

---

## A CONCEPT MODEL OF TECHNOLOGIES FOR PROCESSING FLAX STEMS

S. Yaheliuk, V. Didukh

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

---



**Key words:**  
concept model,  
processing,  
flax,  
stem,  
classification

**Article history:**  
Received 05.10.2019  
Accepted 26.05.2020

**Corresponding author:**  
cler2010@gmail.com

### ABSTRACT

*In the paper a classification of flax stems (straw) is suggested. It allows choosing an efficient technology to process the stems at the stage of flax harvesting. A concept model of technologies for processing flax stems is substantiated based on the developed classification. The situation in Ukrainian flax industry today is ambiguous. There is a significant decrease in textile flax production and an increase in oleaginous flax production. There are differences between oleaginous flax that was grown in various climates the researches have shown. The experiments have proved that the varieties of oleaginous flax growing in the wet and cold climate have a length that allows the stems to be processed into a fiber. Flax stem fiber mass windrows are remained in the field during a harvesting. However, agricultural producers do not have the appropriate technologies and tools. There was based a concept model of resource-saving technology to harvest flax stems by simultaneously processing flax stem fiber mass into the produce of diverse functional application, such as small-sized fuel rolls, fuel briquettes and fiber, according to flax stem classification properties. On the basis of it the offers concerning technologies of harvesting of flax with simultaneous processing of stalks and processing of flax stem fiber mass for agricultural producers are submitted.*

---

<https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.300>

---

УДК 677.11:677.021.15

## КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ

С.В. Ягелюк, В.Ф. Дідух

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

*У статті запропонована концептуальна модель комплексних технологій переробки стебел льону залежно від класифікаційних ознак стеблостою. Ситуація у вітчизняному льонарстві на сьогодні неоднозначна. Спостерігається значне зменшення виробництва льону на волокно і зростання виробництва льону на насіння. Також, на основі існуючих досліджень, можна стверджувати, що в Україні зростає інтерес до комплексної переробки луб'яних культур. Основними виробниками льону олійного в Україні є південні та східні області. Західна Україна традиційно вважається виробником льонувовгунця. Проте, за останні чотири роки на цих територіях з'явилося й стрімко зростає виробництво льону олійного. Дослідження показали значні відмінності між льоном олійним, який вирощений у різних природно-кліматичних умовах. Особливістю сортів льону олійного, вирощеного у вологих та прохолодних умовах, є значне збільшення довжини стебла. Висока урожайність стеблової частини ускладнює застосування традиційної технології збирання льону олійного, яка передбачає використання зернозбиральних комбайнів. Після видалення насіння на полі лишаються валки стебло-волокнистої маси, яка потребує подальшої переробки. Однак, агровиробники не мають відповідних технологій і засобів. У результаті проведених досліджень розроблена концептуальна модель ресурсозберігаючих технологій збирання стебел льону з одночасною переробкою стебло-волокнистої маси в продукцію різного функціонального призначення: малогабаритні паливні рулони, паливні брикети та волокно, залежно від класифікаційних ознак стебел льону. На її основі подані пропозиції щодо технологій збирання льону з одночасною обробкою стебел й переробкою стебло-волокнистої маси для агровиробників.*

**Ключові слова:** *концептуальна модель, технології первинної переробки, льон, стебло, класифікація.*

### Стан питання та постановка проблеми

На основі існуючих досліджень та відповідно до розвитку світового та вітчизняного ринку льону можна стверджувати, що стан

льоновиробництва залежить від комплексного використання всіх складових льону олійного та льону-довгунця [1 – 3].

