

УДК 519.233.5:677.11.044.4

М.Б. ЄДИНОВИЧ, С.В. БОБИРЬ, Т.О. КУЗЬМИНА  
Херсонський національний технічний університет

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОСЯНОГО МОЧІННЯ СОЛОМИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

*У статті розглянуто актуальну проблему розробки технології приготування трести із соломи льону олійного. В роботі наведено результати математичного моделювання в середовищі Mathcad 14 процесу росяного мочіння (розстилу) з використанням екологічно безпечного біологічно активного препарату «Триходермін». В результаті отримано математичні моделі, які дозволяють прогнозувати зміну якісних параметрів лляної сировини у процесі розстилу. Встановлено високу інтенсифікуючу дію нового біологічно активного препарату.*

*Використовуючи отримані математичні моделі, за раціоналізованими параметрами процесу розстилу можна одержувати тресту різного ступеня вилежування. Отримуване при подальшій механічній переробці трести лляне волокно, можна рекомендувати для застосування у виробництві продукції різного функціонального призначення.*

*Ключові слова: солома льону олійного, треста, біологічно активний препарат, росяне мочіння, математичне моделювання.*

М.Б. ЕДИНОВИЧ, С.В. БОБИРЬ, Т.О. КУЗЬМИНА  
Херсонский национальный технический университет

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСЯНОЙ МОЧКИ СОЛОМЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

*В статье рассмотрена актуальная проблема разработки технологии приготовления тресты из соломы льна масличного. В работе приведены результаты математического моделирования в среде Mathcad 14 процесса росяной мочки (расстила) с использованием экологически безопасного биологически активного препарата «Триходермин». В результате получены математические модели, которые позволяют прогнозировать изменение качественных параметров льняного сырья в процессе расстила. Установлено высокое интенсифицирующее действие нового биологически активного препарата.*

*Используя полученные математические модели, с оптимизированными параметрами процесса расстила можно получать тресту разной степени вилежки. Получаемое при дальнейшей механической переработке тресты льняное волокно, можно рекомендовать для применения в производстве продукции различного функционального назначения.*

*Ключевые слова: солома льна масличного, треста, биологически активный препарат, росяная мочка, математическое моделирование.*

М.В. YEDYNOVYCH, S.V. BOBYR, T.O. KUZMINA  
Kherson National Technical University

### SIMULATION OF DEW RETTING PROCESSING OILSEED STRAW

*The article deals with the actual problem of dew retting processing oilseed straw. The paper presents results of mathematical modeling in the Mathcad14 software of using environmentally safe biological active preparation "Tryhodermine" in dew retting processing oilseed straw. Obtained mathematical models can use to predict change of linen quality parameters of raw materials in the dew retting. The new biologically active drug has a high ability to intensify the dew retting method.*

*Using these mathematical models for optimized process parameters of dew retting can get varying degrees of straw maturing. Further mechanical processing yielded flax fibers, can be recommended for use in organic production of geotextiles of different functional purposes.*

*Keywords: oilseed straw retted straw, biologically active drug, dew retting, mathematical modeling.*

#### Постановка проблеми

Виробничі та наукові дослідження свідчать про перспективність та економічну доцільність розширення посівних площ льону олійного. Але, на жаль, стебла цієї культури в Україні мало використовуються, оскільки вважається, що в них знаходиться низький вміст волокна і виділення його не є рентабельним. Однак, сьогодні країни Євросоюзу, Північної Америки, Китай та інші виявляють підвищений інтерес до використання стебел льону олійного для виготовлення різних видів продукції в багатьох галузях промисловості. Також слід зазначити, що до цього часу не розроблено достатньо ефективних технологій одержання трести із соломи льону олійного, не визначено оптимальні параметри та режими росяного

мочіння, не виявлено закономірностей зміни фізико-механічних характеристик у процесі перетворення лляної соломи в тресту. Вирішення цих питань дозволить визначити якісні характеристики лубу та волокна, отримуваних на різних стадіях процесу росяного мочіння соломи льону олійного і розробити рекомендації з їх використання в різних галузях промисловості.

Виходячи з вищевикладеного, актуальним завданням українських науковців є розробка теоретичних основ створення ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій приготування трести із соломи льону олійного.

