

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION FOR DISTRIBUTION OF QUALITY INDICES OF OILSEED FLAX STRAW AND RETTED STRAW ON GRADE CLASSES

O. Nalobina¹, T. Holovenko², M. Holotiuk¹,
P. Ruzhansky³, O. Shovkomud²

¹National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

²Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

³Higher State Vocational School in Helm, Helm, Poland

AGRICULTURAL MACHINES

AM
CM
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

The article develops the methodology of distribution of quality indicators of oilseed flax straw and retted straw by classes (grade). To perform the tasks used the method of multidimensional statistical analysis - cluster analysis. The results of the evaluation are the basis of the procedure of optimal distribution of samples of the studied raw materials into numbers according to the quality indicators obtained experimentally. The study of the basic rules of assessing the level quality of industrial products, as well as the principles of modeling processes and basics of system analysis became the theoretical basis for developing a new complex quality control system for oilseed flax stems and retted straw with scientific substantiation of distribution their quality indicators on numbers. On the basis of clustering indicators, the first time it was proposed to determine the quality of oilseed flax straw and retted straw by five numbers: 5, 4, 3, 2, 1, which allows to predict the feasibility of their industrial processing and functional purpose of the product. For the five numbers of straw, the limit sums of grades are set by three groups of colors, and for the five numbers of retted straw - by three groups of separability.

Key words:

oilseed flax,
cluster,
quality indicator,
agglomeration,
dendrogram

Article history:

Received 05.04.2020

Accepted 26.05.2020

Corresponding author:

t.holovenko@lutsk-
ntu.com.ua

<https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.303>

УДК 677.11.021

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СОЛОМИ ТА ТРЕСТИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО НА КЛАСИ СОРТНОСТІ

О.О. Налобіна¹, Т.М. Головенко², М.В. Голотюк¹,
П. Ружанські³, О.В. Шовкомуд²

¹Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна

²Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

³Вища державна професійна школа у Хелмі, Хелм, Польща

У статті розроблено методологію розподілу показників якості соломи та трести льону олійного за класами (сортністю). Для виконання поставлених завдань використано метод багатомірного статистичного аналізу – кластерний аналіз. Результати здійсненої оцінки покладено в основу процедури оптимального розподілу зразків досліджуваної сировини на номери за показниками якості, одержаними експериментальним шляхом. Дослідження основних правил оцінювання рівня якості промислової продукції, а також принципи моделювання процесів та основ системного аналізу стали теоретичним підґрунтям для розроблення нової комплексної системи контролю якості соломи та трести льону олійного з науковим обґрунтуванням розподілу їхніх показників якості на номери. На основі кластеризації показників, вперше запропоновано визначати якість соломи та трести льону олійного за п'ятьма номерами: 5, 4, 3, 2, 1, що дозволяє прогнозувати доцільність їхньої промислової переробки та функціональне призначення отриманої продукції. Для п'яти номерів соломи встановлені граничні суми балів за трьома групами кольору, а для п'яти номерів трести – за трьома групами відокремлюваності. Результати досліджень покладено в основу розроблених нормативних документів для визначення якості соломи та трести льону олійного.

Ключові слова: льон олійний, кластер, показник якості, агломерація, дендрограма.

Стан питання та постановка проблеми

Глибокі соціально-економічні зміни, які відбулися в Україні в період незалежності призвели до знищення цілих галузей народного господарства. Серед них легка промисловість, що втратила свої позиції

з багатьох причин, зокрема через знищення вітчизняної сировинної бази [1]. Аналітична оцінка напрямів розвитку світової легкої промисловості свідчить про те, що виробники віддають перевагу натуральній сировині – льону та технічній коноплі, вироби з якої користуються великим попитом. Україна має потужний потенціал для розвитку виробництва із виготовлення різноманітних виробів на основі лляної сировини, зокрема льону олійного [2]. Нині українськими науковцями напрацьовано значну кількість інноваційних продуктів (техніка та технології), запровадження яких сприятиме відродженню та швидкому розвитку виробництва із вирощування, переробки льону олійного та виготовлення продукції галузевого призначення [3]. Але, як відомо, для забезпечення конкурентоздатності виробів, основою яких є висока якість, необхідним стає державне регулювання та контроль продукції. В основу цих процесів покладено державні стандарти, що є комплексною системою оцінки якості [4].

У попередніх дослідженнях [4], на підставі кваліметричних розрахунків, визначено вагомні показники якості соломи і трести льону олійного, що впливають на їхню технологічну цінність як сировини промислового застосування (таблиця 1).

Таблиця 1 – Показники якості і граничні значення соломи та трести льону олійного для визначення номера

№	Якісні характеристики	Граничні значення
Для визначення номера соломи		
1	Вихід лубу зі стебел, %	11,0...40,0
2	Засміченість, %	5,0...20,0
3	Група кольору соломи	I, II, III
Для визначення номера трести		
1	Вихід волокна, %	11,0...40,0
2	Засміченість, %	5,0...20,0
3	Група кольору волокна (показник кольору волокна)	I, II, III, IV (1,0...4,0)
4	Відокремлюваність, од. (ступінь вилежаності трести; інтенсивність відбитого світлового потоку, люкс)	- 4,1 і більше (вилежана; менше 23); - від 3,1 до 4,0 (недолежана; в межах 23...27); - 3,0 і менше (солома; більше 27)

Підсумовуючи відносні значення у балах показників соломи (засміченість, вихід лубу зі стебел) і трести (вихід волокна,

засміченість, група кольору волокна) із урахуванням інших показників, згідно таблиці 1 повинен визначатися рівень їхньої якості – номер соломи або номер трести [4, 5].

Ураховуючи зазначене, з метою створення нормативної документації для контролю якості соломи та трести льону олійного необхідно здійснити розподіл балових значень соломи та трести на номери, що будуть свідчити про їх рівень якості, тобто сортність.

Мета дослідження – дослідити існуючі методи та обґрунтувати методологічний підхід для здійснення розподілу балових значень показників соломи та трести на номери.

Матеріали і методи

Використано основи системного аналізу та принципи моделювання процесів із метою поділу показників соломи та трести льону олійного на класи (сортність), що прогнозують рівень їхньої якості та сфери застосування. Кластерний аналіз значущих показників даної сировини, та вибір найбільш об'єднаних між собою об'єктів (значень) виконано за допомогою прикладної програми Statistica.

