок з верхнім приводом Corto 165N (185N та 210N) фірми Claas.



**Рис. 11.** Ротаційна косарка KRN – 2,1Б з нижнім приводом роторів.



**Рис. 12.** Ротаційна косарка FC 202 з комбінованим приводом роторів фірми Kuhn

В ротаційних косарках-плющилках з нижнім приводом довжина плющильного апарату приблизно дорівнює ширині захвату ріжучого (рис. 8), а в косарок-плющилок з верхнім приводом є меншою, оскільки його встановлюють між барабанами (рис. 10).



Ширина захвату ротаційних косарок з верхнім приводом не перевищує 3,05 м, а діаметр барабанів – 1,1 м. Кількість барабанів у цих косарках залежить від ширини захвату і складає два або чотири, а кількість ножів на барабані від 2 до 4 штук. Наприклад, косарка CORTO 310 N фірми Claas має чотири ротори її ширина захвату становить 3,05 м, а на кожному барабані встановлено по три ножі.

В ротаційних косарках з нижнім приводом кількість дисків (роторів) становить від 4 до 8. Проте відомі конструкції косарок, зокрема, модель GM 4410 LIST-control фірми Kuhn, яка має 10 роторів. В залежності від кількості дисків ширина захвату цих косарок коливається в межах від 2 до 4,35 м. Діаметри роторів, на відміну від діаметрів барабанів косарок з верхнім приводом, змінюються незначно і в середньому становлять 0,45 м. Середня швидкість різання (лінійна швидкість ножів) становить 70 м/с, що дещо менше, ніж у косарок з верхнім приводом [4-6].

При нижньому приводі ріжучих елементів скошена трава укладається в прокіс, а при верхнім – формується у валок. В результаті випробувань ротаційних косарок з нижнім і верхнім приводом встановлено, що косарки з нижнім приводом мають меншу питому металоємність і в меншій мірі оббивають під час скошування листки і суцвіття [13].

Однією із особливостей конструкцій ротаційних косарок є оснащення їх пружинними замками кріплення ножів. Це дозволяє швидко здійснювати заміну ножів, що сприяє зменшенню трудомісткості технічного обслуговування та поліпшує умови праці обслуговуючого персоналу [13].

Плющильні робочі органи вальцьового типу менш жорстко діють на рослинну масу, ніж плющильні робочі органи барабанного типу, тому використовуються для роботи переважно з бобовими культурами, барабанного типу - зі злаковими.

#### 4. Висновки

1. Невід'ємною операцією будь якої технології заготівлі сіна є скошування трав, від якості виконання якого залежить збір сіна з одиниці площі, а також відростання отави та врожайність трави в наступні роки.

2. Сучасні ротаційні косарки здатні з високою якістю скошувати різні трави незалежно від стану стеблостою. Основними різновидами ротаційних косарок є дискові та барабанні. Їх продуктивність на 20-30 % вища, ніж продуктивність сегментно-пальцьових косарок.

3. Якість сіна в значній мірі залежить від швидкості сушіння вегетативних органів скошених рослин. З метою вирівнювання швидкості сушіння стебел і листків трав ротаційні косарки обладнують вальцьовими або бильними (кондиціонерами) плющильними апаратами.

4. На якість плющення трави впливає матеріал, з якого виготовлені вальці і форма їх поверхні. При однаковому профілю поверхні вальців ефективність плющення сталевими вальцями вища, ніж вкритих полімерними матеріалами. Проте, їх робота супроводжується підвищеними механічними втратами внаслідок обривання листків. З метою більш м'якого режиму роботи плющильних вальців на їх поверхню наносять гуму або поліуретан. Рифлені вальці інтенсивніше плющать траву, ніж гладенькі. Вальцьові плющильні апарати забезпечують якісну роботу в тому випадку, коли в зазор між вальцями подається рівномірний за товщиною шар трави. В протилежному – збільшується кількість неплющених стебел.

5. Плющильні апарати вальцьового типу менш жорстко діють на траву, ніж плющильні апарати динамічної дії, тому з метою зменшення втрат від обривання листків і суцвіть їх рекомендують використовувати для роботи з бобовими травами. Оскільки плющильні апарати динамічної дії в меншій мірі чутливі до нерівномірності подачі маси, то їх доцільно використовувати при скошуванні трав з нерівномірною густиною травостою та злакових трав.

