

AUTOMATION OF EVALUATION OF BAST RAW MATERIALS FROM LINSEED

T. Holovenko^{1*}, O. Nalobina², O. Shovkomud¹, A. Herasymchuk¹, V. Kozel³¹Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine²National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine³Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

Ukraine has a strong potential for the development of enterprises producing a wide range of products from flax raw materials, in particular from linseed. Production of competitive products from bast raw materials requires the introduction of modern technologies and quality control of products at each stage of technology. The development of CQSoilseed Flax, CQRoilseed Flax and CQSRoilseed Flax software, which is designed to automatically determine the quality of linseed straw and linseed retted straw, is based on author's methodology for quality control of product from linseed stalks. Evaluation of bast raw materials in accordance with the proposed comprehensive quality control systems is a time-consuming process. Software have been developed to simplify the procedure for determining the number of linseed straw and linseed retted straw. Automation can significantly speed up the process of determining the quality of bast raw materials. In Ukraine, linseed is used only for seed processing. Innovative biological drugs, food additives and oil are obtained from the flax seeds, but the linseed stems are almost not processed. Disposal of waste after linseed harvesting, namely linseed stalks, is currently carried out in two directions: burning in the fields, which is prohibited by Ukrainian law and for which penalties are provided, and the use of raw materials as bedding for animals. At the same time, in the world, this crop is used as an additional source of bast raw materials for the production of textile, technical and cellulose-containing materials, twisted and sanitary products, as well as a reinforcing component in the manufacture of composite materials and energy sources. In the context of the textile raw material crisis in Ukraine, the use of fibre raw materials from linseed, which is suitable for a wide range of industrial products, is a promising opportunity to support domestic producers of various textile industries. Also linseed raw materials will help to meet the needs of the textile industry in certified raw materials.

Key words:

evaluation of bast raw materials,
quality control of bast raw materials,
bast raw material evaluation software,
linseed straw,
linseed retted straw

Article history:

Received 08.11.2021

Accepted 10.12.2021

***Corresponding author:**

t.holovenko@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi47.657

To cite this article:

Holovenko, T., Nalobina, O., Shovkomud, O., Herasymchuk, A., & Kozel, V. (2021). Automation of evaluation of bast raw materials from linseed. *Agricultural Machines*, 47, 124-132. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.657>

УДК 677.11.021

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЛУБ'ЯНОЇ СИРОВИНИ З ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Т.М. Головенко^{1*}, О.О. Налобіна², О.В. Шовкомуд¹, О.П. Герасимчук¹, В.М. Козел³

¹Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

²Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

³Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

AGRICULTURAL MACHINES



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Створення програмного забезпечення CQSoilseed Flax, CQRoilseed Flax та CQSRoilseed Flax, що призначене для автоматизованого визначення загального рівня якості соломи та трести льону олійного, базувалося на розробленій авторській методології контролю якості продукції зі стебел льону олійного. Оцінювання луб'яної сировини відповідно до запропонованих комплексних систем контролю якості є трудомістким процесом. Для спрощення процедури визначення номера соломи та трести льону олійного розроблено комп'ютерні програми. Автоматизація дозволяє істотно прискорити процес визначення якості сировини. Актуальність розробки полягає в тому, що льон олійний в Україні використовується лише з метою перероблення насіння для одержання інноваційних біопрепаратів, харчових добавок та олії, а стебла майже не переробляються. Утилізація відходів після збирання насіння, а саме – стебел льону олійного, на сьогодні здійснюється у двох напрямках: спалювання на полях, що заборонено законодавством України і за що передбачені штрафні санкції, та використання сировини як підстилки для тварин. Разом із тим, ця культура у світі використовується як додаткове джерело луб'яної сировини для виробництва текстильних, технічних та целюлозовмісних матеріалів, кручених і санітарно-гігієнічних виробів, а також як армувальна складова під час виготовлення композиційних матеріалів і палива. В умовах сировинної кризи в Україні використання лубоволокнистої сировини з льону олійного, яка придатна для виготовлення широкого спектру промислової продукції, – це перспективна можливість підтримання вітчизняних виробників різних підгалузей легкої промисловості, що дозволяє задовольнити їхні потреби у сертифікованій сировині.

