**I. МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ**

УДК: 630*36

**ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОДРІБНЮВАЧА ГІЛОК
УЩІЛЬНЕНОГО САДУ**

Веселовська Наталія Ростиславівна, д.т.н., професор
Склярчук Олександр Володимирович, аспірант
Вінницький національний аграрний університет

N. Veselovska, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
O. Sklyaruck – Postgraduate
Vinnytsia National Agrarian University

Дана стаття присвячена проблемі підвищення ефективності утилізації зрізаних гілок плодкових дерев в ущільнених садах шляхом обґрунтування технологічної схеми і параметрів робочих органів пристрою для їх подрібнення. Теоретичними і експериментальними дослідженнями обґрунтовано параметри робочих органів подрібнювача та раціональні режими його роботи.

Ключові слова: ущільнений сад, подрібнювач гілок, ротор, молоток, удар.

Рис. 2. Літ. 6.

1. Актуальність проблеми

Збільшення виробництва плодів та ягід в Україні можливе лише в результаті інтенсифікації розвитку галузі садівництва. Ресурсозбереження і зокрема зменшення трудомісткості виробництва продукції є одним з пріоритетних факторів підвищення ефективності цієї галузі. Низький рівень механізації (25...35 %) призводить до затягування строків виконання технологічних операцій і, як наслідок, до значного недобору товарної продукції, зниження якості та збільшення її собівартості.

Проблема екологічної безпеки поряд з безвідходними технологіями з кожним роком стають більш актуальними. До таких, зокрема, і належить проблема утилізації гілок плодкових дерев зрізаних в садах інтенсивного типу з ущільненою схемою посадки. Під час догляду за кроною плодкових дерев з кожного гектару ущільнених садів щорічно зрізується від 2,5 до 6,5 тон деревини в залежності від віку дерев, виду підщепи, сорту, породи, схеми посадки, типу обрізки. Трудомісткість операцій по обрізці, збиранню та утилізації гілок складає 15...26% загальних трудовитрат на вирощування плодів. Витрати праці на обрізування гілок в саду і наступну їх утилізацію сягають 220 люд.-год/га за рік. Якщо для обрізування гілок в Україні розроблені і використовуються засоби механізації, то при подальшій утилізації механізовано лише процес їх вивезення [1].

Особливістю сучасного розвитку світового садівництва і садівництва України є впровадження у виробництво інтенсивних садів ущільненого типу де, у порівнянні з традиційними садами, зменшено габарити дерев, що привело до збільшення їх кількості на одиниці площі в 5...8 разів та зменшення діаметра гілок, які зрізаються під час догляду за кроною дерев. Це створює зручніші умови та зменшує енерговитрати при подрібненні деревини під час її утилізації. В зв'язку з цим актуальними є дослідження, які спрямовані на обґрунтування технологічної схеми і параметрів робочих органів пристрою для подрібнення гілок [2].

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Стан питання й завдання досліджень. Порівняльний багатокритеріальний аналіз існуючих технологій утилізації гілок за допомогою чотирьох критеріїв: витрати праці, витрати палива, приведені експлуатаційні витрати та вплив на навколишнє середовище свідчить про доцільність застосування технологічного процесу подрібнення гілок з розкиданням деревини по поверхні ґрунту.

Дослідженням процесу подрібнення деревини (переважно лози винограду) займалися ряд науковців: Варламов Г.П., Подмогільний В.І., Карапетян А.Г., Цицив М.В., Ящук В.М., Цуканов В.П., Привалов І.С., Бауков А.А., Гумбатов В.И., Черненко Н.Г., Шумская Н.Н. Основи теорії молоткового подрібнювача закладені в працях академіка Горячкіна В.П. і потім розвинуті роботами



професорів: Гернета М.М., Мельникова С.В., Альошкіна В.Р., Ревенка І.І., Барабашкіна В.П., Гарькавого А.Д., Горанського В.А. та інших. Але, як свідчить проведений аналіз, результати цих досліджень не можуть бути безпосередньо використані для розрахунку раціональних параметрів молоткових мобільних подрібнювачів, які призначені для утилізації гілок плодкових дерев. Це обумовлено відмінністю фізико-механічних властивостей матеріалів та конструктивно-технологічними особливостями відповідних подрібнювачів [3] (рис. 1, 2).



