

УДК 620.9

DOI 10.36910/775.24153966.2022.74.26

Н.О. Толстушко<sup>1</sup>, О.О. Герасимчук<sup>2</sup>, М.М. Толстушко<sup>1</sup>, С.Ф. Юхимчук<sup>1</sup>, Н.П. Ковальчук<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет

<sup>2</sup>Технічний фаховий коледж Луцького національного технічного університету

## АНАЛІЗ БІОБАЛЕРА ДЛЯ ЗБИРАННЯ БІОМАСИ У ЛІСОВОМУ ТА СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВАХ

*В статті наведено переваги рулонної технології заготівлі лісової та сільськогосподарської біомаси для підвищення ефективності ведення лісового та сільського господарств України. Проаналізовано функціонування біобалера для збирання та пресування рослинної і деревної біомаси у рулони. Наведено варіант моделі біобалера з подрібнювальним апаратом, а також подано його принципову та функціональну схеми.*

*Ключові слова:* біобалер, рулонна технологія, збирання, лісове господарство, сільське господарство, біомаса, рулон.

N.O. Tolstushko, O.O. Herasymchuk, M.M. Tolstushko, S.F. Yukhymchuk, N.P. Kovalchuk

## ANALYSIS OF A BIOBALER FOR HARVESTING BIOMASS IN FORESTRY AND AGRICULTURE

*The article presents the advantages of the rolling technology of harvesting forest and agricultural biomass for increasing the efficiency of forestry and agriculture in Ukraine. One of the most effective and modern technologies for harvesting biomass is the roll technology, which allows you to ensure the preservation of high quality products and reduce costs during harvesting and transportation operations. It should be noted that roll technology is used in agriculture for harvesting technical crops and forage, and its advantages are sufficiently covered in many sources of information. An important task is to increase the efficiency of agro-industrial and forestry complexes of Ukraine due to the substantiation of the scientific and technological principles of collecting and pressing plant and wood biomass into rolls. The purpose of the work is to analyze the roll technology of harvesting biomass and the analysis of the functioning of the biobaler for collecting energy crops and wood cutting residues into rolls. The functioning of the biobaler for collecting and pressing plant and wood biomass into rolls has been analyzed. A version of the model of a biobaler with a shredder is provided, as well as its principle and functional scheme.*

*Key words:* biobaler, roll technology, harvesting, forestry, agriculture, biomass, roll.

**Постановка проблеми.** В Україні є значний потенціал для виробництва твердого біопалива з різних видів біомаси [1-5]. У першу чергу це стосується енергетичних культур (верба, тополя, міскантус тощо), а також порубних залишків (відходів) деревини після лісозаготівельних робіт. Для заготівлі біомаси використовуються різні технології та відповідна техніка в залежності від характеристик конкретного виду біомаси та цілого ряду інших умов. У технологічних схемах заготівлі біомаси присутні операції різання, підбирання, подрібнення, ущільнення, транспортування, завантаження, розвантаження та складування біомаси [1-5].

Однією з найбільш ефективних та сучасних технологій заготівлі біомаси є рулонна технологія, яка дозволяє забезпечити збереження високої якості продукції та зменшити витрати під час виконання збиральних і транспортних робіт. Необхідно відмітити, що рулонна технологія використовується в сільському господарстві для збирання технічних культур та заготівлі кормів, а її переваги достатньо висвітлені в багатьох джерелах інформації [1-5].

Сучасна рулонна технологія збирання та переробки сільськогосподарської та лісової біомаси дозволяє запроєктувати і застосувати універсальні машини в аграрно-лісовому та транспортному комплексах. Важливим завданням є підвищення ефективності агропромислового та лісового комплексів України завдяки обґрунтуванню науково-технологічних засад збирання та пресування рослинної і деревної біомаси у рулони.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Робота машин для збирання різних рослинних матеріалів у рулони досліджувалась багатьма вченими. Зокрема, великий внесок тут зробили Г.А. Хайліс, Г.К. Васильєв, В.І. Особов, J. Vanot, A. Lisowski, S. Gach, J. Nowak та інші вчені. Але поряд з цим мало робіт стосувались збиранню в рулони біомаси з енергетичних культур та порубних залишків деревини [1-5].