Методи математичної статистики дозволяють провести моделювання процесу приготування трести із соломи льону олійного з варіюванням основних факторів в необхідних інтервалах, що дає змогу прогнозувати зміни якісних показників льоносировини впродовж терміну розстилу і отримати волокно із заданими якісними показниками.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

У науковій літературі дуже мало відомостей про процес одержання трести із соломи льону олійного [1]. Аналізуючи існуючі способи приготування лляної трести із соломи, можна зробити висновок, що найбільш перспективним способом одержання трести з соломи льону олійного є спосіб росяного мочіння (розстилання), який не потребує великих енерговитрат, спеціального обладнання та дорогих реагентів.

Порівняльний аналіз морфологічної і анатомічної будови та хімічного складу льону олійного й льону-довгунця свідчить, що термін розстилу льону олійного значно відрізняється від терміну розстилу льону-довгунця в бік його скорочення [1].

У південному регіоні України, де зосереджені найбільші посівні площі льону олійного, основною перешкодою для нормального перебігу процесу розстилу є несприятливі кліматичні умови в серпні місяці – достатньо висока денна температура повітря 30-35°C, низька відносна вологість повітря 28-31% та недостатня кількість атмосферних опадів (у середньому 22 мм). За таких умов біологічний процес перетворення лляної соломи в тресту проходити не буде, оскільки відсутність опадів унеможливує розвиток пектиноруйнівної мікрофлори на поверхні стебел. Цей процес відбувається під дією анаеробних та аеробних бактерій і грибів, що розвиваються при середньодобовій температурі 15-20 °C і відносній вологості повітря 60-80 % [1, 2, 4].

На основі теоретичних та експериментальних досліджень науковцями ХНТУ Г.А. Тіхосовою, О.О. Горач та ін. було зроблено висновок, що одним із шляхів створення на півдні України оптимальних умов для приготування трести з високими якісними показниками є застосування штучного зволоження [1].

Так, О.О. Горач був розроблений спосіб одержання трести зі стебел соломи льону олійного в кліматичних умовах степової зони України. Цей спосіб включає зволоження стебел луб'яної культури на льонищі водою терміном 8-10 хвилин через кожні 12 годин протягом п'яти діб до вологості розісланого шару стебел 100 %. Також аспірантами кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації було запропоновано способи приготування лляної трести, що передбачають зволоження соломи біологічним препаратом «Байкал-ЕМ-1-Р» через кожні 24 години протягом 10 діб та азотовмісними хімічними композиційними препаратами через кожні 12 годин протягом 3-х діб при тривалості обробки 8-10 хвилин до вологості 100 % [3].

#### **Формулювання мети дослідження**

Метою даних досліджень є розроблення нового екологічно чистого способу одержання трести зі стебел соломи льону олійного в умовах півдня України та отримання математичних моделей зв'язку якісних характеристик отриманого волокна від умов проведення розстилу, що дозволить визначити раціональні параметри процесу росяного мочіння.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

Відомо, що для одержання лляної трести з високими показниками якості необхідно забезпечити оптимальні умови для процесів життєдіяльності пектиноруйнівних грибів шляхом покращення їх мінерального живлення [4]. Для розвитку бажаної пектиноруйнівної мікрофлори потрібно створити умови азотного живлення мікроорганізмів, які є домінуючими в процесі розстилу соломи льону олійного, а саме: *Alternaria linicola* Glov, *Cladosporium herbarum* Link, *Colletotrichum lini*. У процесі вилежування трести також розвиваються целюлозоруйнівні й патогенні гриби: *Gonatotryps flava*, *Septoria linicola* та *Fusarium gibbosum*. Ферменти цих грибів за певних умов розкладають серединні пластинки луб'яних пучків. Це відбувається у разі довгого перебування стебел соломи на стелищі. Залежно від умов росту та розвитку той чи інший гриб може домінувати, тому в результаті розстилу можна отримати тресту різної якості [4].

З метою прискорення процесу приготування трести з високими та однорідними якісними показниками у даній роботі запропоновано застосовувати під час розстилу штучне зволоження соломи льону олійного розчином біологічно активного препарату «Триходермін» [5].