Способом подолання кризи в Україні є введення льону олійного у сівозміни північно-західних районів і поступове відновлення виробництва льону-довгунця. Експерименти у прохолодних, вологих кліматичних умовах показали, що сорти льону олійного можуть мати довжину, яка дозволяє переробляти стебла на волокно [4]. За наявної технології під час збирання комбайном на полі залишаються валки стебло-волоконистої маси (СВМ). СВМ – це маса неорієнтованих, ушкоджених стебел, яка утворюється при збиранні й очісуванні льону зернозбиральним комбайном. Ці стебла мають значні розміри та довго не перетворюються у тресту шляхом росяного мочіння. Це призводить до накопичення неперероблених рослинних залишків.

Показники якості стеблостою, особливо фаза стиглості, довжина та погодні умови на момент збирання льону олійного та льону-довгунця, визначають подальші шляхи його використання [5 – 9]. Зібрати товарні посіви льону бажано у фазі ранньої жовтої стиглості, коли половина коробочок має жовтий колір, а решта коробочок бурі, зелено-жовті і зелені. Тоді отримують волокно і насіння належної якості. Це можливо за сприятливих погодних умов й потрібно здійснити у короткі терміни. Збирання льону-довгунця на насіння здійснюють у фазі жовтої стиглості або пізніше. Збирання льону-довгунця тільки на насіння здійснюється у випадку, коли не можливо використати його за основним призначенням. Таке може трапитись у випадку затяжної дощової погоди, або/та у випадку малої довжини стебла.

Льон олійний на насіння збирають у фазі жовтої стиглості або у фазі повної стиглості. Для одержання насіння високої якості збирання льону олійного проводять у фазі повної стиглості. Час оптимального збирання настає, коли коробочка шелестить і легко руйнується. У такому випадку складно отримати волокно достатньої якості. Проте, погодні умови впливають також на терміни збирання льону олійного. Це призводить до втрат урожаю насіння.

Погодні умови, біологічний вид, довжина, вміст лубу, розривне навантаження – всі ці ознаки потрібно урахувати, адже вони впливають на технологію переробки і кінцевий результат. Досі використання таких ознак агровиробником мало випадковий характер. Це призводило до втрат урожаю льону й шкоди навколишньому середовищу.

Тому є актуальним і необхідним узагальнення класифікаційних ознак стеблостою та розробка на їх основі концептуальної моделі комплексних технологій переробки стебел льону. Розроблені

технології мають ураховувати сформований у стеблах соломи льону потенціал волокна й дозволяти отримати продукцію різного функціонального призначення.

**Мета дослідження** – теоретично обґрунтувати технології переробки льону в продукцію різного функціонального призначення із урахуванням класифікаційних ознак стеблостою.

### **Матеріали і методи**

Оснoву дослідження становили методи аналізу, синтезу та наукової абстракції. Комплексний підхід дозволив виявити основні характеристики досліджуваних технологій. Технологічні параметри та показники якості сировини льону визначали відповідно до:

- 1) ГОСТ 28285-89 “Солома льняная. Требования при заготовках”;
- 2) ДСТУ 4149:2003 “Треста льняна. Технічні умови”;
- 3) ДСТУ 4015:2001 “Льон тіпаний. Технічні умови”;
- 4) ДСТУ 5015:2008 “Волокно лляне коротке. Технічні умови”.

### **Результати дослідження та обговорення**

На основі проведених раніше досліджень [10 – 13] та інформації в нормативно-технічних документах можна запропонувати класифікацію стеблостою льону і соломи із нього, яка представлена на рис. 1. Згідно схеми на рис. 1. стебла соломи льону можна класифікувати за біологічним видом, фазою стиглості, довжиною жмені, масовою долею лубу, розривним навантаженням. Перші три ознаки класифікації агровиробник ідентифікує ще до початку процесу збирання. Це дає можливість відразу визначити, яку кінцеву продукцію доцільніше отримувати.

