

Yaroslav Salo, Head of the laboratory

Lviv branch of UkrNDIPVT named after L. Pogorily, village Magheriv, Ukraine

Technical and Technological Solutions for the Intensification of the Processing of Hemp Raw Materials

The technology of processing hemp straw into the same type of straw with a given content of firewood and length has been developed. It was established that increasing the intensity of the actions of the working organs on the processed rind reduces the content of the pith both in the large-stemmed and in the small-stemmed fractions of the stems. The spiciness of the forehead was characterized as follows: for the small-stemmed fraction – 13.8, medium-stemmed – 11.2%, large-stemmed – 10.8%, respectively. The use of the second and third stages of processing ensures the production of lobules with a sharpening of 0.8, 1.7 and 1.9%, respectively.

An experimental universal line for the production of the same type of fiber from hemp tow, hemp straw, long flax tow has been developed with standard quality indicators - the level of fiber and hemp husk no more than 5%.

A line for the processing of bast crops was developed and manufactured. The main advantages of the line include: the possibility of use in small farms, the processing of hemp, hemp of different quality and degree of laying, simplicity of construction, low indicators of metal content and energy consumption, small dimensions, the possibility of processing raw materials both from a roll and from a bale, obtaining fiber or pulp from a low percentage of astringency (does not exceed 5%, and under the conditions of winter preparation trust processing - up to 1%), high productivity (processing up to 1 ton of trust per hour).

technical hemp, technologies of harvesting, technologies of primary processing of hemp, equipment for the production of the same type of fiber

Одержано (Received) 06.11.2023

Прорецензовано (Reviewed) 22.11.2023

Прийнято до друку (Approved) 27.12.2023

УДК 631.352

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.93-101>

В.М. Сало, проф., д-р техн. наук, **Д.В. Богатирьов**, доц., канд. техн. наук,

С.М. Лещенко, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: salovm@ukr.net

Щодо надійності технологічного процесу подрібнення пожнивних решток

Робота присвячена пошукам шляхів вирішення проблеми підвищення надійності технологічного процесу подрібнення пожнивних решток із використанням котків-подрібнювачів, робочі органи яких, виготовлені у вигляді ножових барабанів. Представлений огляд та аналіз існуючих типів машин для подрібнення пожнивних решток, обладнаних приводними та безприводними активними робочими органами, відмічені їх переваги та недоліки. Сформульовані шляхи та способи, на які варто звернути увагу при вирішенні задач підвищення якості подрібнення та надійності протікання даного технологічного процесу. Представлений зміст та методи проведення експериментальних польових досліджень процесу подрібнення пожнивних решток барабаном з ножами, встановленими на його поверхні під певним кутом розхилу між сусідніми рядами та зі зміщенням лінії лез відносно осі самого барабана. Доведено, що при певних значеннях вказаних параметрів можна досягти значного підвищення надійності технологічного процесу, практично позбутися негативного явища забивання міжножового простору частинками рослинних стебел та ґрунтом.

котки-подрібнювачі рослинних решток, надійність технологічного процесу, кути встановлення ножів на поверхні барабана, міжножовий простір, частинки стебел рослин, пожнивні рештки

© В.М. Сало, Д.В. Богатирьов, С.М. Лещенко, 2023

Постановка проблеми. Наявність рослинних решток на поверхні поля після збирання зернової частини врожаю є звичайним явищем. Залежно від їх стану і розмірів ці рештки або заорюють в ґрунт без додаткового подрібнення, одночасно подрібнюють і загортають в ґрунт комбінованими машинами, чи подрібнюють спеціально призначеними для цього машинами, а потім загортають в ґрунт. Зазвичай, при довжині рослинних решток до 20см, їх заорюють звичайними полицевими плугами чи іншими ґрунтообробними агрегатами для безполицевого обробітку ґрунту [1]. Коли розміри рослинних решток дещо більші, то використовують такі ґрунтообробні знаряддя, як дискові борони чи комбіновані ґрунтообробні машини, до складу яких входять робочі органи для попереднього подрібнення стебел[1,2,3,4,5].

