

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет

УДК 621.867.42

НУБІП України

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад.

П.М. Василенка, доцент к.т.н.

С.н.с., д.т.н.

Братішко В.В.

“ ” 2021 р.

Гуменюк Ю.О.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему “Обґрунтування параметрів і режимів роботи активатора сушарки насіння льону олійного ННЦ ІМЕСГ НААН України Київська обл.,

Васильківський р-н, смт. Глеваха

НУБІП України

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
Освітня програма - Агроінженерія

Магістерська програма – Оптимізація процесів параметрів і режимів роботи техніки АПК

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, с.н.с.

В.В. Братішко

НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

к.т.н., доцент

Онищенко В.Б.

Виконав: студент 2 року навчання

Морозов А.О.

НУБІП України

Київ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

НУБІП України
Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та

системотехніки ім. акад.

П.М.Василенка

НУБІП України
Гуменюк Ю.О.
2021 р.

ЗАВДАННЯ

НУБІП України
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Морозов Андрій Олексійович

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

НУБІП України
Освітня програма - Агроінженерія

Магістерська програма – Оптимізація процесів параметрів і режимів

роботи техніки АПК

НУБІП України
Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

Тема роботи «Обґрунтування параметрів і режимів роботи активатора сушарки
насіння льону олійного ННЦ ІМЕСГ НААН України Київська обл.,

Васильківський р-н, смт. Глеваха»

НУБІП України
затверджені наказом вищого навчального закладу від 02.01.2021 р. №189 «С»
Термін подання студентом роботи 30.10.2021 р.

1. Вихідні дані до роботи: Робочі органи для подачі насіння льону олійного в сушарку.

2. Зміст пояснювальної записки (перелік питань які необхідно розробити).

Вступ

- Сучасний стан питання та задачі досліджень

- Програма і методика експериментальних досліджень

- Результати експериментальних досліджень

- Розрахунок економічної частини

- Висновок

- Список використаної літератури.

3. Перелік листів графічного матеріалу:

Слайд 1. Титульна сторінка. Слайд 2. Мета роботи

Слайд 3,4,5. Технології та робочі органи. Слайд 6. Головний вигляд активатора .

Слайд 7,8. Теоретичні дослідження параметрів шнекового активатора.

Слайд 9,10,11. Експериментальна дослідження параметрів шнекового активатора.

Слайд 12. Економічні показники. Слайд 13. Висновки.

4. Дата видачі завдання 02.09.2020р.

Керівник магістерської роботи _____ Онищенко В.Б.

Завдання прийняв до виконання _____ Морозов А.О.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1. Класифікація льону, біологічні і морфологічні особливості льону олійного	10
1.2. Сучасні технології збирання і післязбиральної обробки льону олійного	17
1.3. Властивості насіння льону олійного як об'єкта післязбиральної обробки	26
1.4. Висновки і задачі досліджень	28
2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
2.1 Програма експериментальних досліджень	31
2.2 Лабораторне обладнання, прилади й апаратура для проведення експериментальних досліджень	33
2.3 Методика визначення параметрів активаторів для перемішування сипких матеріалів	40
2.4 Методика визначення ступеня пошкодження насіння льону олійного в процесі перемішування і розпушування активаторами сушарки	42
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	43
3.1. Вплив режимних параметрів на ефективність і якість сушіння насіння льону олійного	43
3.2. Визначення раціональних конструктивних параметрів активаторів для перемішування і розпушування матеріалу	45
3.3. Дослідження ступеню пошкодження насіння льону олійного в результаті перемішування спіралеподібними активаторами	52
3.4. Вплив процесу перемішування шару насіння льону олійного на рівномірність сушіння	57
3.5. Дослідження процесу сушіння вороху насіння льону олійного у суша-	

рці зі спіралеподібними активаторами	61
3.6. Висновки до розділу	66
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СУШАРКИ	69
4.1. Розрахунок економічної ефективності сушарки	69
4.2. Висновки до розділу 4	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

Мастерська робота на тему: „Обґрунтування параметрів і режимів роботи активатора сушарки насіння льону олійного ННЦ ІМЕСГ НААН

України Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха ”

Мастерська робота виконана на 90 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки формату А4, що містить 8 таблиць, 34 рисунків.

Мета та задачі досліджень. Метою роботи є вибір раціональних режимів та обґрунтування параметрів сушарки з метою зниження енергетичних витрат на процес сушіння вороху насіння льону олійного.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

теоретично дослідити процес перемішування і розпушування насінневого матеріалу, на основі чого встановити конструктивні параметри активаторів шару матеріалу в сушарці;

дослідити вплив режимів сушіння на енергію проростання і схожість насіння льону олійного, а також на його технологічні властивості;

— експериментально дослідити кінетику сушіння насіння льону олійного та визначити раціональні режими роботи сушарки;

У першому розділі «Сучасний стан питання та задачі досліджень» проведено аналіз сучасного стану технологій та задачі досліджень.

Представлено такі підрозділи:

- Класифікація, біологічні і морфологічні особливості льону олійного

- Сучасні технології збирання і післязбиральної обробки льону олійного

- Властивості насіння льону олійного як об'єкта післязбиральної

обробки

- Висновки і задачі досліджень

У другому розділі «Програма і методика експериментальних досліджень» висвітлені програмні питання і методика експериментальних досліджень,

описані особливості конструкції та принципу роботи сушарки. Розглянуто

підрозділи

- Програма експериментальних досліджень

- Лабораторне обладнання, прилади і апаратура для проведення

експериментальних досліджень

У третьому розділі «результати експериментальних досліджень» розглянуто підрозділи:

- Визначення раціональних конструктивних і режимних параметрів

активаторів для перемішування і розпушування матеріалу.

- Дослідження ступеня пошкодження насіння льону олійного в результаті перемішування спіралеподібними активаторами

У четвертому розділі «Економічний розрахунок сушарки» розглянуто підрозділи:

- методик розрахунку енерговитрат

- розрахунок економічної ефективності сушарки

Експериментальні дослідження проводились за відомими та

розробленими методиками на спеціально спроектованих та виготовлених

установках та приладах. При проведенні експериментальних досліджень

застосовувались математичні методи планування експерименту.

Ключові слова: ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, СУШІННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО, АКТИВАТОР СУШАРКИ НАСІННЯ.

ВСТУП

Льон олійний є сільськогосподарською культурою, яка має важливе господарське значення. Олія льону олійного має унікальні властивості та використовується в багатьох галузях промисловості. В його насінні міститься до 47 % олії.

Розвитку галузі виробництва льону олійного в Україні приділяється все більше уваги. Важливим є те, що в Україні обсяги його вирощування за останні роки мають позитивну динаміку.

З льону олійного також отримують волокно, а отже — зростаюча популярність льону олійного може стати поштовхом для відродження традиційної галузі льонарства.

Технологія вирощування льону олійного передбачає збирання врожаю одно- або двофазним способом. При цьому ворох насіння льону, що надходить на тік, необхідно відразу піддавати попередньому очищенню і сушінню, щоб уникнути самонагрівання і неування насіння.

Актуальність теми. В природно-кліматичній зоні Західного Полісся у зв'язку з несприятливими погодними умовами вологість врожаю льону олійного може перевищувати кондиційну. В результаті цього виникає необхідність штучного сушіння насіння льону олійного. До процесу сушіння цього матеріалу ставляться особливі вимоги. Насіння льону олійного чутливе до перегрівання. Наявність солом'яних домішок в насінневому матеріалі негативно впливає на процес сушіння. Малі розміри і висока щільність насіння зумовлює ускладнене переміщення агента сушіння крізь щільний шар матеріалу [83]. Важливе значення мають питання ефективності використання енергії, підвищення продуктивності процесу і збереження високої якості кінцевого матеріалу.

У зв'язку з відсутністю спеціальних засобів для сушіння насіння льону олійного, забезпечення раціональних режимів сушіння, з урахуванням всіх особливостей цього матеріалу, є проблемним.

Зважаючи на вищезазначене, а також на недоліки існуючих сушарок сільськогосподарських матеріалів актуальним є питання дослідження параметрів

активатора сушарки, призначеної для сушіння насіння льону олійного, яка забезпечила б ефективний процес зниження вологості з мінімальними втратами.

Структура й обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 4-ох розділів, висновків, списку використаних джерел із 117

найменувань. Основна частина викладена на 90 сторінках, містить 34 рисунків і 8 таблиць.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Класифікація, біологічні і морфологічні особливості льону олійного

Льон належить до сімейства лляних - Linaceae (D C.) Dumort, куди входять 22 роди, з яких для практичних цілей використовується виключно один (рід) — льон *Linum* (Tournef. L.) (рис. 1.1). Цей рід включає понад 200 видів однорічних або багаторічних трав'янистих рослин і навіть напівкущів [27, 81].

Інтерес для господарства становить культурний льон (*Linum usitatissimum*), який поділяється на льон, що розтріскується (*Linum dehiscens*), і той, що не розтріскується (*Linum indehiscens*). Льон, що не розтріскується має найбільше господарське значення [27].

Стигли коробочки льону, що не розтріскується, залишаються закритими. Він поділяється на п'ять підвидів [81]: індо-абисинський, євразійський, середземноморський, індостанський і проміжний.

Перші два підвиди характеризуються дрібним насінням (абсолютна вага 1000 насінин - 2,1...6,2 г), середземноморський - крупним насінням (10... 13 г), індостанський - (6,3... 10,8 г) і проміжний - (6,3...9,3 г), [27].

В Україні поширений євразійський підвид (subsp. *eurasaticum* Yar. et Ell.), який охоплює кілька груп і різновидів, зокрема чотири групи, які використовуються у виробництві: льон-довгунець, льон-кучерявець, льон-межеумок (проміжний) та льон сланкий [30]. Саме цей підвид становить найбільший інтерес.

Льон-довгунець (рис. 1.2, а) має довге (80 — 120 см) стебло, що розгалужується тільки біля самої верхівки (табл. 1.1). Його використовують для отримання високоякісного волокна, а насіння — для відтворення, як посівний матеріал, а також для отримання олії. Він має стрижневий корінь із слабозвиненими бічними відгалуженнями, росте переважно в помірному вологому кліматі.

Льон-кучерявець (рис. 1.2 г) - однорічна трав'яниста рослина 20 - 45 см заввишки (табл. 1.1). Має до 20 разів більше насінневих коробочок, ніж льон-довгунець. Волокно в стеблах льону-кучерявця грубе, одерев'яніле,

малопродатне для переробки в текстильній промисловості. Розгалуженість стебла і кількість коробочок залежно від умов вирощування дуже змінюються [30].

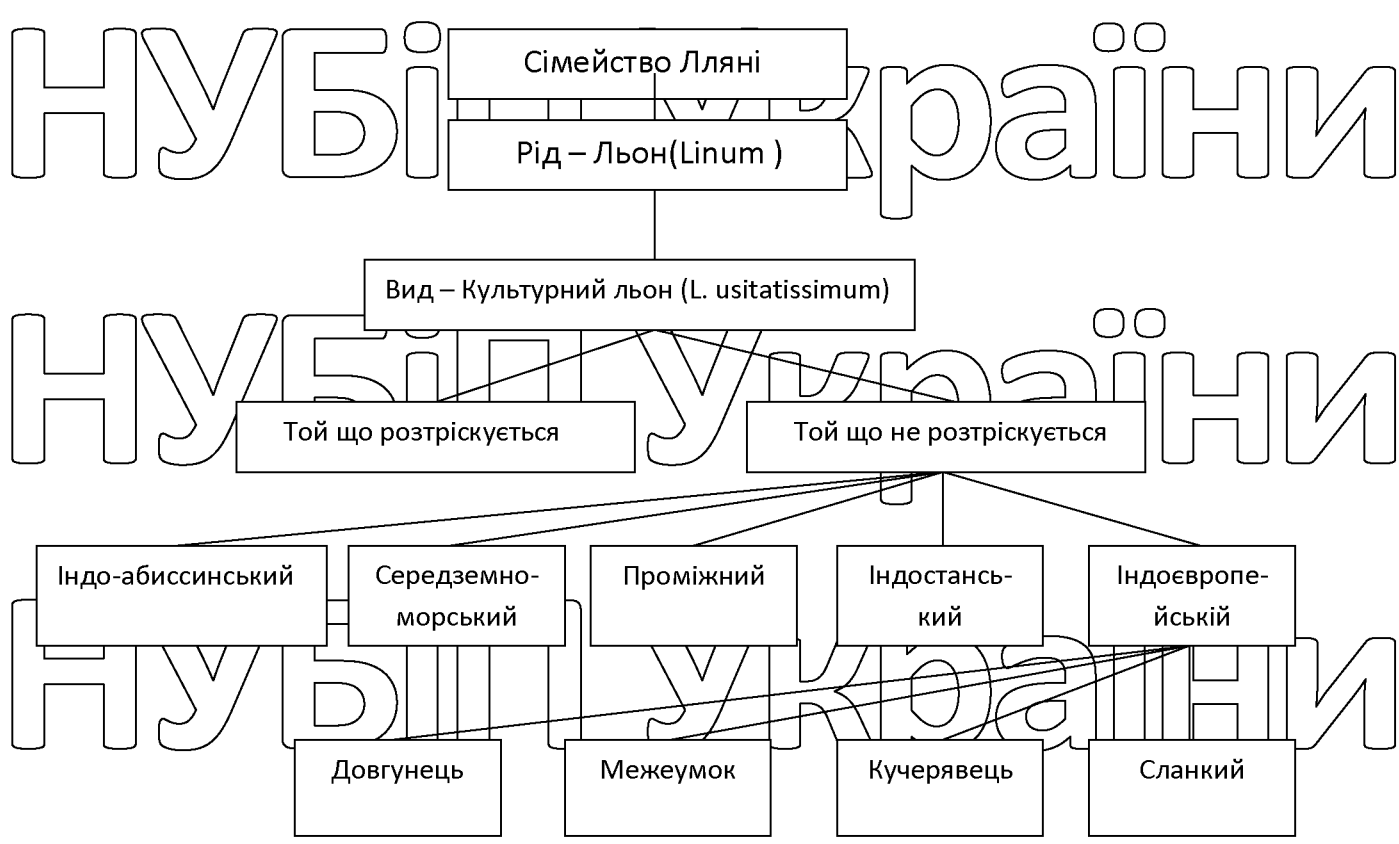


Рис1.1.Ботанічна класифікація груп льону

НУБІП України



Рис. 1.2. Групи льону: а - льон-довгунець, б і в - межумок, г - кучерявець, д - сланкий

Льон-межумок (рис. 1.2, б, в) займає проміжне становище між льоном-довгунцем і кучерявцем. Він має довше і менш розгалужене стебло (50 - 70 см), ніж кучерявець, багато насіння (табл.1.1), і його волокно часто використовують для виробництва грубих тканин, паклі і кручених виробів.

Кучерявець і межумок об'єднують загальною назвою - олійний льон. З цих двох груп льону отримують найбільший урожай насіння і вихід олії (табл.1.1).

Виключно на олію вирощують льон-кучерявець, який є культурою країн Середньої Азії та Кавказу. В Україні для одержання олії в основному вирощується льон-межумок.

Льон сланкий (рис. 1.2, д) володіє найкоротшим стеблом, що стелиться по землі, використовується рідко [27].

НУБІП України

Таблиця 1.1.

Основні ознаки груп олійного льону в порівнянні з льоном-довгунцем [26, 27]

Ознаки	Межеумок	Кучерявець	Довгунець
Маса 1000 насінин, г	До 6	до 8	ДО 5,5
Вміст олії в насінні, %	ДО 42	до 45	до 39
Гілкування стебла	незначне	сильне	не розгалужується
Стебел на рослині, шт	1-2	4-5	1
Плодів на рослині, шт	15-20	30-60	5-10
Висота рослин, см	50-75	30-50	70-125

Плід льону олійного (рис 1.3), що становить кулеподібну, загострену догори коробочку, має висоту 6,1-11,0 мм, ширину 5,7-8,5 мм, з перегородками на 5 гнізд.

Кожне гніздо має напівперегородку, утворюючи 10 відділень. Таким чином, в коробочці

НУБІП України

НУБІП України

а)

б)

НУБІП України

НУБІП України

Рис. 1.3. Плід льону олійного:

а) загальний вигляд; б) поперечний розріз.

Насіння льону олійного (рис. 1.3) має яйцеподібну форму зі звуженим і злегка загнутим носиком, зазвичай коричневого забарвлення різних відтінків - від світло- коричневого до темно-коричневого. Поверхня - гладка, слизька, в результаті чого насіння володіє високою сипкістю [27].

Забарвлення і величина насіння — спадкові ознаки, що характерні для того чи іншого сорту льону. На величину насіння також впливають умови вирощування. В розріджених посівах величина насіння дещо більша, ніж у звичайних загущених посівах [26].

Сім'ядолі і зародок разом складають 56,6-69,7 %, оболонка - 30,3-43,7 % від маси сухого насіння. Ендосперм в насіння зі світлими оболонками розвинений слабше, ніж в насіння з коричневими оболонками [84].

Із сортів льону олійного районовано в Україні «Дебют», «Південна ніч», які вирощують у зонах Степу і Лісостепу України. Крім того, в господарствах висівають також сорти «Авангард», «Воронезький 1308», «Кіровоградський 2», «Крупнонасінний 3».

1.2 Сучасні технології збирання і післязбиральної обробки льону олійного

Для збирання льону олійного можна використовувати рядкові валкові жатки і зернозбиральні комбайни, тобто льон олійний можна збирати як прямим комбайнуванням, так і роздільним способом [27, 30, 83].

Збір врожаю прямим комбайнуванням проводять у фазі повної стиглості, роздільне збирання - у фазі біологічної стиглості рослин. Льон олійний зазвичай збирають двофазним способом. При однофазному збиранні можливі втрати врожаю внаслідок поганого вимолочування недостиглих коробочок та можливого самозігрівання вороху на токах [27, 83].

Низькорослий і зрізаний льон олійний укладають у здвоєні валки, використовуючи для цього жатки, наприклад, ЖНС-6-12. Як тільки підсохнуть валки і вологість насіння зменшиться до 12 %, їх обмолочують.

При використанні комбайнів з двобарабанним апаратом потрібного

вимолоту насіння досягають регулюванням другого барабана, а перший налагоджують на більш м'який режим роботи [30].

Крім розглянутих традиційних технологій збирання льону олійного прямиим комбайнуванням і роздільним способом, варто звернути увагу на нові

комбайнову і роздільну технології збирання олійного льону (рис. 1.5). Нова

комбайнова технологія передбачає, що комбайн здійснює зрізання або брання стебел, формування стрічки паралельних стебел та її обмолочування.

Обмолочена стрічка льону після плющення розстиляється на полі для вилежування, а насіння проходить первинне очищення [22, 24, 98].

Сухим є насіння льону, відносна вологість якого не перевищує 10 %.

Насіння з вологістю 13,5% і більше вважається сирим. В насінні льону олійного з відносною вологістю 14 %, закладеному в бункер на зберігання, присутність плісняви може простежуватися вже через 10 днів від початку зберігання [123].

Ворох льону олійного, що надходить на тік, щоб уникнути самозігрівання і псування відразу піддають попередньому очищенню, для чого використовують очисник вороху ОВП-20А [30, 83]. До недоліків машини ОВП-20А відносять високе ресурсоспоживання, складність конструкції, запіденість, незручність відбору фуражних відходів і сміття [31, 33].

Нова роздільна технологія передбачає, що льонобрадка вибирає олійний льон, формує стрічку стебел та вкладає її на полі. Після підсушування та досягання насіння, стрічка підбирається льонопідбирачем-молотаркою, яка здійснює відрізання суцвіть з насінневими коробочками від стеблової частини з наступним розстиланням насінневої частини. Крім того, машина здійснює первинне очищення насіння [22, 24, 98].

