

THE MODERN TECHNOLOGIES OF BAST CROPS BIOMASS PROCESSING

S. Yaheliuk*, M. Fomych, O. Yaheliuk

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES

AM
CM

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

The demand for natural fabrics is growing every year in the world, because natural plant fibers have such consumer properties as heat resistance, abrasion resistance, strength, fire resistance, and they are superior in quality to well-known synthetic fibers. France, Belgium and the Netherlands remain world leaders in the production of flax, from which textile fiber is obtained. In the coming years, China may join the world leaders in this field. Hemp and flax are the most common bast crops for obtaining plant fibers in Ukraine. The products that can be obtained from the harvest of these crops are divided into two groups: non-food and food. Accordingly, the technologies used for the primary processing of linseed, flax and hemp must take this into account. Today, the most relevant for agricultural producers is the cultivation of bast crops with the complex use of all components of the crop. To achieve this, it is necessary to implement universal technologies for the processing of bast biomass, which can be used for both flax and hemp. Therefore, the main requirements for processing lines of bast crops are complexity and versatility. Also, during the cultivation of bast crops, it is important to take into account the natural and climatic conditions of the growing area, as they significantly affect the yield and quality of the seeds and stem. In case of low quality of the harvest, the harvest must be used for the production of non-woven materials, composites, construction materials, solid and liquid fuels, fodder, etc. In this context, the experience of other countries in the cultivation and processing of bast crops is important. The article examines modern lines of processing of bast crops (oil flax, fibre flax, hemp) of foreign production. The analyzed lines most satisfy the requirements of universality and complexity of use. Both large agricultural enterprises, flax and hemp farms, and small specialized farms can be equipped with the modern lines for the processing of bast crops. These lines do not require a lot of staff to maintain. The article also outlines the possibilities of using the obtained products.

Key words:

flax,
hemp,
natural fiber,
flax processing,
hemp processing

Article history:

Received 01.09.2022
Accepted 29.09.2022

***Corresponding author:**

cler2010@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi48.841

To cite this article:

Yaheliuk, S., Fomych, M., & Yaheliuk, O. (2022). The modern technologies of bast crops biomass processing. *Agricultural Machines*, 48, 59-66. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.841>

УДК 677.021.151

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ БІОМАСИ ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР

С.В. Ягелюк*, М.І. Фомич, О.О. Ягелюк

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

AGRICULTURAL MACHINES

АМ
СМ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

У світі щороку зростає попит на натуральні тканини, адже натуральне рослинне волокно має такі споживчі властивості як термостійкість, стійкість до стирання, міцність, вогнетривкість і це волокно за якістю переважає відомі синтетичні волокна. Світовими лідерами у виробництві льону, з якого отримують текстильне волокно, залишаються Франція, Бельгія та Нідерланди. Найближчі роки до світових лідерів у цій галузі може приєднатися Китай. Серед сировини для отримання рослинних волокон в Україні найбільш поширені луб'яні культури: коноплі та льон. Продукція, яку можна отримати з урожаю цих культур, поділяється на дві групи: непродовольча та харчова. Відповідно, технології, які використовуються для первинної переробки льону олійного, льону-довгунця та конопель, повинні це враховувати. На сьогодні для сільгоспвиробників найбільш актуальним є вирощування луб'яних культур з комплексним використанням усіх складових урожаю. Для досягнення цього необхідно впроваджувати універсальні технології переробки луб'яної біомаси, які можна використовувати як для льону, так і для конопель. Тому основними вимогами до ліній переробки луб'яних культур є комплексність та універсальність. Також під час вирощування луб'яних культур важливо враховувати природно-кліматичні умови зони вирощування, оскільки вони суттєво впливають на урожайність та якість насіння і стеблової частини. У цьому контексті важливим є досвід інших країн у вирощуванні та переробці луб'яних культур. У статті розглянуті сучасні лінії переробки луб'яних культур (льону олійного, льону-довгунця, конопель) закордонного виробництва. Проаналізовані лінії найбільше задовольняють вимоги універсальності та комплексності використання. У статті також окреслено можливості застосування отриманої продукції з урожаю луб'яних культур.