Із застосуванням в Україні сучасних технологій збирання зернових культур, при яких на полі залишається вся незернова частина врожаю, виникла необхідність застосування спеціальних машин-подрібнювачів рослинних решток [1,6,7]. До даної групи машин належать так звані мульчувачі, робочі органи яких мають активний привід від валу відбору потужності тракторів, та котки-подрібнювачі рослинних решток з активними ножовими барабанами без приводу. Недоліком першої групи є складність конструкції, висока енергоємність процесу, додаткові навантаження на роздаткові механізми тракторів, а з технологічної точки зору – неможливість подрібнення рослинних решток, які знаходяться на поверхні ґрунту в заглибленнях міжрядь, так як ножі мульчувачів обертаються вгоризонтальній площині на певній висоті від поверхні поля.

Котки-подрібнювачі мають значно простішу і надійнішу конструкцію, але характеризуються низькою технологічною надійністю. Так, при певних технологічних параметрах виконання робочого процесу, між плоскими ножами накопичуються частинки подрібнених рослин, а при підвищеній вологості до забивання долучається ще й ґрунтове середовище, як результат – ножовий барабан втрачає працездатність (рис.1). Виходячи з вище викладеного можна припустити, що вирішення даної проблеми дозволить не тільки забезпечити надійність виконання технологічного процесу, а й створить можливість підвищення інтенсивності подрібнення рослинних решток, та покращить умови гумусоутворюючих процесів в ґрунтах, сприятиме підвищенню їх родючості.



Рисунок 1 – Приклад накопичення рослинних решток між ножами барабана

Джерело: розроблено авторами

Аналіз основних досліджень і публікацій. За відсутності офіційно затверджених агротехнічних вимог, чи навіть рекомендацій щодо інтенсивності подрібнення рослинних решток, в наукових публікаціях зустрічається інформація по бажаній довжині часток подрібнених стебел, що здебільшого складає 5...12см [8,9]. Особливістю котків-подрібнювачів рослинних решток є те, що задати необхідну довжину подрібнення можна тільки відстанню між лезами ножів, розташованих в сусідніх рядах на поверхні циліндричного барабана. Ножі котків плоскі, практично

завжди радіально розташовані відносно осі барабана під певним кутом один відносно іншого, що сприяє затисканню між ними ґрунтово-рослинної маси під час перерізання стебел рослин. При цьому інтенсивність забивання тим вища, чим менший кут розхилу ножів [10]. В зв'язку з цим, широко розповсюджені марки котків-подрібнювачів стебел соняшнику конструктивно передбачають формування подрібнених часток довжиною понад 20 см. Така довжина рослинних решток не є бажаною. Це є мінімально можлива довжина часток, при якій можливе надійне протікання технологічного процесу без забивання ножових барабанів. Отже, вирішення проблеми забивання може відкрити шлях до підвищення інтенсивності подрібнення.

Поруч з піднятим питанням впливу взаємного розташування ножів на процес подрібнення, не менш важливою є їх мінімально необхідна технологічна маса, яка формує зусилля на лезо ножа, необхідне для перерізання рослинного матеріалу. Відомі три шляхи вирішення даної задачі. Перший – барабан повинен мати конструкційні параметри при яких одночасно з подрібнюваним матеріалом і ґрунтом контактуватиме якомога менша кількість ножів, в кращому випадку один, з одночасним використанням достатньої власної маси машини [1,10] (рис.2). Втім, навіть за таких умов, відстань між ножами буде значно більша за рекомендовану.

Другий – використання баласту [11]. Даний варіант може бути реалізованим на всіх конструкціях подрібнювачів. В більшості випадків це ускладнення конструкції, та виникає необхідність вирішення задачі рівномірності розподілу дії баласту за шириною захвату машини.

Третій – використання пустотілих ножових барабанів, внутрішній циліндр яких можна, за необхідності, заповнювати водою чи сипучими матеріалами [1]. Але при збільшенні діаметру барабана з метою зменшення відстані між ножами, зменшується і кут розхилу між самими ножами, що, знову ж таки, призводить до забивання і робить виконання технологічного процесу неможливим. Забезпечення необхідних для перерізання стебел зусиль виявляється тісно пов'язаним з розташуванням ножів на барабані.