З метою вибору оптимальної концентрації біопрепарату «Триходермін» для обробки соломи льону олійного із застосуванням штучного зволоження в процесі розстилу було проведено дослідження впливу цього біологічно активного агенту при трьох рівнях концентрації 1,0; 1,5; 2,0 % і терміну вилежування від 1 до 9 діб на фізико-механічні показники трести та волокна для трьох сортів льону олійного: Віра, Південна ніч, Дебют. Результати досліджень свідчать, що застосування біопрепарату «Триходермін» під час розстилу сприяє інтенсифікації цього процесу при зволоженні стебел льону олійного до 80 % один раз на добу, 6-8

хвилини. Фізико-механічні показники лляної сировини визначали згідно з чинною нормативно-технічною документацією [6, 7]. На розроблену технологію одержання трести шляхом розстилу соломи льону олійного отримано патент України № 81140 МПК D01B 1/00 на корисну модель [8].

Для визначення раціональних параметрів проведення процесу розстилу стебел соломи льону олійного було проведено математичне моделювання в середовищі Mathcad 14.

За вихідні критерії для лляної соломи, було обрано:  $Y_1$  – розривне навантаження волокна, отриманого у процесі розстилу, даН;  $Y_2$  – гнучкість волокна, мм,  $Y_3$  – відокремлюваність, од. За фактори варіювання було обрано:  $T$  – тривалість процесу розстилу, дб;  $C$  – концентрація препарату, %. Рівні варіювання факторів процесу зберігання лляної сировини, подано у табл. 1.

Таблиця 1

Фактор та одиниці виміру		Тривалість зберігання		Концентрація біопрепарату «Триходермін»	
		натуральні значення, доба.	кодовані значення	натуральні значення, %	кодовані значення
Позначення факторів		$T$	$t$	$C$	$c$
Рівні варіювання	1	0	0	1	0
	2	5	0,556	1,5	0,25
	3	6	0,667	2	0,5
	4	7	0,778	0	0
	5	8	0,889	0	0
		9	1	0	0
Діапазон варіювання		9	1	2	1

У результаті моделювання в середовищі Mathcad14 було отримано відповідні рівняння регресії. Після чого було оцінено їхню значимість (за допомогою критерію Стьюдента) і перевірено адекватність моделей (за критерієм Фішера) [9]. Встановлено, що отримані моделі адекватні експериментальним даним з довірчою ймовірністю 0,95. Рівняння регресії для вихідних параметрів лляної трести, отриманої в процесі розстилу соломи льону олійного при обробці біопрепаратом «Триходермін» для сортів Віра та Південна ніч мають вигляд (1 – 6). Графічне відображення одержаних поверхонь відгуку залежності вихідних параметрів від вхідних факторів представлено на рис. 1 – 3.

Для розривного навантаження, даН (1, 2), рис. 1:

$$\text{Віра: } Y_1(t, c) = 21,039 - 3,525c + 1,128t - 3,68c^2 - 4,98ct - 2,853t^2 \quad (1)$$

$$\text{Південна ніч: } Y_1(t, c) = 18,502 - 4,638c - 0,652t - 1,836c^2 - 4,29ct - 0,4t^2 \quad (2)$$