Ключові слова:

льон,
коноплі,
натуральне волокно,
переробка льону,
переробка конопель

Історія публікації:

Отримано 01.09.2022

Затверджено 29.09.2022

***Автор для листування:**

cler2010@gmail.com

DOI: 10.36910/acm.vi48.841

Цитувати цю статтю:

Ягелюк, С. В., Фомич, М. І., & Ягелюк, О. О. (2022). Сучасні технології переробки біомаси луб'яних культур. *Сільськогосподарські машини*, 48, 59-66. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.841>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В Україні спостерігається зростання уваги сільгоспвиробників до технічних культур. Загальна площа посівів технічних культур зросла у 2021 році на 100% порівняно з 2020 роком (UKRSTAT, n.d.). Значне місце серед них традиційно займають льон олійний та коноплі. Згідно оприлюднених даних (UKRSTAT, n.d.) посівні площі під льон олійний збільшилися у 2021 році на 200% порівняно з 2020 роком. В Україні лишилося лише декілька областей, які не вирощували льон олійний у 2021 році. Зростання посівних площ пов'язане з високим споживацьким інтересом до цієї культури і загальною світовою тенденцією збільшення виробництва олійних луб'яних культур, особливо льону олійного (FAOSTAT, n.d.). У світі площі, з яких збирається льон (FAOSTAT, n.d.), перевищують 3,5 млн га (рис. 1). Згідно даних FAOSTAT (n.d.) лідерами у виробництві льону, з якого отримують текстильне волокно, залишаються Франція, Бельгія та Нідерланди. Хоча зі збільшенням інтересу до льону олійного та розширенням можливостей його переробки у найближчі роки до світових лідерів у цій галузі може приєднатися Китай.

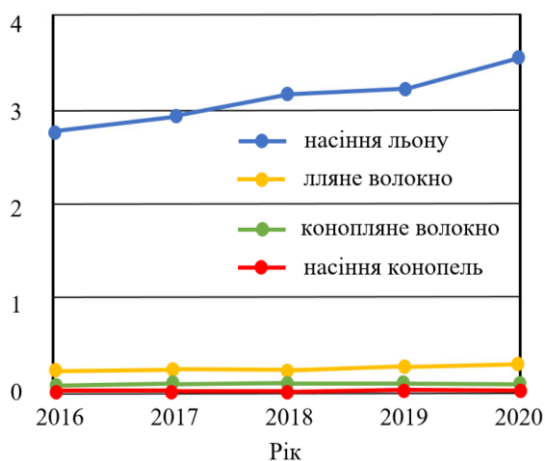
Чим зумовлений інтерес до луб'яних

культур? Перш за все можливістю комплексної переробки та отримання продукції різного функціонального призначення. Надзвичайно важливим фактором є екологічність цієї продукції. Тому зрозумілим є суттєве зростання кількості досліджень вітчизняних та закордонних науковців у цій галузі.

Можливості використання льону олійного та льону-довгунця були окреслені у статтях (Ягелюк & Дідух, 2020a; Berezovsky et al., 2020; Ouagne et al., 2017). Як було означено в статті (Yaheliuk et al., 2020), стеблову частину льону олійного доцільно використовувати для виготовлення твердого палива. Найбільш прийнятною формою твердого палива є брикети (Gregory, 2016) та малогабаритні паливні рулони. Проте, волокно, що отримане зі стебел соломи льону олійного, має хороші споживчі властивості і може бути використане для виробництва нетканих та композитних матеріалів, паперу.