Рис.1. Мобільний садовий подрібнювач гілок



Рис. 2. Подрібнювач гілок

Огляд відомих технологій утилізації зрізаних гілок, аналіз існуючих досліджень з подрібнення гілок плодкових дерев, лози винограду та інших стеблових матеріалів дозволяє зробити висновок про недостатність в інформаційних джерелах даних обґрунтування конструктивно-технологічної схеми пристрою для подрібнення гілок в садах ущільненого типу, його параметрів та режимів роботи.

В зв'язку з наведеним станом виникає необхідність у проведенні дослідження процесу подрібнення гілок ущільненого саду із розробкою робочих органів відповідного пристрою, обґрунтуванні раціональних параметрів та режимів роботи мобільного подрібнювача. Проведена багатофакторна комплексна техніко-економічна оцінка існуючих зарубіжних засобів для подрібнення гілок плодкових дерев в садах ущільненого типу із використанням методу відстані до цілі дозволила встановити доцільність застосування одноступінчастих двороторних подрібнювачів з вертикальними осями обертання роторів, робочими органами яких є шарнірно закріплені молотки.

Програмою експериментальних досліджень передбачалось визначення статистичних характеристик розподілу геометричних розмірів і маси гілок, зрізаних під час догляду за кроною дерев в садах ущільненого типу; визначення максимального зусилля, що виникає на ударній грані молотка при перебиванні гілки з використанням контрмолотка від її діаметра d та швидкості робочих органів V_l ; встановлення залежності енергетичних і якісних показників роботи подрібнювача деревини від частоти обертання роторів n_p , поступальної швидкості машини V_m , питомої маси валка гілок q та якісних і експлуатаційних показників роботи подрібнювача в реальних умовах саду [4].

Статистичні характеристики розподілу геометричних розмірів і маси гілок, зрізаних під час догляду за кроною дерев в яблуневих садах ущільненого типу, визначали протягом 2014-2016 р.р. в дослідному господарстві Інституту садівництва УААН „Новосілки” Київської області. Основними параметрами валка зрізаних гілок є його ширина b_6 ; висота h_6 ; маса одного погонного метра валка q , кг/м. Геометричними характеристиками гілок були їх максимальна довжина L_i і діаметр d_i (окремо для кожного розгалуження).

Величина зусилля P_{max}^{np} , що виникає на ударній грані молотка при перебиванні однієї гілки з використанням контрмолотка від її діаметра d та швидкості робочих органів V_l визначалась безпосередньо на спеціально дообладнаному зразку подрібнювача гілок в інженерному центрі Інституту садівництва УААН з використанням спеціальних приладів та обладнання для тензометрування. Під час динамічних досліджень діаметр гілки вибирався в межах від 10 до 30 мм з інтервалом 10 мм, а швидкість молотків змінювалась від 37 до 97 м/с з кроком 30 м/с.



Якісні та енергетичні показники процесу подрібнення гілок плодкових дерев визначалися в ґрунтовому каналі ННЦ „ІМЕСГ” УААН (сmt. Глеваха) з використанням дослідного зразка розробленої машини. При цьому частота обертання роторів подрібнювача n_p становила 8,1; 14,6; 21,1 с^{-1} , поступальна швидкість машини V_m змінювалась від 0,47 до 0,79 м/с з кроком 0,16 м/с, а питома маса валка гілок q складала 2; 2,4; 2,8 кг/м. Цим було досягнуто подачу гілок Q від 0,94 до 2,18 кг/с.

Реєстрацію досліджуваних величин та контроль змінних факторів в ґрунтовому каналі здійснювали за допомогою цифрового тахометра ТЦ-3М, трьохфазного самопишучого кіловатметра Н-395 і тахометра ТХ-10Р.

Методом хронометражу визначалась продуктивність подрібнювача та коефіцієнт використання часу зміни. Для визначення вказаних залежностей, нами використана методика математичного планування багатофакторних експериментів з дисперсійним і регресійним аналізом. За допомогою програми STAT та STATISTICA-6 були складені відповідні рівняння регресії [5].

3. Мета дослідження

Метою досліджень є підвищення ефективності утилізації зрізаних гілок плодкових дерев в ущільнених садах шляхом удосконалення засобів механізації для їх подрібнення.

