

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО  
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ  
ЛЬОНУ НА СЕПАРУВАЛЬНІЙ МАШИНИ СОМ-300”

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61

спеціальності 208. Агроінженерія  
(шифр і назва)

Тхір Руслан Андрійович  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Семен Я.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Паславський Р.І.  
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

## Завдання

УДК 631.338:633.28

Дослідження процесу очищення насіння льону на сепарувальній машині СОМ-300. Тхір Руслан Андрійович. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУП, 2024.

56 с. текст. част., 12 рис., 4 табл., 24 джерела.

Проведено аналіз способів та засобів для розділення насінневих сумішей, виявлено недоліки в роботі сепарувальної машини СОМ-300 для розділення льонового вороху, на основі чого обґрунтовано необхідність дослідження процесу сепарації насіння льону з використанням базової та модернізованої моделей вказаної машини.

Розроблена гіпотеза щодо підвищення ефективності процесу розділення насіння льону за умови його попереднього очищення в аспіраційних каналах та скерування на робочі очисні поверхні рівномірним однонасінневим потоком. Проведені теоретичні дослідження з визначення основних параметрів системи аспірації, транспортування льонового вороху та його розподілу на фрикційних поверхнях.

Наведено методики та результати експериментальних досліджень з визначення параметрів процесу сепарування льонового вороху та якості його очищення.

Розроблена карта умов праці та логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час очищення насіння льону за допомогою насіннеочисної машини.

Виконане економічне обґрунтування використання сепарувальної машини СОМ-300, обладнаної аспіраційною та завантажувальною системами.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	8
1.1 Огляд способів очищення й сортування насіння.....	8
1.2 Огляд конструкцій машин для обмолоту лляного вороху.....	11
1.3 Огляд конструкцій машин для очищення насіння льону.....	15
Висновки.....	20
<b>2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ</b> .....	21
2.1 Обґрунтування робочого процесу очищення насіння льону.....	21
2.2 Дослідження процесу транспортування насіння льону шнеком.....	22
2.3 Обґрунтування параметрів вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини.....	26
2.4 Аналітичне обґрунтування параметрів фрикційного сепаратора.....	28
Висновки.....	31
<b>3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	32
3.1 Мета і програма експериментальних досліджень.....	32
3.2 Передумови проведення дослідів.....	32
3.3 Дослідження процесу розділення льонового вороху.....	33
3.4 Визначення якісних показників розділення льонового вороху.....	35
<b>4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	37
Висновки.....	39
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	41
5.1 Складання карти умов праці під час очищення насіння льону.....	41
5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	44

## **6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ**

<b>НАСІННЄОЧИСНОЇ МАШИНИ СОМ-300.....</b>	<b>47</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>53</b>
<b>СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....</b>	<b>55</b>

## ВСТУП

Насіння льону – це цінний продукт, який є незамінним цілющим природним засобом, що знайшов широке застосування в медицині й харчовій промисловості. З очищеного насіння льону виготовляють також лляну олію [6, 11, 12, 17].

Насіння льону характеризується великою текучістю через дуже гладку поверхню. Тому розподіляти таке насіння можна тільки за властивістю поверхні, оскільки домішки, які містяться у льоновою вороху мають таку саму форму, об'єм, масу, але на їх поверхні можуть бути нерівності, сколювання, наявний пух, ворсини, тощо. Розподіляти такі суміші іншими способами вкрай важко і майже не можливо.

Для сепарації насіння льону застосовують переважно різноманітні фрикційні сепаратори, серед яких виділяють одно- та багатоярусні гірки з позовжнім або поперечним рухом конвеєра, який має робочі органи у вигляді бавовняних ниток. Проте ефективність їх роботи залежить в цілому від ступеня засміченості льоновою вороху й рівномірності його подачі на очищення [22].

**Актуальність теми.** Під час очищення насіння льону насіннеочисною машиною СОМ-300 на її сепарувальному столі (поздовжньому транспортері) насіння поділяється на три фракції робочими органами, що працюють за принципом різниці коефіцієнтів тертя різних за властивістю поверхонь насіння і домішок та бавовняних ниток, які з ними взаємодіють. За такого робочого процесу доводиться кілька разів очищати насіння, щоб отримати якісний матеріал найкращої фракції, оскільки на сортувальне полотно льоновою ворох подається нерівномірно та ще й у вигляді валиків чи скупчень, що утруднює його подальше очищення.