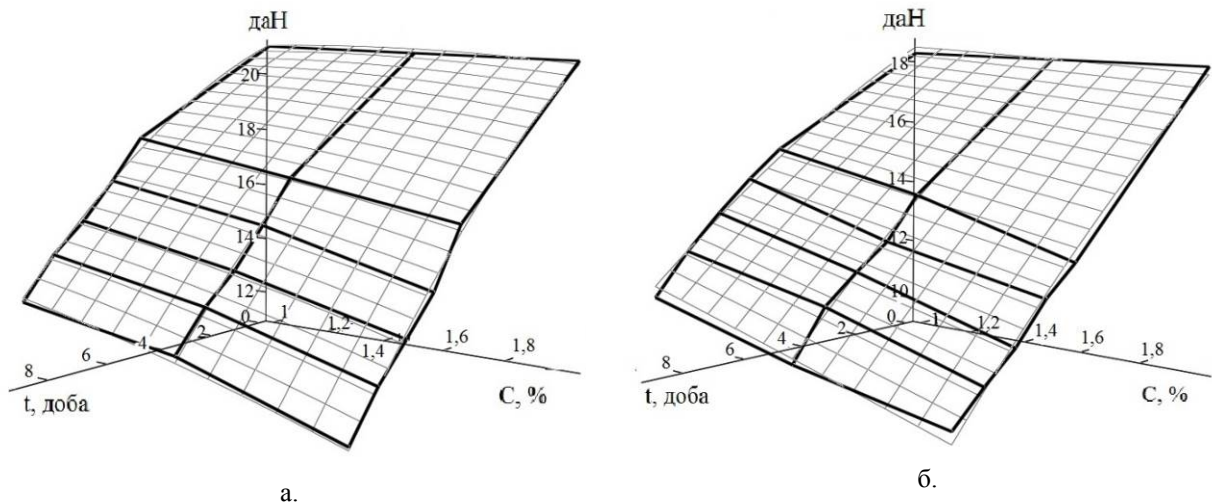


Рис. 1. Поверхні відгуку для розривного навантаження волокна, отриманого із сортів Віра (а) Південна ніч (б).

Для гнучкості, мм (3, 4), рис. 2:

$$\text{Віра: } Y_1(t, c) = 12,845 + 51,846c - 1,69t - 12,163c^2 + 8,675ct + 4,533t^2 \quad (3)$$

$$\text{Південна ніч: } Y_1(t, c) = 13,63 + 53,68c + 2,918t - 15,418c^2 + 9,384ct - 4t^2 \quad (4)$$

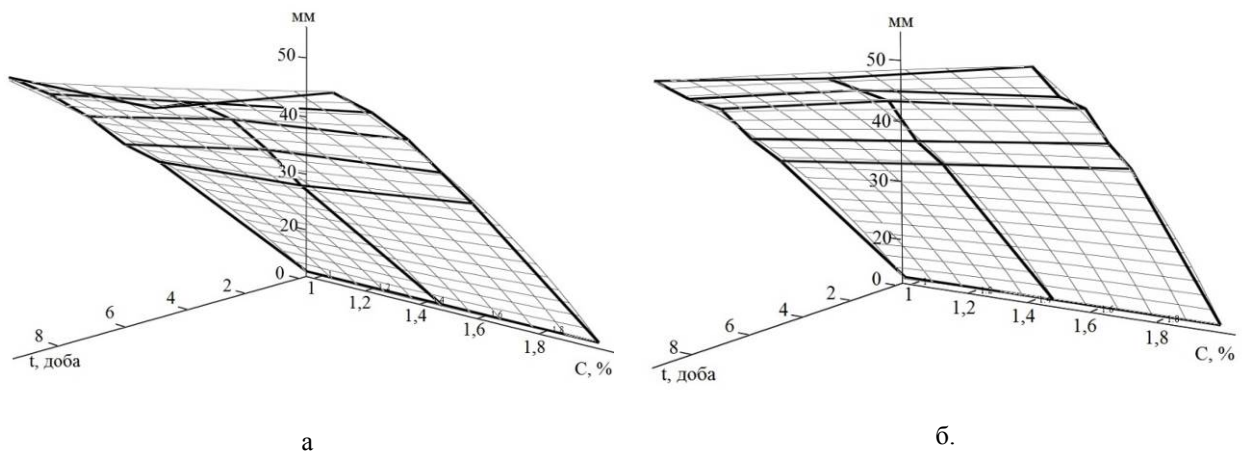


Рис. 2. Поверхні відгуку для гнучкості волокна, отриманого із сортів Віра (а) Південна ніч (б).

Для відокремлюваності, од. (5, 6), рис. 3:

$$\text{Віра: } Y_3(t, c) = 1,333 + 4,455c - 0,138t + 0,405c^2 + 2,372ct + 0,8t^2 \quad (5)$$

$$\text{Південна ніч: } Y_3(t, c) = 1,404 + 4,526c + 0,378t + 0,31c^2 + 2,142ct - 0,133t^2 \quad (6)$$