Для вирішення вказаної мети були поставлені завдання:

- теоретично обґрунтувати конструктивно-технологічну схему робочих органів подрібнювального пристрою;
- визначити складові балансу потужності та вплив на них основних параметрів процесу подрібнення для двороторного мобільного подрібнювача гілок;
- провести виробничу перевірку.

4. Основні результати досліджень

В результаті обробки статистичних характеристик розподілу геометричних розмірів та маси гілок, зрізаних під час догляду за кроною дерев саду ущільненого типу встановлено, що погонна маса валка зрізаних гілок коливається від 1,6 до 2,8 кг/м (середня $q=2,2$ кг/м). В перерахунку на 1 га, в залежності від схеми посадки, маса зрізаної деревини складає 2550...5625 кг/га (середня $U=4765$ кг/га). Максимальна маса гілки m_z не перевищує 0,5 кг, а діаметр – 30 мм. Заміряні діаметри гілок найкраще відповідають логарифмічнонормальному закону розподілу, а довжини – гамма закону.

В результаті обробки даних тензотрування під час визначення значення максимального зусилля $P_{\text{max}}^{\text{np}}$, що виникає на ударній грані молотка (контрмолотка) при перебуванні гілки з використанням контрмолотка в залежності від її діаметра d , та швидкості робочих органів V_l знайдено у вигляді рівняння регресії:

Графічне його відображення у вигляді поверхні відгуку показує, що зусилля, яке виникає на ударній грані молотка зростає як зі збільшенням швидкості молотків так і діаметра гілки. Так при підвищенні швидкості обертання молотків від 37 до 97 м/с зусилля зростають від 7080 до 11580 Н (при $d=10$ мм) та від 23600 до 38600 Н (при $d=30$ мм). Вплив швидкості робочих органів на зусилля безпосередньо пов'язаний з тривалістю удару. При зменшенні тривалості удару – в'язкий опір деревини збільшується, що викликає збільшення зусилля [5].

Отримані наступні рівняння регресії, які дозволяють визначити залежності вмісту подрібнених частинок деревини Δ розміром до 150 мм в загальній масі, затрат питомої роботи A на виконання технологічного процесу подрібнювачем, а також енергоємності процесу E від частоти обертання роторів n_p , поступальної швидкості машини V_m , питомої маси валка гілок q .

Аналізуючи графічні залежності представлених рівнянь регресії можна відзначити, що збільшення частоти обертання роторів від 8 до 18 с^{-1} , тобто збільшення їх кінетичної енергії і відповідно енергії ударів по гілках, підвищує ефективність подрібнення і як наслідок, приводить до збільшення долі фракції Δ , що відповідає агровимогам. Подальше збільшення частоти обертання викликає зменшення долі цієї фракції. Це пов'язано з ростом швидкості переміщення шару деревини по поверхні рекаттерів, що зменшує їх пропускну спроможність та підвищує масу матеріалу в робочій камері. Якісне подрібнення, що відповідає агровимогам, коли відсоток частинок довжиною до 150 мм складає 80...93 %, досягається при подачі гілок 0,94...1,58 кг/с та при частоті обертання роторів 17...18 с^{-1} , яка відповідає коловій швидкості молотків $V_l=77...82$ м/с. Тобто верхня допустима



межа пропускної спроможності подрібнювача при дотриманні агровимог становить 1,58 кг/с. При зростанні подачі матеріалу відсоток частинок даного розміру знижується на всіх частотах обертання роторів в зв'язку зі збільшенням маси матеріалу, що надходить в робочу камеру.

Збільшення питомої роботи A на подрібнення при зростанні частоти обертання роторів пристрою обумовлено збільшенням контактних зусиль при зустрічі молотка і гілки та суттєвим зростанням споживаної потужності на вентиляторний ефект машини. При цьому спостерігається підвищення затрат питомої роботи A на подрібнення від 3...5,2 кДж/кг до 11...15 кДж/кг при збільшенні частоти обертання роторів від 12 до 21 с^{-1} для $V_m=0,79$ м/с. Величина питомої роботи з ростом подачі деревини поступово спадає, що прямо впливає з формули для її визначення (). Так при частоті обертання роторів $n_p=18 \text{ с}^{-1}$ ($V_l=82$ м/с) при збільшенні подачі гілок з 1,58 кг/с до 2,18 кг/с питома робота зменшується від 10,6 до 7,4 кДж/кг при $V_m=0,79$ м/с. Затрати роботи на одержання 1 кг подрібненої деревини при верхній допустимій межі пропускної спроможності подрібнювача – 1,58 кг/с становлять 10,6 кДж ($n_p=18 \text{ с}^{-1}$; $V_l=82$ м/с).