У світі відома причіпна машина Biobaler WB-55, яка розроблена компанією Anderson (Канада) спеціально для збирання біомаси у рулони [3]. Машина забезпечує різання, подрібнення і транспортування деревної та рослинної біомаси, а також формування з подрібненої біомаси щільних рулонів діаметром – 1250 мм та шириною – 1200 мм. Сформований рулон біомаси має 500...600 кг. До недоліків цієї машини можна віднести її високу вартість та енергомісткість

© Н.О. Толстушко, О.О. Герасимчук, М.М. Толстушко, С.Ф. Юхимчук, Н.П. Ковальчук

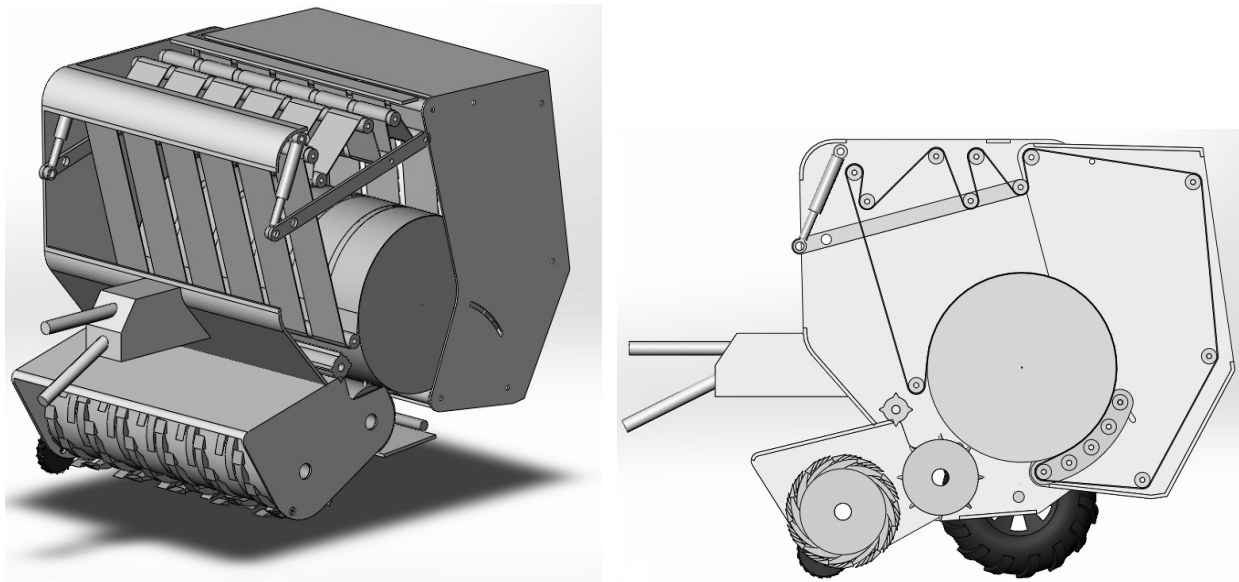
процесу формування рулону з біомаси, причому розподіл щільності біомаси у готовому рулоні є нерівномірним. Зазначені недоліки, у першу чергу, пов'язані з конструкцією камери біобалера, в якій біомаса починає інтенсивно ущільнюватися лише після повного заповнення усього об'єму камери, що приблизно дорівнює об'єму сформованого рулону. Машина обладнується тільки подрібнювальним апаратом.

**Постановка завдань.** Метою роботи є аналіз рулонної технології заготівлі біомаси та аналіз функціонування біобалера для збирання енергетичних культур і порубних залишків деревини у рулони.

**Викладення основного матеріалу.** На рис. 1 представлено варіант моделі біобалера з подрібнювальним апаратом в системі SolidWorks. Запропонований біобалер призначений для забезпечення одночасного збирання, подрібнення та пресування рослинної і деревної біомаси у рулони.

Біобалер агрегатується трактором і містить подрібнювальний апарат з ножовим ротором, камеру змінного об'єму з пресувальних пасів, які здійснюють формування рулону. Машина містить вивантажувальний клапан.

Біобалер може обладнуватись як подрібнювальним, так і підбиральним апаратами. Така універсальна машина може замінити декілька машин: мульчер, рубальну машину, рулонний прес-підбирач. На рис. 2 представлено принципову схему варіанту біобалера з подрібнювальним апаратом. Компонування вузлів машини забезпечує її надійну та безперебійну роботу.