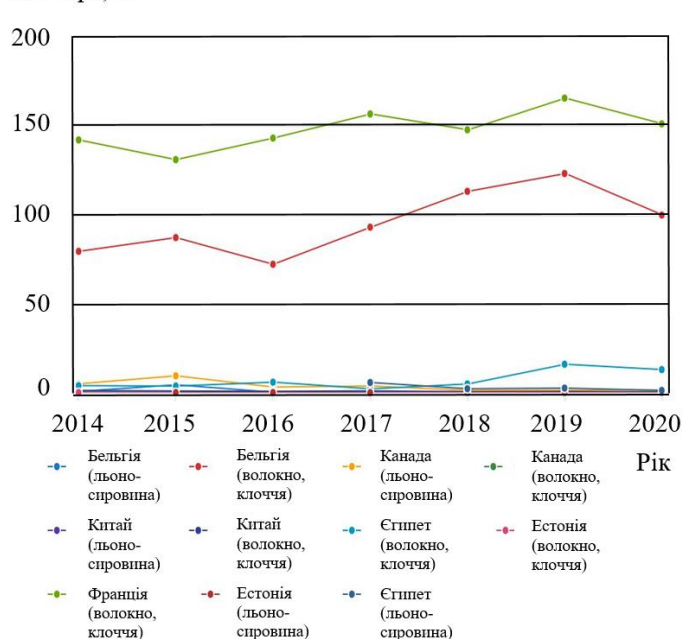
У світі все більш популярними стають коноплі, оскільки це також луб'яна культура комплексного використання. Коноплі є сировиною для виробництва взуття (Boyko et al., 2021), одягу (Ніколайчук, 2018), продуктів харчування (Leonard et al., 2020) та ліків (Шолойко та ін., 2019).

Площа збирання, млн. га



а

Експорт, кт



б

Рис. 1 – Світове виробництво льону та конопель (FAOSTAT, n.d.):

а – площі збирання льону та конопель з метою отримання насіння і волокна;

б – країни-лідери у виробництві льоносировини

Льон олійний, льон-довгунець та коноплі – це технічні культури, які об'єднує одна особливість. Продукція, яку можна отримати з цих культур, поділяється на дві великі групи: непродовольча та харчова. Тому технології, які використовуються для первинної переробки льону олійного, льону-довгунця та конопель, повинні це враховувати. Нами запропонована концептуальна модель вибору необхідної технології переробки льону олійного та льону-довгунця із урахуванням класифікаційних ознак урожаю (*Ягелюк & Дідух, 2020b*). Ця модель дає можливість вибрати напрям подальшого комплексного використання урожаю на основі довжини стебел, вмісту лубу та фази стиглості. Для льону олійного у статті (*Dudarev & Say, 2020*) запропонована ресурсозберігаюча технологія збирання, що передбачає обмолочування стеблостою льону з подальшим висмикуванням стебел. За цієї послідовності операцій стебла та насіння збираються без втрат і пошкоджень. Для збирання льону олійного *Онюх (2017)* запропоновано використовувати Північно-Європейську технологію збирання льону-довгунця. Однак, сучасні вимоги та швидкість розвитку ринку передбачають необхідність розроблення та запровадження технологій переробки рослинної маси, які можливо використовувати як для льону, так і для конопель. Ці технології повинні бути рентабельними та передбачати можливість їх використання у різних природно-кліматичних зонах.

