

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОГЛЯДУ ЗА МІЖРЯДДЯМИ САДІВ

Семірненко Світлана Леонідівна

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-9304-3637

svitlana.semirnenko@snau.edu.ua

Семірненко Юрій Іванович

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-4230-4614

yurii.semirnenko@snau.edu.ua

Садівництво є окремою галуззю сільськогосподарського виробництва, тому потребує особливих умов як до виконання технологічних операцій, так і до техніки. Здебільшого, та техніка, яка призначена для вирощування польових культур, не забезпечує якісного виконання операцій по догляду в садівництві.

Так, для скошування травостою в міжряддях садів, косарки повинні забезпечувати не тільки рівномірність зрізу, а й подрібнення маси та запобігання пошкодженню дерев.

Відсутність засобів механізації, зокрема косарок, які здатні виконувати технологічний процес відповідно до агротехнічних вимог, забезпечувати якісний зріз, подрібнення та переміщення маси у стовбурну смугу негативно впливає на продуктивність садів та конкурентоспроможність даної галузі.

В статті проведений аналіз сучасного стану садівництва в Україні та Сумській області, який вказав на недостатню конкурентну спроможність нашого садівництва із садівництвом західноєвропейських країн. Проведений аналіз способів утримання міжрядь садів показав на доцільність застосування способу утримання міжрядь садів залужуванням. В результаті аналізу було визначено, що для забезпечення скошування травостою у міжряддях та можливості проведення мульчування пристовбурової смуги при скошуванні, доцільно використовувати роторну косарку з ротаційний різальним апаратом із вертикальною віссю обертання. Проведені теоретичні дослідження по визначенню основних параметрів лопаті, форми лопаті для удосконалення косарки, було отримано рівняння руху частинки стебла по лопаті.

Проведені дослідження по визначенню впливу на рівномірність висоти зрізу різних типів лопатів роторів та дослідження по визначенню відхилення середньої та максимальної висоти стерні від заданої висоти зрізу також вказують на доцільність застосування криволінійних лопатів ротора.

Визначено вплив геометричних параметрів лопаті на дальність вильоту часток рослинної маси. Був вибраний раціональний кут кривизни лопаті. Експериментально було визначено середнє значення ширини покриття пристовбурової смуги та рівномірність мульчування міжрядь та пристовбурової смуги при використанні удосконаленої косарки.

Ключові слова: садівництво, скошування, рослинність, міжряддя, косарка, різальний апарат, пристовбурова смуга, розподіл, висота стерні, лопать, мульчування.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.11>

Вступ. В нашій країні гостро стоїть питання продовольчої безпеки стосовно продукції садівництва. Слід зазначити, що імпорт деякої продукції садівництва в Україні перевищує половину від загального об'єму даної продукції на ринку. По імпорту яблук це 20–30%. Одною із основних проблем великого відсотку даної продукції на нашому ринку є специфіка ведення даного господарства: великі капіталовкладення, підвищені терміни окупності, організація технологічного процесу садівництва і т. ін. Також, особливістю даного виробництва є те, що землі під садами багато років не можуть бути використані під інші культури, а тому потребують особливого догляду.

Саме в теперішній час агротехнічні заходи в технології інтенсивного садівництва направлені на забезпечення системи утримання ґрунтів у міжряддях садів. Основу цього догляду складає скошування рослинності у міжряддях садових насаджень.

Матеріали і методи досліджень. Загальна методика досліджень передбачала розробку передумов з пошуку раціонального технологічного процесу видалення деревно-чагарникової рослинності для конкретних умов, їх експериментальну перевірку в польових умовах, а також ефективність роботи.

Експериментальні дослідження виконувались на основі загальноприйнятих методик із застосуванням вимірювальної апаратури, а також з використанням теорії планування багатofакторного експерименту.

Для обробки експериментальних результатів досліджень застосовані основні методи математичної статистики, теоретичної механіки, теорії лопатевих машин, газової динаміки, комп'ютерного моделювання. Експериментальні дані опрацьовували за допомогою прикладних програмних пакетів Microsoft Excel, Компас 3D, STATISTICA 6.

Результати досліджень. Вітчизняні машинобудівники та постачальники зарубіжної техніки наповнили

український ринок технікою для скошування травостою, спроможною в різних виробничих умовах якісно і без втрат збирати трави на сіно. Але дана техніка не відповідає у повній мірі вимогам догляду за міжряддям садів. Це стосується у значній мірі вирішення питань скошування полеглих трав у міжряддях садів, забезпечення покриття пристовбурової зони саду трав'яною мульчою при косінні міжрядь і т. ін. (Karaiev, 2010; Herasko et al., 2019; Mihalov et al., 2012; Turrini et al., 2017). Якісне виконання даної операції можливе не лише за умови дотримання термінів виконання даної операції, а й за умови правильного вибору косарок необхідної продуктивності, якості скошування трав та енергозощадження при виконанні даної операції.

Вирішенням даної проблеми займалися такі вчені як Лебедев А. Т., Догода П. А., Маслов Г. Г., Трубилін Е. І. та ряд інших дослідників.

Так, в Сумській області найбільші площі припадають на напівкарликові та середньорослі сади (близько 72 %). У більшості господарств, що займаються садівництвом розповсюджена схема посадки садів 3x5м. При даній схемі посадки яблунь середнє значення виступу гілок у бік міжрядь буде становить 1,42 м. При цьому «відкрита» ширина міжрядь при застосуванні даної схеми буде становити 2,16 м. Коренева система яблунь на 94 % розміщується в радіусі 1 метра від штамба (Butylo, 2011; Slobodianyk, 2017).

На даний час у садівництві застосовуються два способи утримання міжрядь садів: традиційний – паровий та залужуванням (Turrini et al., 2017; Slobodianyk, 2017; Yemets, 2013; Butylo & Berehulia, 2007). Традиційний спосіб залишається найбільш поширеним не дивлячись на ряд недоліків. Він включає в себе весняну та осінню відвальну оранку, внесення добрив, декілька культурвацій ґрунту. Це призводить до руйнування структури ґрунтів, пересихання поверхневого шару міжрядь у літній період за рахунок чорноти поверхні та її постійного розрихлення, виникає небезпека ерозії вказаних ґрунтів, підвищення енергозатрат (Herasko et al., 2019; Butylo & Berehulia, 2007).