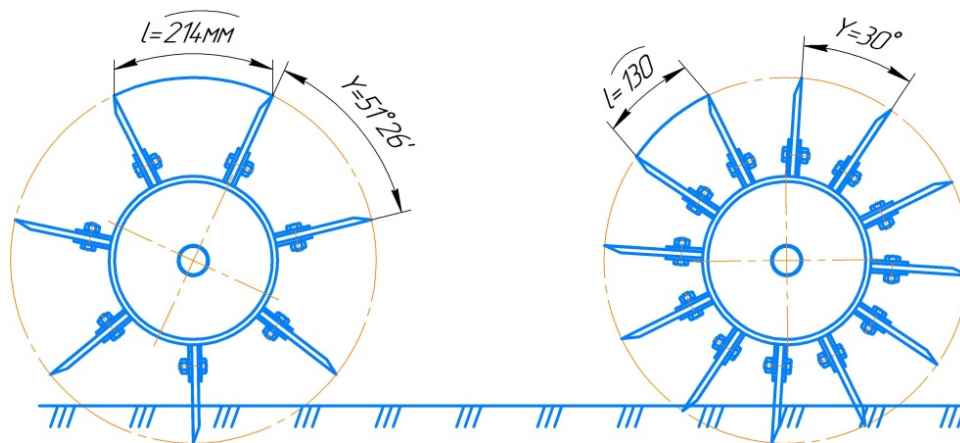


Рисунок 2 – Контакт з поверхнею ґрунту котків з різною кількістю ножів (різними кутами розхилу ножів)

Джерело: розроблено авторами на підставі [1, 10]

Постановка завдання. Метою даної роботи є пошук можливих конструкційних шляхів підвищення надійності функціонування котків-подрібнювачів рослинних решток та експериментальна попередня перевірка однієї з гіпотез, пов'язаної із взаємним розташуванням ножів на поверхні барабана.

Виклад основного матеріалу. Отже, основним недоліком котків-подрібнювачів рослинних решток є забивання міжножового простору ґрунтово-рослинною масою. Спроби та способи усунення даного негативного явища зводяться до наступного:

- обладнання ножових барабанів додатковими конструктивними елементами, здатними примусово очищувати простір між сусідніми ножами від частинок рослин та ґрунту, як наслідок, суттєво ускладнюється конструкція машини [12,13];

- використання ножових барабанів, конструкція яких не передбачає внутрішнього закритого простору, у яких відрізані частинки рослин можуть поступово протискатися між ножами в напрямку осі барабана в умовну порожнину, і в подальшому просипатися на поверхню поля [3,4]. Можна передбачити, що для даного варіанту ефективним може бути, навпаки, зниження кута розхилу між ножами, так як буде знижуватися зусилля, необхідне для протискання рослинних решток між боковинами сусідніх ножів у середину барабана, але це припущення ще потребує підтвердження;

- просторове розташування ножів на поверхні барабана з урахуванням як мінімум двох факторів – це кут між радіально розташованими ножами сусідніх рядів (кут розхилу) та кут зміщення рядів ножів відносно осі барабана (розташування ножів на поверхні барабана по спіралі). Не виключено, що бажаного ефекту вдасться досягти поєднанням деяких з представлених шляхів.

Спостереження за процесом подрібнення свідчить про те, що між ножами затискаються частинки тільки стебел, розташованих відносно лез перпендикулярно, з відхиленням на незначний кут. Решта частинок стебел після відрізання схильні займати положення, наближене до паралельного відносно площин ножів, при цьому частинки залишаються на поверхні поля чи легко викидаються з міжножового простору під дією відцентрових сил. В даному випадку важливою є інформація про значення кута зміщення ножів відносно осі барабана, при якому явище забивання стає відсутнім.

В разі підтвердження даної гіпотези відкривається можливість суттєвого зменшення довжини подрібнених часток, що, з агротехнічної точки зору, покращить процес їх розкладання в ґрунті.

Щодо іншого параметру – кута розхилу між сусідніми ножами та його впливу на забивання, то за результатами попередніх польових експериментальних досліджень на базі виробничого зразка подрібнювача гідрофікованого ПГ-6 встановлено, що забивання рослинних решток соняшнику припиняється при мінімальному значенні кута розхилу близькому до 45° при конструкційно можливому мінімальному діаметрі барабана 500 мм і довжині частинок подрібнених стебел (однакова відстань між лезами сусідніх ножів) 21,4 см при бажаних значно менших значеннях.