Ключові слова:

оцінювання луб'яної сировини,
контроль якості луб'яної сировини,
програмне забезпечення для оцінювання луб'яної сировини,
солома льону олійного,
треста льону олійного

Історія публікації:

Отримано 08.11.2021

Затверджено 10.12.2021

*Автор для листування:

t.holovenko@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi47.657

Цитувати цю статтю:

Головенко, Т. М., Налобіна, О. О., Шовкомуд, О. В., Герасимчук, О. П., & Козел, В. М. (2021). Автоматизація оцінювання луб'яної сировини з льону олійного. *Сільськогосподарські машини*, 47, 124-132. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.657>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

За останні десятиліття, на жаль, вітчизняна легка промисловість з багатьох причин втратила свої позиції, зокрема, через знищення сировинної бази. На сьогодні ринок виробництва льону є нестабільним у світі (*Saskatchewan Flax Development Commission, 2020*), але, разом із тим, виробники текстильної продукції надають перевагу натуральній екологічній сировині, особливо з льону та технічних конопель, продукція на основі яких високо цінується споживачами і, відповідно, користується попитом.

Україна має потужний потенціал для розвитку підприємств із виготовлення широкого асортименту виробів з лляної сировини, зокрема з льону олійного (*Державна служба статистики України, 2021*). У світі перспективним вважається використання льону олійного в різних галузях промисловості, зокрема, для виготовлення кручених і санітарно-гігієнічних виробів, целюлозовмісних, текстильних та технічних матеріалів, а також як армувальної складової у виробництві різних композиційних матеріалів (*Thompson et al., 2019*). Виробництво нової конкурентоспроможної продукції із луб'яної сировини потребує впровадження сучасних технологічних процесів, наявності виробничих потужностей, а також контролю якості виробів на кожному етапі технологічного циклу промислового перероблення.

З метою створення цільових технічних регламентів для контролю якості луб'яної сировини з льону олійного, що до цього часу

були відсутні як в Україні, так і закордоном, було розроблено методику її номерного оцінювання. Для розроблення цієї методики була проведена низка ґрунтовних теоретично-експериментальних досліджень номенклатури технологічних характеристик соломи, трести та волокна льону олійного із визначенням граничних значень якісних показників, що прогнозують доцільність первинного та вторинного оброблення сировини. Після цього проведено технологічне оцінювання соломи і трести льону олійного як промислової луб'яної сировини, встановлено її показники якості з використанням методів кваліметрії (*Holovenko et al., 2019*) та на основі методів системного кластерного аналізу (*Головенко та ін., 2020a*) і математичної статистики визначено вплив показників якості на формування номеру сировини (*Головенко та ін., 2021*).

Результати науково-дослідних робіт та математично-статистичне оброблення даних, що одержані теоретично-експериментальним шляхом, дозволили встановити основоположні фізико-механічні характеристики соломи та трести льону олійного (**таблиця 1**), які визначають рівень якості луб'яної сировини, тобто її номер.

Значення виходу лубу зі стебел, виходу волокна з трести, засміченості та показника кольору волокна, одержаного з трести, можуть коливатися в певних межах (**таблиця 1**). Тому для сумування показників якості соломи та трести з однаковою розмірністю за допомогою диференційного методу кваліметрії проведено перерахунок відсоткових значень показників у балові (**таблиця 2** та **таблиця 3**).

Таблиця 1 – Якісні показники з граничними значеннями для визначення номера соломи і трести льону олійного

Якісні показники	Граничні значення
Вихід лубу зі стебел, %	11,0–40,0
Засміченість, %	5,0–20,0
Група кольору соломи	I, II, III
Вихід волокна, %	11,0–40,0
Засміченість, %	5,0–20,0
Група кольору волокна (показник кольору волокна)	I, II, III, IV (1,0–4,0)
Відокремлюваність, од. (ступінь вилежаності трести; інтенсивність відбитого світлового потоку, люкс)	від 4,1 і більше (вилежана; менше 23) від 3,1 до 4,0 (недолежана; 23–27) від 3,0 і менше (солома; більше 27)

Таблиця 2 – Визначення балових значень якісних показників соломи льону олійного

Вихід лубу зі стебел				Засміченість	
%	бали	%	бали	%	бали
11	27,5	26	65,0	5	100,0
12	30,0	27	67,5	6	83,3
13	32,5	28	70,0	7	71,4
14	35,0	29	72,5	8	62,5
15	37,5	30	75,0	9	55,5
16	40,0	31	77,5	10	50,0
17	42,5	32	80,0	11	45,4
18	45,0	33	82,5	12	41,7
19	47,5	34	85,0	13	38,5
20	50,0	35	87,5	14	35,7
21	52,5	36	90,0	15	33,3
22	55,0	37	92,5	16	31,3
23	57,5	38	95,0	17	29,4
24	60,0	39	97,5	18	27,7
25	62,5	40	100,0	19	26,3
				20	25,0