Мета дослідження – визначити технології, що найбільш прийнятні в сучасних умовах для переробки льону олійного, льону-довгунця та конопель із урахуванням досвіду закордонних виробників.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У статті враховані результати досліджень, що проводилися у 2011–2022 роках на базі ДПЕГ «Еліта» Волинської ДСГСДС ІК НААН України і Луцького національного технічного університету. На основі результатів досліджень встановили ідентифікаційні та класифікаційні ознаки льону олійного та льону-довгунця. Характеристика конопель заснована на даних (*UKRSTAT, n.d.*). Дослідження проводили із використанням методів аналізу, синтезу, наукової абстракції та комплексного підходу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Сучасне виробництво продукції з льону та конопель передбачає виконання низки технологічних операцій, що спільні для цих культур. Це посів (з середини березня до середини квітня у природно-кліматичній зоні України), збирання урожаю (серпень-вересень у природно-кліматичній зоні України), відокремлення насіння та первинна переробка рослин, зокрема виділення волокна. Згідно проведених досліджень (*Ягелюк & Дідух, 2020b*) стеблова та насіннева складові урожаю однаково важливі для льону олійного, конопель і льону-довгунця. Встановлено, що за різних природно-кліматичних умов урожай стебел (соломи) та насіння може мати різні якісні показники. Запропоновано, за умови низької якості урожаю, використовувати його для виготовлення нетканих матеріалів, композитів, будівельних матеріалів, твердого та рідкого палива, кормів тощо. За умови отримання стебел (соломи) та насіння з високими якісними показниками – доцільно використовувати урожай для виробництва довгого волокна, олії та медичних препаратів. Також потрібно пам'ятати, що після переробки урожаю льону та конопель залишається значна кількість побічних продуктів, зокрема костриці, пилу. Ці відходи основного виробництва придатні для виготовлення різної продукції: підстилки для тварин, композитів, будівельних матеріалів.

На **рис. 2** продемонстрована схема порівняння процесів виробництва продукції з льону та конопель залежно від якісних ознак урожаю. Наявність подібних етапів переробки цих культур обумовлює необхідність пошуку обладнання для організації виробництва продукції, які б задовольняли умовам універсальності (наприклад, льон/коноплі) та комплексності (переробка всіх складових урожаю). З огляду на зростаючі потреби у натуральних волокнах, зокрема для пошиття військової форми і виробництва різних матеріалів, слід очікувати зростання інтересу вітчизняних виробників, зокрема фермерів, до вирощування луб'яних культур. На жаль, в Україні залишилося дуже мало переробних підприємств та вони не задовольняють означеним умовам.

Компанія Vanhauwaert (Нідерланди), що заснована в 1892 році, з 1920 року займається

розробленням машин для переробки льону. Лінії Vanhauwaert для переробки льону на коротке та довге волокно експортуються по всьому світу. Також компанія виробляє устаткування для очищення та калібрування насіння. Ця компанія є сімейним бізнесом, що забезпечує надійність, якість та довговічність обладнання (Vanhauwaert, n.d.). У цій компанії

для розроблення та удосконалення технологій та ліній переробки луб'яних волокон льону й конопель використовують сучасні наукові дослідження. Відповідно до потреб переробної промисловості основним принципом розвитку та удосконалення сучасних технологічних ліній переробки луб'яних культур є простота та універсальність.