Технології збирання льону олійного

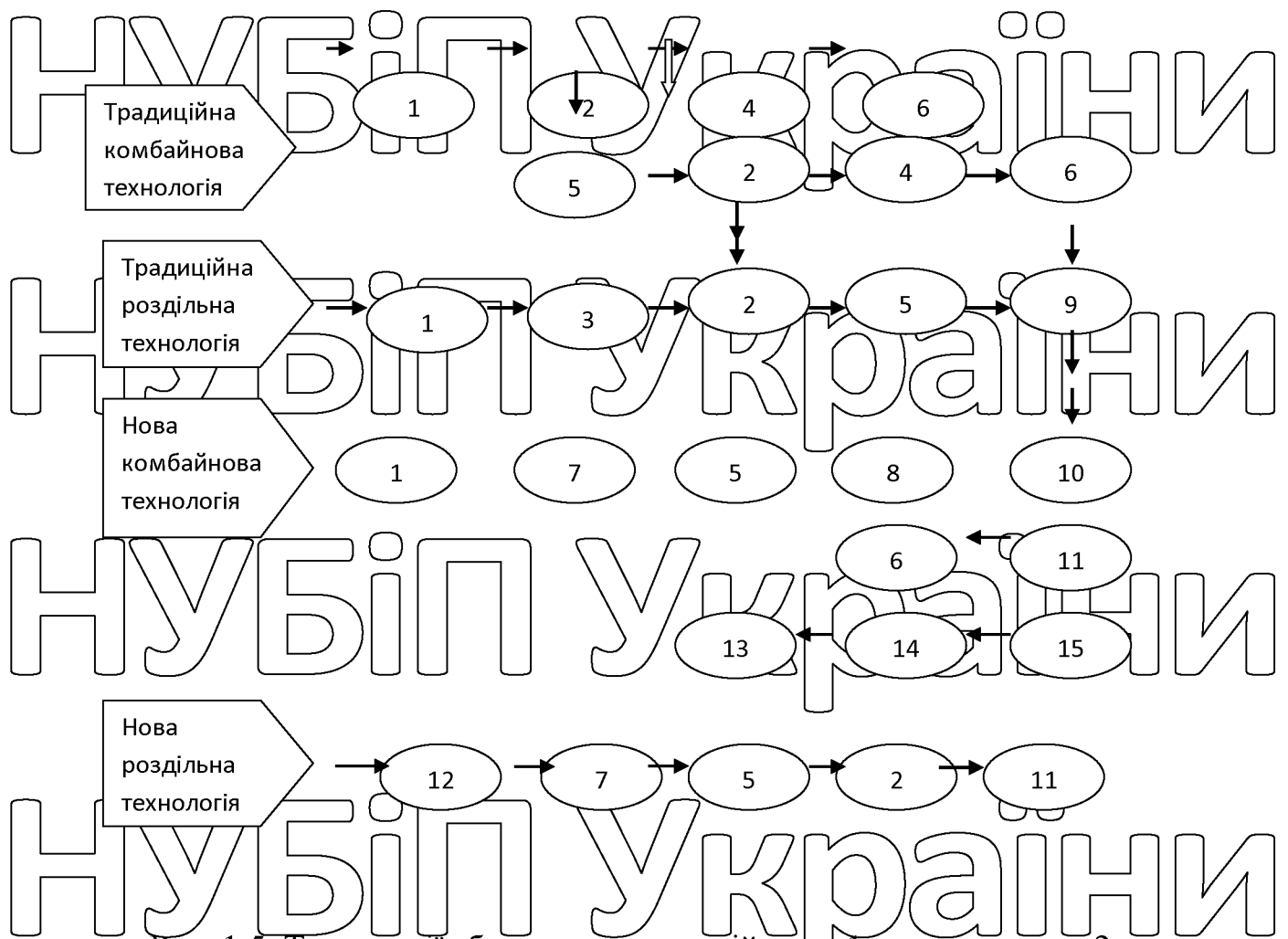


Рис. 1.5. Технології збирання льону олійного: 1 - скошування; 2 - обмолочування;

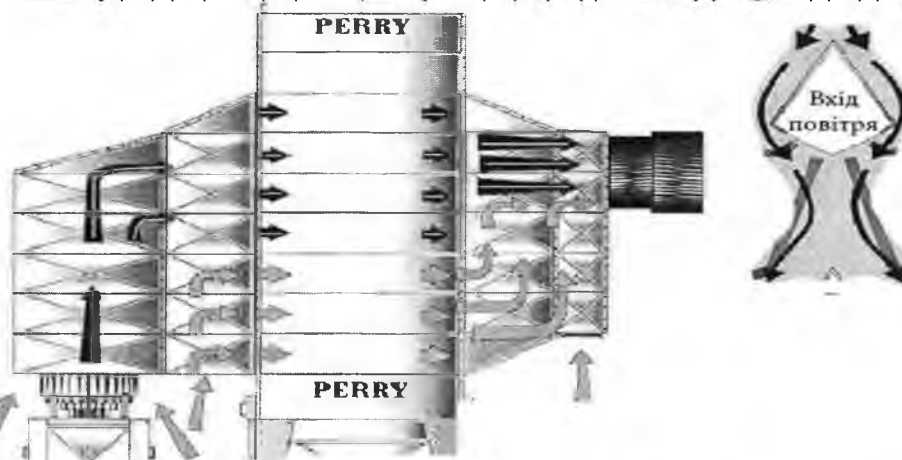
3 - формування валка з необмолочених стебел; 4 - формування валка з обмолочених стебел; 5 - первинне очищення насіння; 6 - формування пакунку; 7 - формування стрічки необмолочених стебел; 8 - пліювання льonosоломи; 9 - розстилання льonosоломи; 10 - вилежування; 11 - обертання, ворущіння стрічки льонотрести; 12 - брання льону; 13 - розстилання необмолоченої стрічки льону; 14 - піднімання необмолоченої стрічки льону, 15 - відрізання суцвіття

Для кінцевого очищення насіння застосовують насіннеочисні машини СМ-4,

[31].

За невисокої вологості та за відсутності спеціальних засобів вдаються до природного сушіння насіння на відкритому повітрі або на віялках-сортувалках.

На відкритому повітрі (сонячне сушіння) або під навісом (сушіння прсвітрюванням) насіння розсипають шаром 3-4 см на брезенті або на



21

Рис. 1.6 Функціональна схема роботи шахтної сушарки Реру.

асфальтованому майданчику і протягом дня кілька разів перелопачують.

При цьому способі сушіння за один сонячний день можна знизити вологість на

3-4%. Недоліками природного сушіння є залежність від погодних умов і великі затрати праці [81].

Сушіння продуванням на віялках-сортувалках може бути механізоване, але вологість насіння при цьому знижується несуттєво [81]. Найбільш ефективним,

надійним і швидким способом зниження вологості матеріалу, незалежним від погодних умов, є штучне сушіння, яке може бути повністю механізоване. При

штучному сушінні насіння льону олійного залежно від його призначення

ставляться такі вимоги: температура нагрівання насіння льону при сушінні не

повинна перевищувати 45°C для посівних цілей, 80°C для переробки і 80-

100°C для кормових цілей [123]. Вастосовуються шахтні зерносушарки [81, 83]

(ЗС-ВИСХОМ, СЗС-2, СЗМ-1,5 «Десна», Реру (рис. 1.6) та ін.). У

перерахованих сушарках насіння сушать сумішшю топкових газів із зовнішнім повітрям, що проходить через рухомих їх масу. Кожна сушарка має топку,

сушильну

шахту, вентилятор для нагнітання в сушильну камеру теплоносія [31].

Нижче сушильної, в одному корпусі з нею, встановлюється охолоджувальна

шахта, в якій потік холодного повітря, що створюється вентилятором.

Для насіння льону олійного, залежно від його початкової вологості, рекомендують (загальні для всіх сушарок шахтного типу) температури теплоносія зведені до таблиці. 1.1.

Під час зберігання в мішках, складених у штабелі, або насінном шаром до 1 м вологість насіння має бути не вищою 10 - 12 % [30, 81].

Перед початком сушіння підбирають партії насіння (одного сорту і репродукції), близькі за вологістю (розбіжність не повинна перевищувати 1-2 %). Засмічене насіння льону олійного перед завантаженням в шахтну сушарку обов'язково треба очищати. Видалення насіння бур'янів (більш вологого, ніж насіння основної культури) прискорює сушіння.

Наявність крупних солом'яних домішок неприпустиме. Потрапляючи в сушарку, вони утворюють застійні зони, що призводить до пересушування насіння в цих місцях і до загоряння. При цьому максимальна температура нагрівання насіння не повинна перевищувати 45 °С [81].

Насіння вологістю вище 15 % варто сушити в 2-3 прийоми. Зниження вологості за кожен пропуск повинно бути не більше 4 %. Після кожного пропуску насіння залишають для відлежування на 12 год. Для контролю за температурою насіння в період його сушіння через кожні 1-1,5 год. Відбирають пробовідбирачами проби з кожного ряду коробок сушильних камер при вимкненому вентиляторі [87].

У сушарок цього типу можна виділити такі основні недоліки, як висока

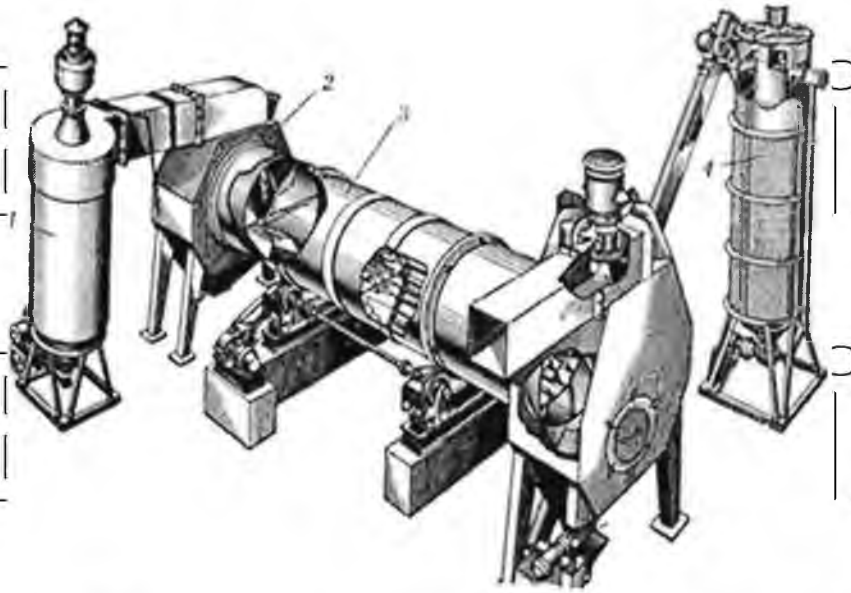


Рис. 1.7. Загальний вид сушарки СЗСБ-8,0: 1- топка; 2- камера завантаження; 3- сушильний барабан; 4- колонка охолодження.

матеріаломісткість і енергетичні затрати, нерівномірність сушіння і охолодження матеріалу, підвищена пожежонебезпека.

Для сушіння насіння застосовують також барабанні зерносушарки СЗСБ-2,0; СЗПБ-2,5; СЗПБ-4,0; СЗСБ-8,0 (рис. 1.7), "Stela" [75, 87].

Насіння льону транспортером подається в завантажувальну камеру 2 і далі в сушильний барабан 3, що обертається.

При обертанні барабана насіння безперервно пересипається, а під впливом повітряного потоку і постійного завантаження переміщається уздовж барабана.

Теплоносій, проходячи через сушильний барабан, омиває і висушує його.

Висушена маса насіння транспортером відводиться в камеру охолодження 4, де охолоджується зовнішнім повітрям. З камери охолодження насіння

надходить в розвантажувальний бункер. Продуктивність барабанної сушарки

1200-1300 кг/год, температура теплоносія на вході в сушильний барабан не повинна перевищувати 100° [81].

Тепло виробляється забезпечуючи прямий нагрів або, за наявності радіатора (теплообмінника), непрямої нагрів, що дуже важливо для сушіння насіннєвого матеріалу.

теплогенератором, який працює на дизельному (або газовому) паливі,

Кінцеве очищення насіння проводять на насінноочисних машинах ОС-4,5А, СМ-4, «Петкус-Гігант» К-531/1, «Петкус-Селектра» К-218, К-546А, К-548А та ін.), оснащених набором відповідних решіт та трієрними циліндрами [30, 83].

Насіння льону олійного від насіння бур'янів з щорсткою поверхнею (повитиці, подорожника, гірчаку, плевелу та ін.) відділяють на електромагнітних машинах.

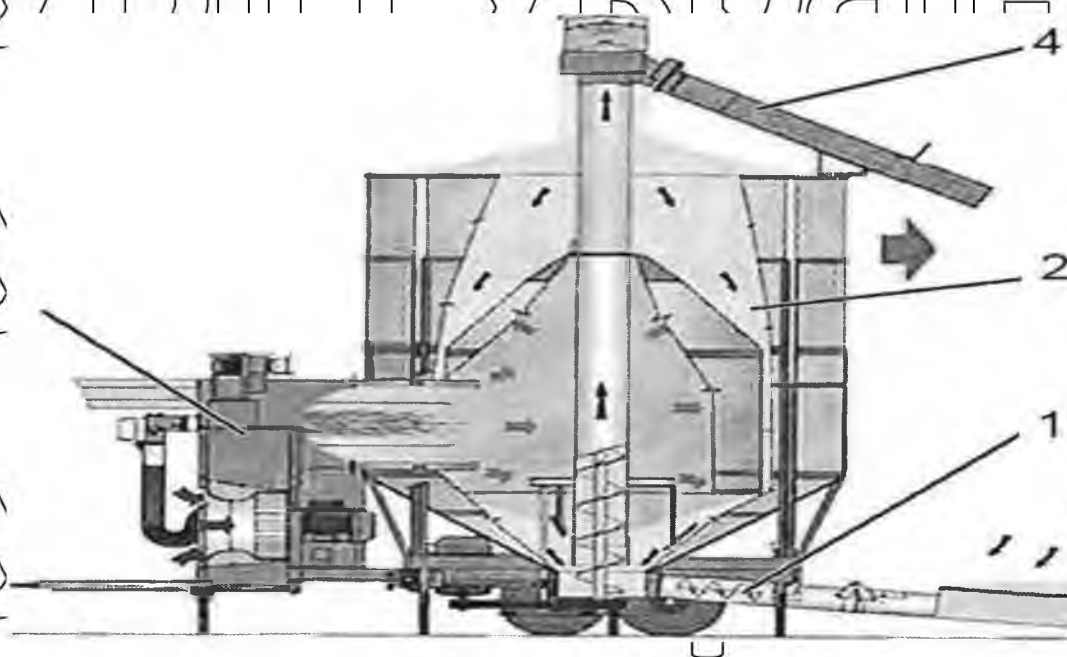


Рис. 1.8. Мобільна бункерна сушарка

Для сушіння насіння льону олійного також застосовують бункерні зерносушарки. На рис. 1.8 показана мобільна бункерна сушарка. Сушарка приводиться в дію електродвигуном або валом відбору потужності трактора.

Аналіз технології збирання і післязбиральної обробки льону олійного свідчить про відсутність спеціалізованих засобів збирання і післязбиральної обробки насіння льону олійного. Наявні засоби, розроблені для збирання і

обробки інших сільськогосподарських культур, зокрема зернових, які

адаптовані для льону олійного, характеризуються низьким коефіцієнтом

заповнення сушильної камери, не гарантують високої ефективності і

продуктивності процесу. Такі недоліки засобів сушіння, як нерівномірність

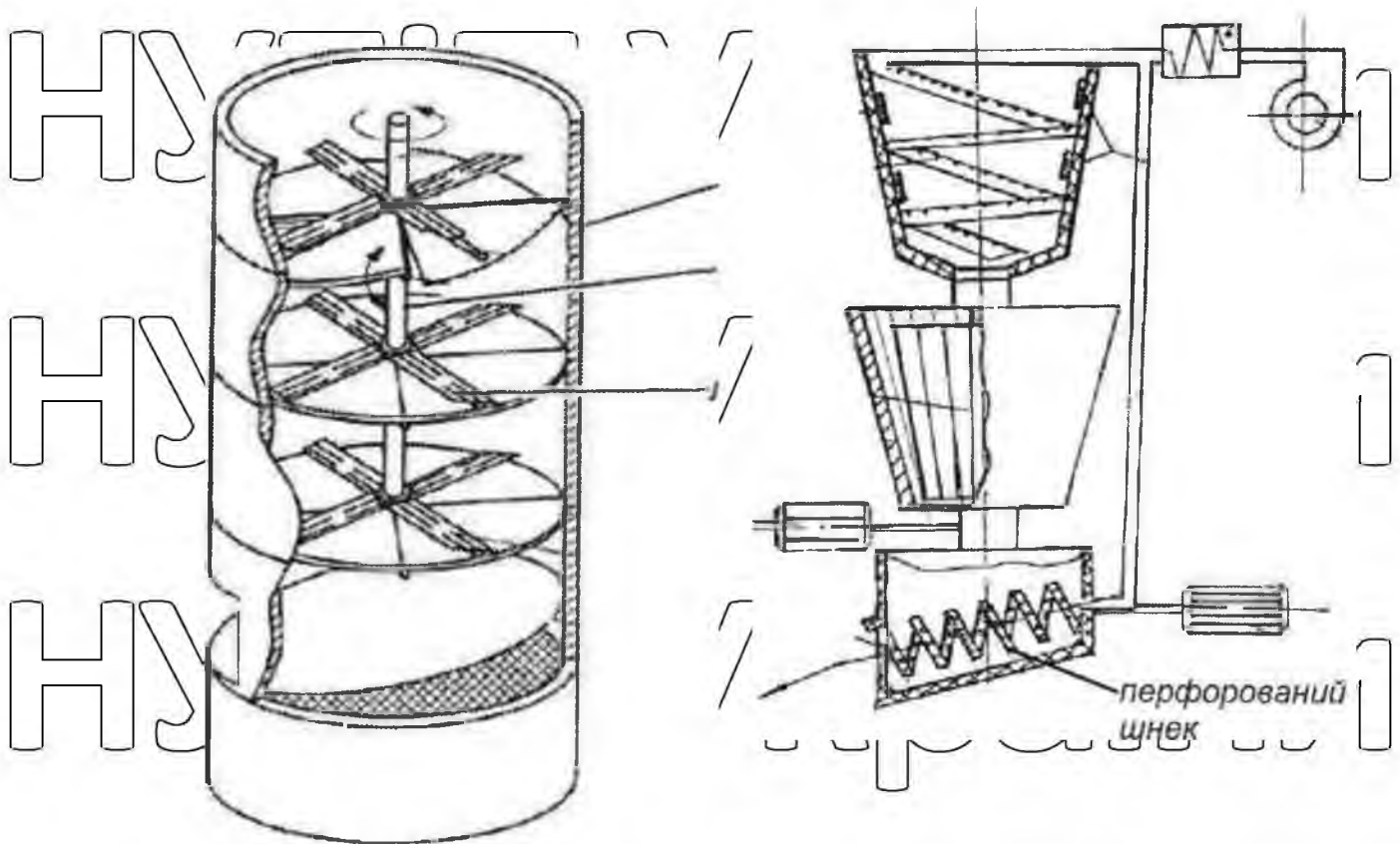


Рис. 1.9. Конструкції сушарок з активними робочими органами.

сушіння, неможливість забезпечення раціональних режимів, зумовлюють кількісні і якісні втрати цієї продукції.

Така конструкція сушарки принципова відмінність якої від попередньої полягає у способі пересипання матеріалу з секції в секцію і його вивантаження з сушарки. Перемішування матеріалу аналогічно до попередньої конструкції сушарки відбувається за рахунок обертання приводного вала з лопатями [71].

Ще одним технічним рішенням цієї сушарки є те, що вона може складатися з двох вертикальних камер: внутрішньої і зовнішньої, розташованих одна в одній. Серед особливостей цієї конструкції можна виділити наявність

обертового шнека, яким матеріал у внутрішній сушильній камері в процесі сушіння піднімається догори, після чого зсипається в зовнішню сушильну камеру, де досушується [69].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

В інших сушарках цієї конструкції для вивантаження коробочки льону матеріалу пропонується використовувати пустотілий перфорований шнек, через отвори якого подається підігріте повітря [72].

Недоліками зазначених конструкцій є їх складність і можливе механічне пошкодження матеріалу елементами робочих органів, що робить їх малопридатними для сушіння насіння льону олійного.

1.3 Властивості насіння льону олійного як об'єкта післязбиральної обробки

Насіння льону олійного, як і будь-який інший матеріал, характеризується фізико-механічними властивостями, які визначають особливості технології його післязбиральної обробки. В результаті аналізу наявних досліджень фізико-механічні властивості насіння льону олійного зведено до таблиці. 1.3 [33, 124].

Насіння льону олійного під час і після збирання врожаю може мати різну вологість, яка визначається погодними умовами і технологією збирання. В процесі післязбиральної обробки ворох проходить очищення, насіння піддається сушінню. В результаті цього насіння змінює свою вологість і, відповідно, властивості.

Таблиця 1.1. Властивості насіння льону олійного

Показник	Величина	Одиниці вимірювання
Розміри		мм
- довжина	3,2-4,8	
- ширина	1,5-2,8	
- товщина	0,5- 1,2	
Площа проекції насінини	6,4	мм ²
Периметр	10,1	мм
Площа поверхні	11,34	мм ²
Еквівалентний діаметр насінини	1,9	мм
Об'єм насінини	3,59	мм ³
Кути природного відкосу (при відн. вологості 7 %)		градусів
- насипу	26	
- спорожнення	30	
Коефіцієнт тертя поверхнями		
- гальванізована сталь	0,27	
- бетон	0,42-0,44	
- фанера	0,33	
Аеродинамічні властивості:		
- швидкість витання насіння	4,7	м/с
- пористість шару насіння	35...45	%
- об'ємна вага шару насіння	580...680	кг/м ³

НУБІП України

На рис. 1.10. показано результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнтів тертя спокою для насіння льону олійного за різної вологості на різних поверхнях тертя у вигляді графіків [23].

НУБІП України

НУБІП України

Коефіцієнт тертя насіння льону олійного різними

Рис. 1.10. Залежність коефіцієнта тертя спокою/насіння льону олійного від відносної вологості W ; поверхні тертя: а - дерево; б - сталь; в - пластмаса

Поверхня	Рівняння
Фанера	$0,167 + 0,053 \cdot u$
Нержавіюча сталь	$0,171 + 0,047 \cdot u$
Алюмінієвий лист	$0,276 + 0,042 \cdot u$
Гальванізований залізний лист	$0,303 + 0,035 \cdot u$
Обгортковий папір	$0,245 + 0,035 \cdot u$
Поліпропіленова тканина	$0,375 + 0,029 \cdot u$
Внутрішнє тертя	$0,598 + 0,059 \cdot u$

За кордоном також проводились подібні дослідження, в результаті яких одержано залежності таких показників, як геометричні параметри насіння, фізико-механічні властивості, аеродинамічні властивості від вологості [119, 127]. Результати досліджень представлені у вигляді графічних залежностей на рис. 1.11 -1.16.