Льон-довгунець або льон олійний можна збирати та переробляти, відповідно до погодних умов, у фазі ранньої жовтої стиглості, жовтої стиглості, повної стиглості. Не менш важливою є ознака довжини жмені стебел. Так, відповідно до існуючих вимог [14], можна згрупувати за довжиною льон олійний у три групи, а льон-довгунець в чотири. Для льону олійного граничними значеннями довжини обрано: до 0,5 м, 0,5...0,75 м, вище 0,75 м, для льону-довгунця: до 0,5 м, 0,5...0,75 м, 0,75...0,95 м, вище 0,95 м.

Ці класифікаційні ознаки не потребують застосування спеціальних знань та засобів вимірювання. Відповідно до існуючих вимог до волокна, яке можна використовувати у текстильній промисловості, вміст лубу у стеблі (соломі) повинен бути не меншим за 15%, а розривне навантаження волокна – не меншим за 39,2 Н, тому такі ознаки також введені у класифікацію.

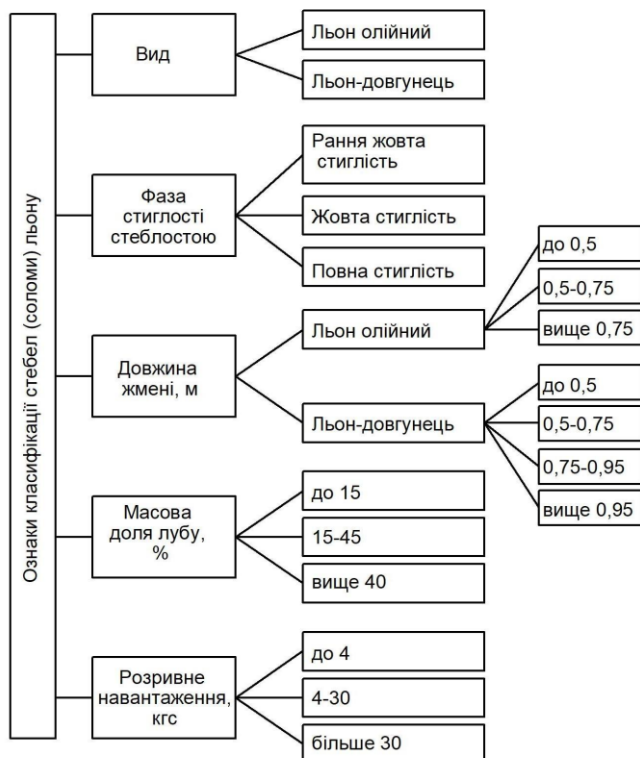


Рис. 1 – Класифікаційні ознаки стебел соломи льону

Запропонована класифікація дає можливість агровиробнику на початковому етапі точно визначити необхідну технологію збирання, переробки, напрями використання продукції переробки та необхідний комплекс механізованих засобів.

На основі запропонованої на рис. 1 класифікації стеблостою (соломи) льону можна обґрунтувати концептуальну модель технологій збирання і переробки СВМ льону в різних кліматичних умовах із урахуванням необхідності максимального використання потенціалу рослини (рис. 2.)

Розглянемо детально порядок операцій за блок-схемою концептуальної моделі на рис. 2. Перш за все, перед початком збирання необхідно визначити середню довжину стеблостою. Відповідно до запропонованої класифікації, якщо встановлена

довжина жмені менша за 0,5 м, незалежно від виду і сорту, льон збирають тільки на насіння, а СВМ льону – переробляють у паливні матеріали. Найбільш виправданим варіантом переробки є руйнування стебел та виготовлення малогабаритних паливних рулонів (МПР) зі СВМ льону. Для спрощення способу формування МПР всі операції можуть виконуватись зернозбиральним комбайном. Це стає можливим за наявності у комбайні пристосування для руйнування (зменшення пружних властивостей) стебел соломи льону, формування МПР зі СВМ льону та транспортера для вивантаження готових рулонів.

У випадку, якщо довжина жмені льону в межах 0,50...0,75 м, то важливого значення набувають умови збирання. Якщо є можливість збирати льон у фазі ранньої жовтої стиглості, то СВМ льону можна застосувати для виготовлення короткого неорієнтованого волокна або паливних брикетів.