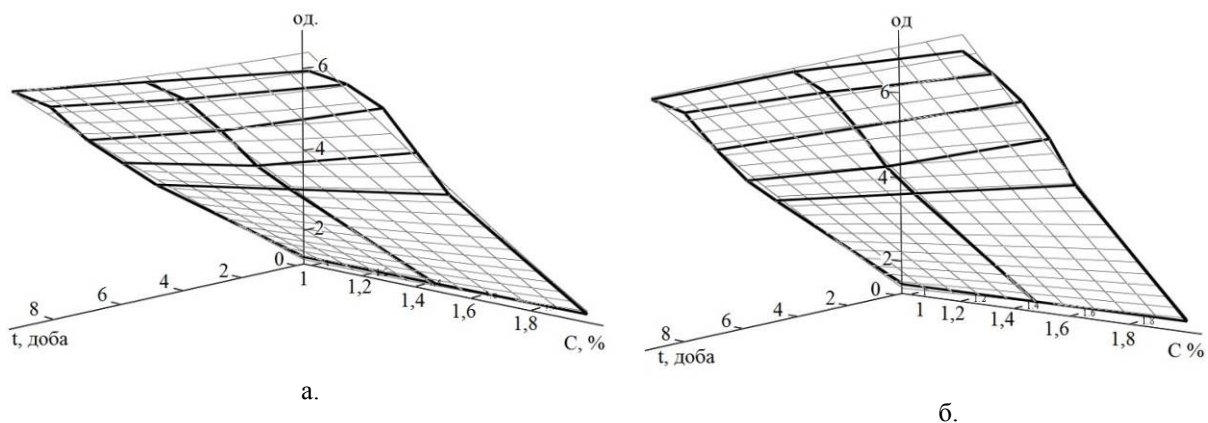


Рис. 3. Поверхні відгуку для відокремлюваності волокна сортів Віра (а) Південна ніч (б).

Одержані результати досліджень свідчать, що застосування запропонованого способу штучного зволоження лляної соломи розчином біопрепарату «Триходермін», дає можливість отримати високоякісну тресту за досить короткий термін і з найменшими витратами ніж в інших розглянутих вище способах.

Аналіз отриманих результатів показує, що найкращі значення, які характеризують інтенсивність процесу приготування трести, було отримано на 8-у й 9-у добу розстилу у варіанті, де стебла льону зволожувались 2,0 % розчином біопрепарату. Однак після комплексної органолептичної та інструментальної оцінки якості одержаної трести можна зробити висновок, що на 8-у добу розстилу треста має оптимальні якісні показники та цілком придатна для подальшої механічної переробки. Також, виходячи з економічної доцільності, скорочення тривалості процесу приготування лляної трести до 8-и діб є більш обґрунтованим, оскільки сприятиме зменшенню витрат на її виробництво.

Також у програмному середовищі Mathcad 14 було отримано графічне відображення оптимальної області значень вищезазначених вихідних параметрів (рис. 4). Лляна треста вважається вилежаною, якщо відокремлюваність становить від 4,1 до 7 од. при цьому розривне навантаження волокна льону олійного повинно бути не нижче ніж 15 даН. Можна вважати, що при отриманні водночас таких значень в процесі розстилу льоносировини є досягненням необхідного результату експерименту.

Таким чином, аналіз моделей рівнянь регресії (1 – 6) та графічних образів (рис. 1 – 3) свідчить, що при зволоженні до 80 % один раз на добу стебел соломи сорту Віра біологічно активним препаратом «Триходермін» концентрацією 2,0 % через 8-9 діб розстилу можна отримати лляну тресту нормального ступеня вилежування придатну для подальшої механічної переробки. Слід зазначити, що втрата міцності волокна сорту Віра в процесі розстилу йде більш повільно, ніж сорту Південна ніч (рис. 4), тому для сорту Південна ніч слід проводити розстил у термін не більше ніж 6 діб з концентрацією «Триходерміна» від 1,5

до 1,9 %, залежно від необхідних якісних показників трести. Для сорту соломи льону олійного Дебют процес розстилу в досліджуваних інтервалах варіювання вхідних факторів проходить аналогічно сорту Віра.