Результати дослідження та обговорення

Моделювання процедури поділу дослідних показників соломи та трести льону олійного на класи проведено базуючись на засадах системного аналізу і принципах моделювання процесів. Процес формування класів сортності соломи та трести, який полягає в обґрунтованому розподілі їхніх показників якості на номери, здійснено в чотири етапи, кожен із яких передбачає виконання певних завдань (рис. 1).

На даний час відомим є досвід поділу показників якості соломи та трести льону-довгунця на номери, який викладено в нормативно-технічній документації з визначення якості даної сировини [6 – 9]. Так, показниками якості соломи, що застосовуються для оцінювання та покладені в основу її поділу на номери, є: довжина жмені, вихід лубу, розривне навантаження, колір соломи та придатність [6, 7]. Показниками якості трести, що застосовуються для оцінювання та покладені в основу її поділу на номери, є: вихід волокна, відокремленість (ступінь вилежаності трести) та колір волокна із трести [8, 9]. Тому для формування номерів соломи та трести льону олійного за характеристиками якості потрібно використати статистичні дані про прояви цих показників (їхніх величин), що реєструються протягом тривалого часу.

Системний аналіз розпочато із формування закономірностей поділу показників соломи та трести за номерами. Для наочності використано

дерево події, як метод, що широко застосовується в системному аналізі [10]. Головною подією вважали формування номера сировини, тобто соломи чи трести (подія X). Дана подія може проявитись у вигляді подій нижнього рівня (NT), де k – номер соломи ($k = 1 \dots 5$) або трести (NT), де n – номер трести ($n = 1 \dots 5$). Кожна з цих подій є результатом передумов верхнього рівня. Для соломи таких передумов три: вихід лубу (L), засміченість (Z) і група кольору соломи (K). Для трести – чотири: вихід волокна (L), засміченість (Z), колір волокна із трести (K), відокремлюваність (V) (рис. 2).

I етап – змістовна постановка задачі:

– розробка комплексу смислових і знакових моделей, що дозволять нам встановити основні закономірності виникнення події – формування номера соломи та трести і кількісно оцінити міру виникнення її прояву – $Q(\tau)$;

– вибір вихідних даних, а також статистичних даних згідно з їхнім станом, отриманих дослідним шляхом.

II етап – концептуальна постановка задачі:

– висування гіпотези відносно моделюючого явища;

– подача формування номера соломи та трести і подача цього процесу у вигляді потокового графа, який інтерпретує процес як ланцюг прояву окремих оціночних критеріїв із урахуванням ймовірностей їхньої появи.

III етап – перевірка та якісний аналіз семантичної моделі:

– перевірка гіпотез відносно події, що моделюється;

– якісне оцінювання потоків графа.

IV етап – математична постановка і вибір методу розв'язку задачі:

– формування системи алгебраїчних рішень та перевірка їхньої коректності;

– розробка процедури апріорного оцінювання параметрів аналітичної моделі.

Рис. 1 – Етапи та задачі процесу формування класів сортності соломи та трести льону олійного

Наступним етапом системного аналізу та моделювання за допомогою діаграм типу “дерево” є оцінювання числових параметрів показників, що проведено з визначенням ймовірності прояву

конкретних передумов (виникнення того чи іншого критерію). Підготовчим етапом до кількісного аналізу дерева подій є формалізація, що передбачає аналітичне її подання у вигляді структурної функції.

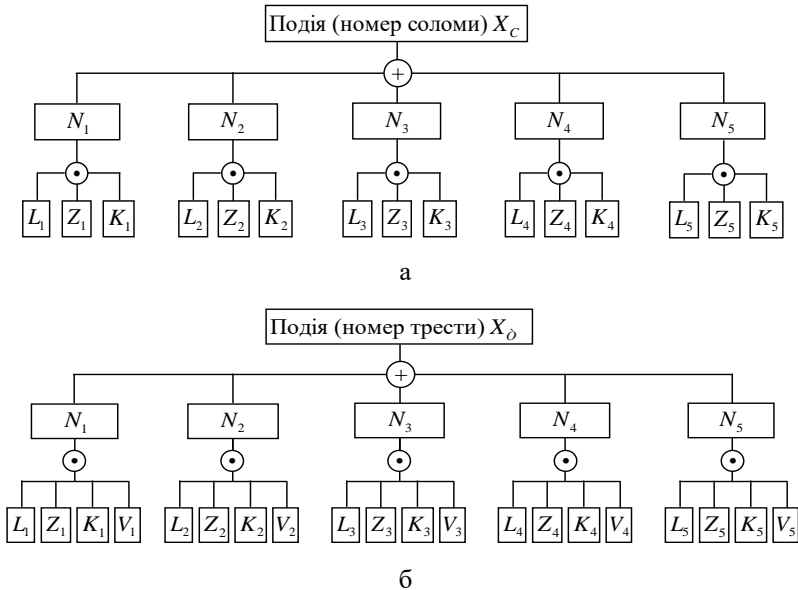


Рис. 2 – Дерево подій:

а – формування номера соломи; б – формування номера трести

Ці функції для сформованих моделей – дерев подій (рис. 2) подано наступним чином:

$$\begin{aligned}
 X_C &= N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 = \\
 &= (L_1 \cdot Z_1 \cdot K_1) + (L_2 \cdot Z_2 \cdot K_2) + (L_3 \cdot Z_3 \cdot K_3) + (L_4 \cdot Z_4 \cdot K_4) + (L_5 \cdot Z_5 \cdot K_5), \\
 X_T &= N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 = \\
 &= (L_1 \cdot Z_1 \cdot K_1 \cdot V_1) + (L_2 \cdot Z_2 \cdot K_2 \cdot V_2) + (L_3 \cdot Z_3 \cdot K_3 \cdot V_3) + (L_4 \cdot Z_4 \cdot K_4 \cdot V_4) + (L_5 \cdot Z_5 \cdot K_5 \cdot V_5). \quad (1)
 \end{aligned}$$