У теперішній час зі зміною кліматичних умов у світі і, відповідно, у нашій країні змінилися підходи до технологій догляду за сільськогосподарськими культурами вцілому, у тому числі й за фруктовими садами. Тому для Сумщини найбільш прийнятним є другий спосіб догляду за садами. З метою не перегріву ґрунту і збереження вологи застосовується залужування міжрядь багаторічними травами із періодичним їх скошуванням. Це забезпечує зміну на краще зовнішнього середовища для рослин, а саме: збереження вологи в ґрунті; регулювання температури ґрунту; підвищення врожайності садів, покращення якості продукції (Turrini et al., 2017; Yemets, 2013; Shemiakyn, 2014; Zelazny & Licznar-Malanczuk, 2018; Hutorova, 2012).

При скошуванні трав'яного покриву забезпечується мульчування міжрядь. У якості сидератів використовують злакові, рідше – бобові трави із мілким заляганням кореневої системи та стійкі до затінення (Herasko et al., 2019; Turrini et al., 2017). У залежності від виду трав'яного

покриву, його щільності та висоти у літні місяці вегетації садів, вологість ґрунту була вищою на 2,5–6,0%, ніж без покриття трав'яною рослинністю. Крім того, середня маса плодів яблунь була більшою на 10–20 %, а урожайність яблунь зростала на 12–15 % (Slobodianyk, 2017; Shemiakyn, 2014; Zelazny & Licznar-Malanczuk, 2018).

Оскільки при запропонованій технології догляду за міжряддями садів пристовбурова зона дерев не має рослинного покриву, то вона найбільш піддається негативному впливу зовнішніх факторів: пересушенню ґрунту, вивітрюванню, водянній ерозії і т. ін. Для запобігання даних негативних явищ виконується періодичне покриття її мульчою, що несе додаткові затрати при виробництві продукції садівництва. В той же час, при застосуванні даного способу догляду за міжряддями садів виникає необхідність у скошуванні сидератів на протязі періоду їх вегетації. Як правило, кількість скошувань становить 5–6 разів, кожного разу при вирощанні травостою до 20 см (Butylo, 2001). Скошування, за даними (Тумошок, 2016), підвищує вміст у ґрунті нітратного азоту, аміачного азоту, калію і фосфору. Для забезпечення ефективного скошування сидератів у міжряддях садів найбільшого розповсюдження набули косарки із різальними апаратами безпідпільного різання з ротаційно-дисковими різальними апаратами (Mihalov et al., 2012).

Основним недоліком даних різальних апаратів косарок є подрібнення стебел при застосуванні плоских ножів під час зрізу. Цей недолік є дуже суттєвим при заготівлі сіна на корм худобі, оскільки це приводить до значної втрати даної продукції при її підбиранні. Для умов скошування травостою в міжряддях садів цей недолік переходить в перевагу.

Із проведеного аналізу роботи садових косарок можна зробити наступні висновки. Косарки виконують скошування травостою та розстилення його по міжряддю або в зміщений від прокоосу валок – не забезпечують мульчування пристовбурової полоси саду. Якість косіння полегло, переплутаного та прим'ятого травостою – незадовільна (Mihalov et al., 2012; Linyuk & Novorov, 2016; Тумошок & Шатров, 2018).

Найбільшою проблемою при догляді за міжряддями садів залишається переміщенням скошеної трав'яної маси із міжрядь до стовбурової смуги фруктових дерев. Із цієї задачею садові косарки не справляються. У своїй більшості дані косарки після зрізу розстиляють траву по прокоосу із частковим зміщенням від осі косарки або укладають у валок по центру проходу, чи із зміщенням від центру за рахунок установки та регулювання кута установки відвальної чи відвальних дошок (Linyuk & Novorov, 2016).

Із-за неможливості переміщення зрізаної трав'яної маси до стовбурової смуги виникає необхідність у додаткових затратах на покривання її шаром мульчі (у більшості випадків із застосуванням ручної праці). Як відомо, мульчування потрібне для захисту пристовбурової зони від пересихання ґрунту, вітрової та водної ерозій та деяких інших причин. Цю операцію виконують не менше двох разів за період вегетації садів.

В міжряддях садів значна частина травостою навіть при незначній висоті (до 20 см) має полеглисть та прим'ятість. Це обумовлено декількома факторами: затіненістю, прим'ятістю за рахунок дії рушія сільськогосподарської техніки та робітників, що переміщуються по міжряддю, сплутаності трав'яної маси і т. ін. Як показують дослідження, садові косарки не забезпечують якісного скошування такого травостою. Пояснення цьому наглядно показано на рис. 1.

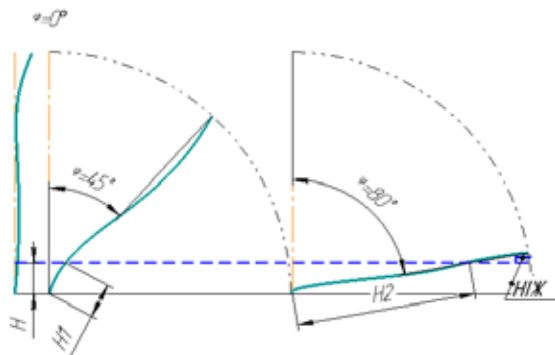


Рис. 1. Залежність висоти стерні травостою від кута полеглисті

При прямостоячому стеблі φ висота зрізу буде H , тобто буде наближено дорівнювати висоті установки ножа косарки. При збільшенні кута нахилу рослин ($\varphi=45^\circ$) висота H_1 буде більшою установленої висоти зрізу. При нахилі стебел від вертикального положення на кут $\varphi=80^\circ$ висота установки ножа може дорівнювати висоті стебел. Тобто, зрізання стебел при певних висотах установки ножа ріжучого апарату косарки, кута нахилу стебел та висоті травостою може зовсім не відбуватися. Значна кількість не зрізаних, або частково зрізаних стебел негативно відображається на виконанні основних задач травостою міжрядь садів.

Не скошена трава продовжує свій ріст, тим самим споживає додатково поживні речовини, які потребують дерева саду, в подальшому дана не скошена трав'яна маса при відростанні скошеної утворює плутанку, що ще більше ускладнює виконання наступного косіння. Для запобігання цих та інших негативних факторів, як правило, для скошування полеглої трави виконують декілька проходів агрегату із зміною напрямку руху при кожному проході. Додаткові проходи агрегату збільшують витрати на вирощування продукції садівництва, і тим самим, знижують конкурентоспроможність самої продукції.

Часткове вирішення даної проблеми можливе за рахунок удосконалення різального апарату косарки шляхом створення додаткового повітряного потоку, який буде підіймати полеглу рослинну масу.