Підтвердити чи спростувати ефективність запропонованих шляхів підвищення якості подрібнення пожнивних решток і надійності даного технологічного процесу достовірно можна лише за результатами експериментальних досліджень, з урахуванням одночасного впливу на процес подрібнення більшості конструкційних та технологічних факторів.

Так, для попередньої перевірки реального впливу просторового розташування ножів на поверхні барабана на надійність виконання технологічного процесу були проведені обмежені польові експериментальні дослідження. За показник надійності технологічного процесу (в подальшому параметр оптимізації Y), було прийнято імовірність забивання міжножового простору частинками стебел подрібнюваних рослин ($P\%$) Згідно результатів попереднього аналізу та проведених досліджень [10,14], а також з урахуванням поставленої мети, в якості впливових факторів були

обрані конструкційні параметри – кут розхилу між сусідніми ножами α та кут зміщення лінії лез ножів відносно осі барабана γ .

Дослідження проведені за стандартною методикою планування багатофакторного експерименту (табл.1).

Таблиця 1 – Фактори та рівні їх варіювання при проведенні досліджень по встановленню надійності технологічного процесу подрібнювача пожнивних решток

№ п/п	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Кут розхилу ножів, α , град	x_1	50	30	15
2	Кут зміщення лінії лез ножів відносно вісі барабана γ , град	x_2	15	3	3

Джерело: розроблене авторами з використанням [15]

Практичною задачею досліджень було виявлення випадків застрягання між ножами певної кількості частинок подрібнених стебел від загальної технічно заданої кількості сформованих частинок. Відсоток частинок, які застрягали між ножами, від загальної кількості утворених частинок, вважався показником імовірності забивання P міжножового простору. На практиці це забезпечували наступним чином. Подрібнювач розташовували, за можливості, на рівній ділянці поля після збирання соняшнику. По ходу подрібнювача розкладали на поверхні поля задану кількість стебел вибраної довжини. Зміну кута зміщення лінії лез відносно осі котка імітували розкладанням стебел соняшнику під певним, передбаченим програмою досліджень, кутом. Подрібнення здійснювали на сприятливих для забивання швидкостях до 3м/с[10]. Після проходження подрібнювача по розкладених в заданому порядку стеблах здійснювали підрахунок загальної кількості частинок стебел і тих, які залишилися затиснутими між ножами, результати заносили до журналу. В стаціонарних умовах визначали їх відсоток для використання при подальшому аналізі досліджуваного процесу.

При проведенні експериментальних досліджень у якості засобу агрегування використовували трактор МТЗ-130, а функцію експериментального зразка котка-подрібнювача виконували коток-подрібнювач батьківських рослин на посівах гібридів кукурудзи, виробництво якого було налагоджене на ПП «Савицький М.І.» (рис.3). Дослідження проводили на полях фермерського господарства «Артеменко» Кіровоградської області.



Рисунок 3 – Загальний вигляд експериментального зразка котка-подрібнювача

Джерело: розроблене авторами

В результаті аналізу експериментальних даних з використанням стандартної методики [15] в системі прикладних програм STATISTICA 12, отримали рівняння регресії, яке дозволяє оцінити вплив прийнятих факторів на критерій оптимізації:

$$Y(P) = 286,76 - 14,7381 \cdot \alpha - 8,414 \cdot \gamma + 0,1317 \cdot \alpha \cdot \alpha + 0,2513 \cdot \alpha \cdot \gamma + 0,056 \cdot \gamma \cdot \gamma$$

Аналіз отриманого рівняння свідчить, що імовірність забивання міжножового простору частинками рослинних решток суттєво залежить від значень обох кутів, але більшою інтенсивністю характеризується кут розхилу ножів α .