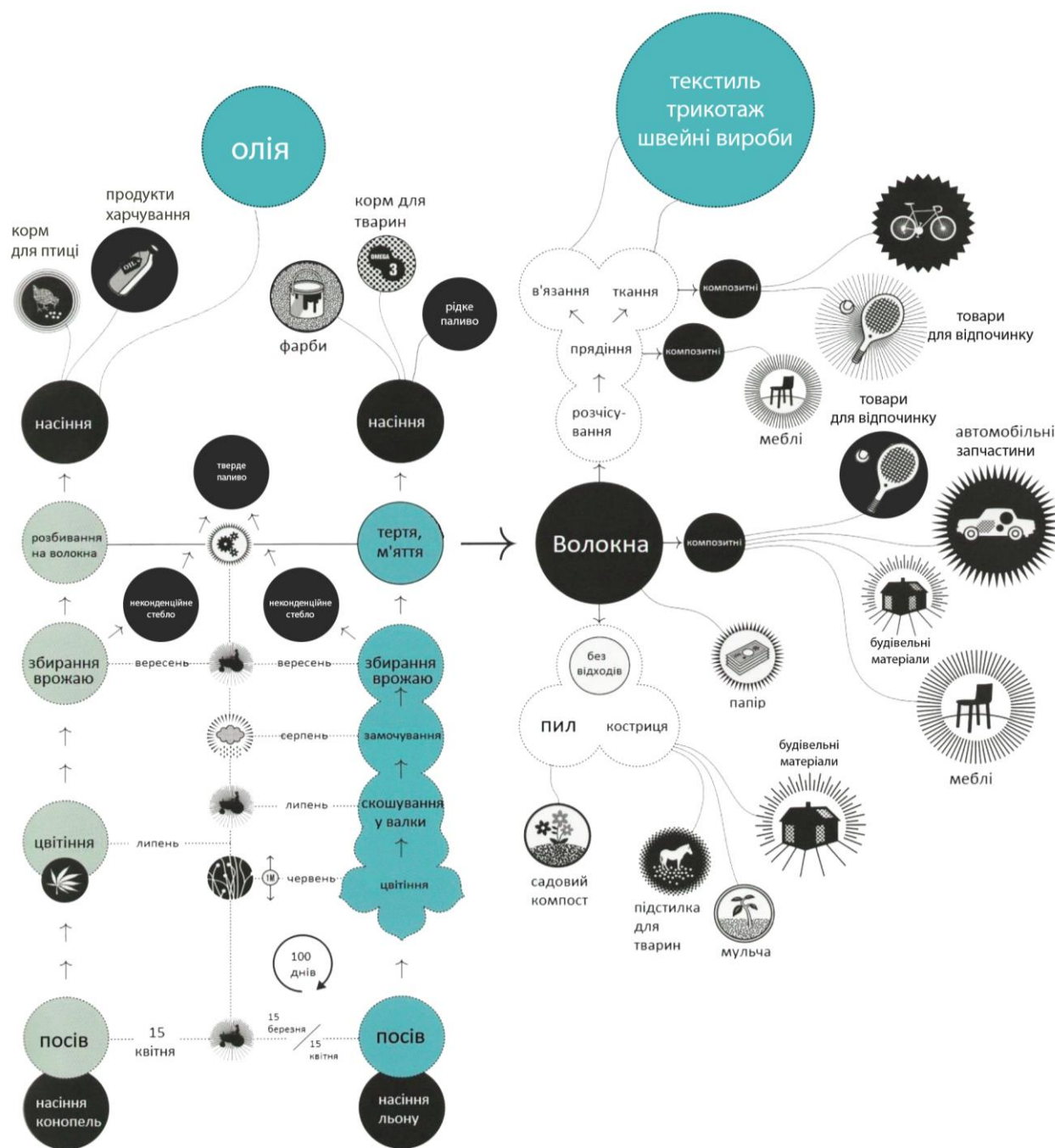


Рис. 2 – Схема етапів переробки льону та конопель з подальшим використанням отриманої продукції для виготовлення товарів різного функціонального призначення

На **рис. 3** представлена схема лінії переробки льоносировини, що розроблена компанією Vanhauwaert. Перевагами лінії є комплексність переробки льону. У результаті переробки можна отримати довге волокно, коротке волокно, насіння, кострицю. Ця лінія переробки може бути використана на сільськогосподарському підприємстві для реалізації запропонованої у праці (*Ягелюк & Дідух, 2020b*) концептуальної моделі вибору необхідної технології переробки льону олійного та льону довгунця із урахуванням класифікаційних ознак урожаю. За цією технологією отримують довге волокно, що придатне для виробництва текстилю, у тому числі військового призначення, композитних матеріалів високої міцності. Отримане коротке волокно може бути використане у паперовій та автомобільній промисловості, а також для виробництва еко-будівельних матеріалів.