У більшості випадків пристовбурова зона в рядку яблунь обробляється пристовбуровою фрезою (Mihalov et al., 2012; Tekhnika dlia ...). Із схеми посадки саду, пристовбурова зона повинна складати не менше 1,2 м. Враховуючи, що обробіток у більшості досліджуваних нами господарств пристовбурової зони виконувався

виносними фрезами із шириною захвату 1,2 м та враховуючи величину захисної зони до стовбура (мінімальна – 100 мм з кожного боку), ширина пристовбурової зони буде становити 2,6 м. Тоді, ширина міжряддя, засіяного сидератами буде становити 2,35 м. Щоб забезпечити мульчування пристовбурової зони, косарка повинна мати мінімальну ширину захвату, мати два ротори і забезпечувати скошування травостою у міжряддях за два проходи – в протилежних напрямках руху.

Для удосконалення була взята за прототип косарка садова роторна КСР-1,2. На косарці садовій установлюємо ножі тільки довгі, довжиною 150 мм (Mihalov et al., 2012).

Для забезпечення переміщення трав'яної маси до стовбурової зони ми установлюємо на ротори косарки зверху чотири лопаті між ножами косарки.

Технологічний процес скошування проходить наступним чином. При русі агрегату по міжряддю травостій попадає до ножів 1 (рис. 2), що обертаються, і зрізається. Із-за застосування чотирьох прямих ножів на роторі 2 забезпечується ще й додаткове її подрібнення. Після цього зрізана маса за рахунок переміщення косарки, обертання роторів і ножів потрапляє в прокіс. Для придання додаткового прискорення трав'яній масі та створення повітряного потоку і розрідження, відповідно, на роторах установлюємо чотири лопаті 3 між ножами косарки. Лопаті створюють повітряний потік, який частково підіймає полеглу трав'яну масу А (рис. 3), що забезпечує більш рівномірне її скошування. Скошена і частково подрібнена маса потрапляє на лопаті 3 і під дією відцентрової сили з прискоренням вилітає із лопатів. Для забезпечення мульчування пристовбурової смуги зрізаною та подрібненою травою подільники 5 установлюються під гострим кутом до бруса 4 косарки. Регулюванням кута установки лопатів можна досягти більшого чи меншого мульчування пристовбурової смуги Б.

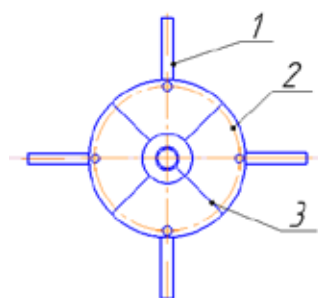


Рис. 2. Удосконалений ротор ріжучого апарату косарки КСР-1,2н: 1 – ніж, 2 – ротор, 3 – лопать.

Маса, яка з прискоренням, що було отримане лопатями роторів, зіштовхується із мисами 5 та захисним кожухом 6 направляється в пристовбурову зону Б, мульчуючи її праву половину (по напрямку руху агрегату).

Дана косарка працює із трактором класу тяги 6 кН. Колова швидкість на кінцях ножів близько 50 м/с, середня швидкість на лопатях – 33 м/с.

Роботу запропонованих лопатей косарки можна розглядати, як роботу відцентрового вентилятора.

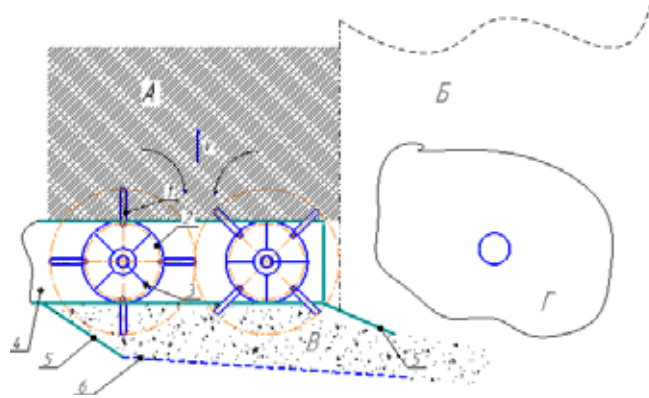


Рис. 3. Удосконалений ротор ріжучого апарата косарки КСР-1,2н: 1 – ніж; 2 – ротор; 3 – лопать; 4 – брус; 5 – подільники; 6 – захисний фартух. А – травостій; Б – пристовбурова смуга; В – скошена та подрібнена маса; Г – крона яблуні

Захоплений лопаттю повітряний потік створює в передній частині ротора розрідження, а в діаметрально протилежній – тиск. Під дією створеного розрідження частина полеглої травостою буде «підійматися» і підводитись до різальної кромки ножа. Цим самим зменшується відсоток не зрізаних стебел, зріз буде більш рівномірним по висоті і, відповідно, підвищиться якість скошування рослинної маси.

Для дослідження переміщення стебел по лопаті нами розглядалися лопаті відцентрових вентиляторів, які поділяються на прямолінійні та криволінійні. У криволінійних лопатей (рис. 4) кути α_1 , α_2 залежать від діаметрів коліс, внутрішнього D_1 і зовнішнього D_2 і визначаються (Arsyrgi et al., 2014):

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (1)$$

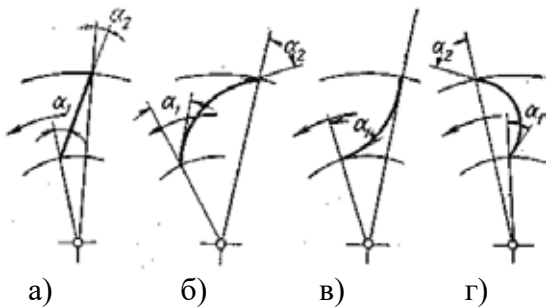


Рис. 4. Форми криволінійних лопатей

У даних лопатей кут α_1 знаходиться у межах від 0 до 55° . За величиною α_2

криволінійні лопаті поділяються на відігнуті назад $\alpha_2 > 0$, із радіальним закінченням $\alpha_2 = 0$, відігнуті вперед $\alpha_2 < 0$, відповідно рис. 4 а), б), в).