*Рис. 1. Варіант моделі біобалера з подрібнювальним апаратом в системі SolidWorks*

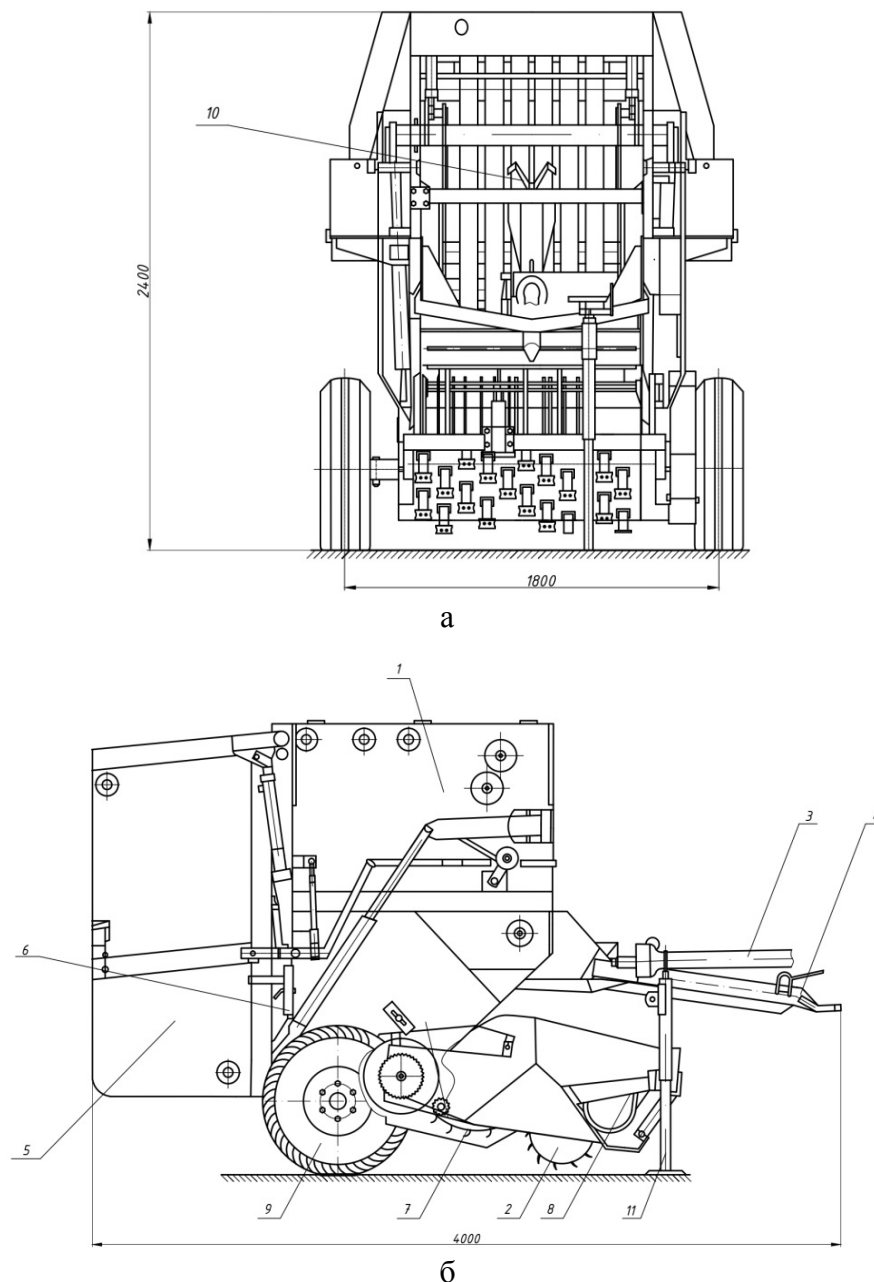
Біомаса – це відновлювана сировина, яка придатна для спалювання у котлах. Спалюючи біомасу виробляють тепло для потреб гарячого водопостачання чи опалення.

Біомаса є місцевим видом альтернативного палива, а тому її використання зміцнює енергетичну безпеку України та допоможе створити інфраструктуру, яка надасть так необхідні робочі місця. Розрізняють біомасу лісову та сільськогосподарську.

У лісовому господарстві є значний потенціал деревної біомаси, яка утворюється під час проведення різних заходів, а саме:

- 1) під час проведення доглядових та освітлювальних рубань у насадженнях лісових культур (тут можливе збирання біомаси у міжряддях лісових культур);
- 2) під час проведення протипожежних заходів, а саме – під час формування протипожежних смуг у лісах;
- 3) під час проведення лісозаготівель (тут потрібно порубні залишки деревини формувати у валки для подальшого збирання їх біобалером);
- 4) під час очищення смуг під лініями електропередач та в інших охоронних зонах;
- 5) під час виросування енергетичних лісів тополі, павловнії, енергетичної верби.