Однак, розвиток сільськогосподарського виробництва показує, що сучасні господарства не можуть дозволити собі постійно вирощувати одну культуру та повинні враховувати зміни умов на ринку. Тому варто звернути увагу також на універсальну лінію, яка дозволяє переробити коноплі та льон на волокно (**рис. 4**). Продукція, яку отримують в

результаті переробки на універсальній лінії, – очищене волокно – придатне для подальшого використання в різних функціональних цілях. На універсальну лінію надходять стебла соломи конопель (льону) у круглих або квадратних тюках. Тюки потрапляють у розгортаючий блок, далі проходять розривні валки (блоки 1, 2), шейкер, розривні валки 3-го блоку, обчисувальний блок, підймальний шейкер та гідравлічний прес. Залежно від конкретних вимог до кінцевого продукту можливі різні комбінації технологічних блоків. Перевагами цих ліній є комплексність та універсальність. Адже можна отримати волокно та насіння. Насіння конопель також має стратегічне значення для України, оскільки воно може використовуватися у харчовій промисловості, для медичних цілей, як корм для тварин тощо. Також з'являються можливості використання лляної олії як сировини для отримання біопалива. Насіння льону – це важлива складова експорту з України. У лініях переробки, що представлені на **рис. 3** та **рис. 4**, передбачено використання костриці. У подальшому вона може бути застосована як підстилка для тварин, основа для виготовлення будівельних матеріалів, твердого біопалива тощо.