Залежність енергоємності процесу E з урахуванням досягнутого ступеня подрібнення λ представлено на. Аналізуючи дані залежності, можна відмітити, що під час підвищення частоти обертання роторів в межах від 14 до 19 с^{-1} ($V_l=63,8...86,6$ м/с) при подачі гілок від 1,58 до 2,18 кг/с, енергоємність процесу спадає від 0,632...0,727 до 0,536...0,721 кДж/кг в зв'язку з досягненням робочої швидкості молотків необхідної для ефективного подрібнення гілок, збільшення ступеня подрібнення та із-за зменшення тривалості перебування матеріалу в робочій камері. Подальше зростання частоти обертання роторів приводить до підвищення швидкості переміщення шару деревини по поверхні рекаттерів, що зменшує їх пропускну спроможність та підвищує масу матеріалу в робочій камері. Це також викликає зменшення відносної швидкості удару молотків по рухомому матеріалу до значення меншого ніж значення руйнівної швидкості. Останні фактори впливають на збільшення енергоємності процесу подрібнення від 0,536...0,721 до 0,540...0,800 кДж/кг. При пропускній спроможності – 1,58 кг/с даний показник складає 0,539 кДж/кг ($n_p=18 \text{ с}^{-1}$; $V_l=82$ м/с).

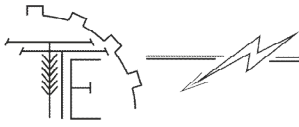
Залежність якісних та енергетичних показників подрібнення від частоти обертання роторів n_p при різній подачі матеріалу Q : 1 – 1,58 кг/с; 2 – 1,9 кг/с; 3 – 2,18 кг/с; при $V_m=0,79$ м/с: а) залежність відсотку частинок довжиною до 150 мм Δ ; б) залежність затрат питомої роботи A на виконання технологічного процесу; в) залежність енергоємності E процесу подрібнення деревини.

Раціональний, з точки зору зменшення енергоємності, діапазон частоти обертання роторів від 14 до 19 с^{-1} ($V_l=63,8...86,6$ м/с) практично співпадає зі значеннями руйнівної та робочої швидкості молотків, які були знайдені при теоретичному аналізі (від 55 до 84 м/с), що підтверджує достовірність теоретичних досліджень.

Враховуючи, що якісне подрібнення гілок досягається із збільшенням частоти обертання роторів до $n_p=18 \text{ с}^{-1}$ ($V_l=82$ м/с) і при цьому забезпечується верхня допустима межа пропускної спроможності подрібнювача ($Q=1,58$ кг/с), а подальше збільшення частоти понад $n_p=19 \text{ с}^{-1}$ викликає ріст енергоємності процесу подрібнення, для ефективної роботи пристрою доцільно застосовувати саме названі частоти обертання роторів.

Вплив мікрорельєфу ґрунту в міжряддях саду на якість подрібнення гілок вивчався в польових дослідях. За їх результатами було встановлено, що збільшення глибини впадин мікрорельєфу ґрунту в міжряддях саду від 15...25 мм до 60...70 мм погіршує якісні показники подрібнення гілок і відсоток частинок довжиною більше 150 мм зростає до 45 %. Тому для вирівнювання мікрорельєфу доцільно пізньою осінню застосовувати міжрядний обробіток ґрунту дисковою бороною БДВ-2,7 з котками КГВ-1,4. В кращому варіанті при вирівняному мікрорельєфі 80–83 % фракцій подрібнених гілок мають довжину менше 150 мм, що відповідає агровимогам. При такій їх довжині можлива обробка міжрядь без забивання гілками робочих органів культиваторів. Шляхом хронометражу визначена продуктивність подрібнювача за 1 годину чистої роботи, яка склала 0,82–1,00 га/год, а також коефіцієнт використання часу зміни $\tau=0,7$.

