

УДК 630.32.002.5

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.101.2.99

## РОЗВИВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ БАРАБАННИХ ДЕРЕВИНОРУБАЛЬНИХ МАШИН

Ребезнюк І. Т., Барабаш Б. З.

Національний лісотехнічний університет України

**Анотація.** У статті запропоновано напрями вдосконалювання процесу вироблення технологійної тріски на барабанних рубальних машинах поліпшенням розташування контрножа щодо різального ножа та форми й геометричних параметрів комірок сита барабанної рубальної машини. Технічні розв'язки вдосконалювання процесу збазовані на перерозподіленні видів різання нерівновластивісної (анізотропної) деревини, що сприяє зменшенню сил різання та поліпшенню якості отриманої технологійної тріски. Конструювання калібрувального сита зі східчастою поверхнею, східці якої працюють як додаткові різальні складники в доподрібнованні завеликих деревинних частинок, привидишує отримання технологійної тріски потрібних розмірів і якості.

**Ключові слова:** барабанна рубальна машина, різальний ніж, калібрувальне сито, технологійна тріска.

### Вступ

Природні енерговитворювальні відновлені ресурси України, до яких, зокрема, належать ліси – це натуральні складники функціонування багатьох галузей економіки й народного господарства. Заготовлену в лісах деревину все більше використовують, окрім вироблення меблів, столярних, будівельних та інших соціально важливих продуктів, альтернативно замінюючи викопні вуглеводні для тепло-, електровитворювання в промисловості й побуті.

Ухвалений Верховною Радою України Закон «Про альтернативні види палива» № 1391-VI від 21.05.2009 [1] законодавчо виокремлює потребу й важливість розвивання засобів вироблення деревинної біомаси, що також підтверджує начасність розроблення високопродуктивних деревиноподрібновальних машин.

### Аналіз публікацій

Початком розроблення способів подрібнювання та конструкцій машин, що механічно подрібнюють різні матеріали, вважають XIX ст., коли було створено першу машину для перероблення відходів сільського господарства.

З першої половини XX ст. почали виробляти деревиноподрібновальні машини.

1928 р. фірма *Woodman Machine Company* розробила першу деревиноподрібновальну машину, що її використовували в паперовій та целюлозній промисловості.

Упродовж 1950-х рр. шведська компанія *Morbark* розробила першу барабанну дробар-

ку для перероблення колод і гілок деревини на дрібні однакові частинки – технологійну тріску [4].

Серед сучасних фірм, що виробляють деревиноподрібновальні машини різних типів, відомі такі: *JoBeau* (Бельгія), *Caravaggi*, *Pezzolato* та *GreenTechnic* (Італія), *Eschlböck*, *Unterreiner Forstgerate*, *Heizomat* (Німеччина) *Hemmel*, *Junkkari* (Фінляндія), «Олнова», «УкрПКТЛіспром», ТОВ «Хеммель-Україна» (Україна) тощо [5].

За конструкцією деревиноподрібновальні машини поділяють на два великі класи: кружалові (дискові) рубальні й барабанні рубальні.

Робочий орган кружалових машин – обертанневе кружало (диск) 1 із закріпленими на ньому ножами 2 (рис. 1). Розміри отримуваної тріски після подрібнювання деревини 3 в незначних межах можна змінювати коригуванням виступ ножів на обертанневому кружалі.

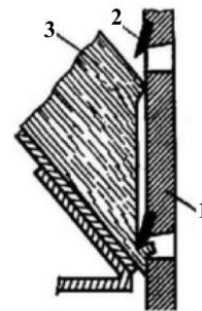


Рис. 1. Схема взаємодії робочого органа кружалової рубальної машини з деревинною 1 – обертанневе кружало; 2 – ніж; 3 – деревина

У барабанних машинах робочий інструмент – барабан 1, на якому закріплено різальні ножі 2 (рис. 2).

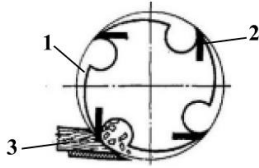


Рис. 2. Схема взаємодії робочого органа барабанної рубальної машини з деревиною: 1 – барабан; 2 – ніж, 3 – деревина

Переваги барабанних рубальних машин порівняно з кружаловими:

- широкий усебічний спектр застосування;
- висока якість технологійної тріски незалежно від якості подрібнюваної сировини;
- менша питома витрата енергії для вироблення 1 м<sup>3</sup> технологійної тріски;
- зремонтвовність та ергономічність у процесі визискування (експлуатування);
- можливість швидкого переналагоджування та замінювання ножів.