1.4. Висновки і задачі досліджень

Підсумовуючи вищезазначене на основі проведеного огляду досліджень, що стосуються технології збирання і післязбиральної обробки льону олійного, можна відзначити наступне:

- для льону-довгунця і льону олійного застосовуються відмінні технології вирощування, збирання і післязбиральної обробки. Відмінність в технологіях

збирання і післязбиральної обробки зумовлена їх біологічними та

морфологічними відмінностями, і, як наслідок, основним призначенням цієї сільськогосподарської культури: отримання насіння із льону олійного, тоді як при вирощуванні льону- довгунця пріоритетним є одержання високоякісного волокна;

- ворох насіння льону олійного, що отримується після збирання, має досить високий ступінь забруднення. Щоб уникнути samozігрівання і псування, він потребує попереднього очищення. Ворох насіння льону олійного є матеріалом, що відрізняється за властивостями від вороху льону довгунця, а отже, дослідження, присвячені вивченню льону-довгунця, не можуть

розглядатись як такі, що розкривають питання, пов'язані з льоном олійним;

- домішки у воросі мають більшу вологість, ніж саме насіння, попереднє очищення вороху дозволяє знизити вологість матеріалу за рахунок відокремлення більш вологих решток рослин від насінневої маси. Для

зберігання насіння льону олійного його відносна вологість після очищення не повинна перевищувати 10 %;

- вологість вороху насіння льону олійного в значній мірі визначає його фізико-механічні властивості. Очищення вороху з високою вологістю ускладнене в порівнянні з ворохом низької вологості. Попереднє очищення є важливою операцією, оскільки зумовлює видалення надлишкової вологи разом з домішками, вологість яких значно перевищує вологість насіння, а також видалення крупних соломистих домішок, які негативно впливають на технологічний процес сушіння;

малі розміри насіння льону олійного, висока щільність і злипання ускладнюють переміщення повітря крізь нерухомий шар, зумовлюють необхідність його перемішування в процесі сушіння. Найвні типи сушарок, які використовуються для сушіння насіння льону олійного, мають недоліки, пов'язані з низькою енергоефективністю, великими габаритними розмірами, мобільністю, забезпеченням раціональних режимних параметрів, рівномірністю сушіння без пересушування чи недосушування окремих частин матеріалу, залежністю якості технологічного процесу сушіння від ступеня забруднення

матеріалу;

усунення наявних недоліків можливе шляхом створення спеціальних засобів сушіння льону олійного з врахуванням його особливостей.

У зв'язку з цим та відповідно до поставленої мети у цій роботі необхідно

вирішити такі **завдання**:

— теоретично дослідити процес перемішування і розпушування насінневого матеріалу активаторами сушарки та встановити їх конструктивні параметри;

- експериментально дослідити кінетику сушіння насіння льону олійного та визначити раціональні режими роботи сушарки;

— дослідити вплив режимів сушіння на енергію проростання і схожість насіння льону олійного, а також на його технологічні властивості

- обґрунтувати параметри сушарки, провести виробничу перевірку та визначити економічну ефективність запропонованого сушильного обладнання.

НУБІП України

2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма експериментальних досліджень.

У результаті збирання врожаю льону олійного, залежно від технології збирання, якості обладнання і його регулювань, а також погодно-кліматичних умов, одержаний насінневий матеріал (ворох насіння льону олійного) може відрізнятися за ступенем забруднення, фізико-механічними властивостями і вологістю. Все це зумовлює зниження якості насінневого матеріалу. Тому доцільним є вдосконалення технологічного процесу сушіння насіння льону олійного шляхом визначення раціональних режимних параметрів сушіння, а також розробки засобів для реалізації цього процесу. Для досягнення поставленої мети запропонована програма експериментальних досліджень, яка передбачає:

- 1) дослідження кінетики сушіння насіння льону олійного і визначення раціональних режимів сушіння;
- 2) визначення впливу температури і режимів сушіння насіння льону олійного на його якісні показники;
- 3) обґрунтування раціональних геометричних параметрів і режимів роботи активаторів для перемішування насіння льону олійного з застосуванням математичного методу планування експерименту;
- 4) дослідження впливу геометричних параметрів і режимів роботи активаторів на інтенсивність перемішування і ступінь пошкодження насіння льону олійного;
- 5) дослідження процесу сушіння насіння льону олійного на дослідному зразку запропонованої сушарки;

Обробка експериментальних даних проводилась згідно зі стандартними методиками [59, 63]. За результатами дослідів підраховувалися: ☹☹

- середнє арифметичне значення отриманих даних:

$$x_{\text{сеп}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

- середня квадратична похибка:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{сеп}})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

- середня квадратична похибка середнього арифметичного значення:

$$\sigma = \frac{S_c}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

- коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{S_c}{x_{\text{сеп}}} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

- похибка досліду:

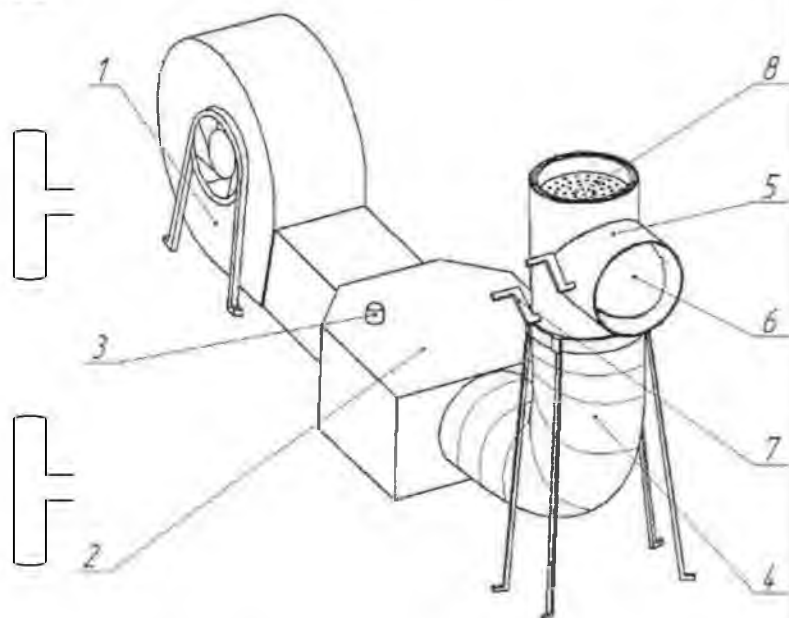
$$v = \pm \left(\frac{S_c}{x_{\text{сеп}} \cdot \sqrt{n}} \right) \cdot 100\% \quad (2.5)$$

2.2. Лабораторне обладнання, прилади і апаратура для проведення

експериментальних досліджень

Програма, розроблена для проведення експериментальних досліджень, передбачала розробку експериментальних установок для вирішення поставлених завдань.

Для проведення експериментальних досліджень визначення впливу температури і режимів сушіння насіння льону олійного на його якісні показники розроблена установка, зображена на рис. 3.1, яка працює таким чином: атмосферне повітря нагнітається вентилятором 1, проходить через електрокалорифер 2 з регулятором 3, що дозволяє забезпечити як подачу ненагрітого повітря, так і підігрівати його до встановленої температури. Після цього атмосферне повітря або сформований сушильний агент подається у гнучкий патрубок 4, звідки потрапляє до сушильної камери 5. За допомогою заслінки передбачена можливість регулювання швидкості подачі повітря (сушильного агента). В сушильній камері встановлена секція 8 з перфорованим дном, яка заповнена дослідним матеріалом. При сушінні з попеременною подачею



холодного і гарячого повітря підведення сушильного агента .

2.1. Експериментальна установка

НУБІП України

Дослідження вентиляції вороху насіння льону олійного повітряним потоком проводилось на установці, зображеній на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Установка для проведення дослідження вентиляції матеріалу повітряним потоком: 1 - вентилятор; 2 - гнучкий повітропровід; 3 - циліндрична камера; 4 - вал; 5 - лопаті; 6 - рукоятка; 7 - перфороване дно з механізмом вивантаження; 8 - перфорована похила поверхня; 9 - вивантажувальне вікно

Установка працює таким чином: вентилятором 1 нагнітається повітря і гнучким трубопроводом 2 подається у вертикально встановлену циліндричну камеру 3 з дослідним матеріалом. Вздовж осі циліндричної камери 3 встановлено вал 4 з закріпленими на ньому лопатями 5 для перемішування матеріалу. Обертання вала 4 разом з лопатями 5 здійснюється рукояткою 6, закріпленою на його верхньому кінці. В нижній частині матеріал обмежений перфорованим дном 7, виконаним у вигляді чотирьох поворотних сегментів [70], при повороті яких на 90° здійснюється просипання матеріалу в нижню частину камери на перфоровану похилу поверхню 8 і вивантаження через вивантажувальне вікно 9.

Для дослідження впливу геометричних параметрів і режимів роботи активаторів на інтенсивність перемішування і ступінь пошкодження насіння льону олійного, а також обґрунтування найбільш раціональних геометричних

параметрів і режимів роботи активаторів для перемішування насіння льону олійного була розроблена спеціальна установка, зображена на рис. 2.3.

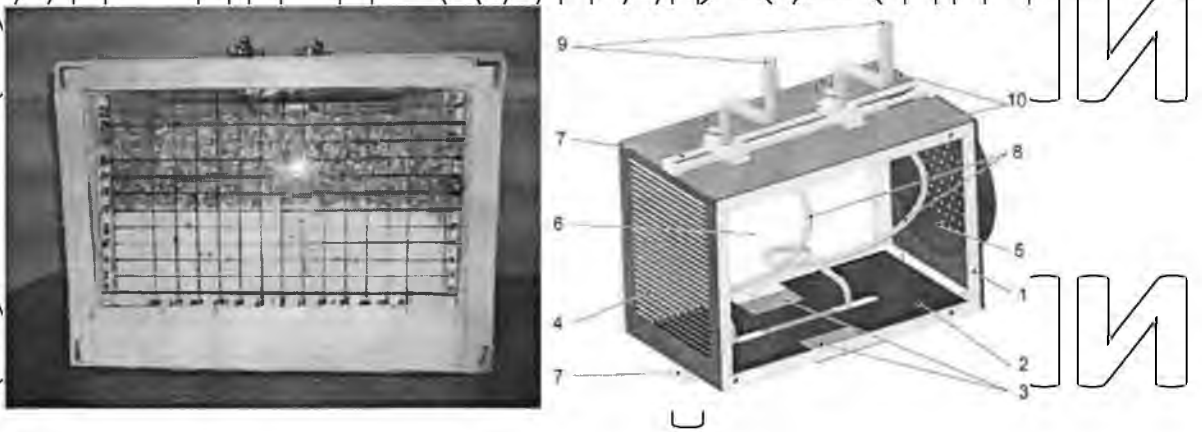


Рис. 2.3. Установка для дослідження перемішування матеріалу

де 1 - рама; 2 - днище; 3 - вивантажувальний пристрій; 4 - решітка для відведення повітря; 5 - решітка для підведення нагрітого повітря з фланцем; 6 - прозора стінка; 7 - направляючі; 8 - змінні активатори; 9 - рукоятки, 10 - кришка

Конструкція установки для дослідження перемішування матеріалу (рис. 2.4, б) передбачає можливість встановлення змінних активаторів 8 з різним кроком і діаметром спіралі. Також передбачена можливість регулювання міжосьової відстані між активаторами, що закріплюються на нижній і верхній направляючих 7. Необхідна частота обертання активаторів забезпечується обертанням рукояток 9. Передбачена можливість подачі нагрітого повітря на матеріал через решітку 5 з фланцем для приєднання вентилятора з калорифером. Змінні кришки 10 дозволяють завантажувати матеріал у верхній частині установки. Вивантаження здійснюється через вивантажувальний пристрій 3 у нижній частині установки.

Розроблена установка дає можливість дослідити перемішування матеріалу залежно від таких факторів:

- крок циліндричної спіралі активаторів;
- діаметр витка спіралі активаторів;
- частота обертання активаторів;
- міжосьова відстань між сусідніми активаторами;

- температура і швидкість подачі сушильного агента на вологий матеріал (забезпечується додатково приєднаним вентилятором з калорифером);
структура сипкого матеріалу і його фізико-механічні властивості.

Для дослідження процесу сушіння насіння льону олійного з перемішуванням було виготовлено дослідний зразок сушарки, зображеної на рис. 2.5 і 2.6.

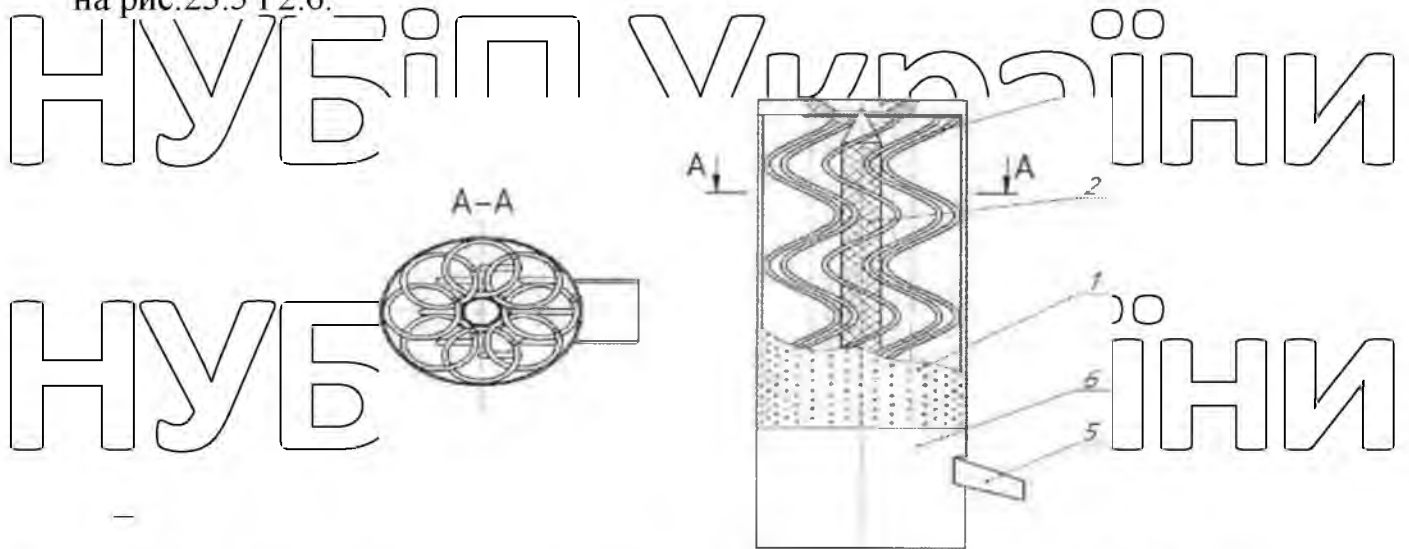


Рис. 2.5. Схема сушарки для насіння льону олійного: 1 - перфорована стінка сушильної камери; 2 - перфорована колона сушильної камери; 3 - спіралеподібні активатори для перемішування матеріалу; 4 - завантажувальний пристрій;

5 - вивантажувальний пристрій; 6 - теплогенератор з вентилятором

В установці використано спіралеподібні активатори для перемішування матеріалу в процесі сушіння. Сушарка працює таким чином. Матеріал подається в сушильну камеру через завантажувальний пристрій 4. Вентилятором нагнітається атмосферне повітря і за допомогою

теплогенератора 6 нагрівається до потрібної температури. Після цього сформований сушильний агент подається у перфоровану колону 2, розміщену в центрі циліндричної сушильної камери, звідки потрапляє в сушильну камеру і проходить крізь матеріал, що перебуває в сушильній

камері, за всією її висотою, забирає в нього надлишкову вологу і відводиться з сушильної камери через перфоровану стінку 1. В сушильній камері встановлені активатори 3, виконані у формі профіля, закрученого

за циліндричною гвинтовою лінією. В результаті обертання активаторів 3

в напрямку, що забезпечує переміщення їх витків догори, і матеріал, що перебуває в сушильній камері, переміщується.

Сушарка працює таким чином. Матеріал подається в сушильну камеру через завантажувальний пристрій 4. Вентилятором нагнітається

атмосферне повітря і за допомогою теплогенератора 6 нагрівається до потрібної температури. Після цього сформований сушильний агент

подається у перфоровану колону 2, розміщену в центрі циліндричної сушильної камери, звідки потрапляє в сушильну камеру і проходить крізь

матеріал, що перебуває в сушильній камері, за всією її висотою, забирає в нього надлишкову вологу і відводиться з сушильної камери через

перфоровану стінку 1. В сушильній камері встановлені активатори 3, виконані у формі профіля, закрученого за циліндричною гвинтовою

лінією. В результаті обертання активаторів 3 в напрямку, що забезпечує

переміщення їх витків догори, і матеріал, що перебуває в сушильній камері, переміщується.

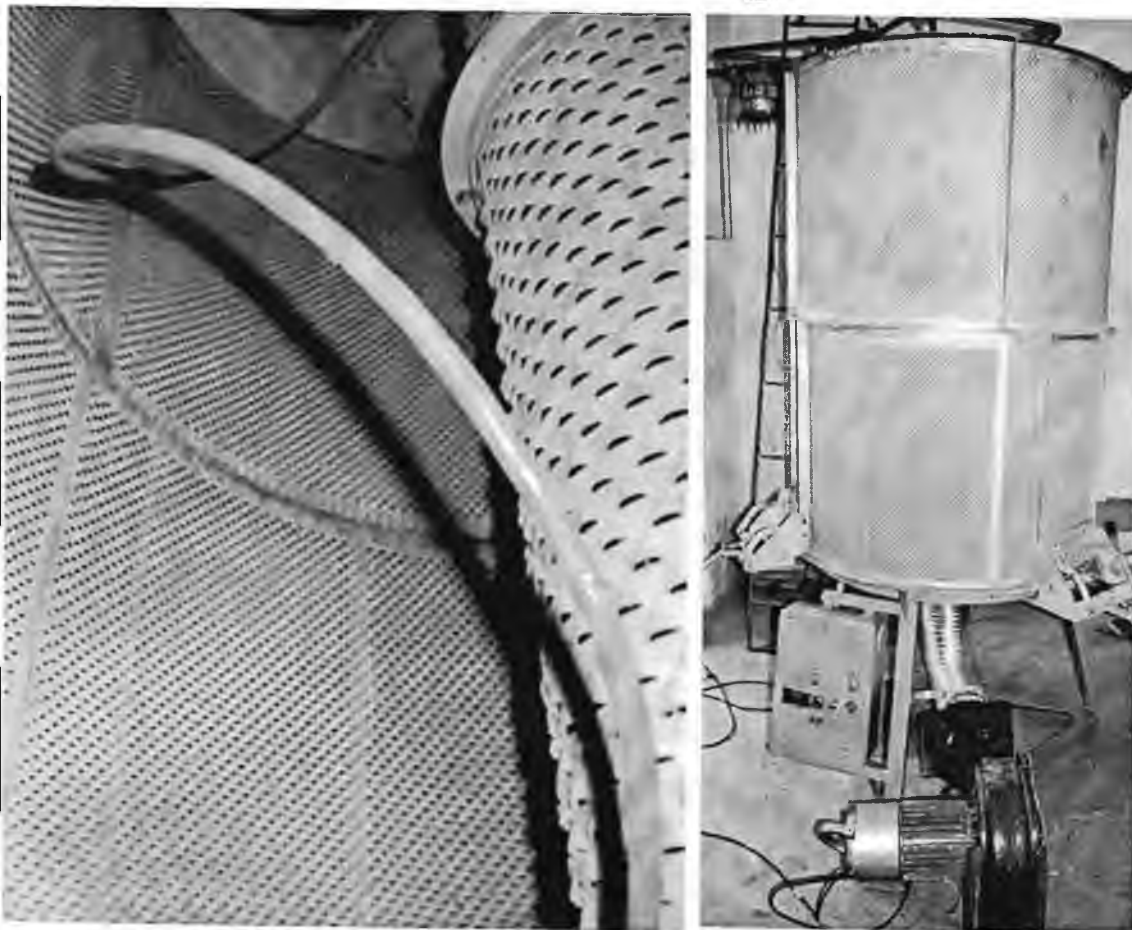
Під дією гравітації і в результаті постійного перемішування матеріал поступово переміщується донизу, одночасно досягаючи

кондиційної вологості. Після цього вивантажується за допомогою вивантажувального пристрою 5. Конструкція активаторів для

перемішування матеріалу забезпечить низький рівень пошкодження насіння, а їх розміщення в сушильній камері — рівномірне

перемішування матеріалу. Необхідна тривалість перебування матеріалу в сушильній камері контролюється вивантажувальним пристроєм.

НУБІП України



НУБІП України

Для проведення дослідів також використовувалося лабораторне обладнання:

- сушильна шафа типу СНО11 - з термометром зі шкалою від 0 до 400°C та

ціною поділки 5°C;

набір бюксів;

- термометр цифровий ТРАзі щупом 125 мм, діапазон вимірювань: від -40 до 200°C, похибка вимірювань: $\pm 0,8^\circ\text{C}$;

- електронні ваги ТВЛ-0,5 з максимальною вагою вимірювання 500 г, ціна поділки вимірювання: 0,01 г. (НГЗ-500 г, НМІЗ-0,5 г, $d=0,01$), клас точності 4.

- психрометр;

- секундомір;

- анемометр цифровий "SMARTSENSORAR826", діапазон вимірювань 0ч45м/с, ціна поділки 0,1м/с, похибка $\pm 3\%$;

- циліндрична ємкість;

- мікроскоп «ЮНАТ-2П МП020СВ» з кратністю збільшення: 80-400 разів і USB- камерою;

- посудина зі шкалою для визначення об'єму;

- набір решіт Ti-36.6-2210200135-001-2003 з отворами круглого перерізу діаметром від 1 до 10 мм (рис. 3.7);

- чаші Петрі;

- екстензометр з притисковими рамками.

