

## РОЗРОБКА ПОДРІБНЮВАЧА ВТОРИННИХ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕЛЕТ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет.

### *Анотація*

*Обґрунтовано вибір методу подрібнення деревних відходів, здійснено вибір раціональної схеми привідного пристрою подрібнювача з покращеними показниками. Обґрунтовано заміну роздільного приводу в аналогу на вмонтований з використанням кульково-хвильової передачі та гідравлічних агрегатів. Розроблено нову конструктивну схему подрібнювача деревини на рівні винаходу та виконано необхідний комплекс проектних, перевіркових розрахунків всіх елементів передавального механізму робочого інструмента, а також спроектовано дослідний зразок подрібнювача.*

**Ключові слова:** подрібнювач, проектування, деревні відходи, кульково-хвильова передача.

### *Abstract*

*The choice of the method of shredding wood waste is substantiated, the choice of a rational scheme of the drive device of the shredder with improved indicators is made. The replacement of a separate drive in the analog with a built-in one using a ball-and-wave transmission and hydraulic units is substantiated. A new structural scheme of the wood chipper at the level of the invention was developed and the necessary set of design and verification calculations of all elements of the transmission mechanism of the working tool was performed, and a pilot sample of the chipper was also designed.*

**Keywords:** shredder, design, wood waste, ball-wave transmission.

### **Вступ**

Однією з основних проблем паливно-енергетичного комплексу України є забезпечення підприємств та житла в достатній кількості як енергоносіїв, так і обладнання для його виготовлення. Наразі, коли відбувається подорожчання основних паливних ресурсів, на перший план виходять альтернативні джерела енергії. Особливого значення набувають деревні відходи деревообробних підприємств, або утворених під час планових очисток лісів та лісосмуг у приміських районах. Останнім часом значна увага, переважно малих підприємств України, зосереджена на виготовленні пелетів не лише для власних потреб, але і на експорт до інших країн. Важливим етапом виготовлення пелет є технологічна підготовка, яка стосується процесу вторинного подрібнення, що впливає на якість кінцевого продукту. Встановлено, що однорідність величини фракції залежить від швидкості обертання ріжучих інструментів, закріплених на зовнішній поверхні барабана, а також від сили різання для різних порід дерев. Тому для вирішення цієї проблеми запропоновано модернізувати існуючий привід подрібнювача, використовуючи позитивні характеристики гідроприводу, та розробити нову його конструкцію.

### **Основна частина**

Проаналізовано існуючі технологічні процеси подрібнення та технічні рішення подрібнювачів, що використовуються для технологічної підготовки сировини для брикетування та виготовлення пелетів. Якість подрібнення сировини суттєво залежить від швидкості, за якою відбувається процес подрібнення. Встановлено комплекс чинників, які впливають на швидкість удару. Переважна їх більшість визначається технічними можливостями подрібнювального інструменту та приводу, що надає йому рух. Основною технологічною вимогою щодо підготовленої сировини для виготовлення пелет є забезпечення розміру часток їх подрібнених частинок деревини, яка становить 1...2 мм за умови забезпечення необхідної вологості [1].

Досвід експлуатації молоткових дробарок показав, що для різних видів деревних матеріалів не завжди можна досягнути заданої фракції частинок згідно зазначених вимог. Тому в багатьох країнах

Європи для забезпечення заданих розмірів фракції під час виготовлення пелет застосовують подрібнювачі барабанного типу з улаштованими на зовнішній поверхні барабана різцями. Найбільш ефективними та поширеними подрібнювачем барабанного типу у технологічному обладнанні виготовлення пелет є конструкції V-Rotor і F-Rotor [2]. Недоліком існуючих конструкцій подрібнювачів барабанного типу є наявність приводу з боковим розміщенням, що суттєво збільшує габаритні розміри, металомісткість, погіршує безпеку експлуатації.

На кафедрі галузевого машинобудування ВНТУ розроблено оригінальну конструкцію подрібнювача з вмонтованим гідроприводом. В основу розробленої конструкції поставлена задача створення подрібнювача деревних відходів, в якому за рахунок введення у вмонтований гідравлічний привід модуля передавального механізму у вигляді кульково-хвильової передачі збільшується жорсткість конструкції, за менших габаритів передавального механізму збільшуються діапазон передатних чисел та показники питомої потужності приводу і, таким чином, підвищується довговічність роботи та покращуються його функціональні можливості.