Аналіз графічної інтерпретації експериментальних досліджень у вигляді поверхні відгуку та ліній рівних зрізів (рис. 4), дозволяє відмітити, що зі збільшенням значення обох кутів, імовірність забивання міжножового простору знижується. З урахуванням взаємного впливу обох кутів позбутися даного негативного явища можна при мінімальних значеннях кута розхилу близько $\alpha = 40^\circ$ та кута зміщення лінії лез ножів відносно осі барабана $\gamma = 12^\circ$.

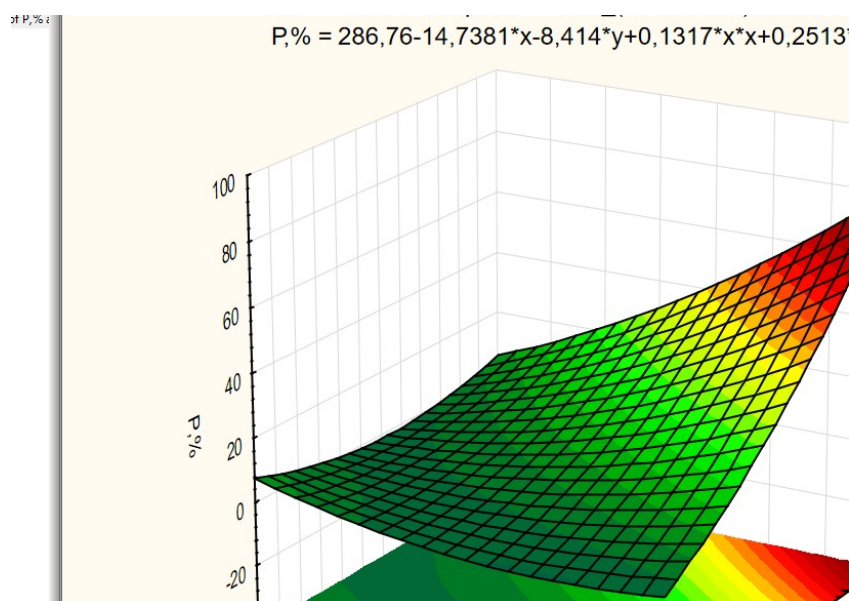


Рисунок 4 – Залежність імовірності забивання міжножового простору частинками подрібнених рослин (P , %) від кута розхилу між ножами (α°) та кута зміщення лінії лез ножів відносно осі барабана (γ°)

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Результат проведеної роботи дозволяє зробити припущення, що шлях до забезпечення високої надійності виконання технологічних процесів подрібнення поживних решток знаходиться в поєднанні окремих конструкційних особливостей різних запропонованих шляхів вирішення даної проблеми.

Встановлення на барабані рядів ножів, з відхиленням від його осі, дозволяє повністю усунути явище забивання міжножового простору, при значно меншому куту їх розхилу, наближеному до 40° .

Використання в конструкції ножового барабана відхилення лінії лез ножів під кутом понад 12° відносно його осі, дозволить збільшити кількість рядів ножів до дев'яти і забезпечить зменшення довжини частинок подрібнених стебел з 21,4 см до 17,4 см, що, певною мірою, покращить як умови загортання рослинних решток в ґрунт, так і умови їх розкладання.