Таблиця 3 – Визначення балових значень якісних показників трести льону олійного

Вихід волокна з трести				Засміченість		Показник кольору волокна			
%	бали	%	бали	%	бали	розра- хунковий	бали	розра- хунковий	бали
11	27,5	26	65,0	5	100,0	1,0	25,0	2,6	65,0
12	30,0	27	67,5	6	83,3	1,1	27,5	2,7	67,5
13	32,5	28	70,0	7	71,4	1,2	30,0	2,8	70,0
14	35,0	29	72,5	8	62,5	1,3	32,5	2,9	72,5
15	37,5	30	75,0	9	55,5	1,4	35,0	3,0	75,0
16	40,0	31	77,5	10	50,0	1,5	37,5	3,1	77,5
17	42,5	32	80,0	11	45,4	1,6	40,0	3,2	80,0
18	45,0	33	82,5	12	41,7	1,7	42,5	3,3	82,5
19	47,5	34	85,0	13	38,5	1,8	45,0	3,4	85,0
20	50,0	35	87,5	14	35,7	1,9	47,5	3,5	87,5
21	52,5	36	90,0	15	33,3	2,0	50,0	3,6	90,0
22	55,0	37	92,5	16	31,3	2,1	52,5	3,7	92,5
23	57,5	38	95,0	17	29,4	2,2	55,0	3,8	95,0
24	60,0	39	97,5	18	27,7	2,5	62,5	3,9	97,5
25	62,5	40	100,0	19	26,3	2,3	57,5	4,0	100,0
				20	25,0	2,4	60,0		

У баловій розмірності отримані дані використовуються для подальшого розрахунку номера досліджуваної сировини. Розподіл цих балових значень показників соломи та трести на номери, що характеризують їхній рівень

якості, тобто сортність, було здійснено із використанням методу кластерного аналізу (Головенко, 2020b). У подальшому отримано залежності номера сировини від значень показників (таблиця 4).

Таблиця 4 – Визначення номера соломи та трести льону олійного

Номер соломи	Показник якості соломи певної групи за кольором у балах			Номер трести	Ступінь вилежаності трести (відокремлюваність, од.)		
	I група	II група	III група		вилежана (4,1 і більше)	недолежана (від 3,1 до 4,0)	солома (3,0 і менше)
5	200–132	-	-	5	300–217	-	-
4	131–98	200–110	-	4	216–168	300–190	-
3	97–79	109–82	200–90	3	167–134	189–142	300–165
2	78–64	81–65	89–66	2	133–104	141–109	164–116
1	63–53	64–53	65–53	1	103–78	108–78	115–78

Номер соломи та трести льону олійного є комплексним показником якості сировини (таблиця 4), що визначається: для соломи льону олійного – за обчисленими баловими значеннями виходу лубу зі стебел льону, засміченості та групи кольору соломи; для трести – за виходом волокна, засміченістю, групою кольору волокна і відокремлюваністю (ступінь вилежаності). Кожному числовому значенню, що характеризує якість соломи та трести льону олійного за їх технологічними властивостями, відповідає показник якості в балах. Що більше балове значення, яке характеризує якість луб'яної сировини, то вищий її номер.

Розроблена для соломи і трести льону олійного методика номерного оцінювання конкретизує і узагальнює сукупність основних технологічних показників якості, прогнозує доцільність та режими первинного і вторинного оброблення сировини, а також функціональне призначення готової продукції. Сертифікація продукції зі стебел льону олійного є стратегічно важливим аспектом розвитку українських виробництв в умовах їхньої повної імпортозалежності. На основі вітчизняної натуральної сировини можна виготовляти конкурентоспроможні товари широкого асортименту, що відповідають вимогам споживачів і будуть успішно реалізовані як на українському, так і на міжнародному ринках.

Ураховуючи вищезазначене, новітня методика визначення номера соломи і номера трести льону олійного має актуальне народногосподарське значення для України. Разом із тим, виконання усієї процедури методики є трудомістким процесом і потребує витрат часу на математичні обчислення.