Для визначення кривизни лопаті (рис. 5) та радіус R_0 кола центру лопаті застосовують наступні формули:

$$R = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4(D_2 \sin \alpha_2 - D_1 \sin \alpha_1)} \quad (2)$$

$$R_0 = \sqrt{\frac{D_2^2}{4} + R^2 - D_2 R \sin \alpha_2} \quad (3)$$

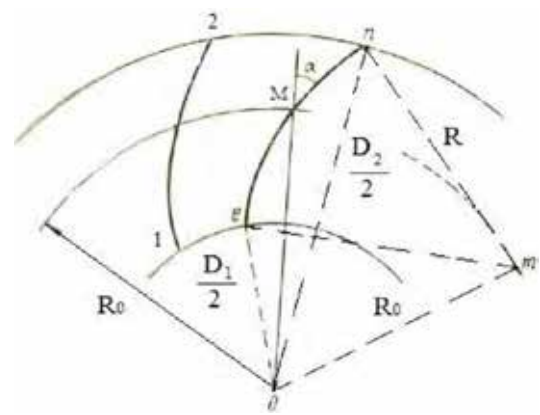


Рис. 5. Визначення геометричних параметрів лопатей

У подальших дослідженнях ми розглядали лопаті прямолінійні, прямолінійні відігнуті назад, криволінійні відігнуті назад. Для побудови профіля лопаті необхідно визначити кути α_1 , α_2 та радіус R .

Розглянемо сили, що діють на подрібнене стебло (рис. 6).

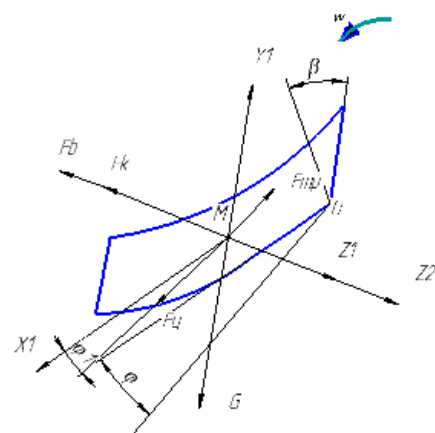


Рис. 6. Сили, що діють на частку стебла

Запишемо рівняння руху частки стебла по лопаті:

$$m\vec{a} = \vec{F}_q + \vec{F}_{mp} + \vec{F}_B + \vec{F}_K + \vec{G} + \vec{N} \quad (4)$$

де m – маса частки стебла, Н;
 a – прискорення частки стебла, м/с²;
 F_q – сила інерції центральна, Н;

$$F_q = m \cdot \omega^2 \cdot \left(r + \frac{x_1 \cdot \cos \varphi}{\cos(\varphi - \varphi_1)} \right) \quad (5)$$

де ω – кутова швидкість обертання ножа, с⁻¹;
 r – радіус лопаті, м;
 x_1 – рух частки стебла по лопаті у поздовж вісі x_1 , м;
 φ_1 – кут між напрямком відцентрової сили і вісі x_1 , рад;
 F_{mp} – сила тертя частки стебла по лопаті, Н:

$$F_{mp} = f \cdot N \quad (6)$$

де f – коефіцієнт тертя частки стебла по лопаті;
 N – сила реакції опори, Н;
 F_B – вітрове навантаження, Н:

$$F_B = k \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot S \cdot \omega^2 \cdot (r + x_1 \cdot \cos \varphi)^2 \quad (7)$$

де k – коефіцієнт опору повітря,
 γ – питома вага повітря, Н/м³;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 S – міделевий переріз частки стебла, м²;
 F_K – Кориолісова сила, Н:

$$F_K = 2 \cdot \omega \cdot m \cdot V_{отн} \quad (8)$$

де $V_{отн}$ – відносна швидкість руху частки стебла по лопаті, м/с;

G – сила тяжіння, Н.

Таким чином, рівняння руху частинки стебла по лопаті буде мати вигляд:

$$ma = m \omega^2 \left(r + \frac{x_1 \cos \varphi}{\cos(\varphi - \varphi_1)} \right) + f N + k \frac{\gamma}{g} S \omega^2 (r + x_1 \cos \varphi)^2 + 2 \omega m V_{отн} + G + N. \quad (9)$$

Експериментальні дослідження проводились в ПрАТ «Сад» Охтирського району. Для проведення досліджень був взятий агрегат, що складався із трактора Т-25Ф та косарки КСР-1,2 із стаціонарними роторами та із установленими на них лопатями. Швидкість руху агрегату на 2 передачі становила 6,2 км/год. При цьому до марки косарки доданий індекс «н».

При проведенні експериментів застосовувались крім стандартних роторів, ще два види роторів із лопатями – прямолінійними радіальними та криволінійними (рис. 7).

На основі проведеного аналізу літературних джерел та теоретичних досліджень були проведені експериментальні дослідження, метою яких є перевірка робочої гіпотези відносно ефективності застосування удосконаленої косарки.

Перед проведенням досліджень були виконані заміри робочої частоти обертання роторів та швидкості повітря на виході скошеної маси із косарки в зоні В (рис. 3). Результати замірів показали, що частота обертання роторів без навантаження становить 2050 с⁻¹, при навантаженні (скошуванні травостою) – 1975 с⁻¹. Швидкість повітря на виході із косарки при використанні стандартних роторів становила 2,6 м/с, при використанні роторів

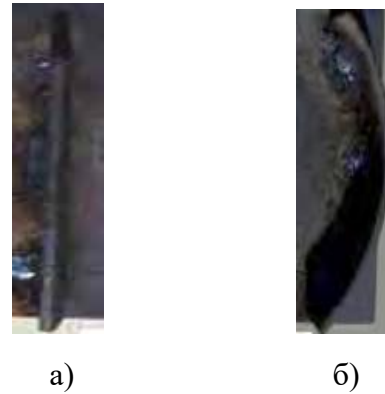


Рис. 7. Експериментальні лопаті: а) прямолінійна радіальна; б) криволінійна

із прямолінійними радіальними лопатями, подільниками та захисним фартухом – 4,9 м/с, а при використанні роторів із криволінійні лопатями, подільниками та захисним фартухом – 6,0 м/с.

Якість скошування травостою перевірялась у міжряддях, які були засіяні люцерною. Виміряна щільність посівів становила наближено 4800 шт./м², середній діаметр кореневої шийки становив 2–2,5 мм, висота стеблистою була на рівні 200–250 мм. Експерименти проводились з метою визначення якості зрізання стебел у міжрядді саду стандартними роторами косарки і запропонованими, із установленими на роторах лопатями.