Спосіб отримання однотипного волокнистого матеріалу полягає у механічній обробці стебел [15]. Він відрізняється тим, що стеблову частину льону зрізують чи беруть залежно від фази стиглості стеблостою, відділяють насінневу частину та руйнують стебла шляхом механічної обробки, видаляють кострицю, після чого зрілий волокнистий матеріал формують у рулони і транспортують до місця отримання однотипного волокна. Кострицю, що лишається, можна переробити у тверді паливні матеріали – брикети.

Також на блок-схемі, яка відображає концептуальну модель технології переробки стебел соломи та СВМ льону, передбачена переробка за умови довжини жмені в межах 0,75...0,95 м. Така умова характеризує стеблостій, як такий, що може бути перероблений на волокно, якщо виконуються інші умови, а саме збирання відбувається у фазі ранньої жовтої стиглості.

У такому випадку стеблову частину льону зрізують, відділяють насінневу частину та руйнують стебла шляхом механічної обробки.

Зруйновані стебла у фазі ранньої стиглості вкладають у валки для вилежування, після вилежування та дозрівання їх волокнистого матеріалу до фази повної стиглості додатковими технічними засобами здійснюють формування пакунків із наступним транспортуванням їх до місця отримання однотипного волокна.

У фазі ранньої стиглості збирання льону олійного, для спрощення способу отримання однотипного волокнистого матеріалу з льону олійного, усі технологічні операції, окрім формування рулону із валків після вилежування та транспортування їх до місця отримання однотипного волокна, можуть виконуватись зернозбиральним комбайном.



У фазі повної стиглості збирання льону олійного усі технологічні операції можуть виконуватись зернозбиральним комбайном, окрім транспортування рулонів до місця отримання однотипного волокна.

Якщо погодні умови не дозволили провести збирання у фазі ранньої жовтої стиглості або вміст лубу у стебловій масі менший за 15%, то переробка на волокно недоцільна. Тому необхідним стає процес формування малогабаритних паливних рулонів.

Наступною розглядається умова, коли довжина стебла більша 0,95 м. У такому разі є можливість отримання довгого високоякісного волокна за класичною технологією. Для цього є необхідним виконання таких умов: а) сорт льону – льон-довгунець; б) рання жовта або жовта фаза стиглості стебел. Також під час вибору переробної технології варто звертати увагу на вміст лубу. Якщо не виконуються одна із цих умов, то потрібно повернутись до отримання якісного короткого неорієнтованого волокна для різних потреб. Якщо погодні умови призвели до значної втрати якості волокна, то варто повернутись до виготовлення малогабаритних паливних рулонів у польових умовах.

Виконання всіх запропонованих вище умов, а саме, льон-довгунець, із довжиною стеблостою 0,95 м та більше, у фазі ранньої жовтої чи жовтої стиглості із вмістом лубу не меншим за 15 %, дозволяє звернутись під час збирання та переробки до класичної технології брання, розстеляння, вилежування і переробки льонотрести.

### **Висновки**

Із результатів досліджень, відповідно до концептуальної моделі, можна зробити висновок, що найбільш вірогідним є використання варіантів виготовлення короткого неорієнтованого волокна і твердих паливних матеріалів із стебло-волокнистої маси льону після отримання насіння. Тому найбільшу увагу необхідно приділяти технологіям збирання льону з одночасною обробкою стебел і первинною переробкою стебло-волокнистої маси.

Для покращення властивостей, якісних показників й технологічних параметрів стебел соломи, СВМ льону та продукції із них під час збирання та первинного оброблення можна рекомендувати використовувати запропоновану класифікацію стеблостою і блок-схему концептуальної моделі технологій збирання льону із одночасною обробкою стебел і переробкою СВМ для визначення напрямів використання урожаю льону.