Визначення показників якості лляної сировини проводиться шляхом інструментального оцінювання згідно удосконалених методик, що чітко описані у затверджених нормативних документах (Головенко, 2020b).

Після проведеного визначення показників їх граничні значення перераховуються у бали та визначається номер сировини. З огляду на вказане, актуальним є спрощення процедури математичного обчислення номеру шляхом автоматизації процесів, що значно прискорять процеси стандартизації соломи та трести льону олійного на промислових об'єктах.

Мета дослідження – розробити комп'ютерні програми, що дозволяють автоматизувати оцінювання соломи та трести льону олійного.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для розроблення комп'ютерних програм використовувалося середовище Microsoft Visual Studio 2010, оскільки у середовищі реалізовано відображення помилок під час розроблення програми, що дозволяє їх помітити до початку компіляції. Це середовище містить компілятор C# для платформи NET Framework 4, який, у свою чергу, містить систему підтримки Windows Presentation Foundation (WPF). Мова C# є сучасною мовою програмування та має зручний набір функцій для створення графічного інтерфейсу за допомогою мови програмування XAML.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Завданням розроблених комп'ютерних програм є оброблення і інтерпретація числових

даних. У випадку, що розглядається, ці дані одержують в результаті інструментального оцінювання соломи чи трести льону олійного під час їх надходження на промислове виробництво. Для вирішення поставлених завдань було розроблено алгоритми розрахунку номера соломи та номера трести льону олійного (рис. 1 та рис. 2).

Процес автоматизованого визначення номера сировини складається з трьох етапів:

- введення у програму числового масиву якісних показників досліджуваної луб'яної сировини;
- оброблення даних (переведення фактичних (числових) значень властивостей луб'яної сировини у баливі);
- аналізування даних (сумування балів);
- узагальнення результату оцінювання досліджуваної луб'яної сировини (виведення номера сировини).