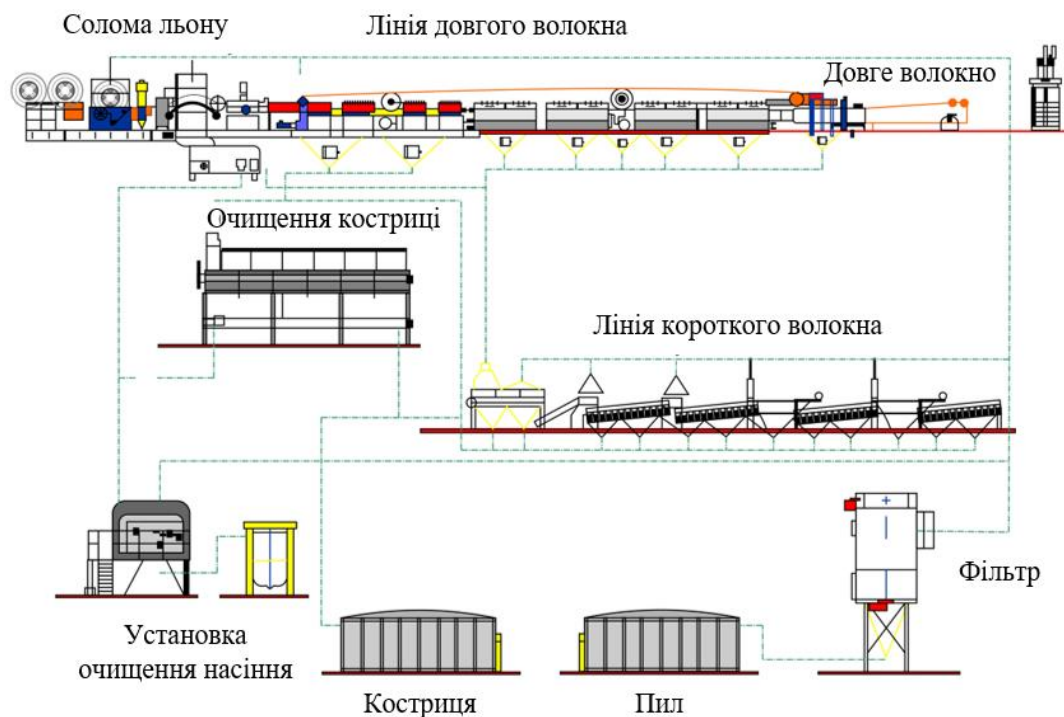


Рис. 3 – Схема лінії комплексної переробки льоносировини

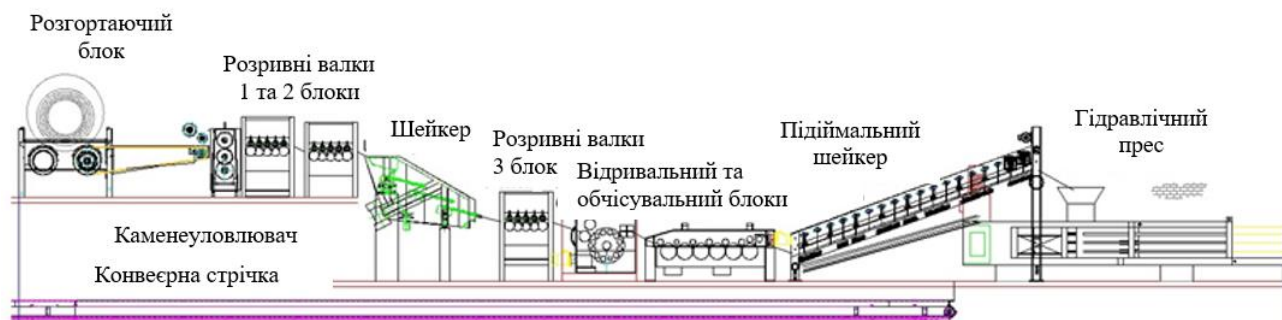


Рис. 4 – Схема універсальної лінії комплексної переробки конопель та льону

Розглянутими лініями переробки луб'яних культур можуть бути оснащені як великі сільськогосподарські підприємства, льоно- чи коноплезаводи, так і невеликі спеціалізовані фермерські господарства. Для обслуговування цих ліній не потрібно багато персоналу. Проте вони потребують значних капіталовкладень.

У випадку вибору технології збирання льону з подальшою переробкою біомаси стебел для отримання волокна чи твердих паливних матеріалів, технологічні операції передбачають скручування стеблової маси у рулони. Рулони дозволяють швидко та зручно транспортувати стеблову масу. Стебла льону мають такі пружні властивості, що дозволяють їм відновлюватися після зняття навантаження. Пружні властивості стебел льону є причиною розширення внутрішніх шарів сформованого рулону. А це, в свою чергу, зумовлює розкручування рулону. Тому для будь-якого з визначених варіантів використання біомаси луб'яних культур (на волокно, будівельні, композитні, паливні матеріали) є потреба у зменшенні пружності стебел. Для успішної комплексної переробки біомаси луб'яних культур під час збирання повинні бути враховані характеристики стеблостою. Одним із шляхів зниження пружності біомаси льону олійного є декортикація стебел. Вона має певні переваги, оскільки не потребує дуже складного обладнання, дозволяє виробляти волокно за прийнятними цінами та забезпечити високу продуктивність переробки луб'яних волокон.

Переважно декортикація використовується для виділення волокна конопель. Однак, у праці (Didukh et al., 2022) встановлено, що декортикація також підходить для зниження пружних властивостей льону олійного. Тому для переробки інших луб'яних культур можна рекомендувати у лінії технологічну операцію

зниження пружних властивостей стеблової маси за допомогою декортикатора. Отже, у випадку застосування ліній переробки, що зображені на рис. 3 та рис. 4, з проведенням декортикації (за потреби) сировини можна забезпечити виконання умов комплексності та універсальності.

ВИСНОВКИ

У сучасних умовах в Україні та світі існує потреба в натуральних рослинних волокнах. Найбільш раціонально цю потребу можна забезпечити за рахунок збільшення виробництва традиційних луб'яних культур (льону, конопель). Тому можна передбачити зростання інтересу вітчизняних виробників, в тому числі фермерів, до вирощування льону і конопель. Однак, виробництво луб'яних культур потребує сучасних підходів до переробки стеблової й насінневої біомаси. Основними вимогами до ліній переробки є комплексність та універсальність.