Використання біомаси для задоволення потреб тепlopостачання є комплексним завданням, що потребує системного вирішення. Відомі декілька технологій заготівлі біомаси. Найбільш ефективною технологією заготівлі біомаси на сьогодні є рулонна технологія.



**Рис. 2. Принципова схема варіанту біобалера з подрібнювальним апаратом (а – вигляд спереду; б – вигляд збоку): 1 – камера; 2 – подрібнювальний апарат; 3 – механізм приводу; 4 – сниця; 5 – вивантажувальний клапан; 6 – замок; 7 – барабан; 8 – кожух; 9 – колесо; 10 – обмотувальний пристрій; 11 – опора**

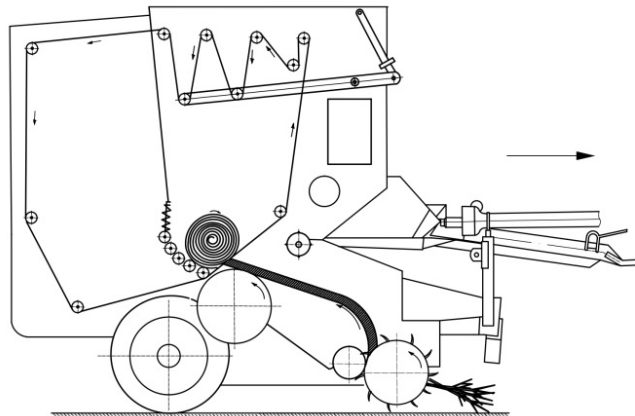
На рис. 3 представлена функціональна схема варіанту біобалера з подрібнювальним апаратом.

На користь широкого запровадження рулонної технології заготівлі біомаси необхідно відмітити такі аргументи:

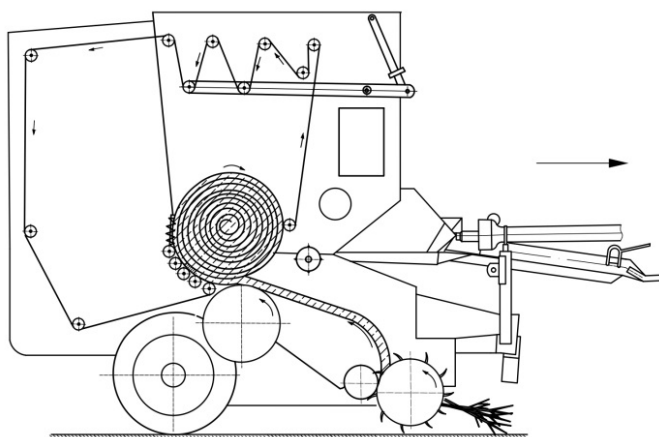
1. Використовуються переваги форми тюка у вигляді циліндра, адже рулон після зберігання та сушіння можна перекочувати до паливних котлів і тим самим зменшувати енергомісткість процесів транспортування. Біля котельні можна розмістити накриття, де зберігатимуться рулони біомаси. Котел встановлюється нижче рівня зберігання рулонів, а між ними – похила площина з буртиками для утримування рулонів. Під дією власної ваги рулони періодично

перекочуються в камеру згоряння котла, де спалюються. Для переміщення рулонів до котлів буде мінімум затрат. Для порівняння, якщо біомаса буде в насипному вигляді, то для її зберігання біля котлів потрібно передбачати великі приміщення, а для її подальшого переміщення – спеціальні механізми і додаткові затрати енергії.