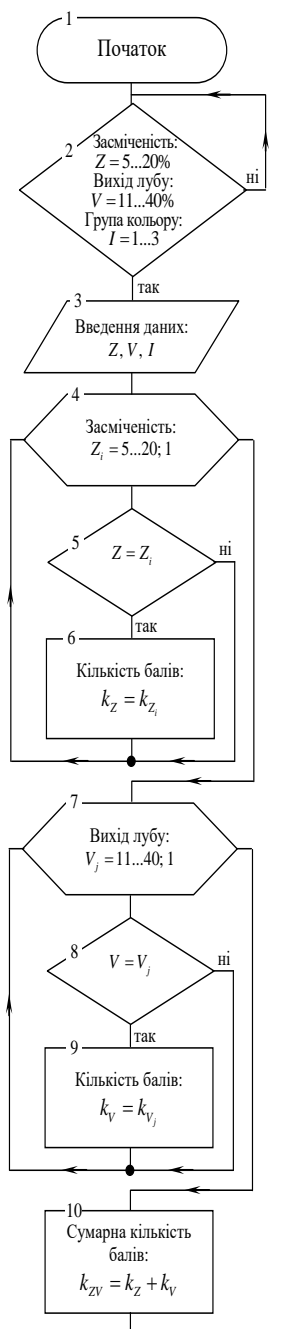


Рис. 1 – Алгоритм визначення номера соломи льону олійного

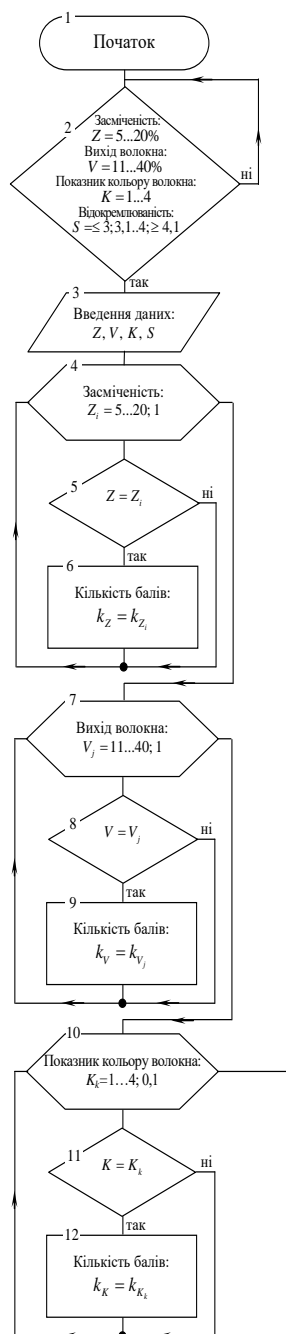
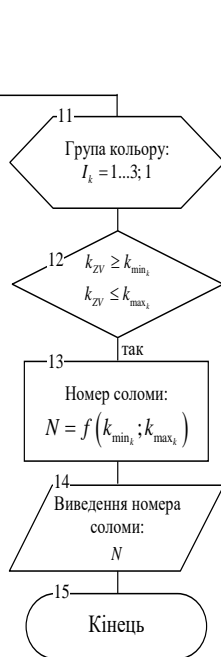
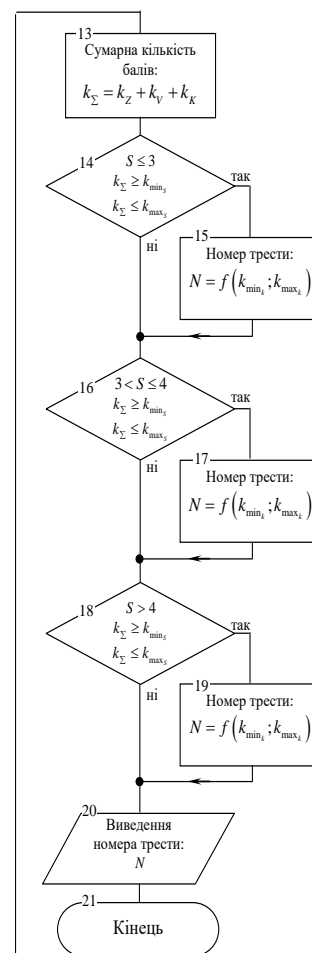


Рис. 2 – Алгоритм визначення номера трести льону олійного



Відповідно до цих алгоритмів розроблене програмне забезпечення: CQSoilseed Flax – для визначення номера соломи льону олійного; CQRoilseed Flax – для визначення номера трести льону олійного; CQSRoilseed Flax – для визначення номера соломи і трести льону олійного (рис. 3–5). Програма створена у зручному стандартному інтерактивному графічному інтерфейсі, що полегшує її освоєння, вона може використовуватися споживачами будь-якого рівня комп’ютерної грамотності. Ця програма розрахована лише на одного користувача та не передбачає одночасної роботи декількох.

Програма складається з одного файлу і для роботи вимагає встановлення операційної системи типу MS Windows XP SP 3 і вище, а також наявності програмного середовища NET Framework 4. Розроблена програма не потребує додаткового встановлення на комп’ютері специфічних апаратних засобів та працює тільки в інтерактивному режимі, очікуючи вибору дії і введення необхідних даних. Через те, що програма не є вимогливою до параметрів системи, вона зможе працювати на комп’ютері з процесором починаючи з Intel Celeron із налаштованою операційною системою MS Windows XP SP3 і вище.

Перед початком роботи з розробленою програмою обирається ресурс (тип сировини) для визначення номера соломи (рис. 3) або

номера трести (рис. 4). Після вибору ресурсу вказуються параметри (вхідні дані), за якими виконується обчислення. Для усіх вхідних даних є таблиці, в яких представлено необхідні характеристики та їхні значення, одержані інструментальним методом. Вхідні дані задаються через випадний список, що полегшує роботу з програмою. Залежно від ресурсу відображаються відповідні випадні списки, в яких обираються параметри ресурсу (рис. 3, б та рис. 4, б).

Для визначення номеру соломи відображаються випадні списки із масивом даних: засміченість соломи, вихід лубу, група кольору соломи. Для визначення номера трести відображаються випадні списки із масивом даних: засміченість трести, вихід волокна, показник кольору волокна та відокремлюваність (вилежаність). Під час вибору параметра (показник якості) у випадному списку виконується обчислення балів, що відображається у відповідному полі. Після визначення балів за певними параметрами, здійснюється розрахунок суми балів за всіма показниками якості досліджуваної сировини. На основі отриманої суми балів визначається номер соломи або трести льону олійного і отриманий результат відображається у відповідному полі (на рис. 3 та на рис. 4 – значення обведені червоним маркером).