У машинах для рубання барабанного типу робочий інструмент – барабан (ротор) – може бути як цілісним 1 (рис. 3) (тоді тріска надходить у підножові западини), так і порожнім (тоді тріска надходить у барабан). Завантажують машини такого типу переважно поземно з подавального транспортера 2, що його оснащено вальцьовим урухомлювачем з механічним або гідравлічним притискачем 4.

Барабанні машини зазвичай мають великий прохідний перетин, що дає змогу переробляти в тріску деревину значних розмірів поперечного перерізу. До того ж довжина деревинних часток збільшується зі зростанням швидкості подавання матеріялу й зменшується зі збільшенням частоти обертання барабана та кількості ножів на ньому.

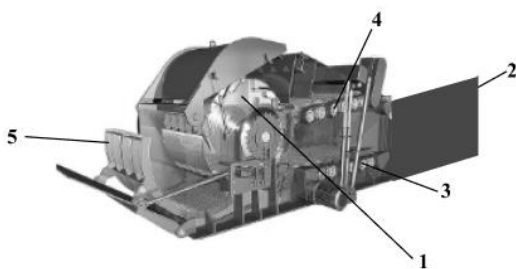


Рис. 3. Загальний вигляд барабанної рубальної машини: 1 – барабан; 2 – подавальний транспортер; 3 – вальцьовий урухомлювач; 4 – притискач; 5 – проперфорований піддон (сито)

Водночас виробляють машини з гравітаційним завантаженням (вільним засипуванням) сировини. Так завантажують короткі матеріали – до 1,5 м завдовжки. Вивантажують тріску вниз на транспортер або приймальний патрубок пневмотранспортувальної системи.

Щоб усталити розміри технологійної тріски, механізм різання оснащують проперфорованим піддоном (ситом) 5 (див. рис. 3), розмір отворів якого визначають згідно з призначеністю машини та вимогами до продукту. Залежно від конструкції барабана такі рубальні машини можуть виробляти тріску основного розміру завдовжки 4–12 мм або 10–35 мм, а в машинах для попереднього подрібнювання довжина тріски досягає 200 мм. Однак на барабанних рубальних машинах наявних конструкцій на сьогодні певний відсоток тріски потребує додаткового перероблення й ускладнює процес її отримання. Приблизно 30 % отриманої тріски завдовжки 30–40 мм, що потребує додаткового її перероблення, що знищує продуктивність процесу подрібнювання деревини.

Нині до тріски, що її використовують для вироблення паливних гранул, сформовано досить жорсткі вимоги як щодо геометричних параметрів отриманих частинок, так і до рівня подрібненості.

#### Мета та постановка завдання

Мета роботи – удосконалювання процесу вироблення технологійної тріски на барабанних рубальних машинах поліпшенням розташування контрножа щодо різального ножа та форми й геометричних параметрів комірок сита барабанної рубальної машини. Це уможливить підвищення продуктивності вироблення технологійної тріски потрібних розмірів і якості.

#### Розв'язування завдання

Деревиною переміщують у барабанній рубальній машині механізмом подавання до ділянки її подрібнювання.

Ділянка подрібнювання та подавання матеріялів барабанної деревинорубальної машини (рис. 4) містить ножовий барабан 1 з плоскими різальними ножами 2. Ножі закріплюють уздовж ножової западини, у яку потрапляє зрізана деревинна тріска. Контрніж 3 слугує для встановлювання товщини різання (товщини тріски). Унаслідок колового руху зрізана тріска з підножової западини (кишені) потрапляє на калібрувальне сито 4, про-

сівається та спадає в нижній бункер для вивантажування. Частина тріски, що не пройшли крізь сито, доподрібнюються іншими ножами барабана на другому контрножі (на рис. 4 не показано) і знову просіюються крізь сито 4. Нижній урухомчий валець 5, отримуючи коловий рух від окремого електрорушійника, подає деревину до ножового барабана із заданою швидкістю.

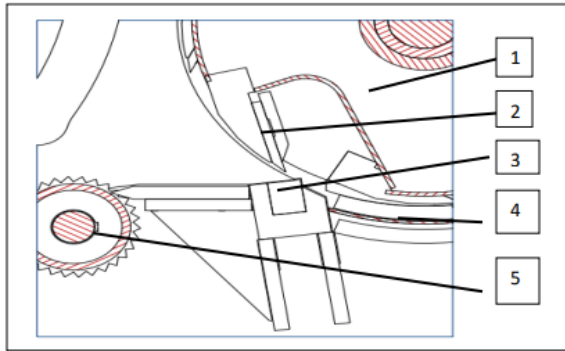


Рис. 4. Схема ділянки подрібнювання та подавання матеріалів барабанної деревинорубальної машини: 1 – ножовий барабан; 2 – різальний ніж; 3 – контрніж; 4 – калібрувальне сито; 5 – нижній зубчастий валець механізму подавання

На підставі попереднього дослідження процесу різання деревини на тріску на рубальних барабанних машинах виявлено, що на якість різання впливає розташунок робочої поверхні контрножа щодо колового руху різального ножа.