Техніко-економічна ефективність результатів досліджень у виробництві. наведені експлуатаційні показники та розрахункова економічна ефективність. Застосування розробленого подрібнювача гілок в ущільнених садах за рахунок заміни технологічних операцій збору, вивезення та спалювання зрізаних гілок на їх подрібнення з розкиданням деревини по поверхні ґрунту дає змогу зменшити витрати праці в 1,4 рази, палива в 2,6 рази та приведені експлуатаційні витрати в 1,9 рази, порівняно з існуючою технологією, виключити забруднення оточуючого середовища, поповнити



грунт органічними і мінеральними добавками. Річний економічний ефект від застосування розробленого подрібнювача гілок в ущільнених садах в порівнянні з існуючою технологією становить – 39604 грн/рік при річному обсязі виробництва 170 га [6, 7].

5. Висновки

1. Порівняльний багатокритеріальний аналіз існуючих технологій утилізації гілок плодових дерев, зрізаних під час догляду за їх кроною, свідчить про доцільність застосування технологічного процесу подрібнення гілок з розкиданням деревини по поверхні ґрунту.

2. Теоретичними дослідженнями встановлено закономірність впливу маси гілки і молотка під час їх співударяння на втрати його кутової швидкості. Коефіцієнт нерівномірності по зміні моменту інерції ротора при подрібненні гілок зменшується із збільшенням маси молотків та їх швидкостей.

3. На підставі аналітичних досліджень складено рівняння балансу потужності для двороторного мобільного подрібнювача гілок, яке враховує споживану потужність на подрібнення і переміщення матеріалу в робочій камері та вентиляційну дію ротора. Для робочої швидкості молотків, потужність, яка споживається на сам процес подрібнення гілок складає близько 20 % від загальної потужності, що є характерним для молоткових подрібнювачів при їх раціональних режимах роботи.

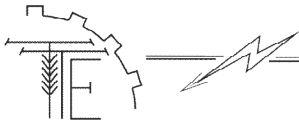
4. Впровадження технології утилізації зрізаних гілок з використанням розробленого подрібнювача деревини дасть змогу зменшити витрати праці в 1,4 рази, палива в 2,6 рази та знизити приведені експлуатаційні витрати в 1,9 рази порівняно з існуючою технологією, яка передбачає спалювання деревини, дозволить виключити забруднення навколишнього середовища і використати деревину як органічне добриво або мульчу.

Список використаної літератури

1. Фришев С.Г., Сарана В.В. Аналіз технології утилізації зрізаних в саду гілок / С.Г. Фришев, В.В. Сарана // Механізація сільськогосподарського виробництва: Збірник наукових праць Національного аграрного університету, 2018. - Том XV. - С. 298–302.
2. Веселовська Н.Р. Загальні принципи побудови і дослідження детермінованих моделей вібраційних та віброударних машин з гідроімпульсним приводом / Н.Р. Веселовська, О.В. Зелінська, Я.В. Іванчук // Вібрації в техніці та технологіях, 2018. - № 4(91). - С. 21-28
3. Фришев С.Г. Класифікація подрібнювачів гілок плодових дерев та вибір напрямку досліджень / С.Г. Фришев, В.В. Сарана // Механізація производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий: Сборник научных трудов Керченского морского технологического института, 2013. - Вып. 5. - Керчь: КМТИ. - С. 140–146.
4. Фришев С.Г., Сарана В.В. Експериментальні дослідження якісних показників подрібнення гілок плодових дерев / С.Г. Фришев, В.В. Сарана // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2016. - Вип. 73. - Ч. 1. - С. 209 – 212.
5. Севостьянов І. В. Математичне моделювання процесів віброударного сепарування вологих дисперсних матеріалів/ І. В. Севостьянов, Р. Д. Іскович-Лотоцький // Вібрації в техніці та технологіях, 2008. - №2. – С. 39 - 45.
6. Паламарчук І. П. Експериментальна оцінка енергетичних параметрів віброторної дробарки крохмаловмістної сировини спиртової промисловості / І. П. Паламарчук, В. П. Янович, І.М. Купчук // Вібрації в техніці та технологіях, 2015. - №3 (79). – С. 23 – 29.