На основі запропонованої класифікації та відповідно до концептуальної моделі технологій встановлено, що за довжини жмені



0,5 м, льон збирають тільки на насіння, а СВМ переробляють у МПР. Якщо довжина жмені 0,50...0,75 м у фазі ранньої жовтої стиглості льон збирають для виготовлення короткого неорієнтованого волокна або паливних брикетів. При довжині 0,75...0,95 м та вище у фазі ранньої жовтої стиглості стебла переробляють на волокно. У період збирання за несприятливих погодних умов або при вмісті лубу у стебловій масі менше 15% стебла переробляють у МПР.

Реалізація запропонованої концептуальної моделі технологій переробки стебел соломи льону із урахуванням класифікаційних ознак стеблостою дозволить досягти високої ефективності використання повного біологічного потенціалу льону-довгунця та льону олійного..

### Список посилань

1. Офіційний веб сайт FAOASTAT. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://faostat3.fao.org/downld/>
2. Ягелюк, С. В. Стан ринку льняної сировини в Україні та світі / С. В. Ягелюк // Товарознавчий вісник. – 2016. – Вип. 9. – С. 86–92.
3. Рослинництво України : статистичний збірник. Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.org>
4. Онюх, Ю. Особливості вирощування льону олійного в умовах Західного Полісся / Ю. Онюх // Подільський вісник : сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки. – 2017. – Вип. 27. – С. 37–43.
5. Ягелюк, С. В. Оцінка якості волокна зі стебел льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся / С. В. Ягелюк, В. Ф. Дідух, Ю. М. Онюх // Товарознавчий вісник. – 2018. – Вип. 11. – С. 167–173.
6. Ouagne, P. Fibre extraction from oleaginous flax for technical textile applications: influence of pre-processing parameters on fibre extraction yield, size distribution and mechanical properties / P. Ouagne, B. Barthod-Malat, P. Evon, L. Labonne, V. Placet // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 200. – P. 213–220.
7. Berglund, D. R. Flax : New Uses and Demands. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5%E2%80%9393358.html>
8. Cappelletto, P. L. Fiber valorization of oilseed flax / P. L. Cappelletto // Flax and other Bast Plants Symposium. – 1997. – Poznan, Poland : Institute of Natural Fibres. – P. 150–151.
9. Ivanovs, S. Impact of the flax fluffing and turning technology upon the quality of flax products / S. Ivanovs, E. Matisans, V. Stramkale //

- Service cooperation in agriculture. Lithuanian university of agriculture research papers. – 1999. – Kaunas-Akademiја. – P. 265–269.
10. Горач, О. О. Удосконалення технології одержання трести з соломи льону олійного з використанням штучного зволоження : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Горач Ольга Олексіївна; Херсонський національний технічний університет. – Херсон, 2009. – 206 с.
  11. Ордина, Н. А. Оценка качества волокна в льняных стеблях по анатомическим признакам / Н. А. Ордина // Лен и конопля. – 1973. – №6. – С. 29.
  12. Чурсіна, Л. А. Інноваційні технології одержання нетканих та целюлозовмісних матеріалів з льону олійного : монографія / Л. А. Чурсіна, Г. А. Тіхосова, Т. Н. Головенко, І. О. Меняйло-Басиста, під ред. Л. А. Чурсіної. – Херсон, 2014. – 304 с.
  13. Ягелюк, С. В. Визначальні показники якості льоносорівини / С. В. Ягелюк // Товарознавчий вісник. – 2013. – Вип. 6. – С. 153–158.
  14. ГОСТ 14897-69. Солома льняная. Технические условия.
  15. Патент №123407 UA, МПК A01D45/06, D01C1/00. Спосіб отримання однотипного волокнистого матеріалу з льону олійного / Дідух В. Ф., Онюх Ю. М., Ягелюк С. В.; заявл. 18.09.2017; опубл. 26.02.2018; Бюл. №4, 2018 р.