У конструкціях переважальної більшості барабанних рубальних машин робочу поверхню контрножа найчастіше розташовано однаково щодо напрямку подавання деревини й напрямку колового руху різальних ножів. Такий розташунок робочої поверхні контрножа під час торцево-поздовжнього різання нерівновластивісної (анізотропної) деревини за волокнами спричинює певні співвідносини торцевого й поздовжнього різання. До того ж поздовжнє різання відбувається з ознаками розтягування волокон, що призводить до зростання витрат енергії на перерізування волокон.

Змінивши розташунок робочої поверхні на  $7^\circ$ , зменшили відсоток розтягування волокон під час різання. Рубання на експериментальній рубальній машині з таким розташуном контрножа підтвердило спадання використаної на різання електроенергії, а також зменшення заминання сировини на ділянці різання, що поліпшило якість отриманих деревинних частинок.

Отже, важливо дослідити, на який кут найраціональніше треба змінювати розташунок контрножа.

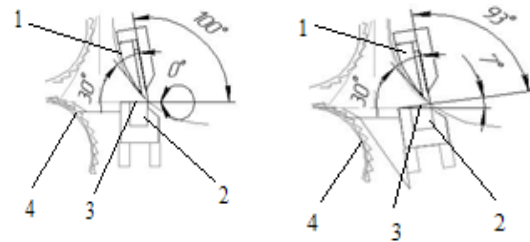


Рис. 5. Схеми розташунок робочої поверхні контрножа в барабанній деревинорубальній машині: 1 – різальний ніж; 2 – контрніж; 3 – робоча поверхня контрножа; 4 – нижній зубчастий валець механізму подавання

Також виявлено, що коли сито буде вироблено не з гладкою робочою поверхнею, а із східчастою (рис. 6), то це пошвидшить доподрібнювання 30 % отриманої після початкового різання тріски завдовжки 30–40 мм до розмірів 4–10 мм, що конче потрібно для вироблення паливних гранул. Це відбуватиметься внаслідок того, що східці на робочій поверхні сита працюватимуть як додаткові різальні леза. Також важливо для нової форми сита дослідити геометричні параметри комірок.

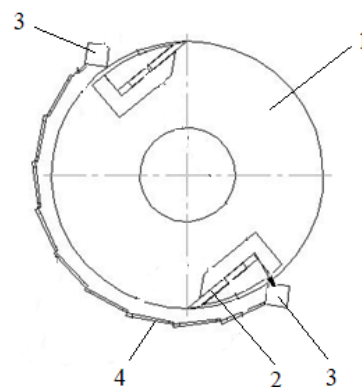


Рис. 6. Схеми форми східчастого сита та його застосунку в барабанній деревинорубальній машині: 1 – ножовий барабан; 2 – різальний ніж; 3 – контрніж; 4 – калібрувальне східчасте сито

### Висновки

Запропоновано напрями вдосконалювання процесу вироблення технологійної тріски на барабанних рубальних машинах поліпшу-

ванням розташування контрножа щодо різального ножа та форми й геометричних параметрів комірок сита барабанної рубальної машини. Щоб створити виробничу барабанну рубальну машину, необхідно дослідити кутові параметри розташування контрножа, лінійні розміри східців нової східчастої форми сита та його комірок, кінематику різання та розробити раціональні параметри механізмів урухомлювання барабана й подавання матеріалів. Водночас необхідно показати, як запропоновані вдосконалення позначатимуться на продуктивності вироблення технологійної тріски потрібних розмірів і якості.

### Література

1. Про внесення змін до деяких законів України до сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива: Закон України від 21.05.2009. № 1391-VI.  
URL: <https://tax.gov.ua/arhiv/podatкова-baza-donabrannya-chinnosti-podatkovim-kodeksom/normativno-pravova-baza/zakoni-ukraini/arhiv-zakoniv-ukraini/zakoni-ukraini-za-2009-rik/print-61267.html> (дата звернення: 21.02.2023).
2. ДСТУ 3966-2009. Термінологія. Засади і правила розроблення стандартів на терміни та визначення понять. Чинний від 01.07.2010. Київ: Держстандарт України, 2010. 31 с.
3. Ребезнюк І. Українське наукове слововживання: навч. посіб. Львів: Сполом, 2022. 400 с.
4. Гунько І. В., Кравець С. М. Гідролічні приводи в системах подрібнення деревини. *Техніка енергетики, транспорт АПК*: Вінниця, 2018. № 3 (102). С. 71–77. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/24358.pdf> (дата звернення: 12.03.2023).
5. ДСТУ 2233:2021. Інструменти різальні. Терміни та визначення понять. Чинний від 01.09.2022. Київ: УкрНДНЦ, 2022. 38 с.
6. ДСТУ 2249:2021. Обробляння різанням. Терміни, визначення понять та позначки. Чинний від 01.09.2022. Київ: УкрНДНЦ, 2022. 54 с.
7. ДСТУ 2654:2021. Устаткування деревообробче. Терміни та визначення понять. Чинний від 01.07.2022. Київ: УкрНДНЦ, 2022. 19 с.