У відповідності до агротехнічних умов для даної операції косарки повинні забезпечувати однакову висоту зрізу, недопустимість огрівів та неповноти зрізу (Butylo, 2011). При проведенні досліджень в усіх випадках косарка регулювалася на висоту зрізу 50–70 мм.

Фактична висота зрізу вимірювалась за допомогою рулетки із точністю до 1 мм. Заміри проводились на площі 100 м² шляхом визначення висоти стерні двадцяти зрізаних рослин із трикратною повторністю.

Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Як видно із таблиці 1, середнє значення висоти стерні при застосуванні ножів із стандартними роторами становить 80,6 мм при допустимій висоті 70 мм. Середнє відхилення від допустимого становить 15,1 %. Відхилення від максимально допустимого значення становить 41 %. Це пов'язано із наможливістю рівномірного зрізу полеглої травостою.

При зрізі травостою ножами з роторами із прямолінійними радіальним лопатями, середня висота зрізу становила 72,5 мм. Середнє відхилення від допустимого становило 3,6 %, відхилення від максимально допустимого значення – 18,6 %. Це вказує на більшу рівномірність зрізу, але із-за полеглих та прим'ятості деяких рослин середня висота стерні перевищує задану. При зрізанні травостою рослин ножами із роторами, на яких установлені криволінійні лопаті, середня висота зрізу становила 69,5 мм, при допустимій 70 мм. Це вказує на рівномірність зрізу. Відхилення від максимально допустимого значення становить 11,5 %. Не всі полегли рослини були підняті повітряним потоком, що сторювався лопатями.

Результати досліджень висоти зрізу при різних типах роторів

| Стандартні, мм | | Прямолінійними радіальними лопатями, мм | | Криволінійними лопатями, мм | |
|----------------|------|---|------|-----------------------------|------|
| 1 | 80 | 1 | 81 | 1 | 71 |
| 2 | 76 | 2 | 79 | 2 | 72 |
| 3 | 73 | 3 | 78 | 3 | 67 |
| 4 | 81 | 4 | 71 | 4 | 72 |
| 5 | 65 | 5 | 75 | 5 | 75 |
| 6 | 67 | 6 | 83 | 6 | 69 |
| 7 | 67 | 7 | 82 | 7 | 65 |
| 8 | 69 | 8 | 79 | 8 | 65 |
| 9 | 87 | 9 | 65 | 9 | 67 |
| 10 | 99 | 10 | 76 | 10 | 69 |
| 11 | 78 | 11 | 78 | 11 | 67 |
| 12 | 84 | 12 | 59 | 12 | 74 |
| 13 | 78 | 13 | 58 | 13 | 81 |
| 14 | 94 | 14 | 64 | 14 | 74 |
| 15 | 96 | 15 | 67 | 15 | 76 |
| 16 | 94 | 16 | 58 | 16 | 68 |
| 17 | 88 | 17 | 62 | 17 | 68 |
| 18 | 79 | 18 | 73 | 18 | 62 |
| 19 | 78 | 19 | 76 | 19 | 64 |
| 20 | 78 | 20 | 79 | 20 | 63 |
| Середнє | 80,6 | | 72,5 | | 69,5 |

Теоретичними дослідженнями встановлено, що основним фактором, від якого залежить дальність вильоту зрізаної та подрібненої трави в пристовбурову полосу саду є кут α_1 лопаті та висота лопаті h .

Були проведені дослідження по визначенню відстані, яку пролітають частки травостою (L) від визначених основних параметрів – кута кривизни лопаті (α_1) та висоти лопаті ротора (h). Для полегшення вимірювань,

для визначення дальності прольоту часток рослин розстилалося біле полотно розмірами 2x5 м. При проведенні досліджень мінімальний кут кривизни був взятий 0° (прямолінійні радіальні лопаті), максимальний – 50° . Крок зміни кута становив 10° . Висота лопаті була взята мінімальна – 10 мм, максимальна висота – 40 мм, крок зміни висоти лопаті становив 10 мм. Результати досліджень приведені на рис. 8.

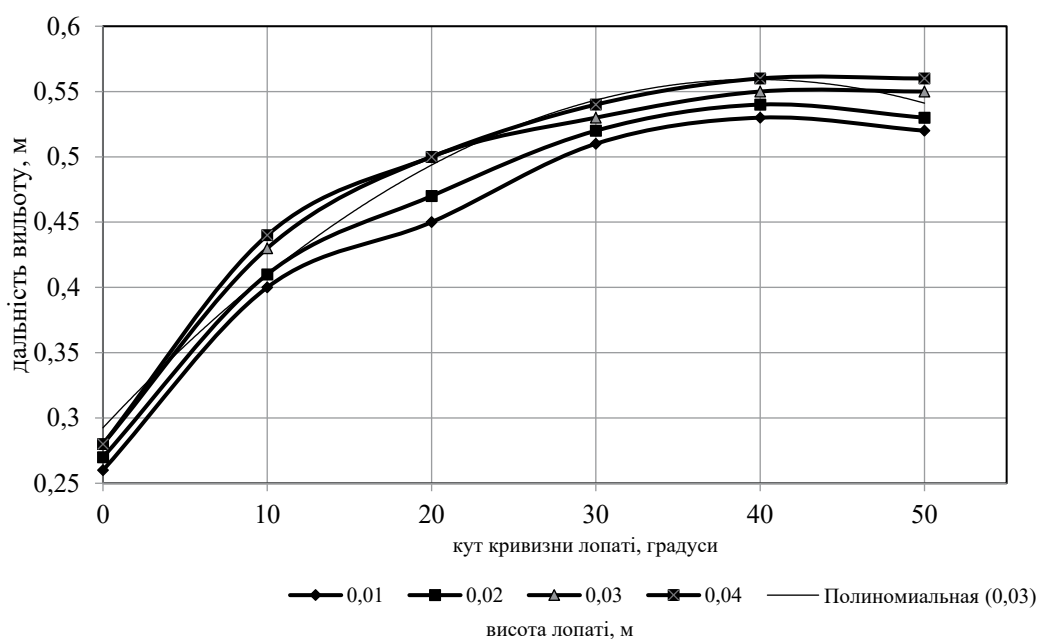


Рис. 8. Залежність відстані прольоту зрізаної рослинної маси від кута кривизни при різних значеннях висоти лопаті ротора

Аналізуючи графіки (рис. 8), можна зробити висновок, що найбільша дальність вильоту часток рослинної маси буде при висоті лопатей 0,04 м та куті її кривизни 40°.