Список літератури

1. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив : навч. посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М. та ін. Х. : Мачулін, 2016. 244с.
2. Борона причіпна БП-6 2-х рядна з ріжучими котками. URL: <https://voshod.dp.ua/ua/p1060647819-bogona-pritsernaua-ryadnaa.html> (дата звернення: 02.11.2023)
3. Компактна дискова борона KRONOS 4 з ножовими котками. URL: <https://www.velesagro.com/products/compact-disc-harrow/221> (дата звернення: 03.10.2023)
4. Луцильник ЛДП-6 (з переднім котком-подрібнювачем). URL: <https://sloboda.pro/lushhilnik-ldp> (дата звернення: 06.11.2023)
5. Універсальний дискатор, призначений для лушення стерні та передпосівної підготовки ґрунту. URL: https://www.bednar.com/ru/swifterdisc-хо_profі (дата звернення: 17.10.2023)
6. Подрібнювач рослинних залишків DAL-BO Maxicut 600 URL: http://selhospostavka.com.ua/pic/catalog_info-3_520.jpg (дата звернення: 12.10.23)
7. Сало В.М., Богатирьов Д.В., Лещенко С.М., Савицький М.І. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві. *Техніка і технології АПК*. 2014. №10. С.16-19.
8. Кукурудзяний метелик – значення, попереджувальні заходи і стратегія боротьби. *Terra HORSCH*. 2018. №16. С. 12–14, 28–32. URL: https://www.horsch.com/fileadmin/user_upload/downloads (дата звернення: 18.09.2023)
9. Гайденко О. М. Основні агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту та сівби [Електронний ресурс]. *Механізація АПК*. 2020. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18415-osnovni-ahrotekhnichni-vumohy-do-obrobitku-gruntu-ta-sivby.html>.
10. Сало В.М., Лещенко С.М., Богатирьов Д.В. Вплив параметрів барабана для подрібнення рослинних решток на надійність протікання технологічного процесу. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2021. Вип.51. С.70-77 . DOI: 10.32515/2414-3820.2021.51.70-77.
11. Вольський В.А., Коцюбанський Р.В. Розробка структурно-функціональної схеми агрегату для подрібнення та зароблення в ґрунт грубостеблових рослинних решток . *Механізація та електрифікація сільського господарства: Загальнодерж. зб. ННЦ «ІМЕСГ», смт Глеваха*. 2020. Вип. 12. С.36-43. DOI:10.37204/0131-2189-2020-12-4
12. Барабан подрібнювача рослинних решток з ротором: пат. 153708 Україна. / Сало В.М., Лузан П.Г. Сало Л.В., Лузан О.Р.; заявник і патентотримач Центральноукраїнський національний технічний університет. №у 2023 00081; заявл. 09.01.23; опубл. 16.08.2023. Бюл. №33.
13. Коток-подрібнювач рослинних решток: пат. на кор. модель №83199/ Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В., Мачок Ю.В., Лузан О.Р.; заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. №у 2013 03722; заявл.26.03.2013; опубл. 27.08.2013. Бюл. № 16
14. Дослідження впливу схеми розташування ножів котка-подрібнювача на показники якості подрібнення стебел сояшнику / Шейченко В.О. та ін. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин Загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2021. Вип. 51. С.78-88 DOI: 10.32515/2414-3820.2021.51.78-88.
15. Підручник дослідника: навч. посіб. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Х.: Мачулін, 2016. 204с.
16. Influence of equal-area projection of the cylinder drum's cross-section height on the description accuracy of its overcoming the air resistance force / Bohatyrov D.V. et al. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 52, No. 2, P. 45-56. URL: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195529074> (Last accessed: 14.10.23)
17. Korneski T.S., Prior S.A. Equipment Development to Manage Cover Crops for Small and Urban No-till Farming Systems. *Chemical Engineering Transactions*. July 2017. Vol. 58. P. 181-186.
18. Korniecki T.S., A.J. Price Perfomance of Different Roller Designs in terminating rye cover crop and reducing vibration. *Aplied Eng. Agric – Alabama, USA*. Vol. 22(5). P.633-641.

Referencis

1. Salo, V.M., Leshhenko, S.M., Luzan, P.G., Machok, Yu.V. & Bohatyrov, D.V. (2016). *Mashyny dlia obrobitku ґрунту ta vnesennia dobriv. Navchalnyi posibnyk dlia studentiv ahrotekhnichnykh spetsialnostei [Tillage and fertilizer machines. A textbook for students of agricultural specialties]*. Kharkiv: Machulin [in Ukrainian].