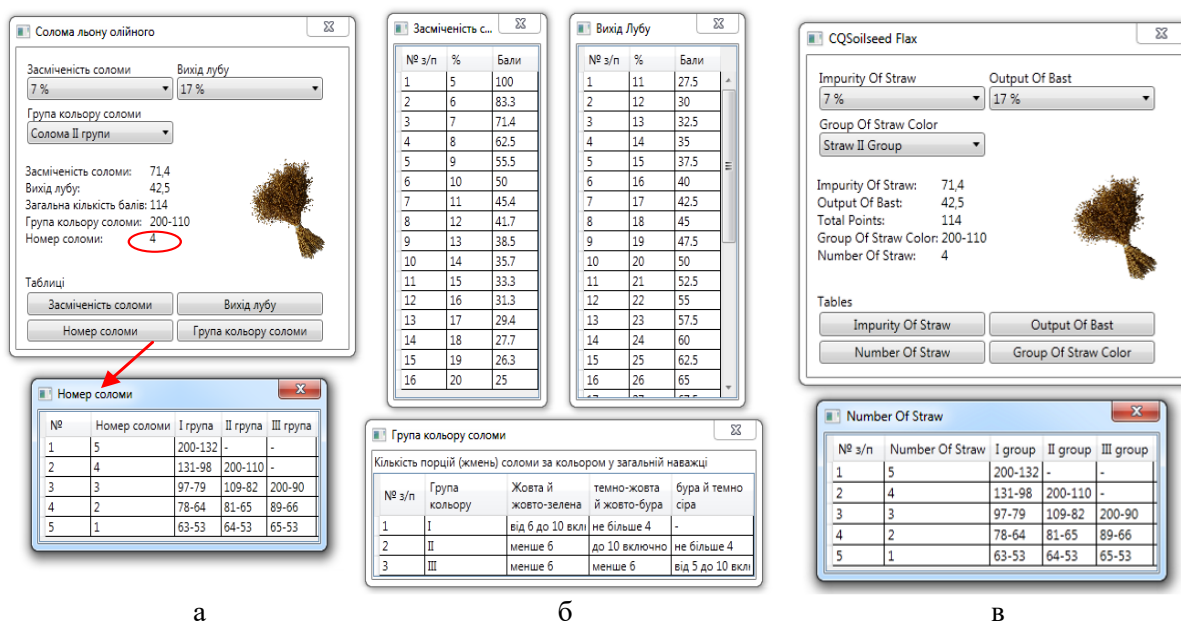


Рис. 3 – Інтерфейс комп’ютерних програм CQSoilseed Flax для визначення номера соломи льону олійного згідно із розробленими технічними умовами:

а – інтерфейс в україномовній версії; б – випадні списки; в – інтерфейс в англійській мовній версії