#### Список використаних джерел

1. Косарка-плющилка KUHN FC 3161 TCR: вебсайт. URL: <https://www.titanmachinery.ua/silskogospodarski-mashini/kosarki-1/kosarka-plyushchilka-fc-3161-tcr.html> (дата звернення 10.03.2024 р.)
2. Адамчук В. В., Фененко А. І., Кузьменко В. Ф. та ін. Механізація та автоматизація виробництва молока. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М. 2020. 368 с.
3. Кондратюк Д. Г., Григоришен В. М., Труханська О. О. (). Класифікація машин для ворущіння, згрібання і перевертання трав. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2009. № 2. С. 109–112.



4. Жаріков А. Аналіз конструкцій та результатів досліджень машин для скошування трав. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2014. Вип. 18 (1). С. 331–339.
5. Роженко В., Філоненко Л., Балабуха С. Сучасна техніка для заготівлі сіна. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 12. С. 36–38.
6. Шкоропад Л. (). Комплекси машин для технологій сінозаготівлі. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 7 (94). С. 7–11.
7. Малаков О. І. Сучасний стан технічного рівня машин для скошування трав на сіно. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. № 2 (101). С. 139–144.
8. Жуков В. П., Панько В. В., Труханська О. О. Оцінка технологічних прийомів сухого фракціювання сіна природного сушіння для отримання гранул. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2013. Вип. 2 (72), Т. 1. С. 12–18.
9. Смолінський С., Смолінська А., Марченко В. (2017). Косарки для заготівлі якісних кормів. *Агроексперт*, № 5, с. 58–62. URL: <https://agroexpert.ua/kosarky-dlia-zahotivli-iakisnykh-kormiv/>
10. Жуков В. П., Гончар Л. О., Кузьменко В. Ф., Холодюк О. В. Швидкість вологовіддачі люцерни посівної та її сумішок із злаковими травами при динамічному плющенні в потоці. *Корми і кормовиробництво*. 2022. Вип. 94. С. 94–104.
11. Заготівля сіна: вебсайт. URL: <http://agro-semena.com.ua/uk/porady-naukovciv/zagotivlya-sina.html> (дата звертання 10.03.2024 р.)
12. Характеристика технологічних процесів плющення. Агротехнічні вимоги: вебсайт. URL: <https://tandf.in.ua/animal-feed-conditioning> (дата звернення 10.03.2024 р.)
13. Комаха В. П. Удосконалення технологічного процесу та обґрунтування параметрів косарки-плющилки: дис....канд. техн. наук : 05.05.11. Вінницький нац. аграрний ун-т. Вінниця. 2012. 163 с.

#### References

- [1] Kosarka-plyushchylka KUNH FC 3161 TCR: vebsait. URL: <https://www.titanmachinery.ua/silskogospodarski-mashini/kosarki-1/kosarka-plyushchilka-fc-3161-tcr.html>. [in Ukrainian].
- [2] Adamchuk, V.V., Fenenko, A.I. (Eds.). (2020). *Mekhanizatsiya ta avtomatyzatsiya vyrobnytstva moloka*. Nizhyn: Vydavets' PP Lysenko M.M. [in Ukrainian].
- [3] Kondratiuk, D.H., Hryhoryshen, V.M., Trukhanska, O.O. (2009). Klyasyfikatsiia mashyn dlia vorushinnia, zghribannia i perevertannia trav. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu*, 2, 109–112. [in Ukrainian].
- [4] Zharikov, A. (2014). Analiz konstruktсии ta rezultativ doslidzhen mashyn dlia skoshuvannia trav. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, 18 (1), 331–339. [in Ukrainian].
- [5] Rozhenko, V., Filonenko, L., Balabukha, S. (2014). Suchasna tekhnika dlia zahotivli sina. *Tekhnika i tekhnologii APK*, 12, 36–38. [in Ukrainian].
- [6] Shkoropad, L. (2017). Kompleksy mashyn dlia tekhnologii sinozahotivli. *Tekhnika i tekhnologii APK*, 7 (94), 7–11. [in Ukrainian].
- [7] Malakov, O.I. (2018). Suchasnyi stan tekhnichnoho rivnia mashyn dlia skoshuvannia trav na sino. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2 (101), 139–144. [in Ukrainian].
- [8] Zhukov, V.P., Panko, V.V., Trukhanska, O.O. (2013). Otsinka tekhnologichnykh pryiomiv sukhooho fraktsiiuvannia sina pryrodnoho sushinnia dlia otrymmanna hranul. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia: Silskohospodarski nauky*, 2 (72), 1, 12–18. [in Ukrainian].
- [9] Smolinskyi, S., Smolinska, A., Marchenko, V. (2017). Kosarky dlia zahotivli yakisnykh kormiv. *Agroexpert*, 5, 58–62. URL: <https://agroexpert.ua/kosarky-dlia-zahotivli-iakisnykh-kormiv>. [in Ukrainian].
- [10] Zhukov, V.P., Honchar, L.O., Kuzmenko, V.F., Kholodiuk, O.V. (2022). Shvydkist volohoviddachi liutserny posivnoi ta yii sumishok iz zlakovymy travamy pry dynamichnomu plyushchenni v pototsi. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 94, 94–104. [in Ukrainian].
- [11] Zahotivlia sina: vebsait. URL: <http://agro-semena.com.ua/uk/porady-naukovciv/zagotivlya-sina.html> [in Ukrainian].