Визначення вологості компонентів вороху насіння льону олійного

- проводилось методом зважування маси матеріалу до і після сушіння згідно з ГОСТ 12041-82.

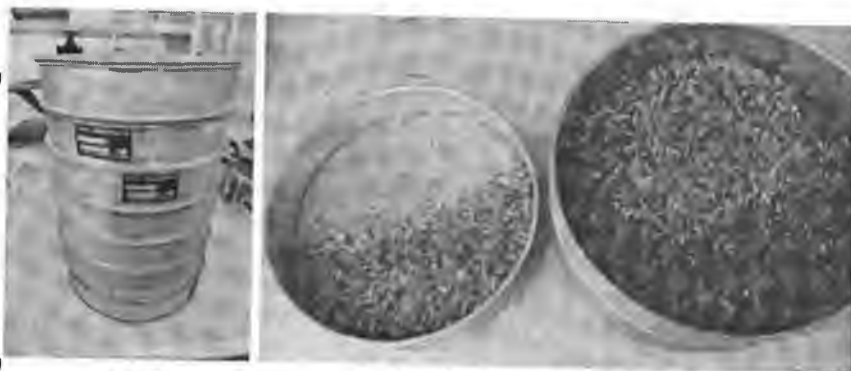


Рис. 2.7. Набір решіт для дослідження структури матеріалу за розмірами частинок: а - загальний вигляд решіт, б - фракції за розмірами вороху насіння льону олійного

2.3.Методика визначення параметрів активаторів для перемішування

сипких матеріалів

Основними конструктивними і режимними параметрами запропонованих активаторів є крок спіралі k_5 , діаметр спіралі D_5 , міжосьова відстань між сусідніми активаторами a_5 і частота обертання V .

Встановлення найбільш раціональних значень цих параметрів здійснювалось на виготовленій спеціальній дослідній установці (рис.3.4).

Для нашого дослідження як матеріал використовувались кульки пінополістиролу, розділені на дві групи за забарвленням. Матеріал завантажувався в ємність експериментальної установки за схемами,

показаними на рис.3.10. Після цього здійснювалось перемішування матеріалу шляхом обертання активаторів.

Дослідження проводилось з варіюванням таких факторів:

- крок витка спіралі активаторів: 200, 250 і 300 мм;

- міжосьова відстань між сусідніми витками спіралі: 100, 125 і 150 мм;

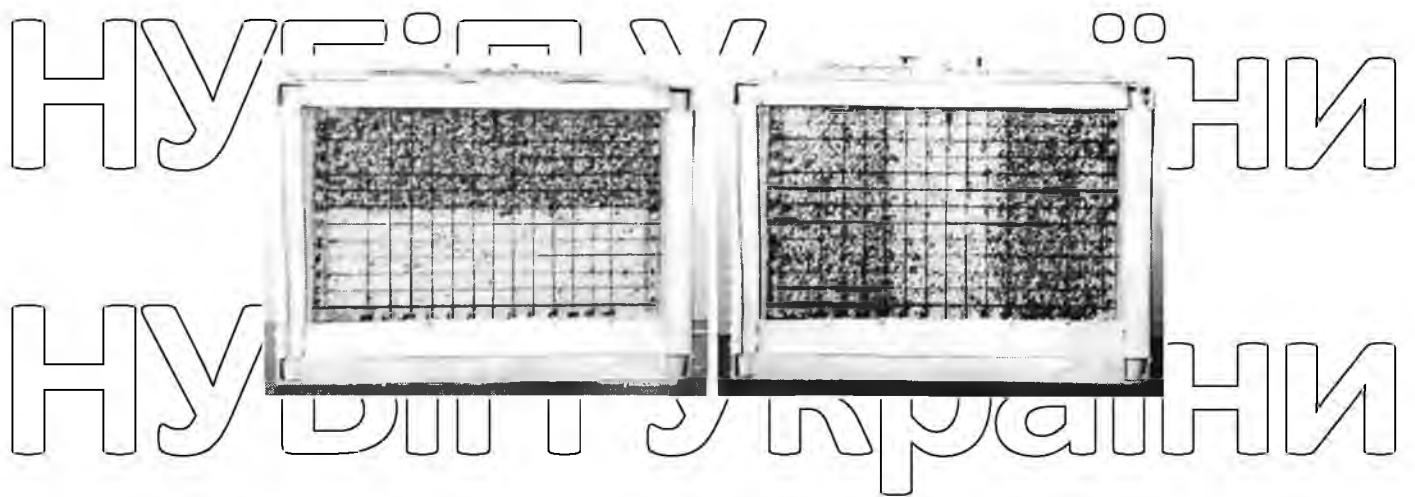
- частота обертання активаторів: 6, 9, 15, 30, 60 і 120 об/хв.;

Оцінка якості роботи спіралеподібних активаторів здійснювалася на основі аналізу двох величин: однорідність суміші і ступінь розпушування.

Однорідність суміші прийнято визначати за показником коефіцієнта неоднорідності на основі методів математичної статистики [14]

$$V_c = \frac{\sqrt{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

де x_i - поточне значення величини; \bar{x} - середньоарифметичне значення цієї величини; n - кількість проб.



а

б

Рис. 2.8. Способи завантаження матеріалу в дослідну установку за групами
а - горизонтально; б - вертикально

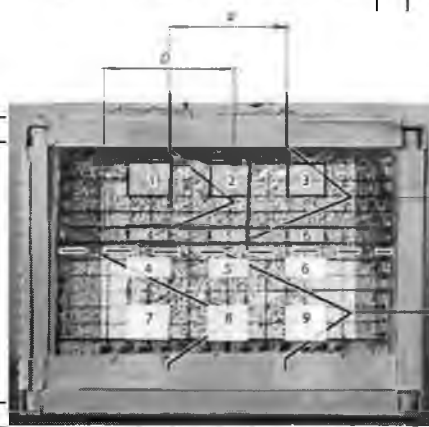


Рис. 2.9. Схема розміщення контрольних ділянок для оцінки ефективності
перемішування

Однорідність суміші визначалася в контрольних ділянках матеріалу, показаних схематично на рис. 3.8.

Важливим показником в технологічному процесі роботи пропонованої сушарки є величина розпушування, оскільки вона впливає на опір шару матеріалу проходженню крізь нього сушильного агента і, як результат, ефективності його використання в сушарці. Ступінь розпушування оцінювався як відносне збільшення об'єму матеріалу від початкового об'єму у стані спокою

$$P_{\text{розп.}} = \frac{V_{\text{кін.}}}{V_{\text{поч.}}} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

де $V_{\text{поч.}}$ - початковий об'єм досліджуваного матеріалу у стані спокою, м³;

$V_{\text{кін.}}$ - об'єм досліджуваного матеріалу в процесі розпушування, м³.

2.3 Методика визначення ступеня пошкодження насіння льону олійного в процесі перемішування і розпушування активаторами сушарки

Необхідність перемішування матеріалу в процесі сушіння зумовлена низькою ефективністю сушіння нерухомого шару матеріалу. Водночас, разом з

позитивним ефектом від застосування перемішування матеріалу цей процес може здійснювати негативний вплив на якість насіння, що проявляється в його механічному пошкодженні активаторами. Зважаючи на це, була запропонована

конструкція активаторів для перемішування і розпушування матеріалу у вигляді витків циліндричної спіралі, позбавлених гострих країв. Для перевірки впливу запропонованих активаторів на насіння льону олійного було проведено експериментальні дослідження.

Дослідження проводилось на дослідній установці, зображеній на рис. 3.4.

Для дослідження використовувався ворох насіння льону олійного з масовою часткою домішок у насінні 45-50 %, 15-10 % і 3-2 %.

Для кожного зразка матеріалу відбиралися проби і визначався початковий відсоток пошкодженого насіння. Приналежність компонентів вороху до насіння льону, смітєвих і олійних домішок визначалась згідно з ГОСТ 10582-76.

Дослідний матеріал завантажувався в дослідну установку, після чого приводились в дію активатори для перемішування і розпушування зі встановленою частотою обертання. Через кожні 10 обертів активаторів відбиралися проби матеріалу і визначався ступінь механічного пошкодження насіння за формулою (2.6) згідно з методикою, описаною в п.2.4.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

НУБІП УКРАЇНИ

3.1. Вплив режимних параметрів на ефективність і якість сушіння насіння льону олійного

Дослідження проводилось згідно з методикою, описаною в п. 2.2.

У результаті сушіння насіння льону олійного при різних режимах одержано криві, що характеризують зниження вологості з часом, які представлені на рис. 3.1.

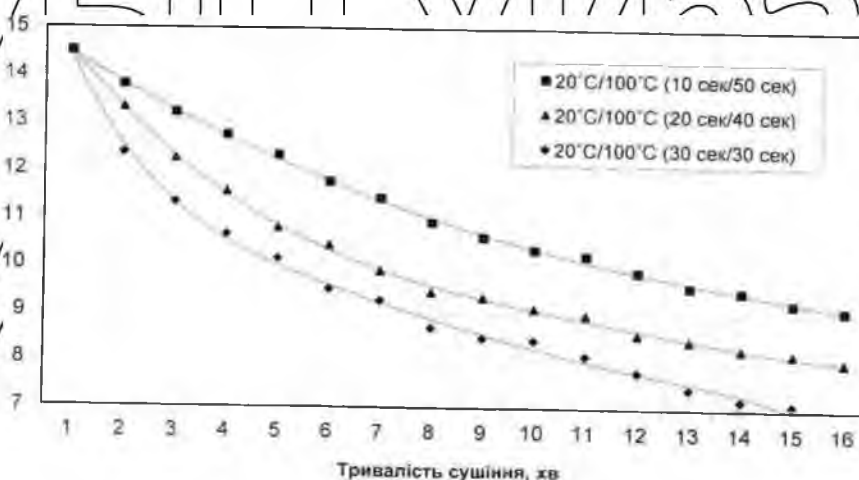
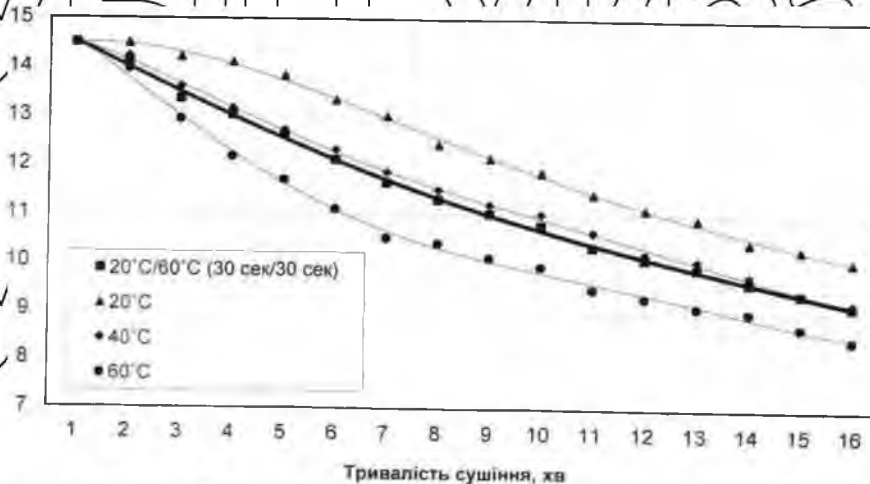


Рис. 3.1. Графіки зміни вологості насіння льону олійного з часом при різних режимах сушіння

Результати дослідження підтверджують, що найбільш швидке зниження вологості відбувається за максимальних температур сушильного агента.

Тоді ж як видно в таблиці 3.1., температури сушильного агента, які перевищують рекомендовані для сушіння насіння льону [81, 83],

здійснюють негативний вплив на схожість насіння льону олійного.

При температурі нагрівання льону олійного до 60°C вже відбувається суттєве зниження енергії проростання і схожості. Тому для сушіння насіння для посівних цілей температура нагрівання насіння льону олійного не

повинна перевищувати 40°C. Водночас сушіння за низьких температур

сушильного агента є низькопродуктивним і не завжди дає можливість

знизити вологість до бажаного рівня. Дослідження показали, що при

коливних режимах сушіння виділення вологи відбувається більш

інтенсивно, ніж при незмінних параметрах сушильного агента з

рівноцінними затратами тепла на його формування. Перевищення гранично

допустимої температури сушильного агента на короткі періоди часу (10 сек.)

не зумовили появи зовнішніх ознак пошкодження насіння і потемніння ядра, при цьому дещо знизили енергію проростання і схожість.

Вищезазначене дозволяє зробити висновок про можливість застосування

коливних режимів сушіння з поперемінною подачею атмосферного повітря і

агента сушіння з високими температурами для інтенсифікації сушіння насіння

льону олійного технологічного призначення. Однак це призведе до ускладнення

конструкції сушарки.

Оцінка енергоефективності сушіння і якості матеріалу здійснювалася згідно з методикою, описаною в п.3.4.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.2. Визначення раціональних конструктивних і режимних параметрів активаторів для перемішування і розпушування матеріалу

Дослідження проводилися згідно з методикою, викладеною в п.2.2.

Результати досліджень у вигляді графіків, що відображують коефіцієнт неоднорідності суміші від міжосьової відстані активаторів, кроку витка спіралі і кількості обертів,

представлені на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Дослідження процесу перемішування матеріалу спіралеподібними

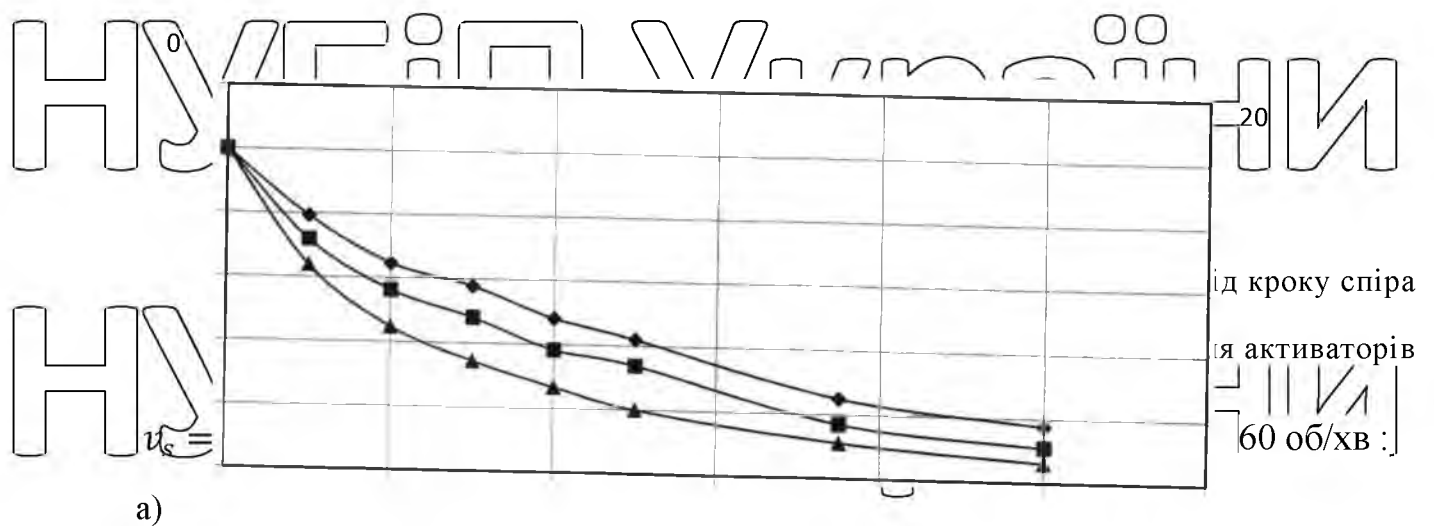
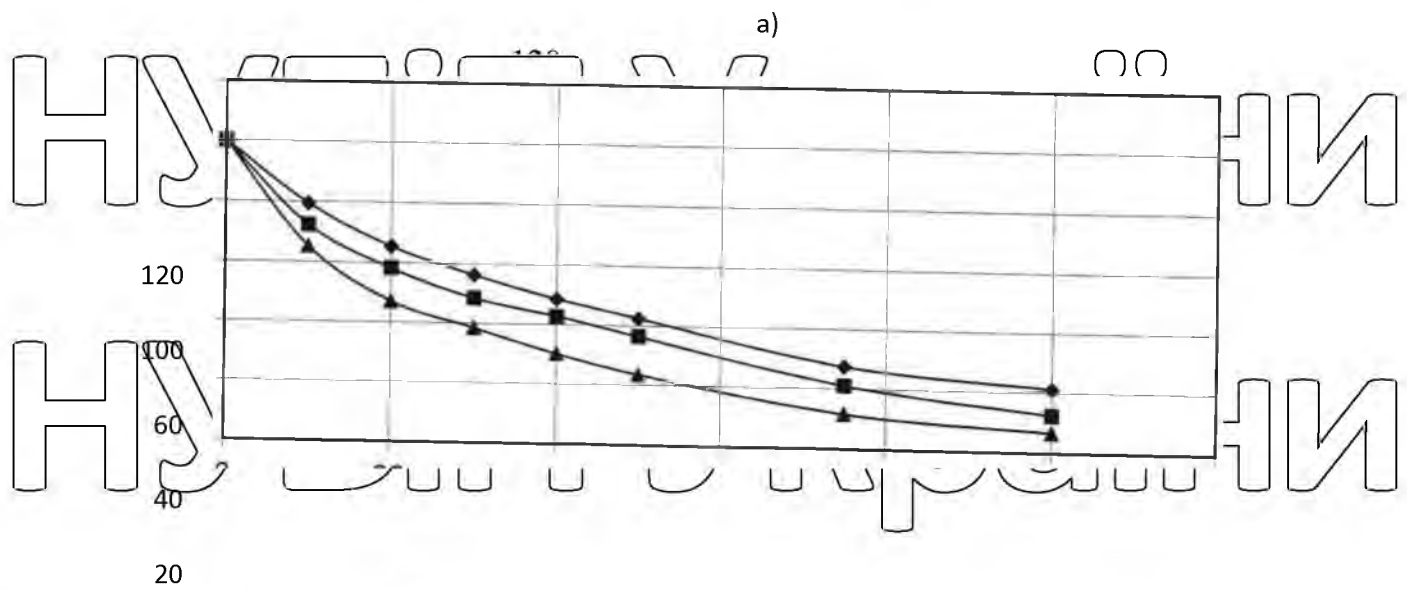
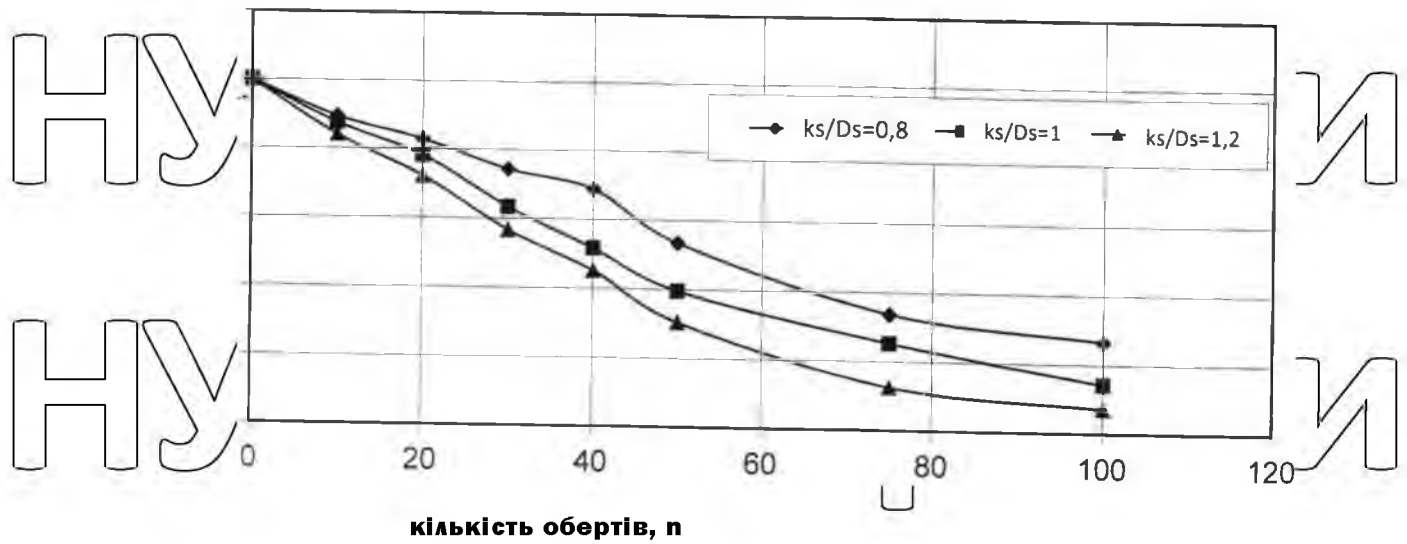
активаторами з діаметром спіралі $D_s = 250$ мм, міжосьовою відстанню $a_s = 125$ мм і кроком спіралі $k_s = 200, 250$ і 300 мм.

НИВІН

Результати досліджень перемішування сипкого матеріалу спіралеподібними активаторами

Таблиця. 3.1.