При куті кривизни 50° у більшості при всіх висотах лопатей дальність польоту часток зменшується або залишається незмінною у порівнянні з кутом 40°. Слід зазначити, що збільшення висоти лопатей ротора призводить до підвищення опору повітря, а як наслідок – збільшенню енергоємності процесу скошування. Тому, виходячи із отриманих залежностей видно, що при куті 40° різниця дальності вильоту часток буде мало відрізнятися при зміні висоти лопаті від 0,02 до 0,04 м. Із урахуванням збільшення опору обертанню лопатей при збільшенні висоти лопатей приймаємо кут кривизни лопаті 40°, а висоту лопаті 0,03 м. При цьому, дальність вильоту часток буде становити 0,55 м. Залежність відстані прольоту зрізаної рослинної маси від кута кривизни при висоті лопаті 0,03 м буде описуватися наступним рівнянням:

$$l = -0,0002\alpha_1^2 + 0,0135\alpha_1 + 0,2925 \quad (10)$$

Лопать, що має кут кривизни лопаті 40° і висоту лопаті 0,03 м забезпечуватиме покриття пристовбурової смуги мульчою.

Дослідження проводились при установці на косарку роторів із лопатями, що мали кут кривизни 40°, та висоту 0,03 м.

На передодні визначення рівномірності мульчування удосконаленою косаркою, за допомогою рулетки проводили контрольні заміри фактичної ширини даної смуги. Заміри проводилися трикратно по довжині ряду яблунь і в трьох суміжних рядах. Довжина рядів становила 86 м. Всього було проведено дев'ять замірів. В результаті проведених замірів було визначено середнє значення фактичної ширини пристовбурової смуги – 1122 мм, тобто, 561 мм з кожного боку від осі ряду дерев. Визначення

ширини покриття пристовбурової зони трав'яною мульчою та рівномірності її розподілу виконувалось також за допомогою рулетки.

Після проходження агрегату проводились заміри ширини покривання пристовбурової зони мульчою та розподіл мульчі по ширині її розсіювання. Для чистоти експерименту заміри ширини покриття пристовбурової смуги проводилися на відстані 10 м від країв ряду – 11, 12, 13 метрах міжрядь (відповідно, присвоювались номери позицій 1, 2, 3), по середині ряду 42, 43, 44 метр (№ 4, 5, 6), та на кінці ряду – 73, 74, 75 метр (№ 7, 8, 9).

Результати замірів наведені на рис. 9.

Як видно із рис. 9 та обробки результатів замірів, середнє значення ширини покриття пристовбурової зони становить 548 мм.

Таким чином, при проходах з обох сторін ряду яблунь не замульчованою залишається смуга шириною: 1122–1096=26 мм. З кожного боку від осі дерев не замульчованою залишається 13 мм у середньому.

При скошуванні маса розподілялася по ширині захвату косарки КСР-1,2н та по ширині пристовбурової зони. Для визначення ступеню рівномірності розстилання подрібненої стеблової маси після проходження агрегату, нами накладалися мірні прямокутні рамки, які мали одну сторону 250 мм, а іншу – 1000 мм. Дві рамки накладалися у пристовбуровій смузі. За косаркою також накладалися дані рамки (5 рамок – ширина 1250 мм). Маса із кожної рамки зважувалась, а потім складувалась. Після чого знаходили розподіл маси по ширині у відсотках.

Заміри проводились в зазначених 3 місцях, після скошування травостою, почергово. Спочатку на відстані 10 м від краю (№ 1, 2, 3) і т. д. Всього заміри по ширині скошеної смуги проводились 9 разів. Після цього, визначалися середні значення замірів. При кожному досліді нумерація рамок велась зліва на право. Рамка з № 1 накладалася кожного разу на пристовбурову смугу.

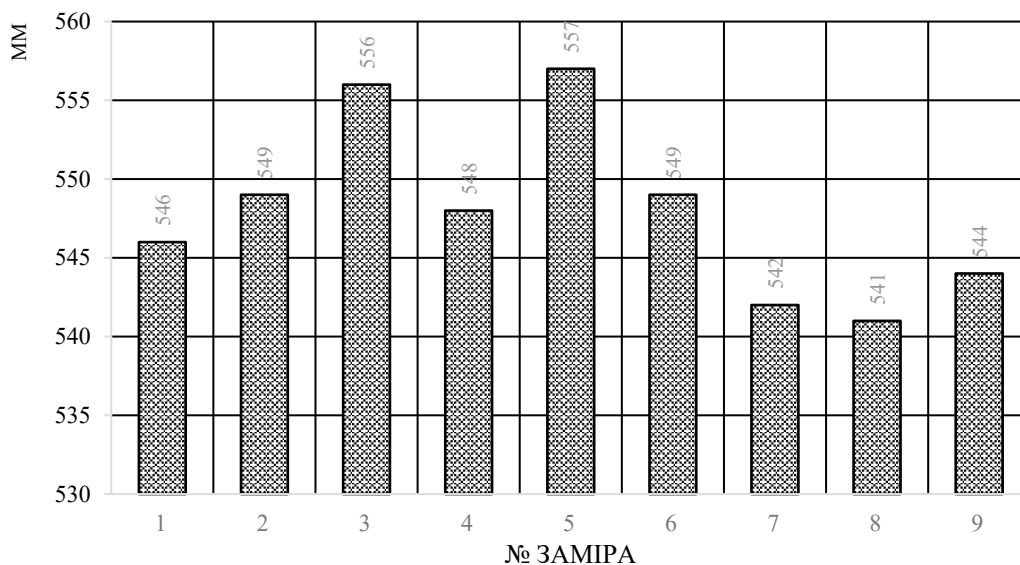


Рис. 9. Шириня покриття пристовбурової смуги мульчою

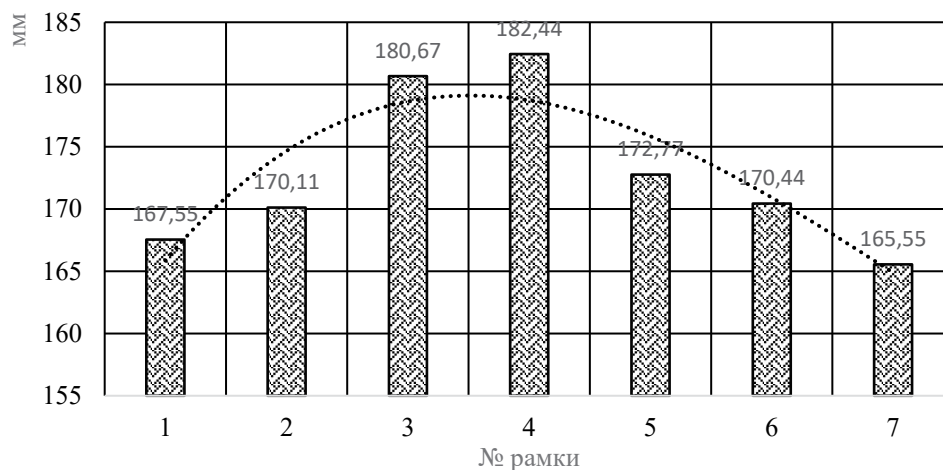


Рис. 10. Розподіл скошеної трав'яної маси по мірних рамках

По результатах досліджень було побудовано графік розподілу подрібненої трав'яної маси по ширині її розсівання (рис. 10)