Комплексність передбачає можливість виробництва сировини та напівфабрикатів, які можуть бути використані для виробництва харчової продукції та непродовольчих товарів з льону й конопель. Також лінія переробки повинна забезпечувати можливість переробки урожаю будь-якої якості. Переробні лінії повинні бути універсальними, тобто давати можливість переробити різні луб'яні культури. Цим вимогам відповідають лінії переробки біомаси луб'яних культур, що розроблені компанією Vanhauwaert. Досвід у розробці та використанні цих переробних ліній варто враховувати під час організації власного виробництва в умовах України. Це дозволить суттєво розширити сировинну базу для низки галузей агропромислового комплексу нашої держави.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Berezovsky, Y., Kuzmina, T., & Mazievich, T. (2020). Influence of the oil flax eco-brand on the development of safe production. *Scientific Horizons*, 23(12), 65-73.
- Boyko, G., Holovenko, T., Yageluk, S., Kuzmina, T., & Evtushenko, V. (2021). Methods for improving the qualitative indicators of fabric on the basis of hemp cottonine for the top of footwear. *Vlakna a Textilthis*, 28(2), 3-8.
- Didukh, V., Yaheliuk, S., Artyukh, T., Albota, D., & Holiy, O. (2022). Decrease of elastic properties of oleaginous flax residues by decortication. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 67(2), 285-292. <https://doi.org/10.35633/inmateh-67-29>
- Dudarev, I., & Say, V. (2020). Development of resource-saving technology of linseed harvesting. *Journal of Natural Fibers*, 17(9), 1307-1316. <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1558161>
- FAOSTAT. (n.d.). *Compare Data*. Retrieved July 1, 2022, from <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- Gregory, M. (2016). *Solid biofuels: producer and property: Manual for the use of solid biofuel producers*. Government Rep. Moldova, Progr. United Nations Development. Chisinau: S. n.
- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., & Fang, Z. (2020). Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 282-308.
- Ouagne, P., Barthod-Malat, B., Evon, P., Labonne, L., & Placet, V. (2017). Fibre extraction from oleaginous flax for technical textile applications: influence of pre-processing parameters on fibre extraction yield, size distribution and mechanical properties. *Procedia Engineering*, 200, 213-220.
- UKRSTAT. (n.d.). *Посівні площі сільськогосподарських культур за їх видами*. Retrieved July 1, 2022, from https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/sg/ppsgk/arh_ppsgk_u.html
- Vanhauwaert. (n.d.). *Bast fiber processing*. Retrieved July 1, 2022, from <https://www.vanhauwaertmachines.com/ru/107610861084>
- Yaheliuk, S., Didukh, V., Busnyuk, V., Boyko, G., & Shubalyi, O. (2020). Optimization on efficient combustion process of small-sized fuel rolls made of oleaginous flax residues. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 62(3), 361-368. <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-38>
- Ніколайчук, Л. Г. (2018). Сучасний асортимент товарів із технічних конопель (*Modern range of products from technical hemp*). *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, 3, 130-134.
- Онюх, Ю. М. (2017). Застосування Північно-Європейської технології вирощування льону олійного (*Application of the Northern European technology of growing oilseed flax*). *Сільськогосподарські машини*, 36, 119-124.
- Шолойко, Н. В., Попов, В. І., & Лисенко, Т. І. (2019). Сучасний стан та перспективи застосування конопель у медицині та фармації (*The current state and prospects of the use of hemp in medicine and pharmacy*). *Фітотерапія. Часопис*, 1, 44-51.
- Ягелюк, С. В., & Дідух, В. Ф. (2020а). Напрямки використання продукції переробки льону олійного та льону-довгунця (*The use of produce of the flax processing*). *Товарознавчий вісник*, 1(13), 292-305. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2020-13-25>
- Ягелюк, С. В., & Дідух, В. Ф. (2020b). Концептуальна модель технологій переробки стебел льону (*A concept model of technologies for processing flax stems*). *Сільськогосподарські машини*, 44, 155-164. <https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.300>