Відношення кроку ДО діаметра спіралі, k_s/D_s ?	Відношення міжосьової відстані до радіуса витка спіралі, $a_s/(D_s/2)$	-	100/125				125/125				150/125			
			0	10	30	50	100	10	30	50	100	10	30	50
200/250	Однорідність суміші, $V_c, \%$	100	89,5	74,4	53,5	26,7		56,3	42,5	21,3		57,8		17,7
	Відносне збільшення об'єму матеріалу, $P_{відн}, \%$	100	102				101				101			
250/250	Однорідність суміші, $V_c, \%$	100	87,6	63,4	39,6	14,3	72,4	48,5	36,4	12,5	71,9		33,9	
	Відносне збільшення об'єму матеріалу, $P_{відн}, \%$	100	104				104				103			
300/250	Однорідність суміші, $V_c, \%$	100		56,7	30,6		65,3	38,5	23,6		63,8	34,5	20,1	
	Відносне збільшення об'єму матеріалу, $P_{відн}, \%$	100	107				106				105			



$$a_s/(D_s/2)=1;$$

$$\text{б) } a_s/(D_s/2)=1,25;$$

$$\text{в) } a_s/(D_s/2)=1,5$$

НУБІП України

У результаті дослідження можна зробити такі висновки: найбільшій ефективності перемішування спіралеподібними активаторами з постійним діаметром 250 мм вдалось досягти при найбільшому кроці спіралі 300 мм;

зі збільшенням частоти обертання активаторів від 6 до 120 об/хв. зростає

ефективність перемішування в часовому вимірі, водночас приріст ефективності від збільшення частоти обертання активаторів, приведений до кількості обертів для досліджуваних матеріалів — незначний;

- зі збільшенням частоти обертання активаторів від 6 до 120 об/хв. зростає

ступінь розпушування матеріалу, виражений як відносне збільшення його об'єму

до об'єму у стані спокою. При цьому ступінь розпушування залежить від фізико-механічних властивостей і вологості матеріалу;

- максимально допустима частота обертання спіралеподібних активаторів

обмежується зростаючими енергозатратами процесу.

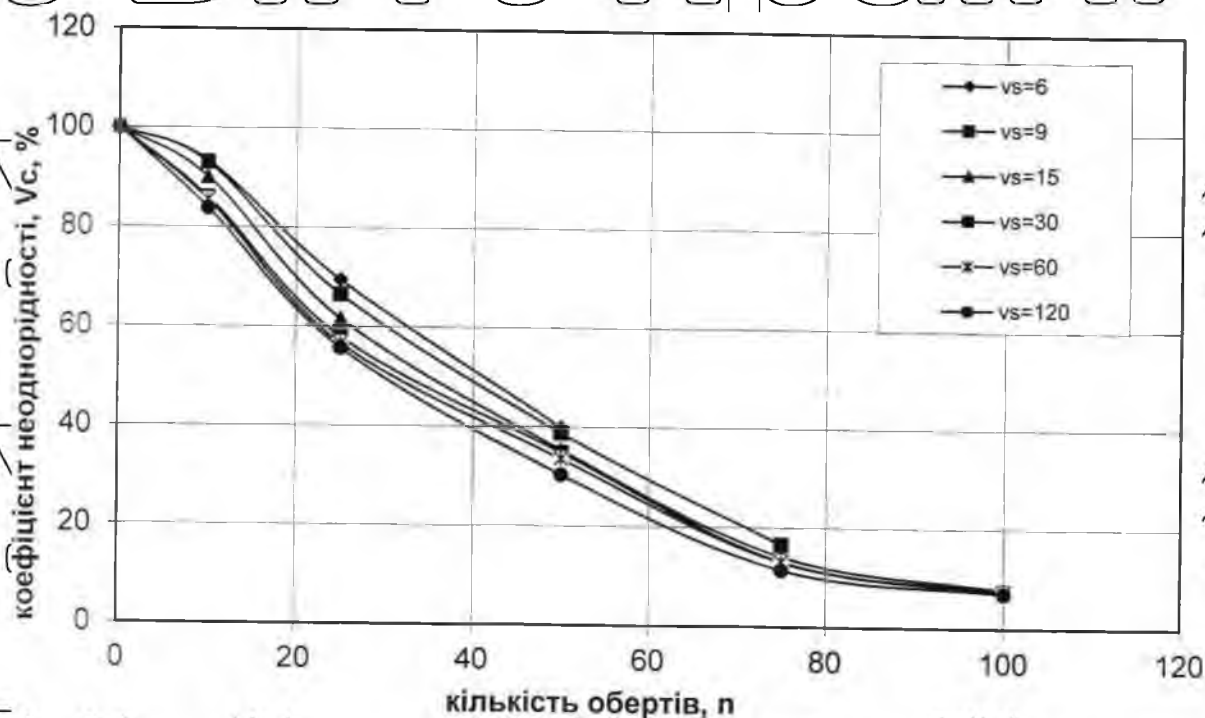
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Також було проведено дослідження впливу частоти обертання активаторів запропонованої конструкції на ефективність перемішування і розпушування матеріалу. Результати дослідження представлені на рис. 3.2 і в табл.3.3.



Ефективність перемішування залежно від частоти обертання спіралі, об/хв



Ефективність перемішування сипкого матеріалу залежно від частоти обертання активаторів $a_s / (D_s / 2) = 150/125$

НУБІП України

Пінопроплен

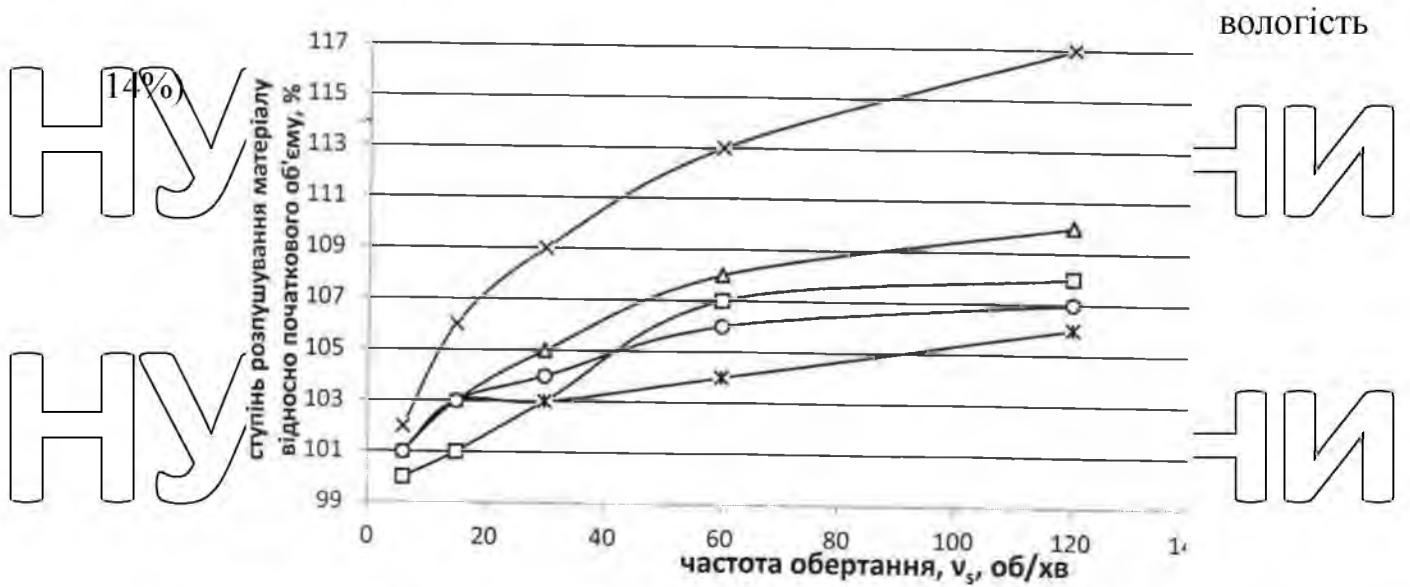
— — Ворох насіння льону олійного з вмістом домішок 50% (відносна вологість 9%)

НУБІП України

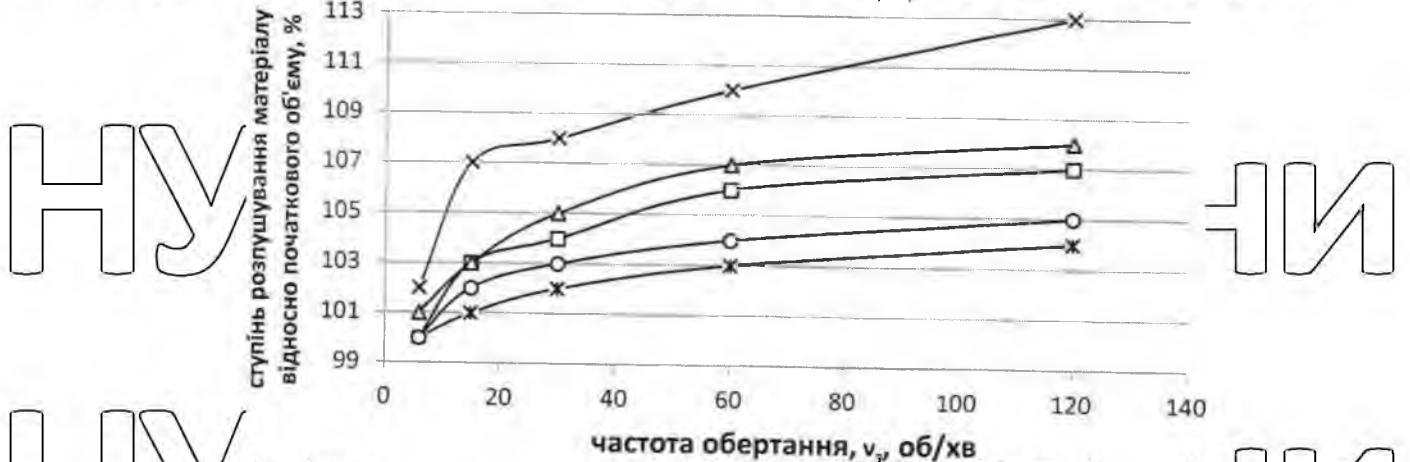
— — Ворох насіння льону олійного з вмістом домішок 50% (відносна вологість 17%)

— — ворох насіння льону олійного з вмістом домішок 10% (відносна вологість 9%)

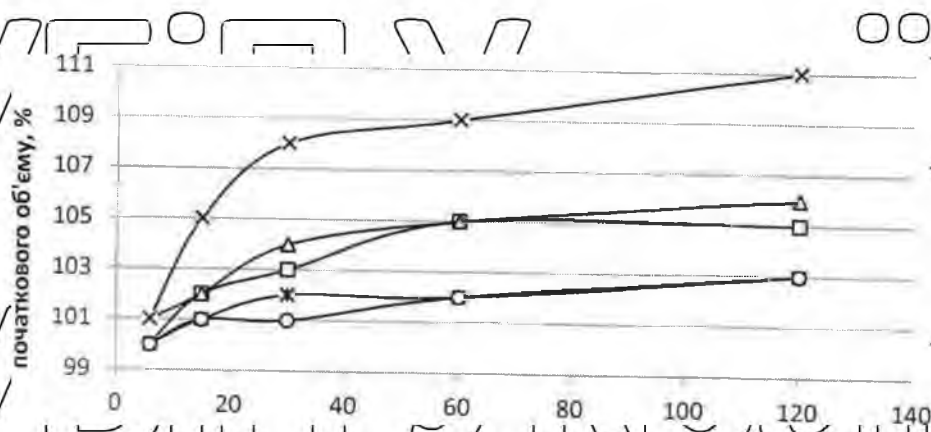
— — ворох насіння льону олійного з вмістом домішок 10% (відносна вологість 14%)



НУБІП України



НУБІП України



3.3. Вплив частоти обертання спіралеподібних активаторів на відносне збільшення об'єму матеріалу в процесі їх роботи:

а- $a_s / (D_s / 2) = 100 / 125$; б- $a_s / (D_s / 2) = 125 / 125$; в- $a_s / (D_s / 2) = 150 / 125$

У результаті дослідження можна зробити такі висновки: найбільшій ефективності перемішування спіралеподібними активаторами з постійним діаметром 250 мм вдалось досягти при найбільшому кроці спіралі 300 мм;

зі збільшенням частоти обертання активаторів від 6 до 120 об/хв. зростає ефективність перемішування в часовому вимірі, водночас приріст ефективності від збільшення частоти обертання активаторів, приведений до кількості обертів для досліджуваних матеріалів — незначний;

- зі збільшенням частоти обертання активаторів від 6 до 120 об/хв. зростає ступінь розпушування матеріалу, виражений як відносне збільшення його об'єму до об'єму у стані спокою. При цьому ступінь розпушування залежить від фізико-механічних властивостей і вологості матеріалу;

- максимально допустима частота обертання спіралеподібних активаторів обмежується зростаючими енергозатратами процесу.

Таблиця 3.2. Вплив частоти обертання і міжосьової відстані на ступінь розпушування матеріалу

Частота обертання спіралеподібних активаторів	Матеріал				
	Кульки пінополістеролу	Ворох насіння льону олійного з вмістом насіння 45-50 %		Ворох насіння льону олійного з вмістом насіння 90-95 %	
		Відносна вологість 9 %	Відносна вологість 17%	Відносна вологість 9%	Відносна вологість 14%
Відношення міжосьової відстані до радіуса витка спіралі,		$a_s / (D_s / 2) = 100/125$			
6	100	101	102	101	101
15	101	103	106	103	103
30	103	105	109	103	104
60	107	108	113	104	106
120	108	110	117	106	107
Відношення міжосьової відстані до радіуса витка спіралі,		$a_s / (D_s / 2) = 125/125$			
6	100	101	102	100	100
15	103	103	107	101	102
30	104	105	108	102	103
60	106	107	110	103	104
120	107	108	113	104	105
Відношення міжосьової відстані до радіуса витка спіралі,		$a_s / (D_s / 2) = 150/125$			
6	100	101	101	100	100
15	102	102	105	101	101
30	103	104	108	102	101
60	105	105	109	102	102
120	105	106	111	103	103

3.3. Дослідження ступеня пошкодження насіння льону олійного в результаті перемішування спіралеподібними активаторами

У п.3.3. встановлено, що зі зростанням частоти обертання спіралеподібних активаторів зростає ступінь розпушування матеріалу, а збільшення кількості обертів за одиницю часу дозволяє досягти більш швидкого, інтенсивнішого перемішування матеріалу. Однак збільшення частоти обертання спіралеподібних активаторів з метою підвищення ефективності процесу обмежене зростаючими енергозатратами, а також можливим механічним пошкодженням насіння льону

олійного, а тому обґрунтування раціональних режимів роботи спіралеподібних активаторів вимагає додаткових досліджень.

Дослідження ступеня пошкодження насіння льону олійного в результаті перемішування спіралеподібними активаторами проводилось згідно з методикою, описаною в п.3.7.

Дослідження проводилося для насіння льону олійного зі ступенем забруднення сміттєвими і олійними домішками 2-3 %, 15-10% і 50-45 % від загальної маси матеріалу, початковим вмістом механічно пошкодженого насіння не більше 1 % і схожістю насіння без явних ознак механічного пошкодження: 97-

98 %. Відносна вологість дослідного матеріалу складала 9, 14 і 17 %. Оцінка якості насіння і ступеня пошкодження проводилась згідно з методикою, описаною в п. 3.4.

Дослідження проводилось для активаторів з діаметром витка 250 мм і відношенням кроку витка спіралі до діаметру $k_s / D_s = 1,2$. Частота обертання варіювалась в межах 1/20 об/хв.

Результати досліджень представлені на рис.3.3-3.6.

У результаті досліджень можна зробити висновки, що збільшення частоти обертання спіралеподібних активаторів зумовлює зростання ступеня механічного пошкодження насіння льону олійного. Насіння з відносною вологістю 14 % пошкоджується активаторами запропонованої конструкції дещо більше, ніж насіння з нижчою вологістю 9 %. Насіння, що міститься у неочищеному воросі з вмістом домішок 45-50 % менш чутливе до пошкоджень запропонованими активаторами, ніж очищене насіння. При частоті обертання

активаторів до 6 об/хв не було виявлено механічного пошкодження насіння льону олійного. Ступінь пошкодження насіння у всіх випадках, для яких проводилось дослідження, не перевищував 0,55 %.

НУБІП України

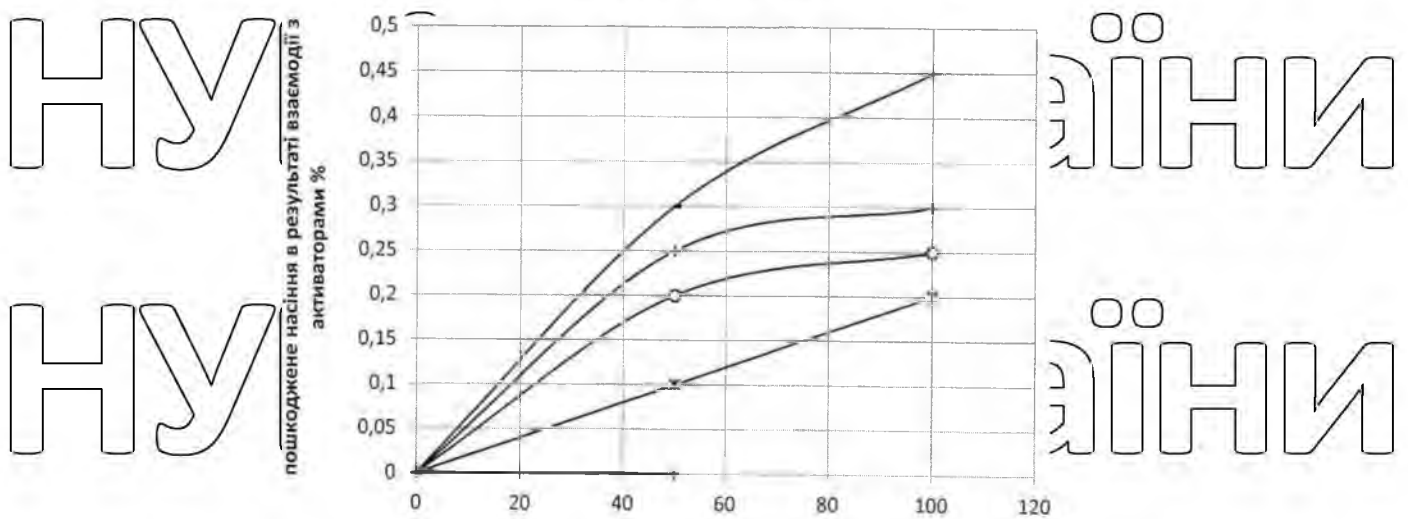
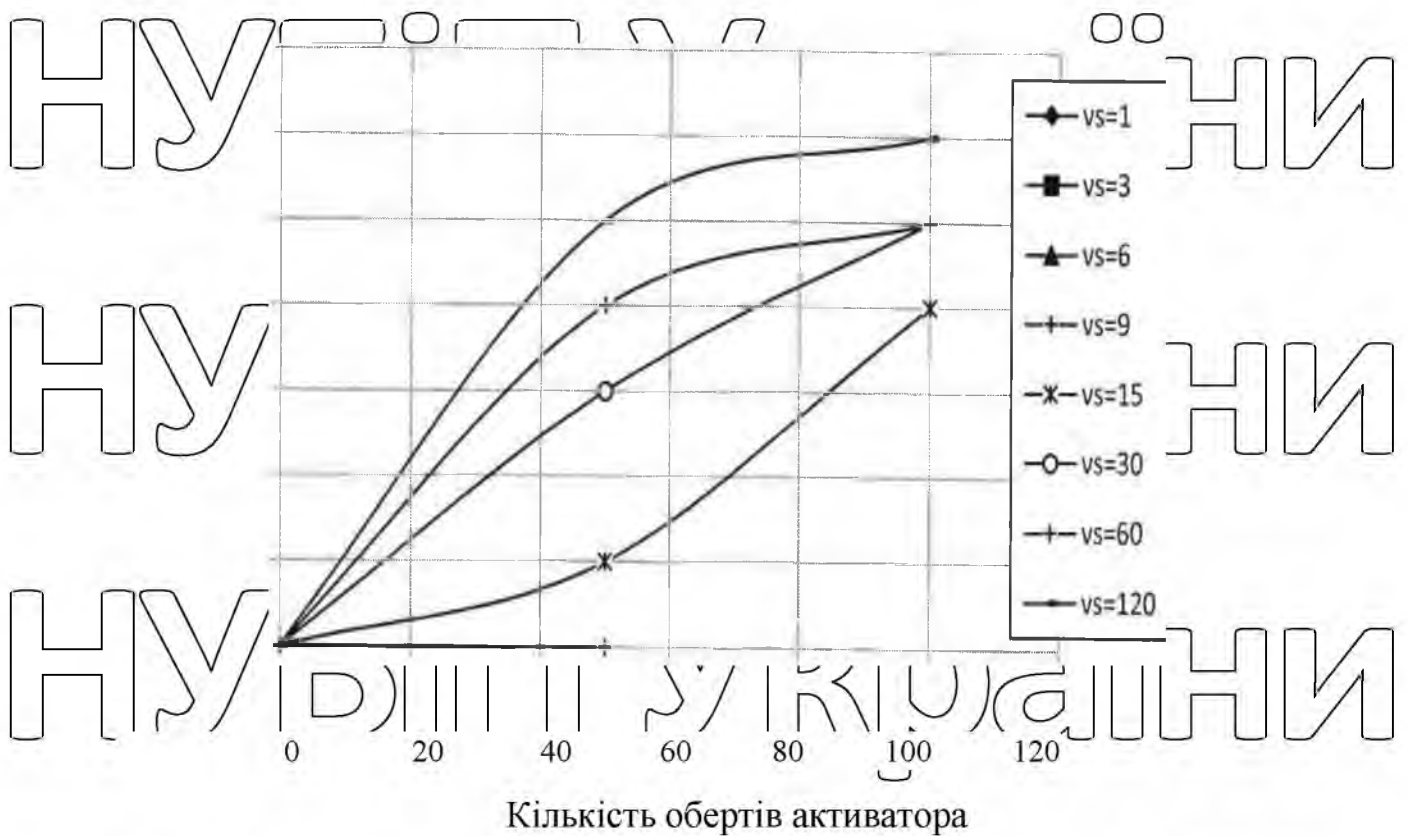