2. Borona prychipna BP-6 2-kh riadna z rizhuchymy katkamy [Trailed harrow BP-6 2-row with cutting rollers]. *voshod.dp.ua*. Retrieved from <https://voshod.dp.ua/ua/p1060647819-borona-pritsepnayaryadnaya.html> [in Ukrainian].
3. Kompaktna dyskova borona KRONOS 4 z nozhovymy kotkamy [KRONOS 4 compact disk harrow with knife rollers]. *velesagro.com*. Retrieved from <https://www.velesagro.com/products/compact-disc-harrows/221> [in Ukrainian].
4. Lushchylnyk LDP-6 (z perednim kotkom-podribniuvachem) [Shredder LDP-6 (with front shredder roller)]. *sloboda.pro*. Retrieved from <https://sloboda.pro/lushhilnik-ldp> [in Ukrainian].
5. Universalnyi dyskator, pryznachenyi dlia lushchennia sterni ta przedposivnoi pidhotovky gruntu [A universal disk designed for husking stubble and pre-sowing soil preparation]. *bednar.com*. Retrieved from https://www.bednar.com/ru/swifterdisc-xo_profi [in Ukrainian].
6. Crimp-roller DAL-BO Maxicut 600. Retrieved from *selhozpostavka.com.ua*. http://selhozpostavka.com.ua/pic/catalog/catalog_info_3_520.jpg.
7. Salo, V.M., Bohatyrov, D.V., Leshchenko, S.M. & Savytskyi, M.I. (2014). Vitchyzniane tekhnichne zabezpechennia suchasnykh protsesiv u roslynnystvi. [Domestic technical support of modern processes in crop production]. *Tekhnika i tekhnologii APK – Machinery and technology of AIC, 10*, 16-19. [in Ukrainian]
8. Kukurudziany metelyk – znachennia, poperedzhuvalni zakhody i stratehiia borotby [Corn moth - significance, preventive measures and control strategy]. *horsch.com*. Retrieved from https://www.horsch.com/fileadmin/user_upload/downloads
9. Haidenko, O.M. (2020) Osnovni ahrotekhnichni vymohy do obrobitku gruntu ta sivby [Basic agrotechnical requirements for tillage and sowing]. *Mechanization of the agro-industrial complex*. Retrieved from <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18415-osnovni-ahrotekhnichni-vymohy-do-obrobitku-gruntu-ta-sivby.html> [in Ukrainian].
10. Salo, V.M., Bohatyrov, D.V. & Leshchenko, S.M. (2021). Vplyv parametrov barabana dlia podribnennia roslynykh reshtok na nadiinist protikannia tekhnolohichnoho protsesu [The Influence of the Parameters of a Chopping Rotor for Plant Residues on the Reliability of the Technological Process]. *Konstruivannja, vyrobnytvo ta ekspluatacija sil's'kohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Vol. 51*, 70-77 [in Ukrainian].
11. Volskyi, V.A. & Kotsiubanskyi, R.V. (2020). Rozrobka strukturno-funktsionalnoi skhemy ahrehatu dlia podribnennia ta zaroblennia v hrunt hrubosteblovykh roslynykh reshtok [Development of the structural and functional scheme of the unit for crushing and embedding coarse-stemmed plant residues into the soil]. *State collection "Mechanization and Electrification of Agriculture" NSC "IMESG" , Vol. 12*, 36-43 [in Ukrainian].
12. Patent na korusnu model 153708. *Baraban podribniuvacha roslynykh reshtok z rotorom [crimp-roller]/ Salo V.M., Luzan P.H. Salo L.V., Luzan O.R.; zaiavnyk i patentotrymach Tsentralnoukrainskyi natsionalnyi tekhnichniy universytet №2023 00081; zaiavl. 09.01.23; opubl. 16.08.2023, Biul. №33*. [in Ukrainian].
13. Patent na korusnu model 83199. *Kotok-podribniuvach roslynykh reshok [crimp-roller]/ Salo V.M., Luzan P.H. Bohatyrov D.V., Machok Yu.V., Luzan O.R.; zaiavnyk i patentotrymach Salo V.M. – №u2013 03722; zaiavl. 26.03.2013; opubl. 27.08.2013, Biul. №16.1*. [in Ukrainian].
14. Sheichenko, V.O., Chernovol, M.I., Volskyi, V.A. & Kotsiubanskyi, R.V. (2021). Doslidzhennia vplyvu skhemy roztashuvannia nozhiv kotka-podribniuvacha na pokaznyky yakosti podribnennia stel soniashnyku [Research of Influence of the Scheme of an Arrangement of Knives of a Cat-shredder on Indicators of Quality of Crushing of Stalks of Sunflower]. *Konstruivannja, vyrobnytvo ta ekspluatacija sil's'kohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Vol. 51*, 78-88 [in Ukrainian].
15. Vasytkovskiy, O.M., Leshchenko, S.M., Vasytkovska, K.V. & Petrenko, D.I. (2016). *Pidruchnyk doslidnyka. [Researcher's textbook]*. Kharkiv: Machulin [in Ukrainian].
16. Bohatyrov, D.V., Salo, V.M., Kyslun, O.A., Skrynnik, I.O. & Kisilov, R.V. (2017). Influence of equal area projection of the cylinder drum's cross-section height on the description accuracy of its overcoming the air resistance force. *INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 52, No. 2*. P. 45-56 [in English].
17. Korneski, T.S. & Prior, S.A. (2017). Equipment Development to Manage Cover Crops for Small and Urban No-till Farming Systems. *Chemical Engineering Transactions, Vol. 58*, 181-186 [in English].
18. Korniecki, T.S. & Price, A.J. (2017). Performance of Different Roller Designs in terminating rye cover crop and reducing vibration. *Applied Eng. Agric – Alabama, USA, Vol. 22(5)*, 633-641 [in English].