References

- [1]. Frishev, S.G., Sarana, V.V. (2018) *Analiz tehnologii utilizacii zrizanih v sadu gilok // Mehanizacija sil's'kogospodars'kogo virobnictva [Analysis of the technology of utilization of cut branches in the garden] // Mechanization of agricultural production*, XV, 298–302, Zbirnik naukovih prac' Nacional'nogo agrarnogo universitetu [in Ukrainian].
- [2]. Veselovskaya, N.R., Zelinska, O.V., Ivanchuk, Y.V. (2018) *Zagal'ni principi pobudovi i doslidzhennja determinovanih modelej vibracijnih ta vibroudarnih mashin z gidroimpul'snim privodom [General principles of construction and research of deterministic models of vibration and vibration damping machines with a hydropulse drive]*, 4(91), 21-28, Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh.
- [3]. Frishev, S.G., Sarana, V.V. (2013) *Klasifikacija podribnjuvachiv gilok plodovih derev ta vibir naprjamku doslidzhen' [Classification of fruit tree branch shredders and choice of research direction,*



- 5, 140–146, Mehanizacija proizvodstvennyh processov rybnogo hozjajstva, promyshlennyh i agrarnyh predpriyatij: Sbornik nauchnyh trudov Kerchenskogo morskogo tehnologicheskogo instituta [in Russian].
- [4]. Frishev, S.G., Sarana, V.V. (2016) *Eksperimental'ni doslidzhennja jakisnih pokaznikov podribnennja gilok plodovih derev [Experimental researches of qualitative parameters of shredding branches of fruit trees]*, 73, 1, 209–212, Naukovij visnik Nacional'nogo agrarnogo universitetu [in Ukrainian].
- [5]. Sevostianov, I., Iskovych-Lototskyi, R. (2008) *Matematychni modeliuvannia protsesiv vibroudarnoho separuvannia volohykh dyspersnykh materialiv [Mathematical modeling of the process of separation of the dispersed materials]*, 2, 39 – 45, Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh [in Ukrainian].
- [6]. Palamarchuk, I. P., Yanovy`ch, V. P., Kupchuk, I. M. (2015). *Ekspery`mental`na ocinka energety`chny`x parametriv vibrorotornoj drobarky` kroxmalovmistoynoi sy`rovy`ny` spy`rtovoyi promy`slovosti [Experimental estimation of energy parameters of vibro-rotor crusher of starch-based raw materials of alcohol industry]*, 3(79), 23 – 29, Vibraciyi v texnici ta tehnologiyah [in Ukrainian].

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛИ ВЕТОК УПЛОТНЕННОГО САДУ

Данная статья посвящена проблеме повышения эффективности утилизации срезанных ветвей плодовых деревьев в уплотненных садах путем обоснования технологической схемы и параметров рабочих органов устройства для их измельчения. Теоретическими и экспериментальными исследованиями обоснованы параметры рабочих органов измельчителя и рациональные режимы его работы.

Ключевые слова: уплотненный сад, измельчитель веток, ротор, молоток, удар.

Рис. 2. Лит. 6.

JUSTIFICATION OF BASIC PARAMETERS GRINDERS OF GRAIN OF SEALED GARDEN

This article is devoted to the problem of increasing the efficiency of utilization of cut branches of fruit trees in compacted gardens by justifying the technological scheme and parameters of the working bodies of the device for their grinding. Theoretical and experimental studies have substantiated the parameters of the shredder working bodies and the rational modes of its operation.

Keywords: compacted garden, branch chopper, rotor, hammer, blow.

Fig. 2. Lit. 6

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Веселовська Наталія Ростиславівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: wnatalia@ukr.net).

Склярук Олександр Володимирович – аспірант кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008).

Веселовская Наталья Ростиславовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машин и оборудования сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: wnatalia@ukr.net).

Склярук Александр Владимирович - аспирант кафедры «Машин и оборудования сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008).

Veselovska Natalia – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of the Department of “Machinery and equipment of Agricultural Production” Vinnytsia National Agrarian University (Soniachna str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, E-mail: wnatalia@ukr.net).

Alexander Sklyaruk - Postgraduate Student of the Department of “Machines and Equipment for Agricultural Production” of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyschaya St., Vinnytsia, Ukraine, 21008).