Рис 3.4. Вплив частоти обертання спіралеподібних активаторів при $k_s/D_s=1,25$ на ступінь механічного пошкодження насіння льону олійного при його забрудненні 45-50 %: а — відносна вологість матеріалу 9 %; б — відносна вологість матеріалу 17 %

Вплив частоти обертання активаторів на ступінь пошкодження насіння льону олійного

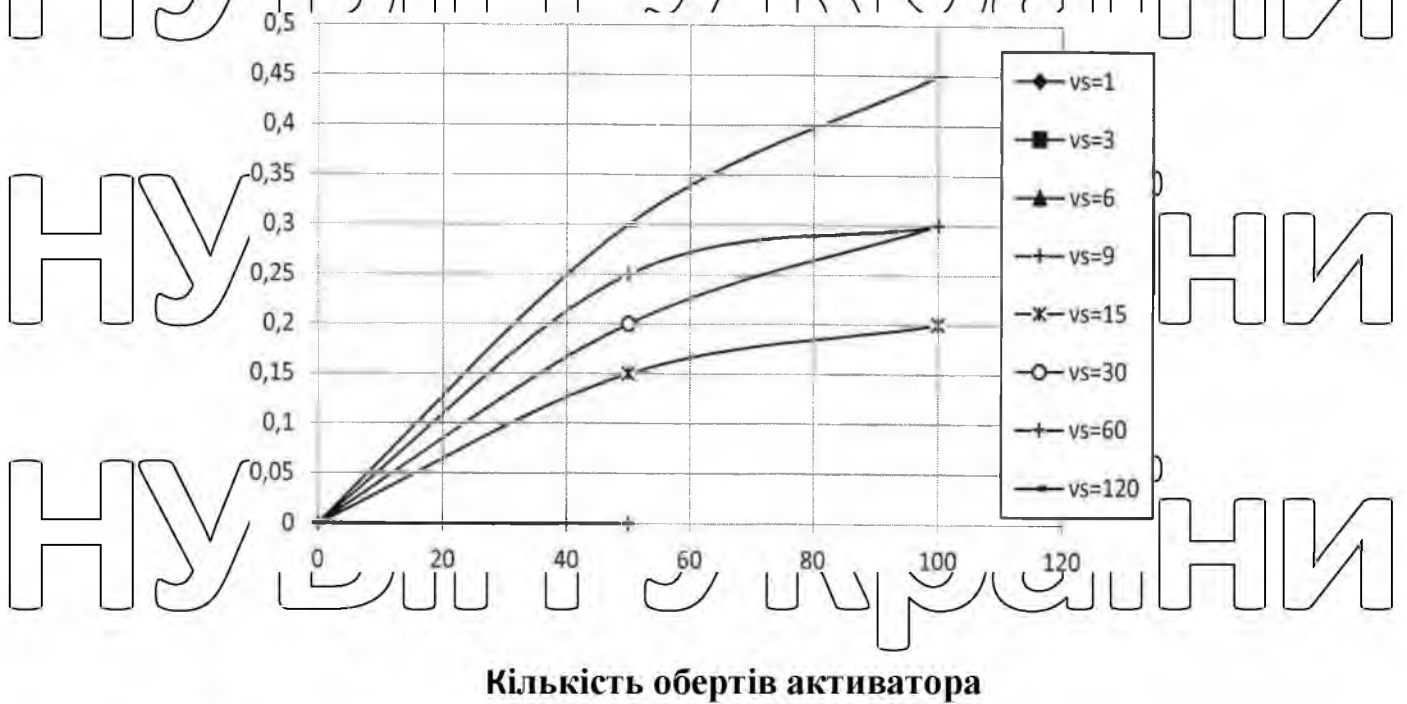
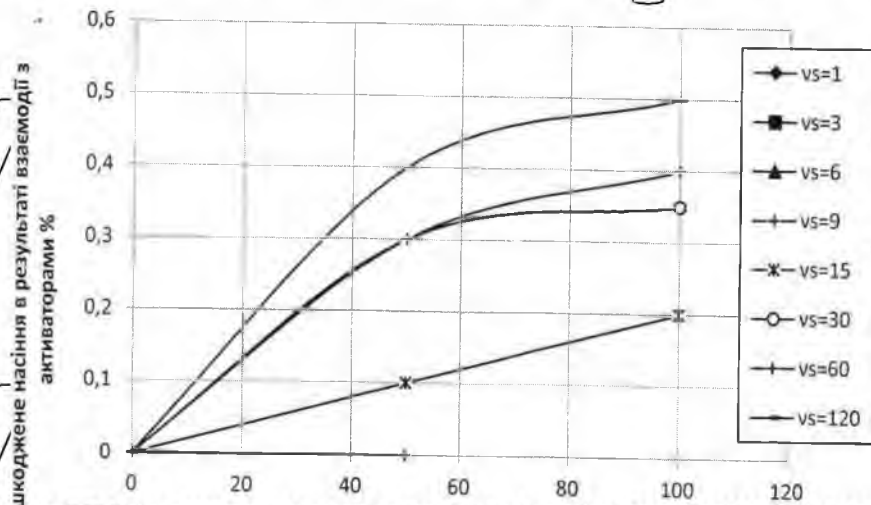


Рис. 3.5. Вплив частоти обертання спіралеподібних активаторів при $k_5 / \xi = 1,25$ на ступінь механічного пошкодження насіння льону олійного при його забрудненні 10-15 %: а — відносна вологість матеріалу 9 %; б - відносна вологість матеріалу 14%

Вплив частоти обертання активаторів на ступінь пошкодження насіння льону олійного



Вплив частоти обертання активаторів на ступінь пошкодження насіння льону олійного

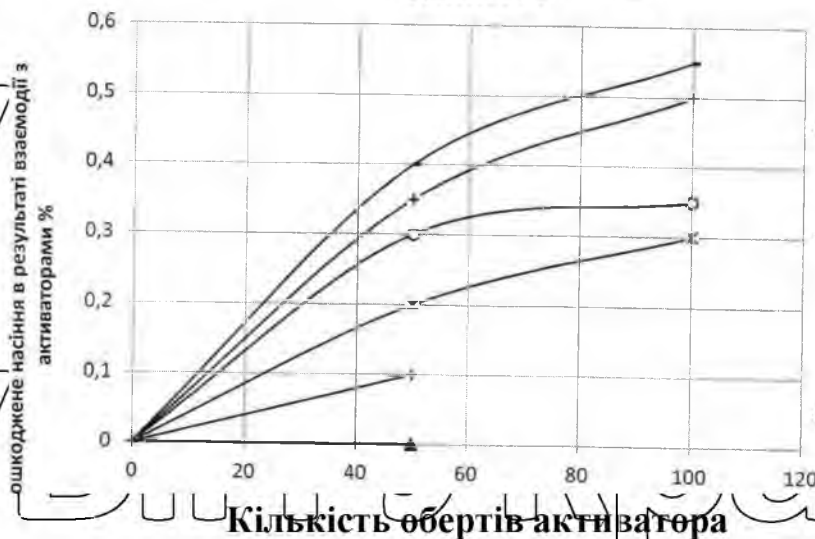


Рис. 3.6. Вплив частоти обертання спіралеподібних активаторів при $k_s/D = 1,25$ на ступінь механічного пошкодження насіння льону олійного при його забрудненні 2-3 %: а - відносна вологість матеріалу 9 %; б - відносна вологість 14%.

3.4. Вплив процесу перемішування шару насіння льону олійного на рівномірність сушіння

Для отримання математичної моделі рівномірності сушіння насіння льону

олійного при його перемішуванні спіралеподібними активаторами було проведено чотирьохфакторний експеримент згідно з методикою, що описана у п.2.3.

Мета експерименту полягала у визначенні зміни вологості матеріалу за об'ємом в процесі сушіння внаслідок його розпушування і перемішування в процесі при варіюванні таких факторів: швидкість сушильного агента, температура сушильного агента на вході в матеріал, частота обертання активаторів і крок спіралі активаторів.

Обробка даних результатів чотирьохфакторного експерименту за трирівневим планом другого порядку за допомогою програми, створеної у середовищі Майсасі (додаток Г), дозволила отримати таке рівняння регресії рівномірності сушіння вороху насіння льону олійного:

$$y = 0.056 + 0.021 \cdot x_2 - 0.012 \cdot x_2 - 0.019x_3 - 0.013 \cdot x_4 - 0.011 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0.0027 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0.0025 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0.0027 \cdot x_4 + 0.0025 \cdot x_2 \cdot x_3 +$$

$$+ 0.012 \cdot x_2^1 - 1.227 \cdot x_2^2 - 0.014 \cdot x_3^2 + 0.0053 \cdot x_2^1 \quad (3.4)$$

де x_1 - кодоване значення швидкості сушильного агента;

x_2 - кодоване значення температури сушильного агента;

x_3 - кодоване значення частоти обертання активаторів;

x_4 - кодоване значення кроку спіралі.

Оцінку однорідності ряду дисперсій перевіряли за критерієм Кохрена (3.4).

Оскільки $G^{розр} = 0,097 < G^{табл.}(0.05; 15; 2) = 0.335$ [47], то процес відтворюється.

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії проводилася за допомогою критерію Стюдента згідно з п.3.8 (3.17, 3.18).

Критерій Стюдента при 5 %-му рівні значущості та числі ступенів вільності

дисперсії відтворюваності $F_1 = 2$ склав $t_{0,05} = 4.3$ [47, 64]. В результаті цього

рівняння (4.4) набуло вигляду:

$$y = 0,056 + 0,021 \cdot x_1 - 0,012 \cdot x_2 - 0,019 \cdot x_3 - 0,013 \cdot x_4 + 0,012 \cdot x^2 - 0,014 \cdot x^2 \quad (4.2)$$

Перевірку адекватності отриманого рівняння регресії (4.4) проводили за

допомогою F -критерію Фішера згідно п.3.9 (3.25). Розрахункове значення

критерію Фішера становило $F^{\text{розр.}} = 2,195$ при дисперсії неадекватності $S_{\text{неад.}}^2$

$= 0,00006611$ і дисперсії відтворюваності $S_y^2 = 0,0000311$. Табличне значення

критерію Фішера при

прийнятому 5 %-му рівні значущості та ступенях вільності $F_1 = 2, F_2 = 16$ згідно з

[64]

Остаточно рівняння з факторами у натуральному вигляді набуло вигляду:

$$V_c = 0,153 + 0,0273 \cdot y - 0,0012 \cdot t + 0,0096 \cdot v_c - 0,253 \cdot \kappa_c + 0,0239 \cdot v^2 - 0,0009 \cdot v^2 \quad (4.3)$$

За рівнянням регресії (4.6) побудовано поверхні відгуку (рис.4.7 -4.9).

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що всі фактори мають

суттєвий вплив на рівномірність сушіння матеріалу.

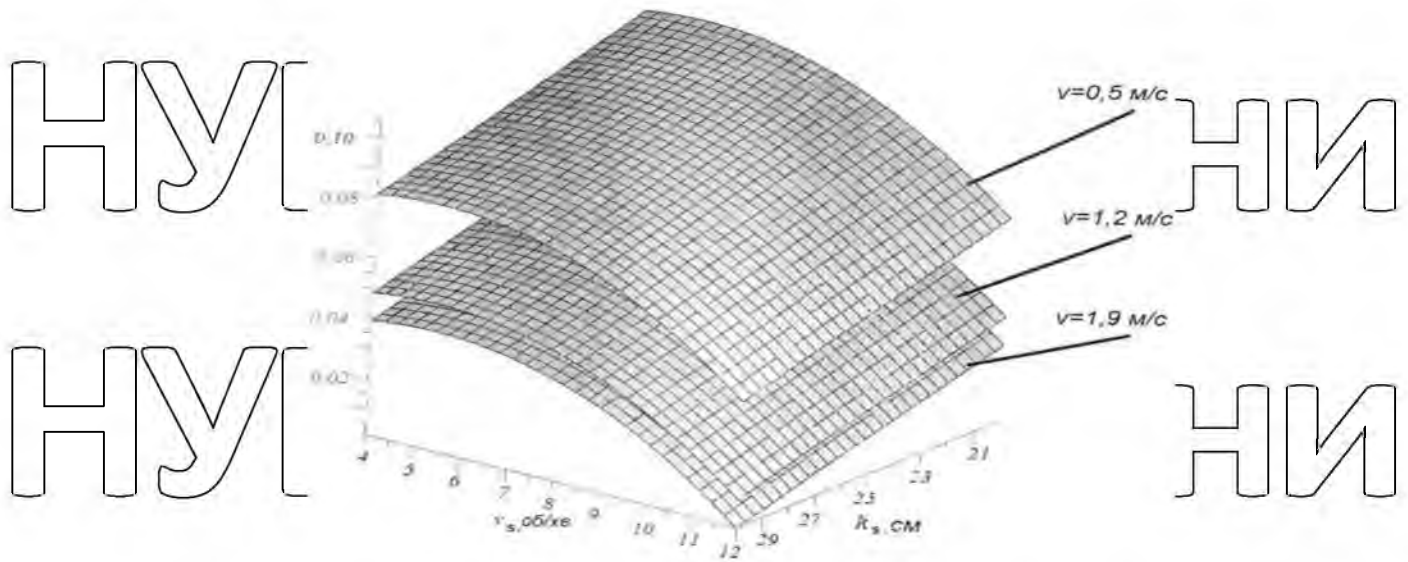


Рис. 3.7. Поверхні відгуку нерівномірності сушіння вороху насіння льону олійного за об'ємом V_c залежно від частоти обертання ν_3 , об/хв. і кроку спіралі k_3 , м, активаторів при швидкості сушильного агента $v=0,5; 1,2$ і $1,9$ м/с і температури $t=45^\circ\text{C}$

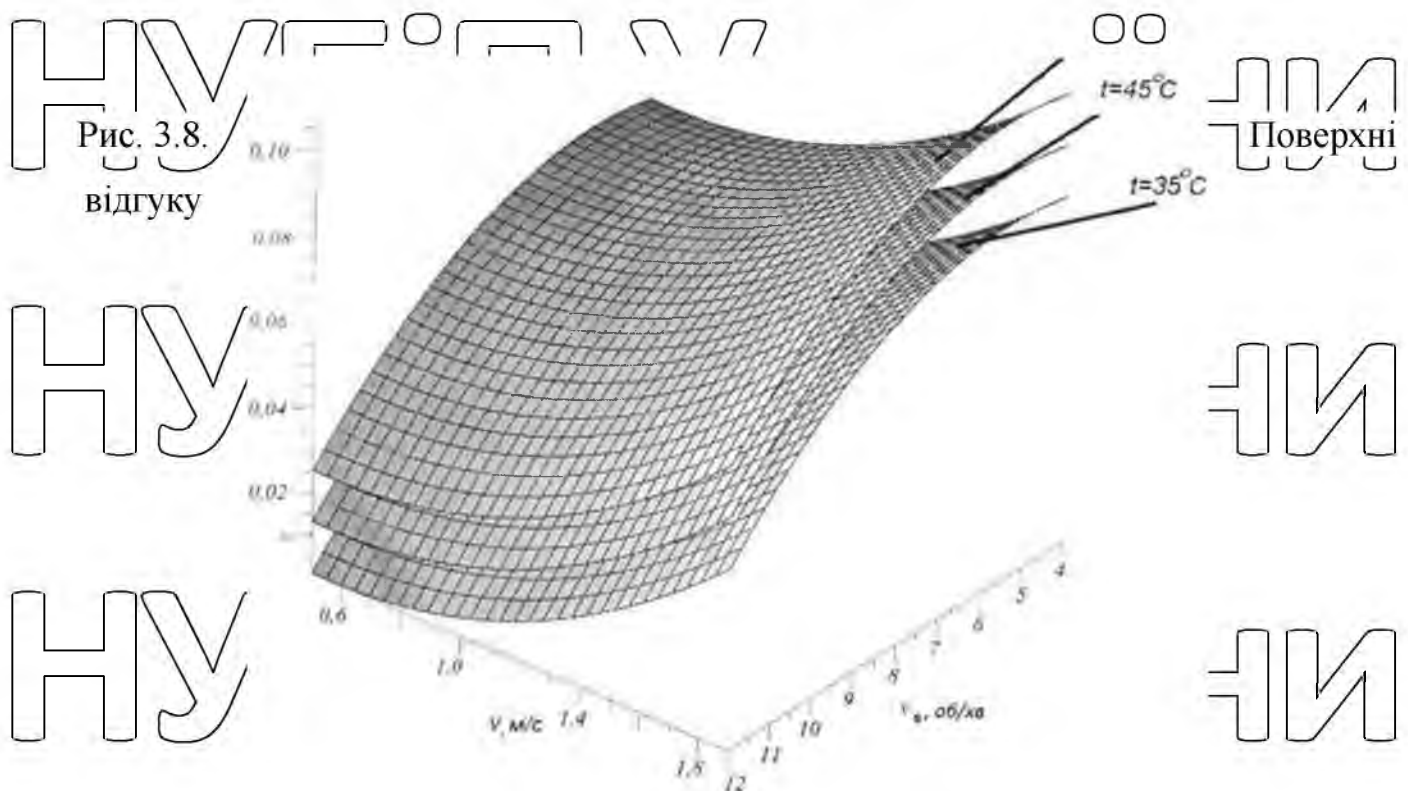


Рис. 3.8. Поверхні відгуку нерівномірності сушіння вороху насіння льону олійного за об'ємом V_c залежності від кроку спіралі активаторів k_3 , м і швидкості сушильного агента V , м/с при частоті обертання активаторів $\nu_3=4; 8$ і 12 , об/хв. і температури сушильного агента $t=45^\circ\text{C}$

НУБІП України

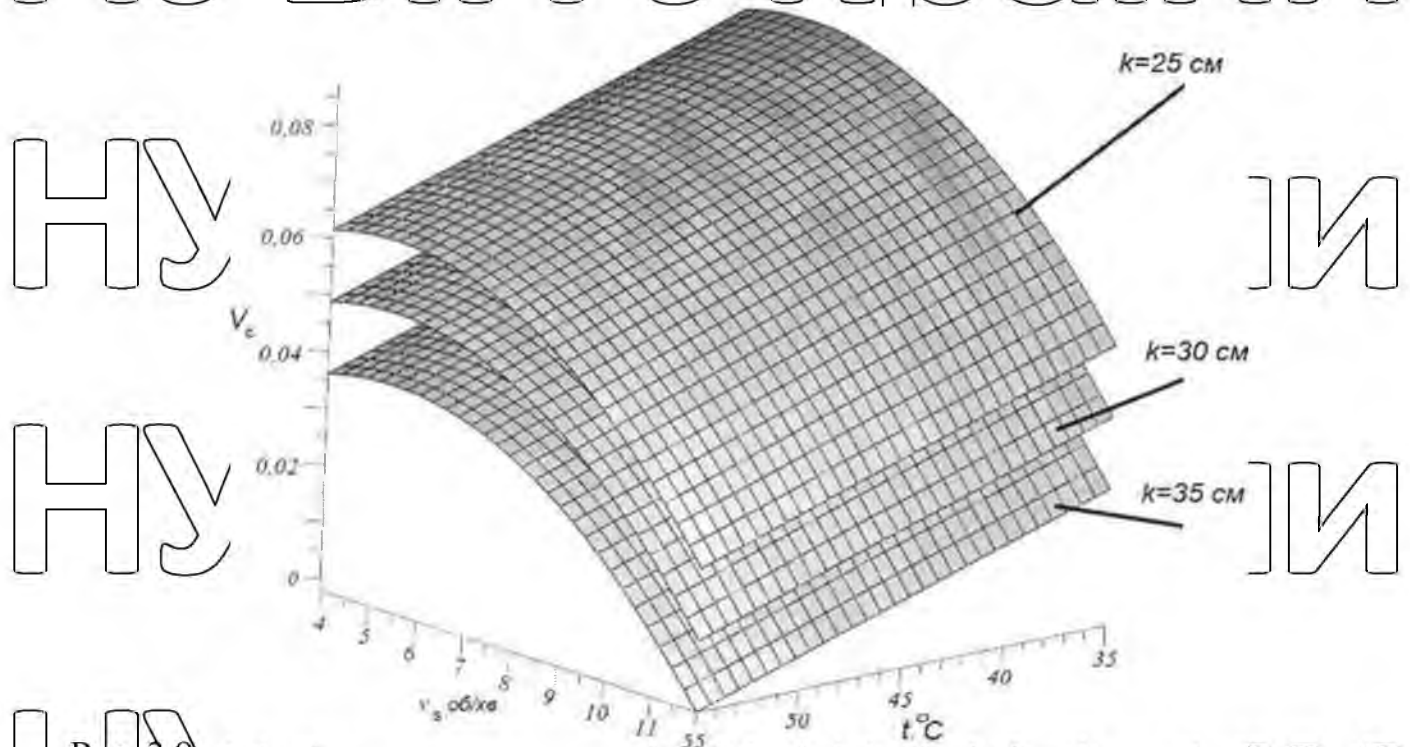


Рис. 3.9.