В якості об'єктивної міри прояву події використано ймовірність Q , що описується багаточленами:

$$\begin{aligned}
 Q_C &= P(N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5) = \\
 &= P(L_1 \cdot Z_1 \cdot K_1) + P(L_2 \cdot Z_2 \cdot K_2) + P(L_3 \cdot Z_3 \cdot K_3) + P(L_4 \cdot Z_4 \cdot K_4) + P(L_5 \cdot Z_5 \cdot K_5), \\
 Q_T &= P(N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5) = \\
 &= P(L_1 \cdot Z_1 \cdot K_1 \cdot V_1) + P(L_2 \cdot Z_2 \cdot K_2 \cdot V_2) + P(L_3 \cdot Z_3 \cdot K_3 \cdot V_3) + \\
 &\quad + P(L_4 \cdot Z_4 \cdot K_4 \cdot V_4) + P(L_5 \cdot Z_5 \cdot K_5 \cdot V_5), \quad (2)
 \end{aligned}$$

де $P(N)$ – ймовірність прояву подій (формування відповідного номера соломи або трести); $P(L \cdot Z \cdot K \cdot V) = P(L)P(Z)P(K)P(V)$; $P(L)$ – ймовірність передумови L ; $P(Z)$ – ймовірність передумови Z ; $P(K)$ – ймовірність передумови K ; $P(V)$ – ймовірність передумови V .

Отримані вирази (1) і (2) розкривають механізм формування номерів (сортності) соломи та трести льону олійного, але не розкривають механізму кількісного оцінювання. Тому сформульовано наступну задачу, що потребує вирішення: побудувати математичну модель оцінювання показників якості соломи та трести.

Метою виконання поставленого завдання є оцінювання однорідних об'єктів, а саме зразків соломи та трести. Для вирішення задачі розподілу показників якості соломи та трести використано основи багатомірного статистичного аналізу застосовуючи один із його методів – кластерний аналіз [11]. Техніка такого аналізу базується на поняттях подібності об'єктів, за умови групування спостережень та ознак. Перші дві ознаки для соломи – вихід лубу L (%) та засміченість Z (%). Для проведення процедури кластеризації показників якості соломи попередньо оцінимо щільність прояву показника засміченості за умови прийнятих меж показника виходу лубу:

$$p(Z) = \frac{p_i(Z)}{n}, \quad (3)$$

де p_i – кількість проявів i -ї величини; n – загальна кількість дослідів.

Загальну кількість дослідів приймали: n_1 – для досліджуваних зразків соломи, що мають показник виходу лубу $L = 11 \dots 12\%$; n_2 – для зразків соломи із $L = 13 \dots 15\%$; n_3 – для зразків соломи із $L = 16 \dots 18\%$; n_4 – для зразків соломи із $L = 19 \dots 24\%$; n_5 – для зразків із $L = 25 \dots 40\%$.

Із урахуванням цього щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості визначиться:

$$p_k(Z) = \frac{p_i(Z)}{n_k}, \quad (4)$$

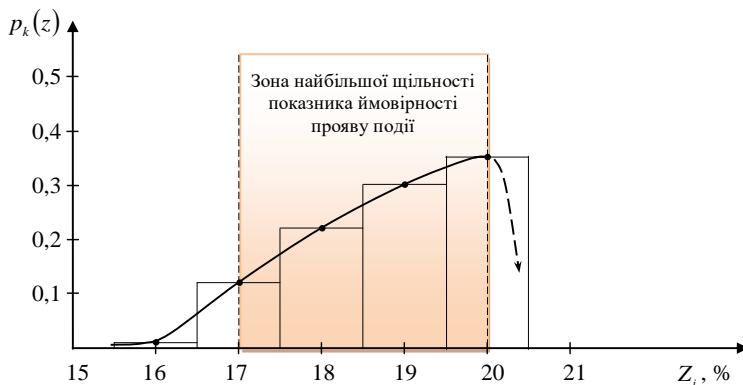
де $k = 1 \dots 5$.

Аналогічно, враховуючи, що перші три ознаки для трести – вихід волокна L (%), засміченість Z (%) та показник кольору волокна K , проведено оцінку щільності ймовірності їхнього прояву.

У таблицях 2 – 6 наведено результати виконаних розрахунків для соломи льону олійного, а у таблицях 7 – 16 для трести згідно показників якості, що отримані експериментальним шляхом [12]. На рис. 3 – 7 наведено графічну інтерпретацію отриманих значень щільності розподілу показників якості соломи льону олійного, а на рис. 8 – 17 – для трести.

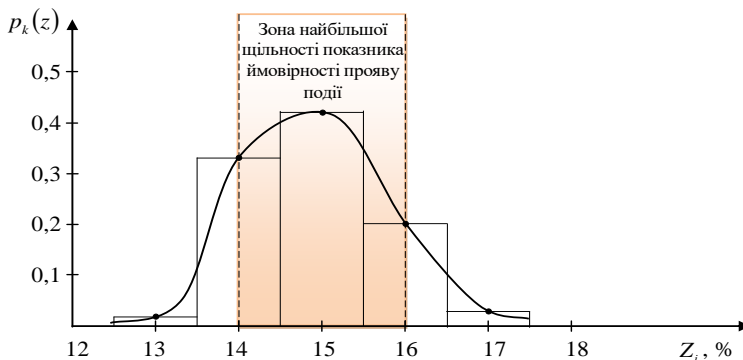
Таблиця 2 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі соломи із виходом лубу 11...12 %

№	Показник	Значення					
		20	19	18	17	16	15
1	Z_i						
2	$p_k(Z_i)$	0,35	0,3	0,22	0,12	0,01	0

Рис. 3 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 11...12\%$

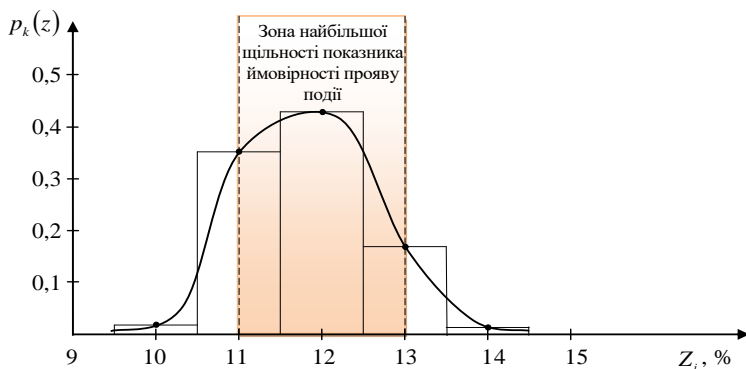
Таблиця 3 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі соломи із виходом лубу 13...15 %