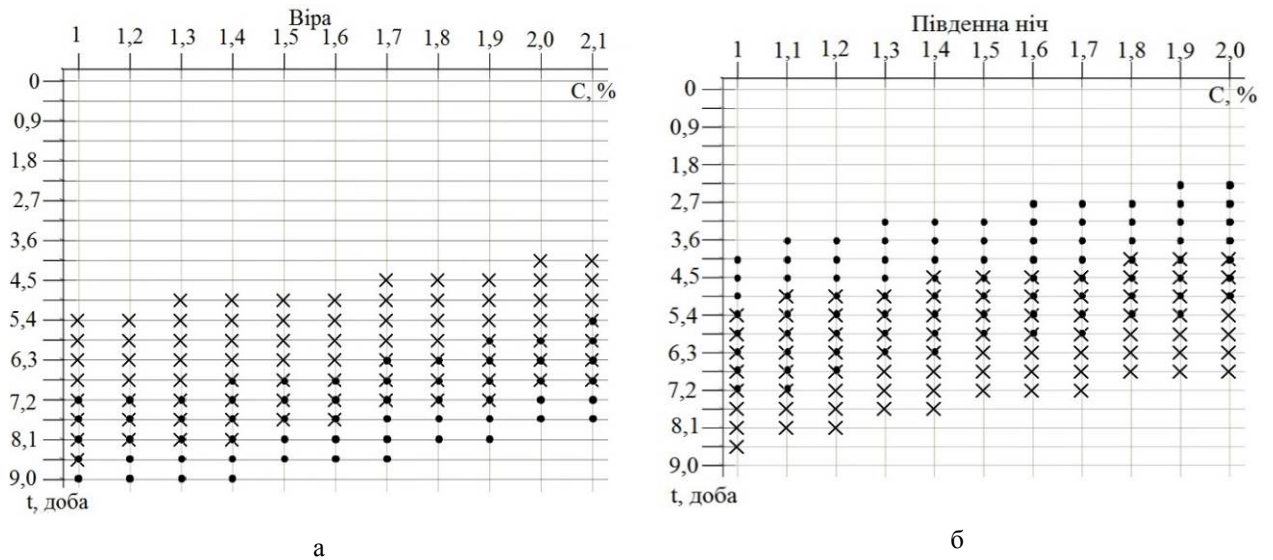


Рис. 4. Вплив вхідних факторів – t-тривалості розстилу, доби; С-концентрації препарату, %; на визначення оптимальних вихідних параметрів для трести і волокна: а) перетин областей розривного навантаження  $Y_1$  і відокремлюваності  $Y_3$  для сорту Віра б) перетин областей розривного навантаження  $Y_1$  і відокремлюваності  $Y_3$  для сорту Південна ніч. (• – розривне навантаження, x – відокремлюваність).

#### Висновки

У результаті проведених комплексних досліджень з використанням математичного моделювання визначено раціональні параметри процесу росяного мочіння соломи льону олійного для трьох сортів: Віра, Південна ніч, Дебют.

Аналіз отриманих математичних моделей свідчить, що використання біологічно активного препарату «Трихoderмін» в діапазоні концентрацій від 1,0 до 2,0 % під час процесу росяного мочіння соломи льону олійного на протязі від 1 до 9 діб дозволяє прогнозувати зміну фізико-механічних показників, особливо розривного навантаження, що є одним із основних показників якості льоносировини та відокремлюваності волокна як показника ступеня вилежування трести. Використання отриманих залежностей на практиці дасть змогу отримувати тресту і волокно з різними якісними показниками відповідно функціональному призначенню.

#### Список використаної літератури

1. Чурсіна Л.А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного: моногр. / Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова, О.О. Горач, Т.І. Янюк. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с.
2. Кузьміна Т.О. Якість і стандартизація модифікованих лляних волокон: монографія / Т.О. Кузьміна, Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова. – Херсон: Олді-плюс, 2009. – 416 с.
3. Пат. 56846 U Україна, МПК D01 B 1/00, A01 D 45/06. Спосіб одержання трести з соломи льону олійного / Прохорова Н.І., Тіхосова Г.А. – № u 2010 09344; заявл. 26.07.10; опубл. 25.01.11, Бюл. № 2.
4. Возняковская Ю.М. Микробиология мочки льна / Ю.М. Возняковская. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 136 с.
5. Бобирь С.В. Екологічно чистий спосіб одержання трести з соломи льону олійного в умовах степової зони України / С.В. Бобирь // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2012. – № 2 (20). – С. 130-136.
6. Треста лляна. Технічні умови: ДСТУ 4149:2003. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держстандарт України, 2004. – 17 с. (Національний стандарт України).
7. Волокно лляне коротке. Технічні умови: ДСТУ 5015:2008. – [Чинний від 2008-12-06]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 10 с. (Національний стандарт України).
8. Пат. № 81140 Україна, МПК D01B 1/00. Спосіб одержання трести з соломи льону олійного / Бобирь С.В., Островська А.В., Кузьміна Т.О. – № u 2012 14321; заявл. 14.12.2012; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12.
9. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: учеб. пособие / А.Г. Севостьянов. – М.: Лёгкая индустрия, 1980. – 392 с.