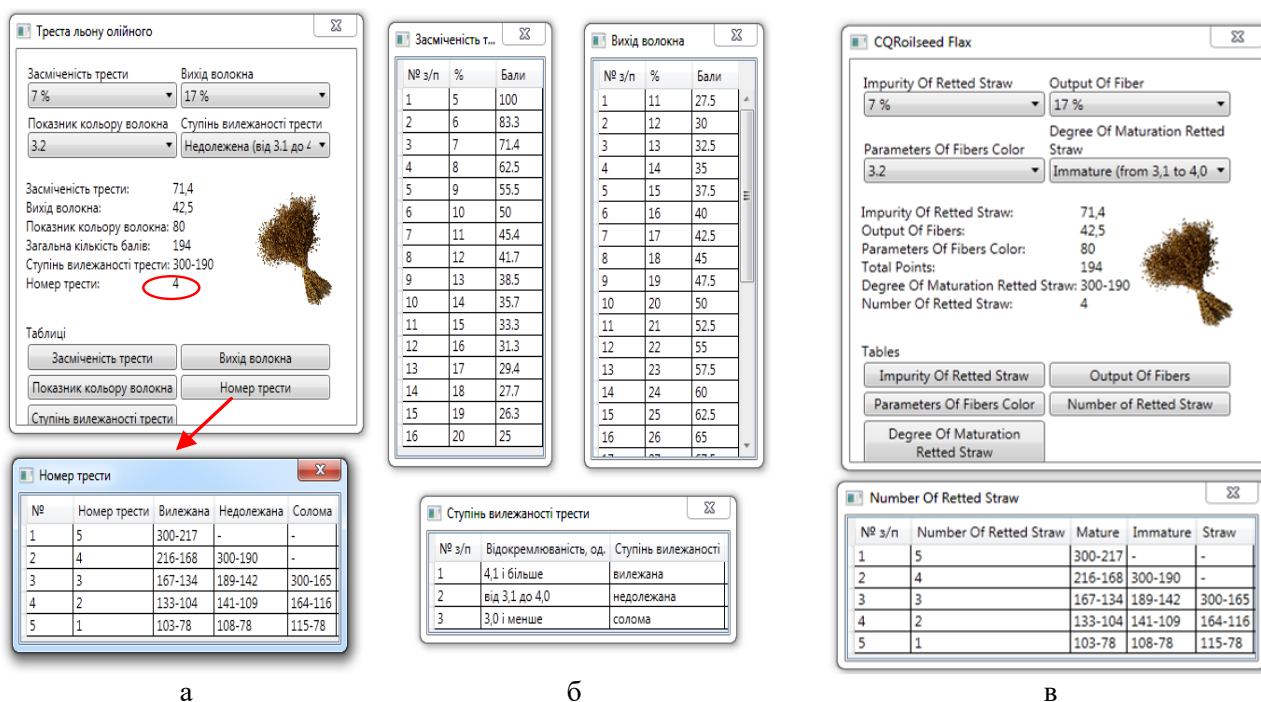


Рис. 4 – Інтерфейс комп'ютерних програм CQRoilseed Flax для визначення номера трести льону олійного згідно із розробленими технічними умовами:

а – інтерфейс в україномовній версії; б – випадні списки; в – інтерфейс в англійській мовній версії

Після завантаження програмного продукту CQRoilseed Flax для визначення номера соломи і трести льону олійного відображається головне вікно програми (рис. 5). Вікно має дві вкладки для вибору типу сировини, для якої буде проводитися оцінювання якості. Процедура розрахунку номера сировини аналогічна до програм CQSoilseed Flax та CQRoilseed Flax.

Програмні продукти CQSoilseed Flax, CQRoilseed Flax та CQRoilseed Flax створено в україномовній та англійській мовній версіях (рис. 3–5) для використання вітчизняними і закордонними споживачами (представниками промислового комплексу із перероблення соломи або трести льону олійного). Ці програмні продукти завдяки простоті використання не вимагають додаткового вивчення програмного забезпечення. На об'єднаний програмний продукт CQRoilseed Flax було одержано авторське свідоцтво «Комп'ютерна програма для оцінки якості соломи та трести льону олійного «CQRoilseed Flax» (Іванчук та ін., 2019).

ВИСНОВКИ

Економічну ефективність та стабільність розвитку легкої промисловості в Україні

можна забезпечити лише за умови розширення вітчизняної сировинної бази та застосування інноваційного технічного устаткування. На сьогодні одним із найважливіших завдань легкої промисловості є підвищення якості виготовленої продукції, її довговічності, надійності та покращення естетичних властивостей. Тому промислові підприємства галузі повинні постійно удосконалювати виробництво продукції народного споживання, розширювати асортимент і покращувати якість продукції. Додержання цих вимог є запорукою успіху виробництв та створення іміджу надійних партнерів на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Практичне впровадження результатів проведених наукових досліджень сприятиме як відновленню діяльності, так і створенню в Україні нових льонопереробних комплексів. Текстильні, целюлозно-паперові та інші підприємства зможуть використовувати вітчизняні, щорічно відновлювані, сировинні ресурси для виробництва своєї продукції. Використання запропонованих програмних продуктів дозволить сільськогосподарським виробникам підвищити свої прибутки від вирощування льону олійного за рахунок реалізації соломи та трести.