№	Показник	Значення					
		17	16	15	14	13	12
1	Z_i						
2	$p_k(Z_i)$	0,03	0,2	0,42	0,33	0,02	0

Рис. 4 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 13...15\%$

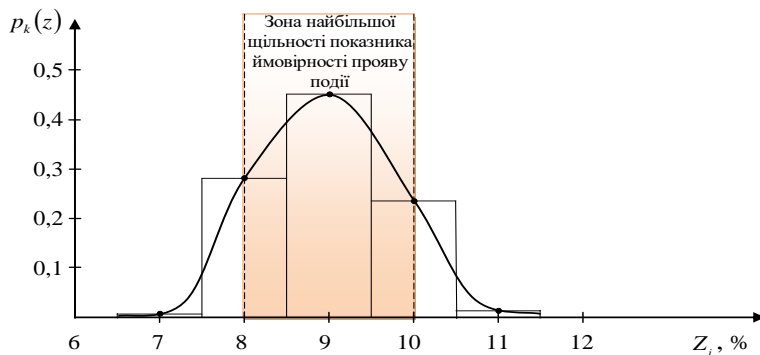
Таблиця 4 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі соломи із виходом лубу 16...18 %

№	Показник	Значення					
		14	13	12	11	10	9
1	Z_i						
2	$p_k(Z_i)$	0,02	0,17	0,43	0,35	0,03	0

Рис. 5 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 16...18\%$

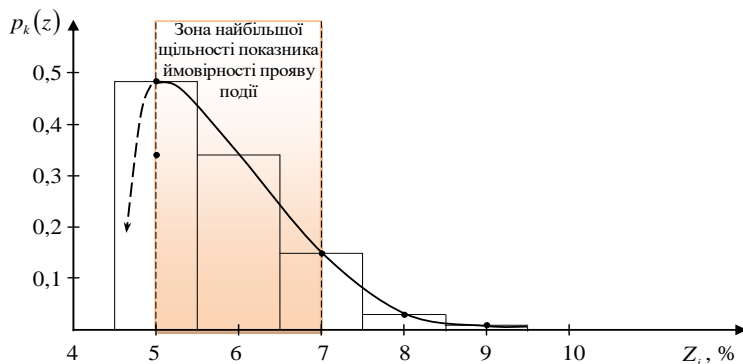
Таблиця 5 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі соломи з виходом лубу 19...24 %

№	Показник	Значення					
		11	10	9	8	7	6
1	Z_i						
2	$p_k(Z_i)$	0,02	0,24	0,45	0,28	0,01	0

Рис. 6 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 19...24\%$

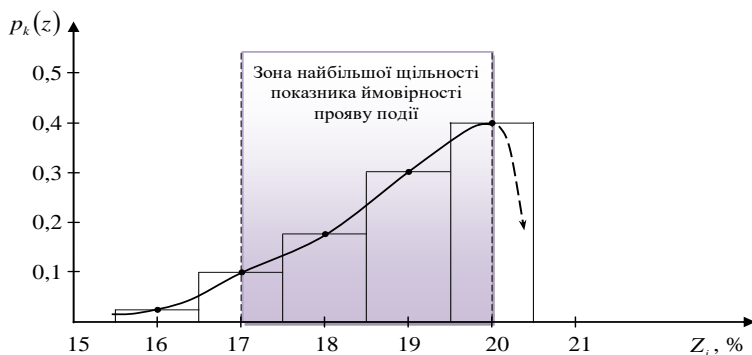
Таблиця 6 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі соломи із виходом лубу 25...40 %

№	Показник	Значення				
		9	8	7	6	5
1	Z_i	9	8	7	6	5
2	$p_k(Z_i)$	0,01	0,03	0,15	0,34	0,48

Рис. 7 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 5...7\%$

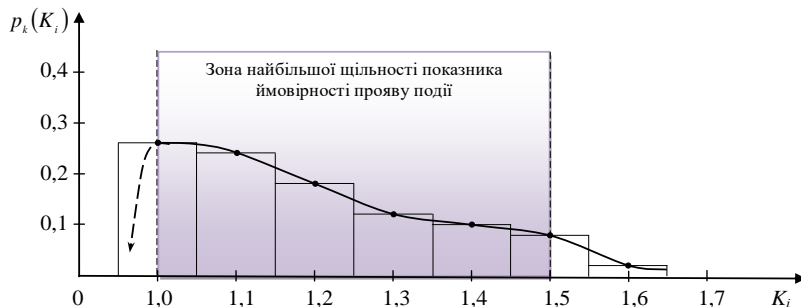
Таблиця 7 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі трести із виходом волокна 11...12 %

№	Показник	Значення					
		20	19	18	17	16	15
1	Z_i	20	19	18	17	16	15
2	$p_k(Z_i)$	0,4	0,3	0,175	0,1	0,025	0

Рис. 8 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 11...12\%$

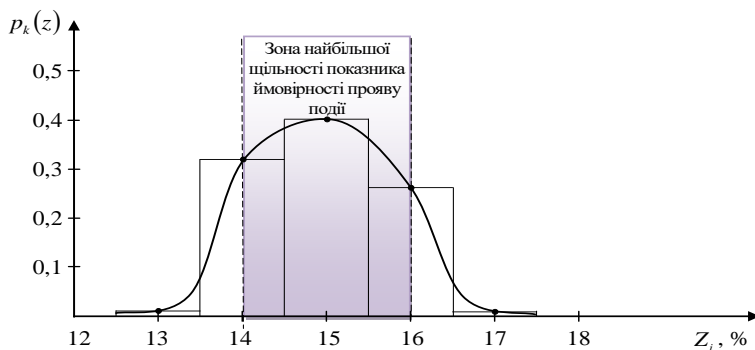
Таблиця 8 – Щільність розподілу ймовірності показника кольору волокна в групі трести із виходом волокна 11...12 %

№	Показник	Значення							
1	K_i	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
2	$p_k(K_i)$	0,26	0,24	0,18	0,12	0,1	0,08	0,02	0

Рис. 9 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника кольору волокна K_i для $L = 11...12\%$