- [12] Kharakterystyka tekhnolohichnykh protsesiv pliuschennia. Ahrotekhnichni vymohy: vebсайт. URL: <https://tandf.in.ua/animal-feed-conditioning> [in Ukrainian].
- [13] Komakha, V.P. (2012). Udoskonalennia tekhnolohichnoho protsesu ta obgruntuvannia parametriv kosarky-pliuschhylky: dys. kand. tekhn. nauk : 05.05.11. Vinnytskyi nats. ahrarnyi un-t. Vinnytsia. [in Ukrainian].

### ANALYSIS OF ROTARY MOWER DESIGNS – CONDITIONERS

*An integral operation of any technology of harvesting hay is mowing the grass, the quality of which depends on the collection of hay from a unit of area, as well as the growth of grass and the yield of grass in the following years. Modern rotary mowers are able to cut grass with high quality, regardless of the state of the stem. The main types of rotary mowers are disc and drum. Their productivity is 20-30% higher than the productivity of segment-finger mowers. The quality of hay largely depends on the drying speed of the vegetative organs of the mown plants. In order to equalize the drying speed of grass stems and leaves, rotary mowers are equipped with roller or impact (conditioners) flattening devices. The quality of grass flattening is affected by the material from which the rollers are made and the shape of their surface. With the same profile of the surface of the rollers, the efficiency of flattening with steel rollers is higher than with those covered with polymer materials. However, their work is accompanied by increased mechanical losses due to leaf breakage. In order to make the flattening rollers work smoother, rubber or polyurethane is applied to their surface. Fluted rollers flatten the grass more intensively than smooth rollers. Roller flatteners provide high-quality work when a layer of grass of uniform thickness is fed into the gap between the rollers.*

*On the contrary, the number of unflattened stems increases. Roller-type tedders are less harsh on the grass than dynamic tedders, therefore, in order to reduce losses from breaking off leaves and inflorescences, they are recommended for working with leguminous grasses. Since the flattening devices of dynamic action are less sensitive to the unevenness of the mass supply, it is advisable to use them when mowing grasses with an uneven density of grass and cereal grasses.*

**Key words:** grass, flattening, apparatus, rollers, beats, conditioning, speed, drying.

**Fig. 12. Ref. 13.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**КОНДРАТЮК Дмитро Гнатович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, [kondratuk@vsau.vin.ua](mailto:kondratuk@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-1827-1717>).

**ТРУХАНСЬКА Олена Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [seaswallow@ukr.net](mailto:seaswallow@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-8481-8878>).

**ПРЯДКІН Максим Олександрович** – аспірант кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [makspradkin4@gmail.com](mailto:makspradkin4@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0003-7008-4262>).

**Dmytro KONDRATUK** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering and Technical Services of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya St., Vinnitsa, Ukraine, 21008, [kondratuk@vsau.vin.ua](mailto:kondratuk@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-1827-1717>).

**Olena TRUKHANSKA** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering and Technical Service of Vinnytsia National Agrarian University (Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: [seaswallow@ukr.net](mailto:seaswallow@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-8481-8878>).

**Maksym PRIADKIN** – Postgraduate Student of the Department of Agroengineering and Technical Service of Vinnytsia National Agrarian University (Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: [makspradkin4@gmail.com](mailto:makspradkin4@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0003-7008-4262>).