Vasyl Salo, Prof., DSc., **Dmytro Bohatyrov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Serhii Leshchenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Regarding the Reliability of the Technological Process of Shredding Crop Residues

The article is devoted to finding ways to solve the problem of increasing the reliability of the technological process of shredding crop residues using shredding rollers with operating parts in the form of knife drums. The research presents a review and analysis of existing types of machines for shredding crop residues equipped with driven and non-driven active operating parts with their advantages and disadvantages. The ways and methods that should be considered when solving problems of improving the quality of grinding and reliability of this technological process are formulated. The article presents the content and methods of conducting experimental field studies of the process of shredding crop residues by a drum with knives installed on its surface at a certain angle of deflection between adjacent rows and with a shift of the line of row blades relative to the axis of the drum itself. It is proved that at certain values of these parameters, it is possible to achieve a significant increase in the reliability of the technological process, to virtually eliminate the negative phenomenon of clogging of the inter-row space with particles of plant stems and soil.

The rational values of the angles of the knives on the surface of the chopping drum, substantiated in this work, allow increasing the intensity of chopping crop residues as a result of reducing the distance between the rows of knives. Thus, the approximate length of the particles of chopped plant stems can be reduced from 21.4 cm to 17.4 cm, without negative consequences for the reliability of the technological process.

crimp-rollers of plant residues, process reliability, angles of installation of knives on the surface of the drum, inter-groove space, particles of plant stems, crop residues

Одержано (Received) 18.09.2023

Прорецензовано (Reviewed) 04.10.2023

Прийнято до друку (Approved) 27.12.2023

УДК 631.363.2

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.101-111>

Р.В. Кісільов, доц., канд. техн. наук, **В.М. Кропівний**, проф., канд. техн. наук, **П.Г. Лузан**, доц., канд. техн. наук, **О.В. Нестеренко**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: ruslan_vik@ukr.net

Вдосконалення конструкції бітерів дозатора кормів порційної дії

У статті за рахунок проведеного аналізу роботи дозуючих пристроїв запропонована конструкція бункерного дозатора порційної дії типу БДК-Ф-70-20, який обладнаний круглolanковим ланцюгом та гребінками. Теоретичними дослідженнями було обґрунтовано конструктивні та режимні параметри дозаторів-відокремлювачів обладнаних радіальними пальцями. Визначено їх вплив на якість дозування вологих та грубих компонентів у процесі розвантаження кормів на поперечний горизонтальний транспортер.

тваринництво, дозатор кормів, планетарний механізм, бітер, поперечний транспортер, моноліт корму, ланцюг, гребінка, пальці

Постановка проблеми. Зниження темпів виробництва продуктів тваринництва в Україні пов'язане з багатьма відомими факторами, що неодмінно впливають на позитивний розвиток всієї галузі. Одним з таких чинників є незадовільний стан кормової бази. Недостатня забезпеченість тваринництва кормами, невідповідна їх якість до діючих зоотехнічних вимог при підготовці до згодовування призводить до значного порушення генетичного потенціалу. Тому реалізація тварин в таких умовах можлива лише на 45–50%. Корми та кормові суміші мають визначальний вплив серед

© Р.В. Кісільов, В.М. Кропівний, П.Г. Лузан, О.В. Нестеренко, 2023