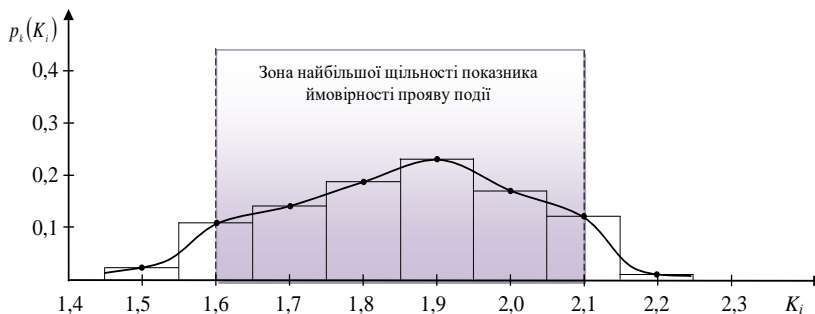
Таблиця 9 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі трести із виходом волокна 13...15 %

№	Показник	Значення					
1	Z_i	17	16	15	14	13	12
2	$p_k(Z_i)$	0,01	0,26	0,4	0,32	0,01	0

Рис. 10 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 13...15\%$

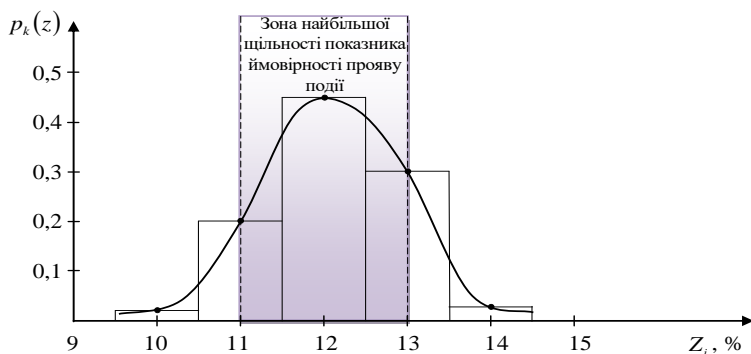
Таблиця 10 – Щільність розподілу ймовірності показника кольору волокна в групі трести із виходом волокна 13...15 %

№	Показник	Значення								
		1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
1	K_i									
2	$p_k(K_i)$	0,03	0,11	0,14	0,19	0,23	0,17	0,12	0,01	0

Рис. 11 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника кольору волокна K_i для $L = 13...15\%$

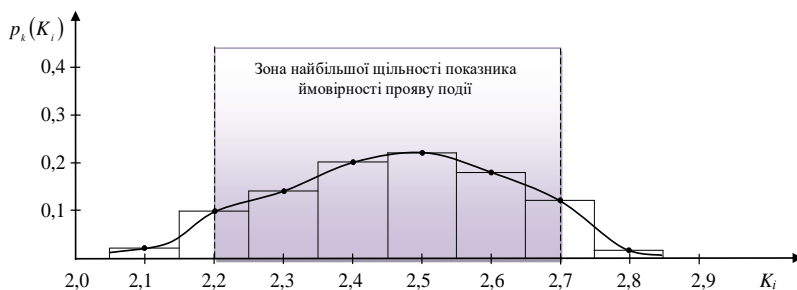
Таблиця 11 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі трести із виходом волокна 16...18 %

№	Показник	Значення						
		14	13	12	11	10	9	
1	Z_i							
2	$p_k(Z_i)$	0,03	0,3	0,45	0,2	0,02	0	

Рис. 12 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 16...18\%$

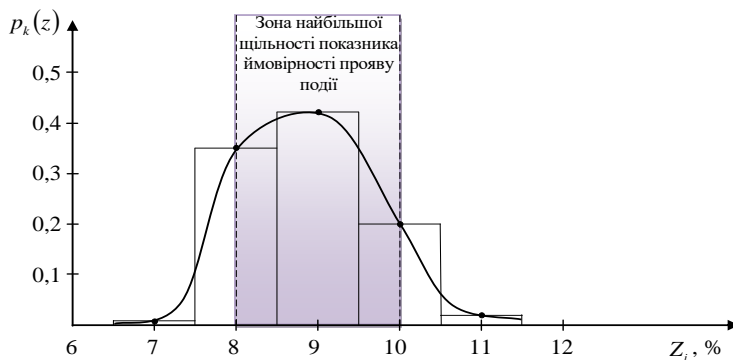
Таблиця 12 – Щільність розподілу ймовірності показника кольору волокна в групі трести із виходом волокна 16...18 %

№	Показник	Значення									
1	K_i	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	
2	$p_k(K_i)$	0,02	0,1	0,14	0,2	0,22	0,18	0,12	0,02	0	

Рис. 13 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника кольору волокна K_i для $L = 16...18\%$

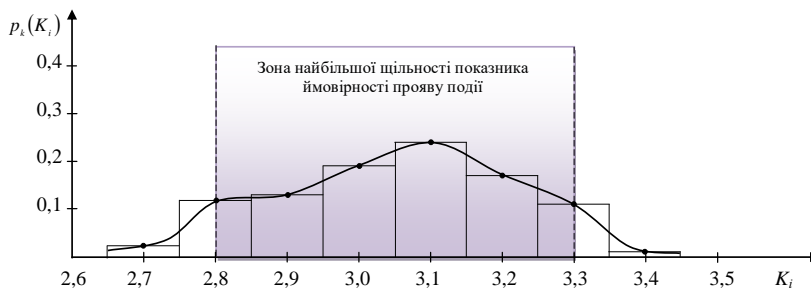
Таблиця 13 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі трести із виходом волокна 19...20 %

№	Показник	Значення						
1	Z_i	11	10	9	8	7	6	
2	$p_k(Z_i)$	0,02	0,2	0,42	0,35	0,01	0	

Рис. 14 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 19...24\%$

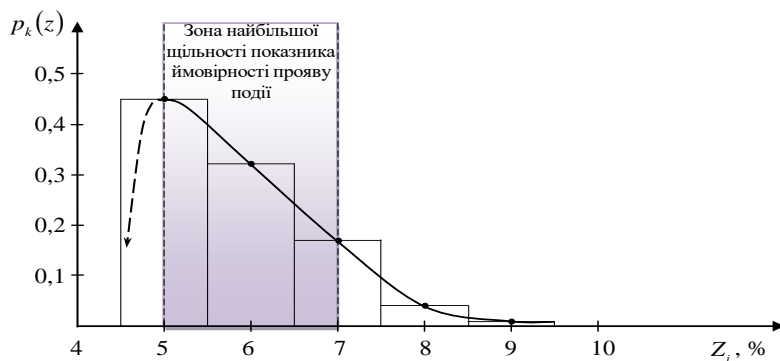
Таблиця 14 – Щільність розподілу ймовірності показника кольору волокна в групі трести із виходом волокна 19...20 %