Як видно із рис. 10, нерівномірність розподілу скошеної та подрібненої трави по міжряддю не суттєва. Так, при середньому значенні маси скошеної трави в рамках 172,79 г, найбільша середня маса трави припадає на 4 рамку. Відхилення становить лише – 5,6 %. Найменша середня маса припадає на сьому рамку і відхилення від середнього значення маси по рамках становить 4,2 %. Таким чином, середнє відхилення нерівномірності покриття мульчою міжряддя становить 4,9 % при допустимому значенні 7 % (Mihalov et al., 2012). Залежність розподілу маси зрізаного та подрібненого травостою по рамках може бути знайдена за допомогою наступного рівняння:

$$y = 0,1547x^3 - 3,3398x^2 + 17,736x + 151,31 \quad (11)$$

де y – маса скошеної трави в конкретній рамці, г;

x – номер рамки у якій визначається маса скошеної трави.

Обговорення. Проведений аналіз наукових публікацій вказує на широке застосування машин для догляду за міжряддями садів шляхом покриття мульчою, при цьому ґрунт у міжряддях дерев обробляють гербіцидами чи механічно (Karaiev, 2010; Herasko et al., 2019; Mihalov et al., 2012; Tymoshok, 2016).

Для механічного видалення рослинності у міжряддях саду використовуються, здебільшого, косарки, які не забезпечують належної якості роботи при виконанні даної операції (Karaiev, 2010; Tymoshok, 2016; Tekhnika dlia...; Karaiev et al., 2018; Zamora & Bureha, 2020). На основі проведених досліджень по використанню сучасної техніки для скошування польових трав та травостою у міжряддях садів (Tekhnika dlia...), з урахуванням можливостей модернізації даних косарок була удосконалена роторна косарка для догляду за міжряддями садів.

Таким чином, використання даної удосконаленої косарки забезпечить покращення якості та ефективності

зрізу полеглого та прим'ятого травостою у міжряддях садів. Крім того, дана косарка забезпечує ефективне мульчування міжрядь та пристовбурової зони садів зрізаною та подрібненою трав'яною масою із міжрядь, що забезпечує зменшення затрат на дану операцію. Отже, застосування даної косарки зменшує питомі затрати на виробництво продукції садівництва, що підвищить її конкурентоспроможність.

Висновки. На основі проведеного аналізу було визначено, що для забезпечення скошування травостою у міжряддях та можливості проведення мульчування пристовбурової смуги при скошуванні доцільно проведення удосконалення конструкції саме роторної косарки з ротаційним різальним апаратом із вертикальною віссю обертання.

В теоретичних дослідженнях визначились із основними параметрами лопаті, формою лопаті для удосконалення косарки КСР-1,2, було отримано рівняння руху частинки стебла по лопаті.

Проведені дослідження по впливу на рівномірність висоти зрізу різних типів лопатей роторів вказують на кращі результати при застосуванні криволінійних лопатей. Дослідження по визначенню відхилення середньої та максимальної висоти стерні від заданої висоти зрізу також вказують на доцільність застосування криволінійних лопатей ротора. Визначено значення параметрів лопаті при яких буде найбільша дальність вильоту часток рослинної маси. Із урахуванням збільшення опору обертанню лопатей при збільшенні висоти лопатей був вибраний раціональний кут кривизни лопаті 40° , а висота лопаті 0,03 м. В ході експериментальних досліджень було визначено середнє значення ширини покриття пристовбурової зони при використанні удосконаленої косарки – 548 мм, при цьому рівномірність мульчування міжрядь була досить рівномірною, відхилення від середнього значення в міжряддях становить 5,6 %, в пристовбуровій смузі 4,2 %.

Бібліографічні посилання:

1. Arsyryi, V. A., Makarov, V. O., Serbova, Yu. N. & Vyshnevskaya, O. V. (2014). Analiz parametriv roboty tiahoduttovykh mashyn z riznymy kutamy ustanovky lopatok robochykh kolis [Analysis of the operating parameters of thrust machines with different installation angles of the blades of the working wheels]. *Kholodylna tekhnika ta tekhnolohiia*, (3), 35–38. (in Ukrainian).
2. Butylo, A. P. (2001). Chastota i vysota zrizuvannia trav za dernovo– perehniinoi systemy v sadu [The frequency and height of grass cutting under the sod-humus system in the garden]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoï derzhavnoï ahrarnoi akademii*. (52), 144–148. (in Ukrainian).
3. Butylo, A. P. (2011). Fyzyko–khimichni pokaznyky rodiuchosti hruntu pislia tryvaloho zastosuvannia riznykh system utrymanna mizhriad v sadu [Physico-chemical indicators of soil fertility after long-term use of various systems of row spacing in the garden]. *Zb. nauk. pr. UNUS. ch. 1. "Ahronomiia"*. Uman, 11–217. (in Ukrainian).
4. Butylo, A. P., Berehulia, L. I. (2007). Bahatorichni travy v sadu yak zasib okulturennia gruntu [Perennial grasses in the garden as a means of cultivating the soil]. *Visnyk UDAU Uman*, (1–2), 18–25. (in Ukrainian).
5. Herasko, T. V., Velcheva, L. H., Ivanova, I. Ye. & Ninova, H. V. (2019). Vplyv systemy utrymanna gruntu u orhanichnomu sadu na biometrychni pokaznyky derev chereshni [The influence of the soil maintenance system in an organic orchard on the biometric indicators of cherry trees]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, (106), 48–54. (in Ukrainian).
6. Hutorova, O. O. (2012). Osoblyvosti konkurentsii y osnovni chynnyky formuvannia konkurentospromozhnosti plodovoyahidnoi produktsii [Peculiarities of competition and main factors of formation of competitiveness of fruit and berry products]. *Zb. nauk. pr. Tavriiskoho DAU Melitopol*, 2(18), Tom 2, 81–90. (in Ukrainian).
7. Karaiev, O. H. (2010). Metod formuvannia ratsionalnykh kompleksiv mashyn dlia sadivnytstva [The method of forming rational complexes of machines for gardening]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva*, (94), 224–232. (in Ukrainian).
8. Karaiev, O. H., Pakharenko, V. O., Rubtsov, M. O. (2018). Heometrychne modeliuвання pryiniattia rishen shchodo vyboru mashyn iz mnozhyny alternatyv [Geometric modeling of decision-making on the choice of machines from a set of alternatives]. *Suchasni problemy modeliuвання: zb. nauk. pr. MDPU, Melitopol.*, (12), 92–98. (in Ukrainian).
9. Linnyk, M. K., Hovorov, O. F. (2016). Osoblyvosti robochoho protsesu rotatsiinoho rizalnoho aparata z horyzontalnoiu vissiu obertannia. [Features of the work process of a rotary cutting machine with a horizontal axis of rotation] *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva*, (3), 131–137. (in Ukrainian).
10. Mihalov, A., Sydorenko, I., Skok, V. (2012). Suchasna tekhnika dlia mekhanizatsii tekhnolohichnykh protsesiv u sadivnytstvi i vynohradarstvi [Modern equipment for the mechanization of technological processes in horticulture and viticulture]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*. (12), 16–17. (in Ukrainian).
11. Shemiakyn, M. V. (2014). Vplyv mulchuvannia prystovburnykh smuh v intensyvnnykh yablunevykh sadakh na vrozhainist ta efektyvnist vykorystannia polyvnoi vody [The effect of mulching near-stem strips in intensive apple orchards on yield and efficiency of irrigation water use]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. (1), 35–40. (in Ukrainian).
12. Slobodianyuk, L. M. (2017). Vplyv utrymanna prystovburnykh smuh na rist i urozhainist yabluni sortu Hranni Smit [The effect of maintaining the trunk bands on the growth and productivity of the Granny Smith apple tree]. *Materialy mizhnarodnoi naukovoï Internet–konferentsii «Innovatsii v sadivnytstvi»*. 10 bereznia 2017. Uman: Vydavets «Sochynskiy M.M.». (pp. 39–40). (in Ukrainian).
13. Tekhnika dlia sadiv ta vynohradnykiv [Equipment for gardens and vineyards]. *Ahroalians*. Vylucheno iz URL: <http://agroalliance.com.ua/technics/gardens-and-vineyards>. (in Ukrainian).
14. Turrini, A., Caruso, G., Avio, L. et al. (2017). Protective green cover enhances soil respiration and native mycorrhizal potential compared with soil tillage in a high-density olive orchard in a long term study. *Appl Soil Ecol* 116:70–78. doi: 10.1016/j.apsoil.2017.04.001.
15. Tymoshok, I. V. (2016) Tekhnolohii dohliadu za hruntom u sadakh [Soil care technologies in gardens]. *Mekhanizatsiia APK*. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1252-tekhnolohii-dohliadu-za-gruntom-u-sadakh.html>. (in Ukrainian).
16. Tymoshok, I. V., Shatrov, R. V. (2018). Yakisni pokaznyky roboty mashyny dlia mulchuvannia prystovburnykh smuh u bahatorichnykh plodovykh nasadzhenniakh [Qualitative performance indicators of the machine for mulching near-stem strips in perennial fruit plantations]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Tekhnika ta enerhetyka APK*, (282), 323–332. (in Ukrainian).
17. Yemets, Yu. H. (2013). Tendentsii rozvytku sadivnytstva v Ukraini [Trends in the development of horticulture in Ukraine]. *Visnyk natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*, (769), 156–161. (in Ukrainian).
18. Zamora, Ya., Bureha, N. (2020). Analiz robochykh orhaniv tekhnichnykh zasobiv podribnennia solomy [Analysis of working bodies of technical means of straw grinding]. *Staly rozvytok ahrarnoi sfery: inzhenerno-ekonomichne zabezpechennia*, materialy I Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii. Kyiv: TOV «TsP KOMPRYNT», (pp. 146–147). (in Ukrainian).
19. Żelazny, Wiktor R., Licznar-Małańczuk, Maria (2018) Soil quality and tree status in a twelve-year-old apple orchard under three mulch-based floor management systems. *Soil Till Res* 180: 250–258. doi:10.1016/j.still.2018.03.010.

Semirnenko S. L., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Semirnenko Yu. I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Improving the technological process of garden row care

Horticulture is a separate branch of agricultural production; therefore, it requires special conditions for both technological operations and equipment. For the most part, the equipment that is intended for growing field crops does not ensure the high-quality performance of maintenance operations in horticulture.

So, for mowing grass in the rows of gardens, mowers must ensure not only the uniformity of the cut but also the grinding up of the mass and the prevention of damage to trees.

The lack of means of mechanization, in particular mowers, which are able to perform the technological process in accordance with agrotechnical requirements, to ensure a high-quality cut, shredding and movement of mass into the trunk strip negatively affects the productivity of gardens and the competitiveness of this industry.

The article analyses the current state of horticulture in Ukraine and the Sumy region, which indicated the insufficient competitiveness of our horticulture with the horticulture of Western European countries. The conducted analysis of the methods of maintaining the rows of gardens showed the expediency of using the method of maintaining the rows of gardens by liming. As a result of the analysis, it was determined that to ensure the mowing of grass in the rows and the possibility of mulching the trunk strip during mowing, it is advisable to use a rotary mower with a rotary cutting device with a vertical axis of rotation. Theoretical studies were conducted to determine the basic parameters of the blade, the shape of the blade for the improvement of the mower, and the equation of motion of the stem particle along the blade was obtained.

Conducted studies to determine the effect on the uniformity of the cutting height of different types of rotor blades and studies to determine the deviation of the average and maximum stubble height from the given cutting height also indicate the feasibility of using curved rotor blades.

The influence of the geometric parameters of the blade on the flight range of plant mass particles was determined. A rational blade curvature angle was chosen. The average value of the coverage width of the trunk strip and the uniformity of mulching between the rows and the trunk strip when using an improved mower were determined experimentally.

Key words: horticulture, mowing, vegetation, row spacing, mower, cutting device, stem strip, distribution, stubble height, blade, mulching.