### References

1. On amendments of some laws of Ukraine to promote the production and use of biological fuels: Law of Ukraine dated May 21, 2009, no. 1391-VI. URL: <https://tax.gov.ua/arhiv/podatкова-baza-donabrannya-chinnosti-podatkovim-kodeksom/normativno-pravova-baza/zakoni-ukraini/arhiv-zakoniv-ukraini/zakoni-ukraini-za-2009-rik/print-61267.html> (last accessed: 21.02.2023).

2. DSTU 3966-2009. Terminology. Principles and rules of development of standards for terms and definition of concepts. Valid from July 01, 2010. Kyiv, 2010, 31 p.
3. Rebezniuk, I. (2022) Ukrainian scientific vocabulary: tutorial. Lviv, 400 p.
4. Hunko, I. V., Kravets, S. M. (2018) Hydraulic drives in wood-shredding systems Engineering, energy, transport of the agricultural industry. Vinnytsia, no. 3 (102), pp. 71–77.  
URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/24358.pdf> (last accessed: 12.03.2023).
5. DSTU 2233:2021. Cutting tools. Terms and definitions of concepts. Valid from September 01, 2022. Kyiv, 2022, 38 p.
6. DSTU 2249:2021. Cutting processing. Terms, definitions of concepts and features. Valid from September 01, 2022. Kyiv, 2022, 54 p.
7. DSTU 2654:2021. Wood processing equipment. Terms and definitions of concepts. Valid from July 01, 2022. Kyiv, 2022, 19 p.

**Ребезнюк Ігор Тарасович**, д-р техн. наук, професор кафедри технологічних машин і технічного сервісу, Національний лісотехнічний університет України, rebeznyuk@nltu.edu.ua, тел. +38 067-375-40-72.

**Барабаш Богдан Зіновійович**, аспірант, Національний лісотехнічний університет України, [bohdan.barabash22@nltu.lviv.ua](mailto:bohdan.barabash22@nltu.lviv.ua), тел. +38 050-371-05-69.

### Development of drum wood-cutting machines construction

**Abstract. Problem.** The wood harvested in forests is increasingly being used as an alternative fuel to replace fossil hydrocarbons for heat and electricity generation on an industrial scale and in everyday life as of today. Currently, the need and importance of developing the means of producing wood biomass has been highlighted even by law. Therefore, it is an important and timely task to improve high-performance wood-shredding machines for the technological wood chips production, from which heat can be obtained in various ways. **Goal.** The purpose is to improve the process of the technological wood chips production on drum cutting machines. **Methodology.** Solving the tasks involved improving the conditions for cutting wood with a drum knife and additional grinding of too large wood particles with the steps of the calibration stepped sieve in order to obtain technological wood chips of the required size and quality. **Results.** Technical solutions for improving the process of producing technological wood chips on a drum cutting machine are proposed, which improve the quality of technological wood chips and increase the productivity of obtaining wood particles of the required sizes. **Originality/Novelty.** Technical solutions were formed on the basis of the improvement of two areas of wood

*shredding: in the area of interaction of unshredded wood with the drum knife and in the area of interaction of oversized wooden crushed particles with the steps of the stepped sieve (which work as additional cutting blades). **Practical value.** The application of the proposed technical solutions will make it possible to increase the efficiency of technological wood chips production of the required size and quality on a drum cutting machine.*

**Key words:** drum cutting machine, cutting knife, calibration sieve, technological chip.

**Rebezniuk Ihor**, professor, Doct. of Department of technological machines and technical services, National Forestry University of Ukraine, [rebeznyuk@nltu.edu.ua](mailto:rebeznyuk@nltu.edu.ua), tel. +38 067-375-40-72.

**Barabash Bohdan**, postgraduate, National Forestry University of Ukraine, [bohdan.barabash22@nltu.lviv.ua](mailto:bohdan.barabash22@nltu.lviv.ua), tel. +38 050-371-05-69.

---