№	Показник	Значення									
		2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	
1	K_i	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	
2	$p_k(K_i)$	0,03	0,12	0,13	0,19	0,24	0,17	0,11	0,01	0	

Рис. 15 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника кольору волокна K_i для $L = 19...24\%$

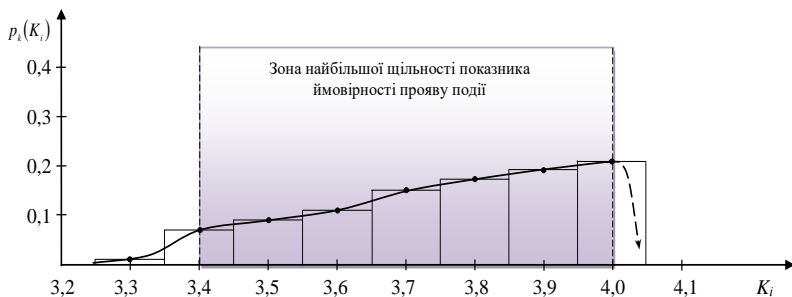
Таблиця 15 – Щільність розподілу ймовірності показника засміченості в групі трести із виходом волокна 25...40 %

№	Показник	Значення				
		9	8	7	6	5
1	Z_i	9	8	7	6	5
2	$p_k(Z_i)$	0	0,05	0,18	0,32	0,45

Рис. 16 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника засміченості Z_i для $L = 25...40\%$

Таблиця 16 – Щільність розподілу ймовірності показника кольору волокна в групі трести із виходом волокна 25...40 %

№	Показник	Значення								
		3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
1	K_i	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
2	$p_k(K_i)$	0	0,01	0,07	0,09	0,11	0,15	0,17	0,19	0,21

Рис. 17 – Щільність розподілу ймовірності прояву показника кольору волокна K_i для $L = 25...40\%$

Аналіз отриманих гістограм дозволив встановити зв'язок між показниками та встановити межі відповідності саме тих, що відповідають зонам найбільшої їхньої щільності. Із використанням встановлених зв'язків проведено дослідження, що спрямовані на обґрунтування поділу показників якості соломи та трести льону олійного на номери.

Розподіл показників якості соломи та трести льону олійного за номерами (кластерами) будемо проводити із використанням графів-дендрограм. Як відомо із літературних джерел [11], формувати кластери можна за ієрархічною або агломеративною процедурою. У нашому випадку використано агломеративну процедуру кластеризації. Із цією метою розглянуто первинну сукупність даних n , що отримана під час проведення експериментальних досліджень.

Принцип роботи агломеративної процедури полягає в послідовному об'єднанні в кластер спочатку двох найближчих, а потім більш віддалених один від одного об'єктів. Інформаційною базою кластерного аналізу є матриця відстаней розміром $n \times n$. На кожному кроці об'єднання найближчими є ті об'єкти між якими відстань d_{ij} є мінімальною. Відстань між об'єктами визначено з використанням евклідової відстані:

$$d_{ij}(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_{ij} - x_{ji})^2}, \quad (5)$$

де x_{ji} – величина i -ї компоненти j -го об'єкта; k – число змінних; i, j – об'єкти, що досліджуються.

Відстані між об'єктами розраховано за формулою (5) та представлено у вигляді матриці відстаней:

$$D = \begin{pmatrix} 0 & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Послідовність об'єднання кластерів подано візуально у вигляді деревовидної діаграми-дендрограми. На одній осі дендрограми представлені об'єкти, на другій – відстані, за якими відбувається об'єднання (рис. 18).

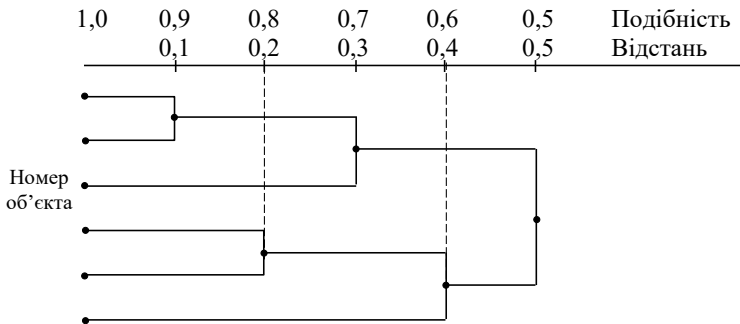


Рис. 18 – Приклад дендрограми

На рис. 18 представлено приклад дендрограми, що відповідає шести об'єктам, де найбільш близькими є об'єкти 1 і 3, тому вони об'єднані в один кластер на рівні подібності (близькості) 0,9, а об'єкти 4 і 5 об'єднані на рівні 0,8. На цьому кроці є чотири кластери: (1, 3), (6), (5, 4), (2). На третьому і четвертому кроках процесу утворюються кластери (1, 3, 6) і (5, 4, 2), які відповідають рівню близькості, що дорівнює 0,7 і 0,6. У результаті всі об'єкти групуються в один кластер на рівні 0,5. Загальну схему агломеративної кластер-процедури можна подати як повторення трьох операцій:

- 1) пошук мінімальної відстані між i та j ;

2) об'єднання i та j в один кластер та надання останньому спільного індексу q ;

3) розрахунок відстаней від сформованого кластера $d(q,s)$ за формулою:

$$\left. \begin{array}{l} d(q,s) = a; \\ 1. d(j,s) + a; \\ 2. d(k,s) + a; \\ 3. d(j,k) + a; \\ 4. [d(j,s) - d(k,s)] \cdot d(q,s) = a; \\ \vdots \\ 1. a; \\ 2. a; \\ 3. a. \end{array} \right\} \quad (7)$$

Геометрична інтерпретація кластер-процедури подана на рис. 19.