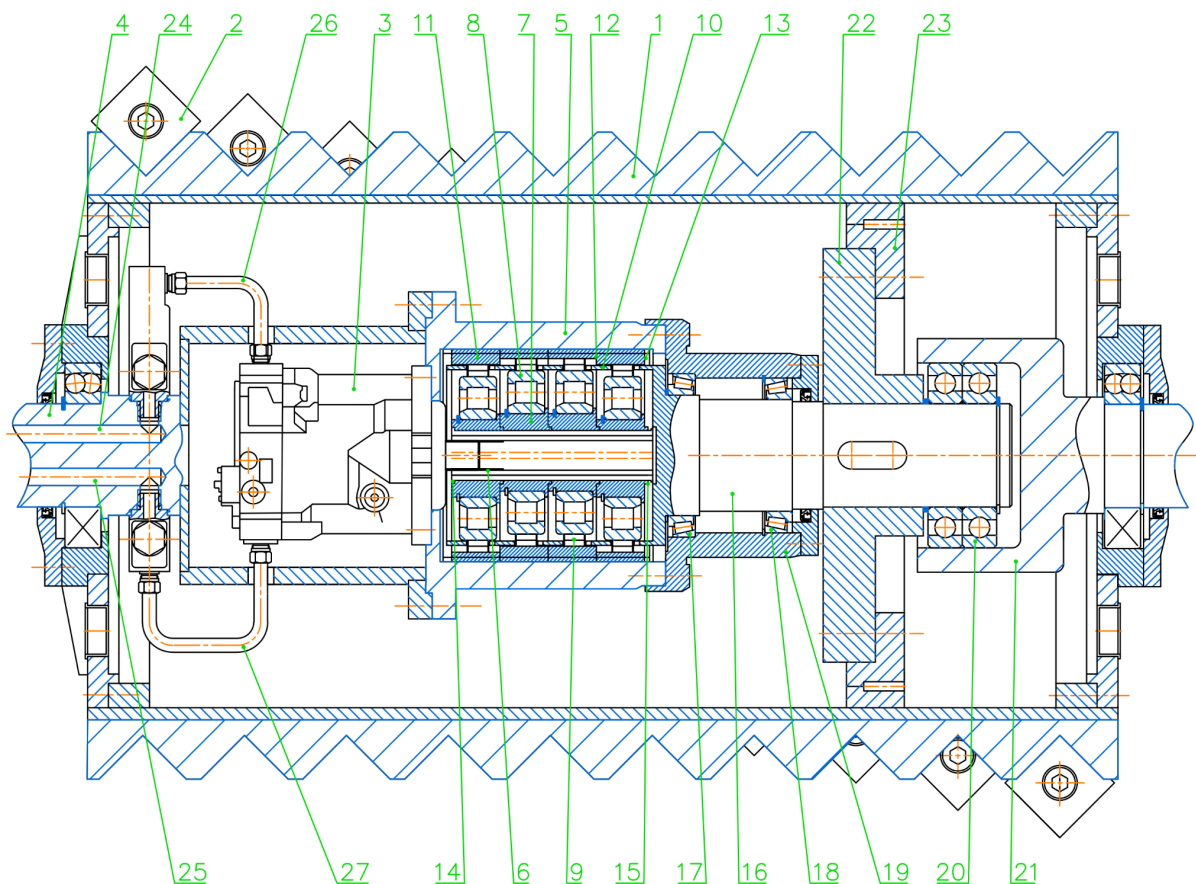


Рис. 1. Осьовий переріз подрібнювача деревинних відходів

Поставлена задача вирішується тим, що подрібнювач деревинних відходів, який містить закріплений у корпусі подрібнювача барабан, з улаштованими на його поверхні за гвинтовою лінією різцями, та встановлений в середині корпусу барабана вмонтований гідравлічний привід, що складається з гідромотора розміщеного у внутрішній порожнині першої піввісі, вал якого з'єднаний з втулкою модуля передавального механізму, виконаного у вигляді кульково-хвильової передачі, що складається з чотирьох секцій генератора хвиль, які встановлені попарно з додатним та від'ємним ексцентриситетом, на вихідному валу модуля передавального механізму закріплений привідний диск, який нерухомо з'єднаний кільцем жорстко скріпленим з внутрішньою поверхнею корпусу барабана, при цьому вихідний вал передавального механізму розміщено в підшипниковому вузлі другої піввісі, яка разом із першою піввіссю, корпусом модуля передавального механізму та його вихідним валом утворює з'єднану вісь барабана. Крім того, всередині цільної частини першої вісі виконані осьові та

радіальні канали для підведення напірної та зливної магістралі, що під'єднані до робочої камери гідромотора.

На рис. 1 зображено осьовий переріз подрібнювача деревинних відходів, елементи якого спроектовано за допомогою сучасної комп'ютерної програми [3, 4, 5].

Подрібнювач працює таким чином.