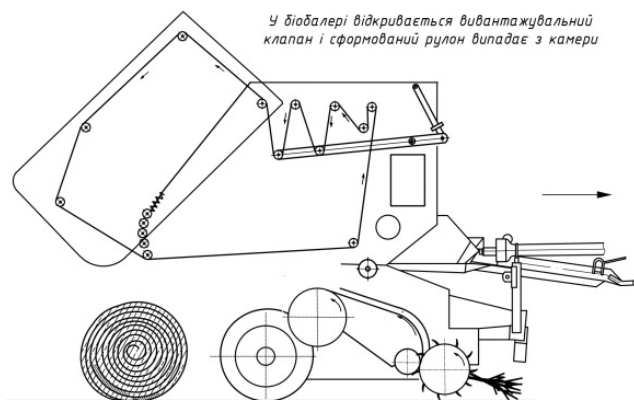
*Біобалер збирає біомасу, подріднює та транспортує її в камеру, в якій відбувається формування зародка рулону з подрідненої біомаси*



*У камері біобалера подріднена біомаса в рулоні ущільнюється, а сформований рулон обмотується сіткою*



*У біобалері відкривається вивантажувальний клапан і сформований рулон випадає з камери*



Умовні позначення

→ Напрямок руху

▨ Ґрунт

⌘ Біомаса

— Рулон з подрідненої біомаси

**Рис. 3. Функціональна схема варіанту біобалера з подріднювальним апаратом**

2. Для роботи з рулонами можна використати цілий ряд машин, які використовуються в різних галузях. Наприклад, у сільському господарстві є рулонні прес-підбирачі, обмотувачі, збирачі, рулоновози, навантажувачі, розмотувальники, які працюють з рулонами із різних рослинних матеріалів. Завдяки цьому можна скористатись універсальністю даних машин і шляхом вдосконалення відомої техніки її можна використати для біомаси. Наприклад, рулонний прес-підбирач рослинних матеріалів обладнати подріднювальним апаратом у вигляді приставки і таку

машину можна використовувати для збирання деревної біомаси. Тоді на колесах встановлюють лісові шини і здійснюють інші необхідні дообладнання машини.

3. Техніка для збирання біомаси у рулони характеризується високою мобільністю та маневреністю, а також меншими габаритами у порівнянні зі звичайною лісовою технікою.

4. Завдяки пресуванню біомаси у рулони фактично отримуємо біомасу у таких собі колодах певної щільності. Для перевезення біомаси в таких колодах потрібно буде в рази менше транспортних засобів, ніж для перевезення деревної тріски у насипному вигляді. Це дозволить транспортувати таку біомасу на значно більші відстані і тим самим забезпечить високу ефективність ведення господарства.

5. Сушка рулонів біомаси і сушка деревної тріски в насипному вигляді також відрізняються. Рулони можна формувати різних діаметрів із заданими розподілами щільності та з внутрішніми каналами, що значно підвищує швидкість їх висихання.

На функціональній схемі біобалера відображені головні функції, які виконуються його робочими органами. Біобалер обладнаний роздільним гідравлічним приводом усіх робочих органів, що дає можливість регулювати швидкість їх руху. Машина здатна подрібнювати усі види деревини, діаметр стовбурів якої не більше 16 см.

Під час виконання робочого процесу біобалер рухається позаду трактора, а його подрібнювальний апарат підводиться до рослинної чи деревної біомаси. Ножі ротора подрібнювального апарата подрібнюють біомасу та подають її у камеру машини для формування рулону. Камера містить робочі органи у вигляді нескінченних пасів, які намотують подрібнену біомасу на рулон та обтискають його. Сформований рулон до певного діаметра та щільності вивантажується на землю. Після цього розпочинається формування наступного рулону.

**Висновки.** Для створення умов підвищення ефективності лісового та агропромислового комплексів України необхідно застосовувати рулонну технологію заготівлі рослинної та деревної біомаси. Технічна складова для заготівлі біомаси за рулонною технологією створюється завдяки адаптації сучасної техніки, яка використовується у сільському господарстві. Тобто, по суті, це будуть машини аграрно-лісового призначення. Фахівцями факультету аграрних технологій та екології ЛНТУ ще раніше досліджувались такі машини. Впровадження сучасних технологій збирання біомаси в господарствах України буде поштовхом для розвитку відновлюваної енергетики.

#### Список використаних джерел

1. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/>.
2. Олійник Є., Антоненко В., Чаплигін С., Зубенко В. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник / за ред. Г. Гелегухи. Київ: Поліграф плюс, 2016. 104 с.
3. Anderson. Biobaler WB-55. URL: <https://biobaler.com/wb-55.html>.
4. ReEnergy Holdings LLC. URL: <https://www.reenergyholdings.com/>.
5. Толстушко Н. О., Хайліс Г. А., Толстушко М. М. Рулонні прес-підбирачі : монографія. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2018. 164 с.

**Рецензент:** Дідух Володимир Федорович, доктор технічних наук, професор кафедри аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету, Заслужений діяч науки і техніки України.