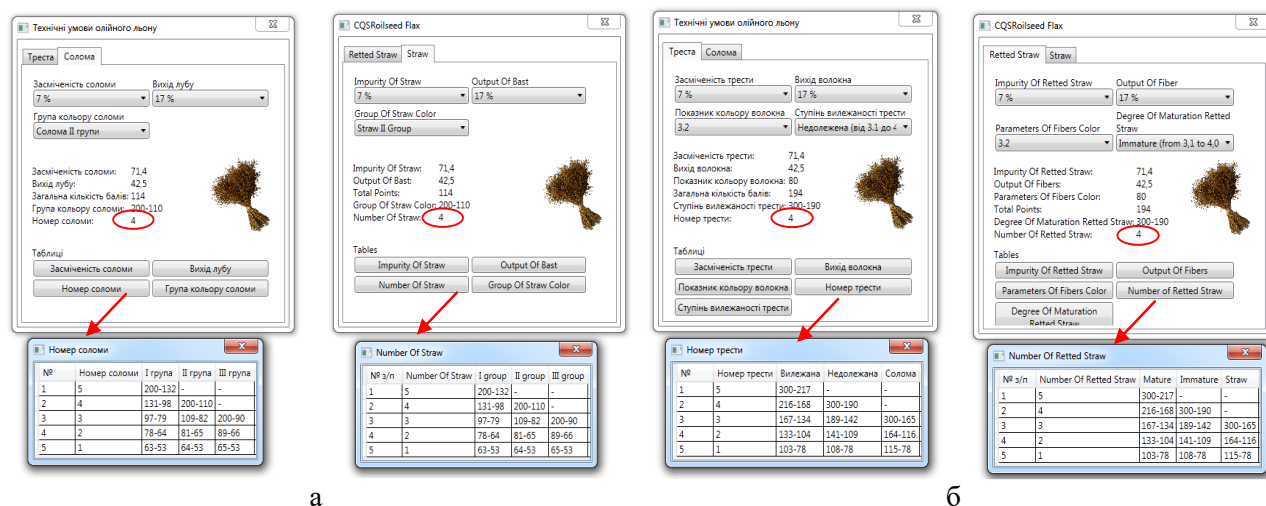


Рис. 5 – Інтерфейс об'єднаних комп'ютерних програм CQSRoilseed Flax: а – інтерфейс для соломи; б – інтерфейс для трести

Забезпечення промисловців стандартами на сировину з льону олійного дозволить значно покращити процеси виробництва інноваційної продукції, починаючи з перероблення соломи й трести, одержання волокон різного функціонального призначення і завершуючи виготовленням готових виробів.

Відповідно до науково-обґрунтованої та експериментально підтвердженої новітньої системи контролю якості соломи та трести льону олійного, що покладена в основу створення технічних регламентів оцінювання якості сировини, розроблено методологію номерного оцінювання луб'яної сировини.

Номерне оцінювання луб'яної сировини має велике значення для промислового виробництва як в Україні, так і в світі. Для автоматизації процесу оцінювання соломи та трести льону олійного розроблені комп'ютерні програми CQSoilseed Flax, CQRoilseed Flax та CQSRoilseed Flax. Комп'ютерні програми дозволяють прискорити процеси оцінювання луб'яної сировини шляхом автоматизованого оброблення числових даних, які одержують за результатами інструментального визначення показників якості соломи чи трести.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Saskatchewan Flax Development Commission. (2020). *Flax Market Report – September*. Retrieved October 5, 2021, from <https://www.saskflax.com/>
- Thompson, S., Solutions, S., Groenewegen, J., & Spearin, D. (2019). Investigating value added potential of flaxseed and straw [final report project], *SaskFlax*, 23, 175.

Державна служба статистики України. (2021).

Виробництво культур технічних (Production of technical crops). Retrieved September 18, 2021, from <https://www.ukrstat.gov.ua/>

Holovenko, T., Yanyuk, T., Boyko, G., Dyagilev, A., & Shovkomud, A. (2019). Promising methods and systems of quality control of innovative bast raw material. *Science and innovation: academic and research journal NAS Ukraine*, 15(3), 91-104.

Налобіна, О. О., Головенко, Т. М., Голотюк, М. В., Ружанські, П., & Шовкомуд, О. В. (2020а). Наукове обґрунтування розподілу показників якості соломи та трести льону олійного на класи сортності (*Scientific substantiation for distribution of quality indices of oilseed flax straw and retted straw on grade classes*). *Сільськогосподарські машини*, 44, 102-122.

Головенко, Т. М., Налобіна, О. О., Герасимчук, О. П., Ткачук, О. Л., & Шовкомуд, О. В. (2021). Математичний аналіз якісних показників луб'яної сировини із льону олійного (*Mathematical analysis of quality indicators for bast raw material from oilseed flax*). *Сільськогосподарські машини*, 46, 7-20. <https://doi.org/10.36910/acm.vi46.498>

Головенко, Т., Пуць, В., & Шовкомуд, О. (2020b). Комплекс нормативних документів для контролю якості луб'яної сировини із льону олійного (*A set of normative documents for quality control of bast raw materials from flax oil*). В *II Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку»*. Дніпро, Україна (С. 337-339). Дніпро: Національна металургійна академія України.

Іванчук, О. В., Головенко, Т. М., & Козел, В. М. (2019). Авторське свідоцтво України 84077. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».