Робоча рідина під тиском через осьовий канал 24, напірний трубопровід 26 подається в робочу камеру гідромотора 3, який встановлений всередині першої піввісі 4, закріпленій на торцевій поверхні нерухомого корпусу 5 передавального механізму. Вал гідромотора 3 приводить в рух втулку 6, на котрій розміщені ексцентрикові генератори 7, осьові переміщення якої обмежені стопорними кільцями 14 і 15. Під час обертання ексцентрикового генератора хвиль 7 встановлені на ньому підшипники 8 викликають радіальні переміщення циліндричних роликів 9 в пазах сепаратора 10. Циліндричні ролики 9, обкочуючись по профілю зубчастого вінця жорсткого колеса 11, спричиняють обертання чотирьох секцій сепаратора 10, які з'єднані між собою за допомогою пазів 12 та виступів 13 на спряжених торцевих поверхнях сепаратора. За кожний оберт ексцентрикового вала сепаратор повертається на кут, що дорівнює  $3600/u$ , де  $u$  – число зубців жорсткого колеса 11. Сепаратор 10 через пази, які виконані в крайній його секції, що спряженні з виступами на торці кільцевої поверхні вихідного вала 16 модуля передавального механізму, надають йому обертальний рух. Вихідний вал 16, що встановлений на підшипниках 17 і 18, які розміщені в корпусі підшипників 19, з'єданого з корпусом 5 передавального механізму, та на підшипниках 20, розміщених на внутрішній поверхні другої піввісі 21, передає обертальний рух приводному диску 22, кільцю 23. Від кільця 23 корпус барабана 1, з улаштованими на ньому різцями 2, отримує обертальний рух для здійснення процесу подрібнення. Робоча рідина, що втратила енергію, через зливний трубопровід 27, осьовий канал 25 поступає на злив.

### Висновки

За рахунок введення у вмонтований гідравлічний привід модуля передавального механізму у вигляді кульково-хвильової передачі збільшується жорсткість конструкції, за менших габаритів передавального механізму збільшуються діапазон передатних чисел та показники питомої потужності приводу і, таким чином, підвищується довговічність роботи та покращуються його функціональні можливості. Розроблена конструкція належить до галузі машинобудування, зокрема до обладнання для подрібнення деревини, і може бути використана в мобільних і стаціонарних машинах для подрібнення деревинних відходів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поліщук, Л. К. Аналіз технологічних вимог до сировини та існуючого обладнання для виробництва брикетів та пелет з подрібнених деревинних відходів [Текст] / Л. К. Поліщук, Р. М. Гулевич // Збірник тез доповідей II-ї Міжнар. наук.-техн. конф. "Перспективи розвитку машинобудування та транспорту - 2021", 13-15 трав. 2021 р. / ВНТУ, ДУК, ДДМА. – Вінниця, 2021. – С. 391-392.
2. Поліщук Л.К., Міськов В.П. Аналіз технологічних процесів та обладнання для переробки деревинних матеріалів / Л.К. Поліщук, В.П. Міськов // Вісник машинобудування та транспорту. – 2017. – №1(5). – С. 83–89
3. Гулевич Р. М. Використання програми Fusion 360 в процесі дистанційного навчання [Електронний ресурс] / Р. М. Гулевич, І. В. Хом'юк // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)», Вінниця, 16-17 червня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2022/paper/view/15297>.
4. Р. М. Гулевич, Л. К. Поліщук, В. Й. Шенфельд, "Оптимізація деталі за допомогою Fusion 360 та функції оптимізації форми" тези доповіді III-ї МНТК «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту-2023» – Вінниця, 2023. – с. 460-461
5. Palamarchuk, I., Palamarchuk, V., Paziuk, V., Hulevych, R., Kalizhanova, A., & Sarsembayev, M. (2023). ANALYSIS OF POWER AND ENERGY PARAMETERS OF THE CONVEYOR INFRARED DRYER OF OIL-CONTAINING RAW MATERIALS. *Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 13(2), 10-14. <https://doi.org/10.35784/iapgos.3487>

**Поліщук Леонід Клавдійович** – д.т.н., проф., завідувач кафедри «Галузеве машинобудування», Вінницький національний технічний університет, 21010, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, 3-й провулок Лісовий 1 / 2, e-mail: [leo.polishchuk@gmail.com](mailto:leo.polishchuk@gmail.com);

**Гулевич Руслан Михайлович** – аспірант, факультет Галузеве машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [goruslan98@gmail.com](mailto:goruslan98@gmail.com).

**Polishchuk Leonid K.** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, 21010, Ukraine, Vinnytsia region, Vinnytsia, 3 Lisovy lane 1/2, e-mail: [leo.polishchuk@gmail.com](mailto:leo.polishchuk@gmail.com);

**Hulevych Ruslan M.** - PhD student, Faculty of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [goruslan98@gmail.com](mailto:goruslan98@gmail.com).