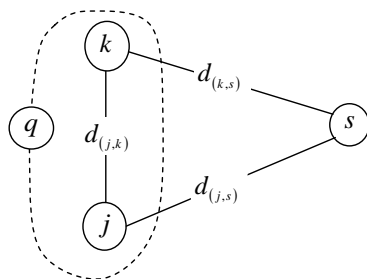


Рис. 19 – Геометрична інтерпретація кластер-процедури

Кластерний аналіз значущих показників якості соломи і трести льону олійного, що отримані експериментальним шляхом, та вибір найбільш об'єднаних між собою об'єктів (значень) виконано за допомогою прикладної програми “Statistica”. На основі одержаних результатів було побудовано дендрограми розподілу показників якості соломи та трести на кластери.

На рис. 20 представлено результати кластеризації соломи льону олійного за показниками засміченості та виходу лубу, а на рис. 21 – результати кластеризації трести льону олійного за показниками засміченості, виходу волокна та кольору волокна. Послідовність агломерації соломи та трести льону олійного простежується на графіках, що представлені відповідно на рис. 22 – 23.

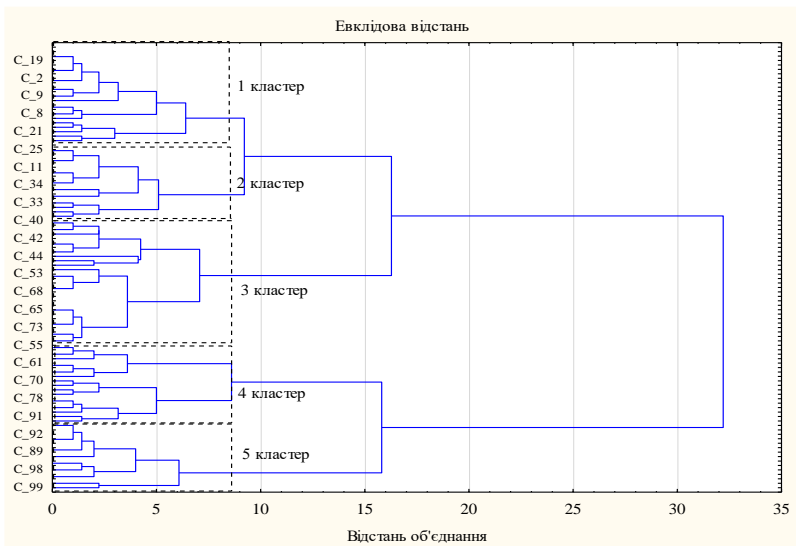


Рис. 20 – Дендрограма розподілу показників якості соломи льону олійного на кластери

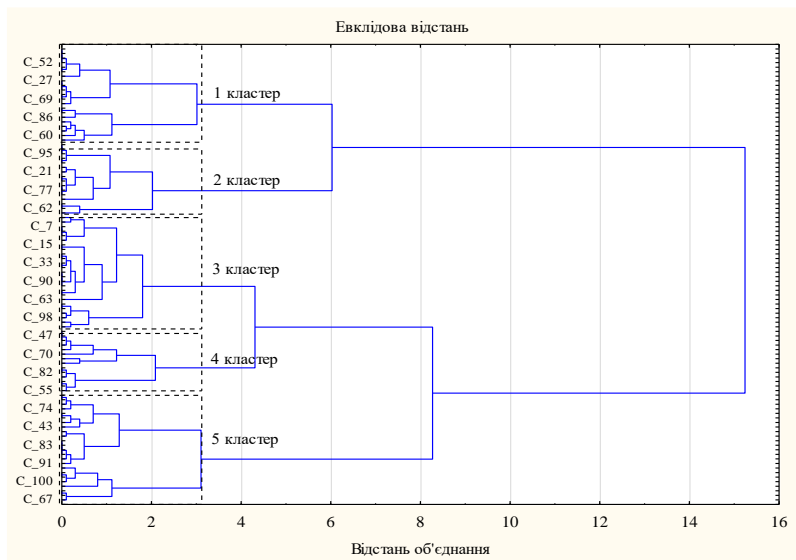


Рис. 21 – Дендрограма розподілу показників якості трести льону олійного на кластери

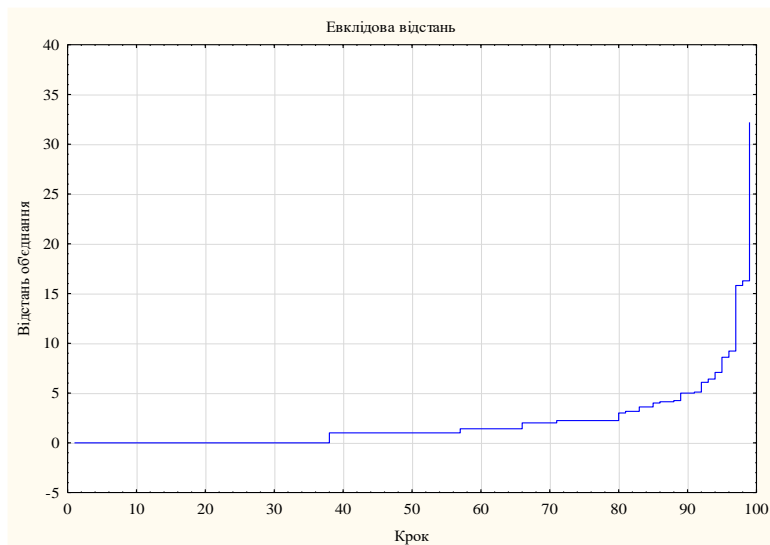


Рис. 22 – Послідовність агрегації соломи льону олійного за показниками засміченості та виходу лубу