Поверхні відгуку нерівномірності сушіння вороху насіння льону олійного за об'ємом V_c залежно від частоти обертання активаторів n_3 , об/хв і температури

сушильного агента t , °C при кроці спіралі активаторів $k_3 = 25; 30$ і 35 см і швидкості

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3.5. Дослідження процесу сушіння вороху насіння льону олійного у сушарці зі спіралеподібними активаторами

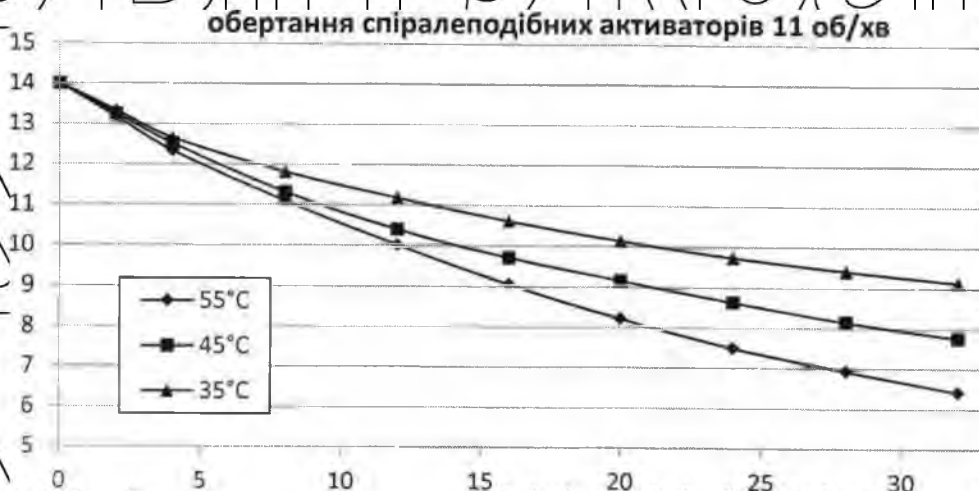
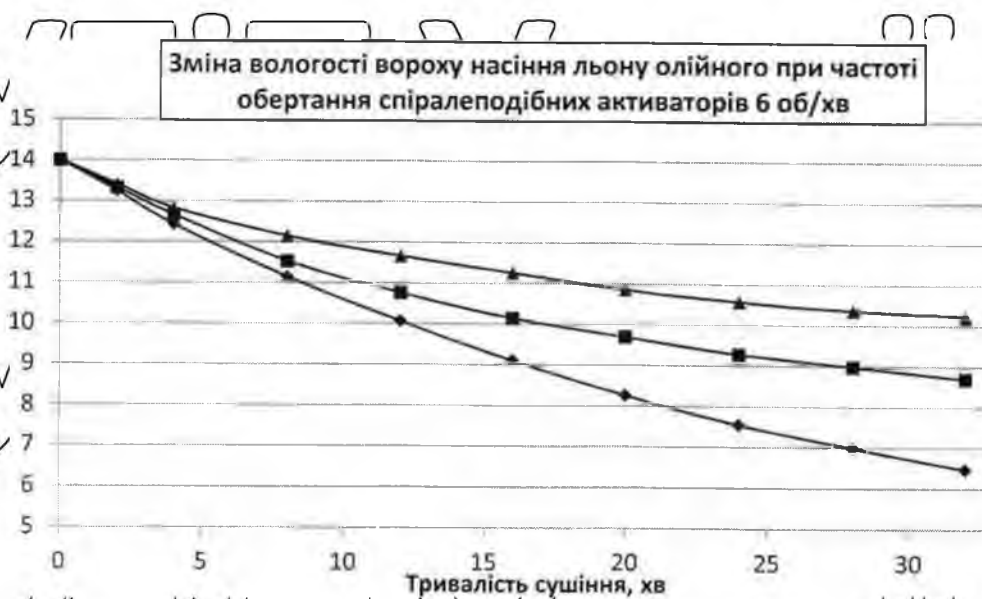
У результаті експериментального дослідження сушіння вороху

насіння льону олійного, виконаного на дослідному зразку сушарки зі

спіралеподібними активаторами (рис. 2.8), що проводилося згідно з

методикою, описаною в п. 2.3, було одержано графіки зміни вологості матеріалу і швидкості сушіння для параметрів сушильного агента і частоти

обертання спіралеподібних активаторів, представлені на рис. 3.10

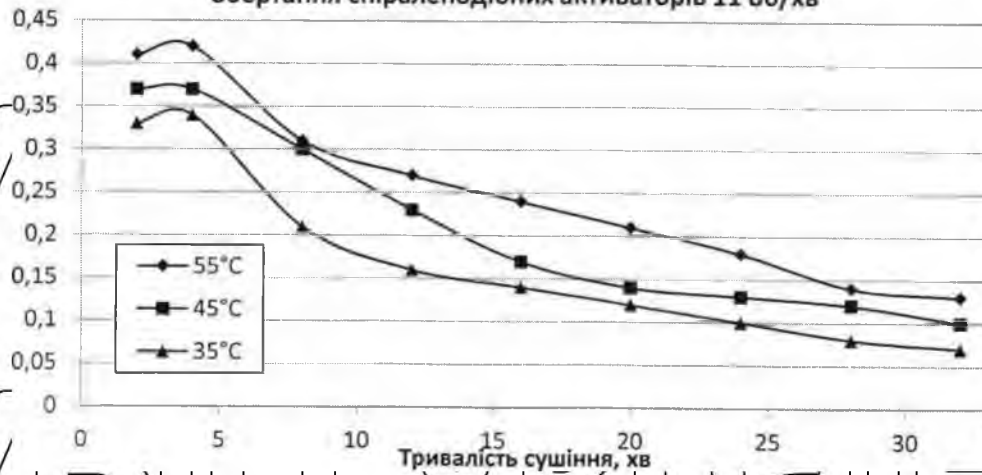


Швидкість сушіння вороху насіння льону олійного

НУБІП України

Зміна вологості вороху насіння льону олійного при частоті

обертання спіралеподібних активаторів 11 об/хв



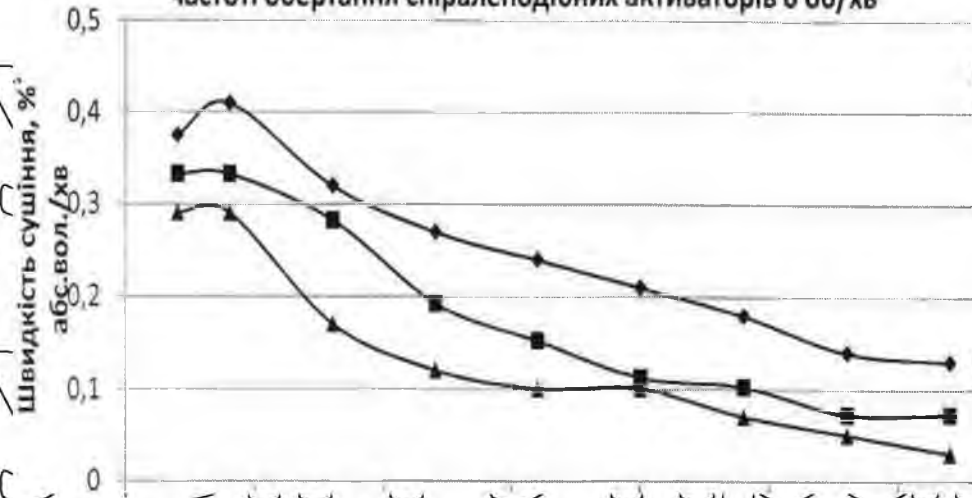
НУБІП України

НУБІП України

Швидкість сушіння вороху насіння льону олійного при частоті

НУБІП України

частоті обертання спіралеподібних активаторів 6 об/хв

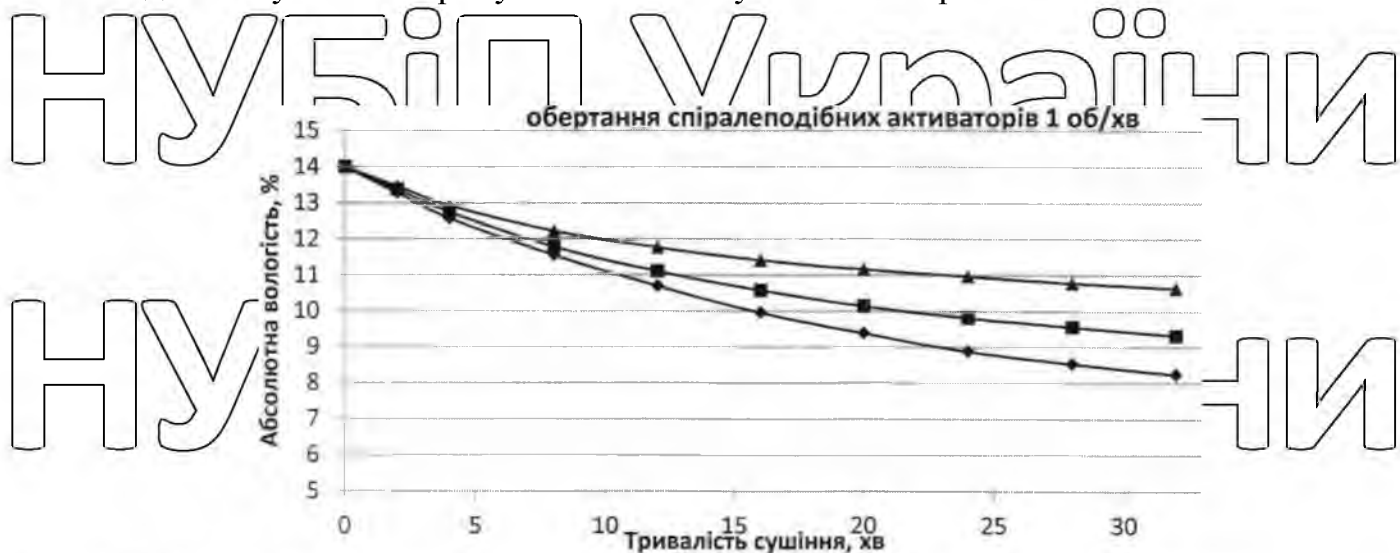


НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Швидкість сушіння вороху насіння льону олійного при частоті



Зміна вологості вороху насіння льону олійного при частоті



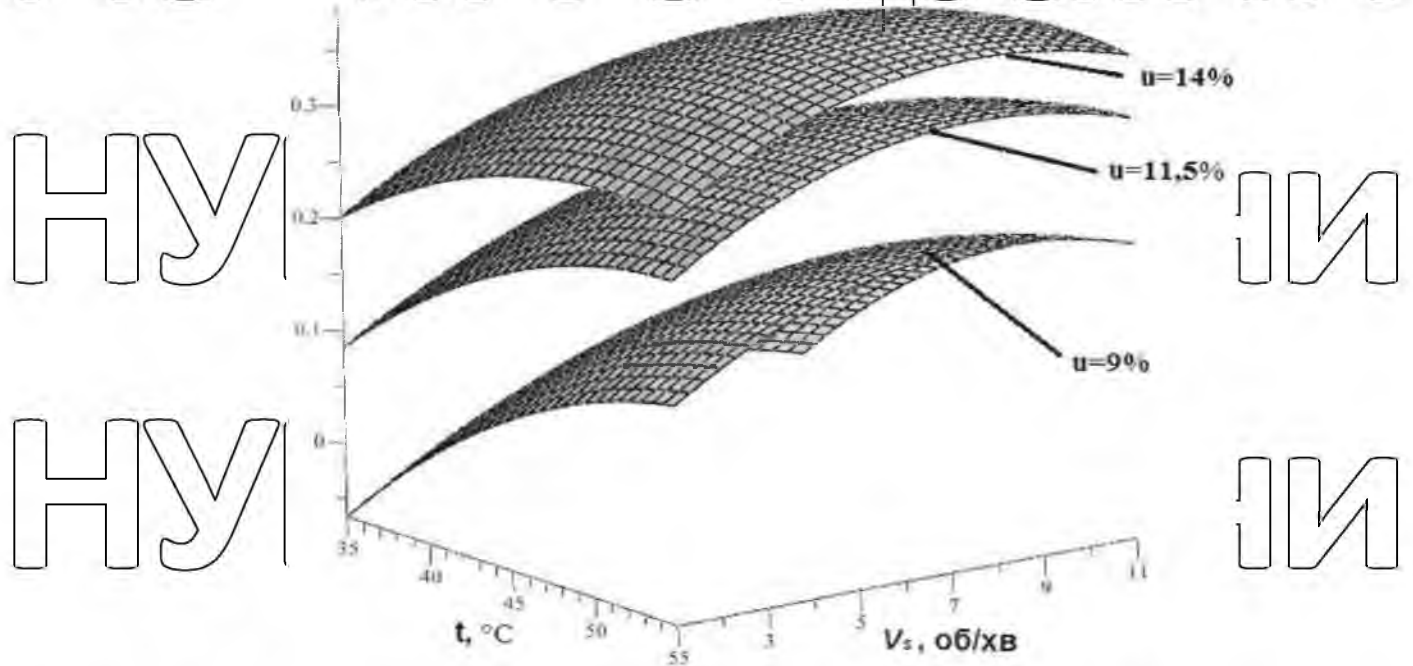
Швидкість сушіння вороху насіння льону олійного при частоті

Рис. 3.10. Криві кінетики сушіння (а,в,д) і швидкості сушіння (б,г,е) насіння льону

олійного при частоті обертання активаторів 1, 6 і 11 об/хв. і температурах

сушильного агента 35,45 і 55°C

НУБІП України



НУБІП України

У результаті обробки експериментальних даних було отримано таке рівняння регресії

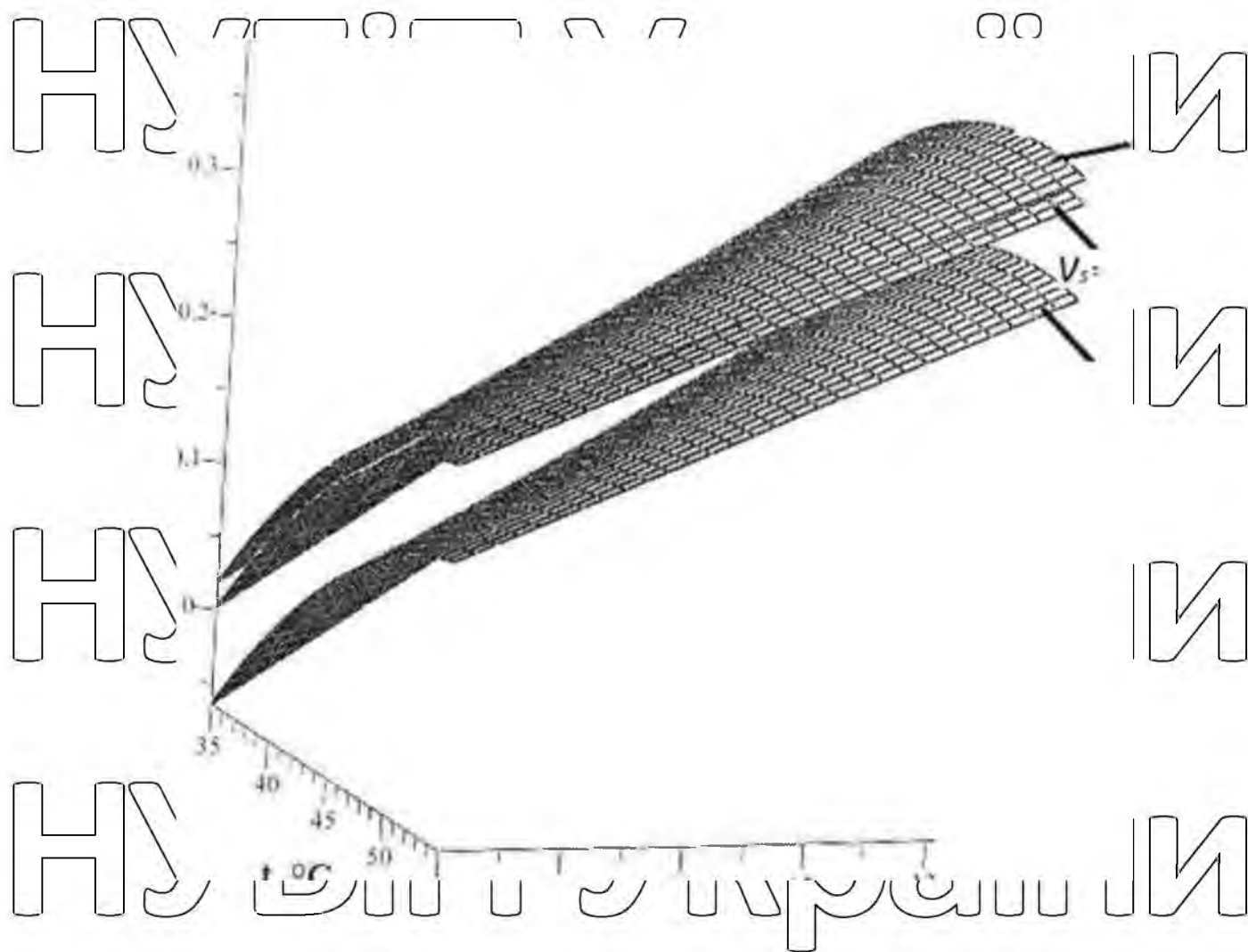
$$v_{\text{сум.}} = -1,95 + 0,05 \cdot t + 0,03 \cdot v_s + 0,03 \cdot u - 3,69 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 2,02 \cdot 10^{-3} \cdot v_s^2 - 10^{-3} \cdot t \cdot u \quad (4.4)$$

НУБІП України

НУБІП України

За даним рівнянням (2) побудовано поверхні відгуку (рис.4.18).

НУБІП України



НУБІП України

НУБІП України

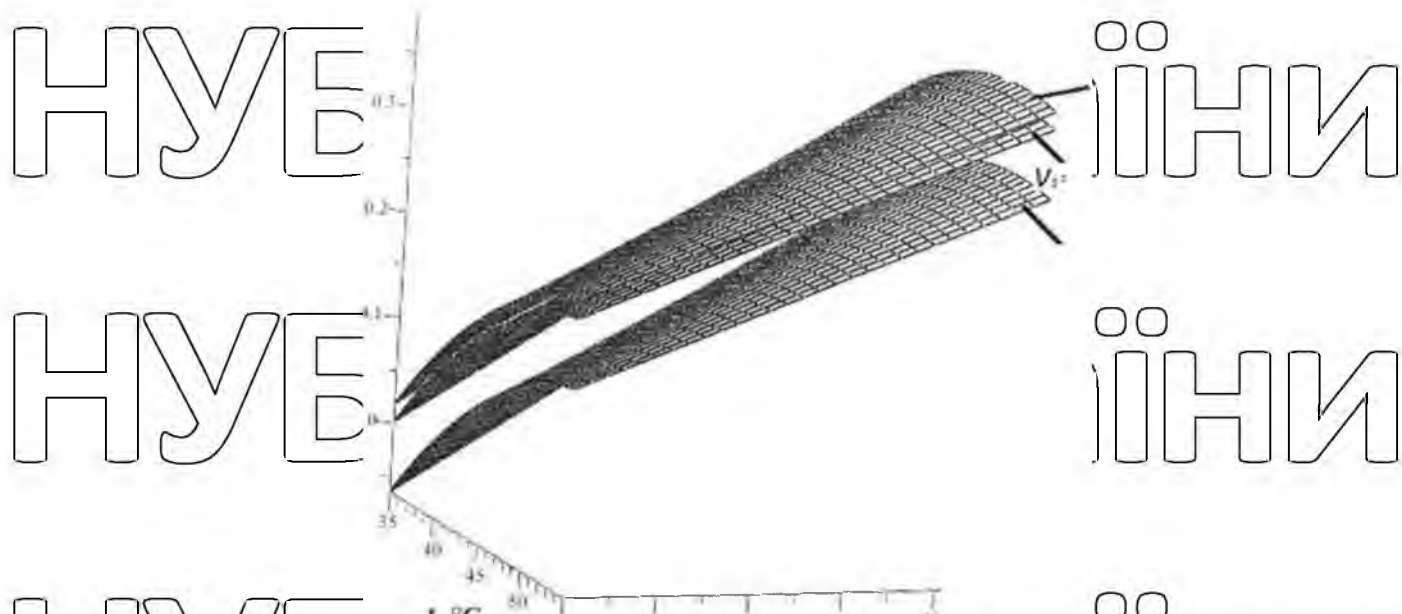


Рис. 3.11. Поверхні відгуку, що характеризують вплив температури t сушильного агента, частоти ν_s активаторів і вологості u матеріалу, на

швидкість сушіння $\nu_{\text{суш}}$.

3.6. Висновки до розділу 4

1. Дослідження впливу режимів сушіння на ефективність і якість сушіння

насіння льону олійного показало, що коливні режими сушіння (з поперемінною подачею сушильного агента 100°C та холодного атмосферного повітря) дозволяють без втрати швидкості сушіння знизити енерговитрати на приготування сушильного агента до 35 %. Проте застосування цих режимів

негативно впливає на схожість насіння і є технічно складним для великих об'ємів матеріалу. Доцільно встановлювати температуру сушильного агента для насіння льону олійного для посівних цілей 40°C , для технологічних цілей — з постійною температурою сушильного агента 60°C і з поперемінною подачею сушильного агента $20/60^\circ\text{C}$;

2. За експериментальними даними (табл.3.2) і (рис.3.2) встановлено числові значення (табл.3.3) та залежності (3.2), (3.3) коефіцієнтів емпіричного рівняння (3.1), яке характеризує зниження вологості тонкого шару насіння льону олійного з часом τ . Залежності (3.2) і (3.3) враховують швидкість V і температуру

сушильного агента γ . Вони справедливі для температури сушильного агента

35...65 °С, швидкості сушильного агента 0,9... 1,9 м/с.