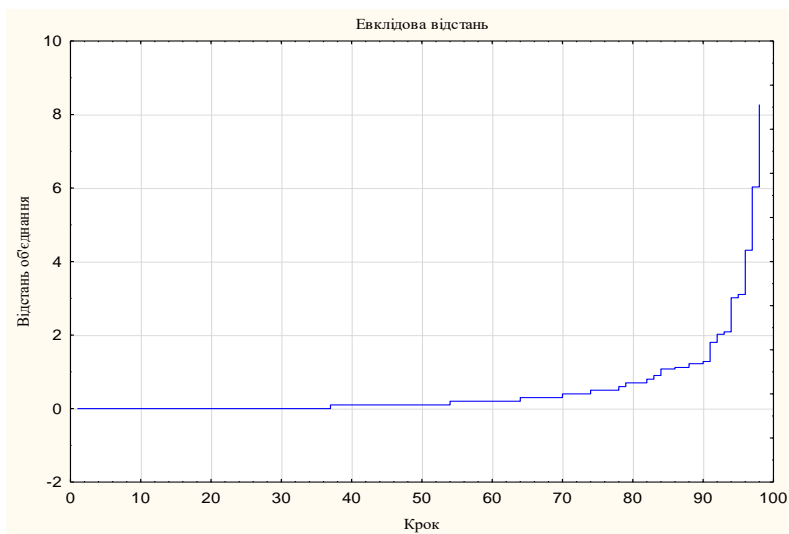


Рис. 23 – Послідовність агрегації трести льону олійного за показниками засміченості, виходу лубу та кольору волокна

Аналіз рис. 22 – 23 свідчить, що мінімальна міжкластерна відстань починає стрімко зростати на 95-му (для соломи) та на 94-му кроці (для трести). Дана зміна $\min d(j,k)$ розглядається як сигнал того, що об'єднуються віддалені один від одного об'єкти. Очевидно, що на таких кроках варто зупинити процедуру об'єднання та виконати аналіз отриманих результатів.

Дендрограма (рис. 20) і графік агломерації соломи за показниками засміченості та виходу лубу (рис. 22), а також дендрограма (рис. 21) і графік агломерації трести за показниками засміченості, виходу волокна та кольору волокна (рис. 23) підтверджують доцільність поділу даної луб'яної сировини з льону олійного на п'ять кластерів, тобто номерів.

Висновки

У результаті теоретичних та експериментальних досліджень побудовано дендрограми розподілу показників якості і значень соломи та трести льону олійного на кластери. За отриманими даними було проведено кластеризацію показників якості даної луб'яної сировини для вибору найбільш об'єднаних між собою об'єктів.

На підставі кластерного аналізу вперше запропоновано визначати номер як соломи, так і трести льону олійного за п'ятьма рівнями якості: 5, 4, 3, 2, 1, що раціоналізує технології переробки стебел льону олійного та напрями використання готової продукції. Так, солома або треста №5 характеризується найкращими значеннями показників якості, а сировина №1 – найгіршими. Для п'яти номерів соломи встановлено граничні суми балів за трьома групами кольору: солома I групи 5 номера має кількість балів від 200 до 132, 4 – 131...98, 3 – 97...79, 2 – 78...64, 1 – 63...53; солома II групи 5 номера не має, 4 – 200...110, 3 – 109...82, 2 – 81...65, 1 – 64...53; солома III групи 5 і 4 номера не має, 3 – 200...90, 2 – 89...66, 1 – 65...53. Для п'яти номерів трести встановлено граничні суми балів за трьома групами ступеня вилежаності трести (відокремлюваності): треста вилежана (4,1 і більше) 5 номера має кількість балів від 300 до 217, 4 – 216...168, 3 – 167...134, 2 – 133...104, 1 – 103...78; треста недолежана (від 3,1 до 4,0) 5 номера не має, 4 – 300...190, 3 – 189...142, 2 – 141...109, 1 – 108...78; солома (3,0 та менше) 5 і 4 номера не має, 3 – 300...165, 2 – 164...116, 1 – 115...78.

Одержані науково обґрунтовані результати досліджень були покладені в основу нормативної документації для визначення якості соломи та трести льону олійного. Розроблені технічні умови рекомендовано використовувати у виробничій та науковій сферах під час оцінювання якості стебел льону олійного і продукції на їх основі.

Це дає можливість створювати нові ринки дешевої сертифікованої сировини в Україні, а сільгоспвиробникам правильно визначати вартість стебел соломи і трести під час її реалізації на льонозаводи.

Список посилань

1. Головенко, Т. Н. Анализ состояния легкой промышленности Украины / Т. Н. Головенко, А. А. Тихосова, О. Ф. Богданова, А. В. Шовкомуд / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности : науч. период. журнал Ивановской государственной политехнической академии. – 2018. – №5. – С. 251–254.
2. Головенко, Т. Н. Промышленное использование соломы льна масличного, как в мире, так и в Украине / Т. Н. Головенко, Г. А. Бойко, А. С. Дягилев, А. В. Шовкомуд // Молодий вчений : зб. наук. праць. – 2017. – №1 (41). – С. 37–40.
3. Holovenko, T. High technologies of mechanical processing of oilseed flax straw and quality of received fibers / L. Chursina, H. Tikhosova, O. Kniaziev, O. Shovkomud, T. Yanyuk / INMATEH – Agricultural Engineering. – INMA Bucharest (Romania), 2019. – Vol. 57(1). – P. 207–214.
4. Holovenko, T. N. Promising methods and systems of quality control of innovative bast raw material / T. N. Holovenko, T. I. Yanyuk, G. A. Boyko, A. S. Dyagilev, A. V. Shovkomud // Science and innovation : academic and research journal NAS Ukraine. – Kyiv, 2019. – Vol. 15(3). – P. 91–104.
5. Holovenko, T. Innovative methodology and software for quality control of new bast raw material with oilseed flax / T. Holovenko, V. Kozel, O. Shovkomud, V. Puts, L. Nazarchuk // Vlákna a textil : scientific journal of Institute of Natural and Synthetic Polymers of Slovak University of Technology. – Bratislava (Slovakia), 2019. – Vol. 26(2). – P. 18–24.
6. ГОСТ 28285-89. Солома льняная. Требования при заготовках.
7. ГОСТ 14897-69. Солома льняная. Технические условия.
8. ГОСТ 24383-89. Треста льняная. Требования при заготовках.
9. ДСТУ 4149:2003. Треста лляна. Технічні умови.
10. Хомяков, Д. М. Основы системного анализа / Д. М. Хомяков, П. М. Хомяков. – М. : Изд-во МГТУ, 1996. – 108 с.
11. Дюран, Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Оделл. – М. : Статистика, 1977. – 128 с.
12. Головенко, Т. М. Загальна характеристика показників льону олійного з метою виготовлення інноваційних товарів / Т. М. Головенко, Г. А. Бойко, О. О. Іваненко, О. В. Шовкомуд // Молодий вчений : зб. наук. праць. – 2016. – №5 (32). – С. 218–222.