3. Найбільш ефективними для перемішування і розпушування матеріалу є спіралеподібні активатори з кроком $k_s=300$ мм та діаметром $D_s=250$ мм.

Ступінь

перемішування матеріалу прямо пропорційний кількості обертів активаторів і меншою мірою залежить від частоти обертання.

4. Найбільш ефективного перемішування матеріалу вдалось досягти при відношенні кроку спіралі до діаметра спіралі активатора $k_s/D_s=1,2$ і

відношенні міжосьової відстані до радіуса витка спіралі $a_s/(D_s/2)=1,5$.

Дослідження

проводилось для діаметра спіралі 250 мм. Встановлено, що коефіцієнт неоднорідності V_c значною мірою залежить від кількості здійснених обертів активатора. Через 50 повних обертів активаторів V_c становив 30...40 %, через 100

обертів $V_c=7...8$ % в діапазоні досліджуваних частот 6... 120 об/хв. Частота обертання активаторів суттєво впливає на відносне збільшення об'єму матеріалу під час обертання порівняно з об'ємом у стані спокою. Максимального розпушування матеріалу 117 % вдалось досягти для вороху насіння льону олійного з вмістом

домішок близько 50 % від маси і відносною вологістю 17 % при частоті обертання активаторів 120 об/хв і відношенням міжосьової відстані до радіуса активаторів 0,8.

Для насіння льону олійного зі ступенем забруднення 10 % і вологістю 9 % при аналогічних режимах перемішування ступінь розпушування відносно початкового об'єму становив 106 %.

5. При частоті обертання спіралеподібних активаторів до 6 об/хв. не було виявлено пошкодження насіння льону олійного. Максимальний ступінь пошкодження насіння льону олійного 0,6 % в результаті перемішування мав місце для очищеного льону олійного з відносною вологістю 14 % після 100

обертів при частоті обертання 120 об/хв, тоді як для вороху насіння льону олійного з вмістом рослинних домішок близько 50 % і відносною вологістю 9 % він становив 0,3 % при аналогічних режимах перемішування.

6. Аналіз процесу вентиляювання шару вороху льону олійного показав, що

при перемішуванні шару вороху насіння льону олійного висотою 0,35 м лопатями з частотою 10 об/хв. швидкість повітряного потоку на виході з шару матеріалу була на 10 % меншою від швидкості 3 м/с в незаповненій матеріалом камері установки. Для нерухомого шару матеріалу зменшення швидкості при проходженні крізь шар матеріалу сягало 76 %. Внаслідок вентилявання вороху

насіння льону олійного з вмістом насіння 50-55 % при відносній вологості матеріалу 11 % маса частинок вороху, відокремлених повітряним потоком, досягала 35 % від початкової маси.

7. В результаті аналізу рівняння регресії рівномірності сушіння встановлено, що на рівномірність сушіння впливає швидкість сушильного агента і частота обертання активаторів і, меншою мірою, температура сушильного агента і крок спіралі. Всі чотири фактори є значущими. Частота обертання активаторів, достатня для ефективного розпушування і перемішування матеріалу в процесі сушіння, без його пошкодження: 5-7 об/хв, крок спіралі 300 мм при діаметрі витка спіралі 250 мм.

Аналіз рівняння регресії процесу сушіння вороху льону олійного на сушарці зі спіралеподібними активаторами показав, що на швидкість сушіння впливає вологість матеріалу і температура сушильного агента, і меншою мірою, частота обертання активаторів. При цьому всі три фактори є значущими.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СУШАРКИ

4.1. Розрахунок економічної ефективності сушарки

НУБІП України

Економічна ефективність сушарки насіння льону олійного

визначалась порівняно з барабанною сушаркою СБ-0,5, яку прийнято за

базову. Оцінка економічної ефективності проводився згідно з відомою

методикою розрахунку економічного ефекту [101] за допомогою програми, розробленої у середовищі Маїйсасі (додаток К).

Економічна ефективність застосування нової сушарки повинна

враховувати такі основні показники:

- повна собівартість виконуваних базовою та новою сушарками робіт;
- експлуатаційні витрати на утримання базової і нової сушарок;
- питомі капіталовкладення в сфері експлуатації базової та нової сушарок;
- питома матеріаломісткість базової і нової конструкції сушарок;
- річна економія коштів на експлуатаційних витратах при використанні нової сушарки.

Виходячи з експлуатаційних показників роботи базового і нового варіанту сушарки, нормативно-довідкових даних, цін на

сільськогосподарську техніку, паливно-мастильні матеріали та інше,

сформовано таблицю вихідних даних (табл.4.1).

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.1. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показник	Одиниця виміру	Машина	
		Базова	Нова
1	2	3	4
Продуктивність сушарки для насіння льону олійного	кг/год.	500	580
Тривалість роботи сушарки протягом року	днів	45	45
Чисельність обслуговуючого персоналу	людей	2	2
Маса сушарки в зборі	кг	750	610
Чиста маса сушарки без покупних частин	кг	670	550
Відпускна ціна сушарки	грн.	23000	-
Собівартість сушарки	грн.	19170	-
Вартість матеріалів у собівартості сушарки	грн.	17300	-
Потужність на привод сушарки	кВт	-	0,98
Потужність на привод вентилятора	кВт	1	0,37
Потужність калорифера	кВт	22,5	27,2
Вартість електроенергії	грн./ (кВт-год.)	0,88	0,88
Коефіцієнт відрахувань на додаткову заробітну плату	%	20	20
Коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби	%	37,84	37,84
Вартість покупних виробів нової сушарки	грн.	-	6300
Коефіцієнт конструктивної складності	-	-	1,2
Коефіцієнт зміни залежно від обсягу випуску	-	-	ІД
Коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат	-	-	1,1
Кількість вентиляторів	шт.	1	1
Кількість калориферів	шт.	1	1
Норматив галузевої рентабельності	%	25	25
Податок на додану вартість	%	20	20
Торгівельна націнка посередницької організації	%	20	20
Нормативний коефіцієнт відрахувань на реновацію	%	14,2	14,2
Норматив відрахувань на капітальний, поточний ремонти та техогляд сушарки	%	14	14

Показники економічної ефективності

Показник	Одиниця виміру	Машина		Різниця (±)
		Базова	Нова	
Продуктивність сушарки	кг/год.	500	880	+380
Річний обсяг робіт	т/рік	360	663,6	+303.6
Чисельність обслуговуючого персоналу	чол.	2	2	
Затрати праці на сушіння	люд.-год./кг	2×10^3	$1,36 \times 10^3$	$-0,864 \times 10^3$
Річна економія затрат праці при застосуванні	люд.-год.	-	236,3	-
Собівартість сушіння	грн./кг	0,094	0,046	-0,048
Експлуатаційні витрати на сушарку	грн./кг	0,084	0,04	-0,044
Річна економія грошових засобів на експлуатаційних витратах при застосуванні	грн.	-	12289	
Питомі капіталовкладення у сфері експлуатації	грн./кг	0,064	0,046	0,018
Питома металомісткість технологічного процесу	кг/кг	$2,1 \times 10^4$	$9,6 \times 10^4$	$-7,5 \times 10^4$
Термін окупності	роки	-	2,388	-

4.2. Висновки до розділу 4

1. Розроблено конструкцію сушарки для насіння льону олійного зі спіралеподібними активаторами для розпушування і перемішування матеріалу в процесі сушіння та обґрунтовано параметри: відношення

кроку спіралі до діаметра активатора $k_s / D = 1,2$ м, частота обертання активаторів 6 об/хв, споживана потужність на привод активаторів і вентилятора сушарки 0,98 кВт, продуктивність сушарки при сушінні вороху насіння льону олійного від 14 до 9 % - 0,89 т/год, питома витрата

рідкого пального: 2,96 кг/т с.м., електроенергії при використанні калорифера для нагрівання повітря: 27,2 кВт/т с.м.

НУБІП України

2. Розрахунок економічної ефективності використання сушарки

свідчить про доцільність її використання для сушіння насіння льону

олійного. Річний економічний ефект від застосування сушарки становить

12289 грн.

НУБІП України

3. У результаті дослідно-виробничих досліджень встановлено, що запропонована сушарка є працездатною.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗАГАЛЬНИ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі представлено нове вирішення науково-прикладної задачі, яке полягає у вдосконаленні технологічного процесу сушіння вороху насіння льону олійного за рахунок інтенсифікації сушіння шляхом розпушування і перемішування шару матеріалу у сушарці запропонованої конструкції. Застосування запропонованого дослідження, а також методів розрахунку її, і режимних параметрів дозволить зменшити енерговитрати на сушіння вороху насіння льону олійного.

1. Встановлено, що в процесі сушіння з перемішуванням матеріалу нерівномірність сушіння за товщиною шару знижується порівняно з нерухомим шаром. Експозиція сушіння нерухомого шару матеріалу склала 43,7 хв, у той час як при сушінні з перемішуванням шару матеріалу з різною інтенсивністю - в межах

38,6... 41,0 хв.

2. Запропоновано для аналізу кінематики сушіння з перемішуванням матеріалу враховувати коефіцієнт масової частки матеріалу $K_{i(i)}$, а для кількісного аналізу процесу перемішування насінневого матеріалу використовувати коефіцієнт інтенсивності перемішування σ . При значенні $\sigma = 5$ експозиція сушіння зменшується у 1,14 рази.

3. Аналіз процесу вентиляування матеріалу дав можливість теоретично визначити опір повітряному потоку шару сипкого матеріалу в циліндричній сушильній камері сушарки з врахуванням зміни пористості за глибиною шару. Для сушильної камери з діаметром внутрішньої стінки 0,2 м, товщиною циліндричного шару матеріалу 0,4 м, його питомою масою 630 кг/м^3 і пористістю 0,3, висотою сушильної камери 2 м при швидкості сушильного агента на вході в матеріал 2 м/с втрата тиску становить 71 Па.

4. Коливні режими сушіння з попеременною подачею сушильного агента та атмосферного повітря дозволяють знизити енерговитрати на сушіння до 35 %.

Доцільно встановлювати температуру сушильного агента для насіння льону

олійного для посівних цілей 40 °С, для технологічних цілей - з постійною температурою сушильного агента 60 °С, - з попеременною подачею сушильного агента 20/60 °С;

5. Найбільш ефективними для перемішування і розпушування матеріалу є активаторами з діаметром $D_s = 0,25$ м у формі спіралі і кроком $k_s = 0,3$ м. Ступінь перемішування матеріалу прямо пропорційний кількості обертів активаторів і, меншою мірою, залежить від частоти обертання. Для ефективного розпушування і перемішування матеріалу в процесі сушіння, без його пошкодження частота обертання активаторів повинна бути 5-7 об/хв.

6. В результаті аналізу рівняння регресії рівномірності сушіння встановлено, що на рівномірність сушіння впливає швидкість сушильного агента і частота обертання активаторів, і, меншою мірою, температура сушильного агента і крок спіралі. Всі чотири фактори є значущими. Найбільш рівномірне сушіння в межах варіювання досліджуваних параметрів має місце при частоті обертання активаторів $v_s = 12$ об/хв, температурі сушильного агента на вході в сушильну камеру $t = 55$ °С, кроці спіралі $k = 0,35$ м і швидкості сушильного агента $v = 1,2$ м/с.

Аналіз рівняння регресії процесу сушіння вороху льону олійного показав, що на швидкість сушіння впливає вологість матеріалу і температура сушильного агента, і, меншою мірою, частота обертання активаторів. При цьому всі три фактори є значущими. Зі збільшенням частоти обертання активаторів швидкість сушіння зростає.

7. Встановлено раціональні параметри сушарки: відношення кроку спіралі до діаметра активатора $k_s / D_s = 1,2$ м, частота обертання активаторів 6 об/хв, споживана потужність на привод активаторів і вентилятора сушарки 0,98 кВт, продуктивність сушарки при сушінні вороху насіння льону олійного від 14 до 9 % - 0,89 т/год, питома витрата рідкого пального: 2,96 кг/т с.м., електроенергії при

використанні калорифера для нагрівання повітря: 27,2 кВт/т с.м.)

8. Розрахований річний економічний ефект від застосування сушарки становить 12289 грн. У результаті господарсько-лабораторних досліджень встановлено, що запропонована сушарка є працездатною.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

5. Аністратенко В.О. Математичне планування експериментів в АПК: Навч. Посібник / В.О. Аністратенко, В. Г. Федоров -К.: Вища шк, 1993. - 375 с.
8. Дідух В.Ф. Збирання та первинна переробка льону-довгунця / В. Ф. Дідух., І. М. Дударев, Р. В. Кірчук. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2008. - 215 с
3. Дударев. І. М. Універсальна технологія збирання та післязбиральної обробки льону / І. М. Дударев // Науковий журнал «Технологічні комплекси», № 1,2 (5,6), 2012.-С. 148-152.
15. Кірчук Р.В. Аналіз засобів збирання і післязбирального обробітку насіння льону олійного / Р.В. Кірчук, А.А. Ящук // Актуальні проблеми та перспективи науки і виробництва: XXV-наук.-техн. конф. проф.-викл. скл. : тези доп. - Луцьк, 2010. -С. 160-162.
16. Кірчук Р.В. Моделювання процесу сушіння сипких сільськогосподарських матеріалів у рухомому шарі / Р.В. Кірчук, Л.Ю. Забродоцька, А.А. Ящук // Сільськогосподарські машини. 36. наук. ст. - Вип. 22 - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2012.-С. 94-100.
17. Кірчук Р.В. Моделювання процесу сушіння шару сипкого матеріалу / Р.В. Кірчук, А.А. Ящук // Актуальні проблеми та перспективи науки і виробництва (технічний напрямок): XXVI наук.-техн. конф. проф.-викл. скл. : тези доп. - Луцьк, 2010. - С.160-162.
23. Пат. 27977 Україна, МКВ А01F26В/17/04. Сушарка для сипких матеріалів / Дударев І.М., Кірчук Р.В., Кокалюк Л.Ю. ; заявл. 01.06.07 ; опубл. 26.11.07
25. Пат. № 56364 Україна, МПК (2010) F26 В11/00. Сушарка для сипких матеріалів / Ящук А.А.; заявник і власник патенту Луцький національний технічний університет.; заявл. 02.07.2010.; опубл. 10.01.2011, бюл. № 1.
26. Пат. № 69227 Україна, МПК (2011) F26 В17/12, F26 В17/18. Сушарка для сипких матеріалів / Ящук А.А., Кірчук Р.В., Дідух В.Ф. заявник і власник патенту Луцький національний технічний університет.; заявл. 26.09.2011.; опубл. 25.04.2012, бюл. № 8
- Подпряттов Г. І. Зберігання і переробка продукції рослинництва /Г. І. Подпряттов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. - К.: Мета, 2002. 495 с

28. Скорченко А.Ф., Карпець І.П., Ковальов В.Б. та ін. Основи ведення льонарства в сучасних умовах. - К.: Нора-прінт, 2002. - 48 с.

30. Хайліс Г.А., Федорусь Ю.В. Механіка рослинних матеріалів. — Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2004. - 302 с.

31. Хомич А.В., Дударев І.М. Технологія збирання олійного льону // Шляхи відродження галузей льонарства і коноплярства та підвищення ефективності їх наукового забезпечення: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Луцьк, 8-10 лют. 2011 р.) // М-во аграр. політики та продовольства, НААН [та ін.]. - Суми: ТОВ "ТД Папірус", 2011. - С. 127-132.

32. Ящук А. А. Дослідження процесу сушіння насіння льону олійного з розробкою конструкції сушарки / А. А. Ящук, Р. В. Кірчук, О. В. Голій // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2011. Т.4. № 107. — С. 250—258.

33. Ящук А.А. Аналіз засобів і методів післязбирального обробітку льону олійного / А.А. Ящук // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. - Вип. 20 - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2010. - С. 417—423.

34. Ящук А.А. Дослідження вентиляції шару сипкого матеріалу в циліндричній сушильній камері сушарки / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Актуальні задачі сучасних технологій : міжнар. наук.-техн. конф. молодих вч. та студ., 19-20 груд. 2012 р.: зб. тез доп. - Тернопіль, 2012. - С. 148-149.

35. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна / Н. И. Малин — М.: Колос, 2004. — 240 с.

36. Новый справочник химика и технолога: Процессы и аппараты химических технологий : в 2 ч. Ч. 1 / Г. М. Островский [и др.]; ред. Г. М. Островский. - СПб. : Професионал, 2004. - 841 с.

37. Пат. 21266 Україна, МПК (2006) А01Т26В 17/00. Сушарка для сипких матеріалів / Божидарнік В.В., Кужель Е.В., Фесенко О.О.; заявл. 15.03.2007; опубл. 24.07.2006

38. Сай В. А. Вибір технології збирання льону олійного у зоні західного полісся / В. А. Сай, В. Ф. Дідух, І. В.Тараймович // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины № 15. - 2009. - С. 84-87.

39. Санин А. А. Технология возделывания льна масличного в зоне среднего

Поволжья, (рекомендации) / А.А.Санин., Л.А.Косых, В.В.Глуховцов. - Кинель, 2006.

40. Соколов Л. Е. Агротехника и первичная переработка льна: лабораторный практикум : учебное пособие / Л. Е. Соколов, Е. А. Конопатов ; УО «ВЕТУ». - Витебск, 2006. - 141 с.

41. Старшов Е.И. Основы проектирования и расчет технологического оборудования пищевых предприятий: учебн. пособие / Т.П. Старшов, С.Н. Никоноров, А.И. Никитин. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008. - 187 с.

42. Стрижова Ф. М. Растениеводство: учебное пособие / Ф.М. Стрижова, Л.Е. Царева, Ю.Н. Титов. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. 219 с.

68. Хомич А.В., Дударев І.М. Технологія збирання олійного льону // Шляхи відродження галузей льонарства і коноплярства та підвищення ефективності їх наукового забезпечення: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Глухів, 8-10 лют. 2011 р.) / М-во аграр. політики та продовольства, НААН [та ін.]. - Суми:

ТОВ "ТД "Папірус", 2011. - С. 127-132.

70. Шведик М. С., Методика розрахунку економічного ефекту конструкторської розробки дипломного проекту. Методичні вказівки до обґрунтування економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090215 "Машини і обладнання сільськогосподарського виробництва" машинобудівного факультету денної і заочної форм навчання. / М. С. Шведик, В. І. Ткачик - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2006. - 40 с.

71. Ящук А.А. Дослідження вентилявання шару сипкого матеріалу в циліндричній сушильній камері сушарки / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Актуальні задачі сучасних технологій : міжнар. наук.-техн. конф. молодих вч. та студ., 19-20 груд. 2012 р.: зб. тез доп. - Тернопіль, 2012. - С. 148-149.

72. Ящук А.А. Дослідження вороху насіння льону олійного як об'єкта сушіння / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук, О.В. Голій // Наукові нотатки: міжвузівський зб. наук, праць. - Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. - Вип. 29. - С. 259 - 264.

73. Ящук А.А. Дослідження ефективності імпульсного сушіння насіння льону олійного / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Наукові нотатки: міжвузівський зб. наук, праць. - Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011. - Вип. 34. - С. 353 - 357. Ящук А.А. Дослідження

кінетики сушіння насіння льону олійного з розробкою конструкції сушарки / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. - Кіровоград, 2011. -Т.1. Вип. 41. - С. 309-314.

74. Ящук А.А. Дослідження сушіння вороху насіння льону олійного з перемішуванням шару матеріалу / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. - Вип. 23 - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2012. - С. 185 - 190.

75. процесу сушіння насіння льону олійного / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету [Текст]: серія: Технічні науки. — Вінниця : Видавничий центр ВНАУ, 2012.-Вин. 11. Т. 1. (65).-С. 305-309.

76. Ящук А.А. Обґрунтування конструкції сушарки насіння льону олійного / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві : XX міжнар. наук.-техн. конф, 22-24 трав. 2012 р. : тези доп. - Глеваха, 2012. - С.53-55.

77. Ящук А.А. Обґрунтування параметрів спіралеподібних робочих органів сушарки для насіння льону олійного / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету [Текст]: серія: Технічні науки. - Вінниця : Видавничий центр ВНАУ, 2012. - Вип. 10. Т.2. (59), - С. 96 - 101.

78. Ящук А.А. Обґрунтування перемішування матеріалу в процесі сушіння насіння льону олійного / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Наукові нотатки: міжвузівський зб. (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство») - Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2012. - Вип. 39. - С. 239 - 246.

НУБІП України

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ
АКТИВАТОРА СУШАРКИ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО**

ННЦ ІМЕСТ НААН УКРАЇНИ КИЇВСЬКА ОБЛ.,

ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ РАЙОН, СМТ.ГЛЕВАХА

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

01.01.MP 189 "С" 2021.01.02.039

МОРОЗОВ АНДРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ
АКТИВАТОРА СУШАРКИ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО**

ННЦ ІМЕСТ НААН УКРАЇНИ КИЇВСЬКА ОБЛ.,

ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ РАЙОН, СМТ.ГЛЕВАХА

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

01.01.MP 189 С" 2021.01.02.038

МОРОЗОВ АНДРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України