Саме тому пропонується дослідити робочий процес очищення насіння льону, який передбачає нагромадження насіння у бункері-накопичувачі з наступним рівномірним його завантаженням шнековим робочим органом на лотковий транспортер, який подає його односінневим шаром на сепаруваль-

ний поздовжній транспортер машини СОМ-300 з одночасним очищенням від легких домішок за допомогою системи аспірації.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження, спрямоване на визначення якісних показників розподілу льонового вороху, який піддається попередньому очищенню повітряним потоком й потрапляє на очищення однонасіненним шаром.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення ефективності сепарації льонового вороху на фрикційній машині, є актуальними.

**Мета досліджень:** підвищення ефективності процесу сепарації насіння льону на машині СОМ-300 завдяки попередньому його очищенню повітряним потоком.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати патентно-інформаційні джерела з питань способів та засобів для очищення насіння льону.
2. Виконати аналітичні дослідження основних параметрів системи аспірації, транспортування льонового вороху та його розподілу на фрикційних поверхнях.
3. Провести експериментальні дослідження процесу сепарації льонового вороху з використанням лабораторної установки.
4. Розробити карту умов праці під час очищення насіння льону.
5. Виконати економічне обґрунтування використання сепарувальної машини СОМ-300 з аспіраційною та завантажувальною системами.

**Об'єкт дослідження** – робочі органи льонозбирального комбайна й технологічний процес їх взаємодії зі стеблами льону-довгунцю.

**Предмет дослідження** – закономірності зміни показників якості сепарування насіння льону від параметрів і режимів роботи насіннеочисної машини СОМ-300, обладнаної аспіраційною та завантажувальною системами.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковані 2 статті у матеріалах і тезах наукових конференцій.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Огляд способів очищення й сортування насіння

На сьогоднішній день існують різноманітні способи, технології та засоби для післяжнивного обробітку зерна і різних за формою насінин сільськогосподарських культур, які різняться також і властивостями поверхні, різним коефіцієнтом внутрішнього й зовнішнього кутів, масою, щільністю, кольором і т.д. враховуючи специфічні особливості кожної культури застосовують різноманітні способи очищення й сортування зерна (насіння), розподіляючи їх за такими ознаками (властивостями):

- аеродинамічні властивості – насінневі суміші розподіляють повітряним потоком відповідної величини, що враховує критичну швидкість самого зерна і домішок, які є в цій суміші;
- за розмірами на решетах різного перерізу, зокрема круглого (розподіляють за шириною зерна), прямокутного (розподіляють за товщиною зерна);
- за розмірами на трієрних циліндрах (розподіляють за довжиною зерна);
- за щільністю і питомою вагою розподіляють насінневі суміші для отримання елітного зерна, використовуючи спеціальні пневматичні столи;
- за властивостями поверхні насіння – відділяють насіння основної культури з дуже гладкою поверхнею від домішок до неї, поверхня яких має нерівності, виступи, ворсини, тощо;
- за електричними властивостями – розподіляють переважно насінники трав, основна культура й домішки характеризуються дуже дрібною фракцією;
- за масою розподіляють (сортують) картоплю, розподіляючи її на фуражну, насінневу та продовольчу;
- за кольором розрізняють томати (помідори) відрізняючи стиглі (червоні, жовті) від зелених чи бурих (хворих).

Насіння льону-довгунцю характеризується великою текучістю через дуже гладку поверхню. Тому розподіляти таке насіння можна тільки за влас-



тивістю поверхні, оскільки домішки, які містяться у лляному вороху мають таку саму форму, об'єм, масу, але на їх поверхні можуть бути нерівності, сколювання, наявний пух, ворсини, тощо. Розподіляти такі суміші іншими способами вкрай важко і майже не можливо.

Для сепарації зерна (насіння) застосовують різноманітні фрикційні сепаратори (рисунок 1.1), серед яких виділяють одно- та багатоярусні гірки з поздовжнім переміщенням конвеєра (рисунок 1.1, а, б), з поперечним рухом конвеєра (рисунок 1.1, в), лопатеві та гвинтові сепаратори (рисунок 1.1, г, ж), фрикційні трієрні циліндри, електромагнітні й магнітні барабани (рисунок 1.1, д, е, є).

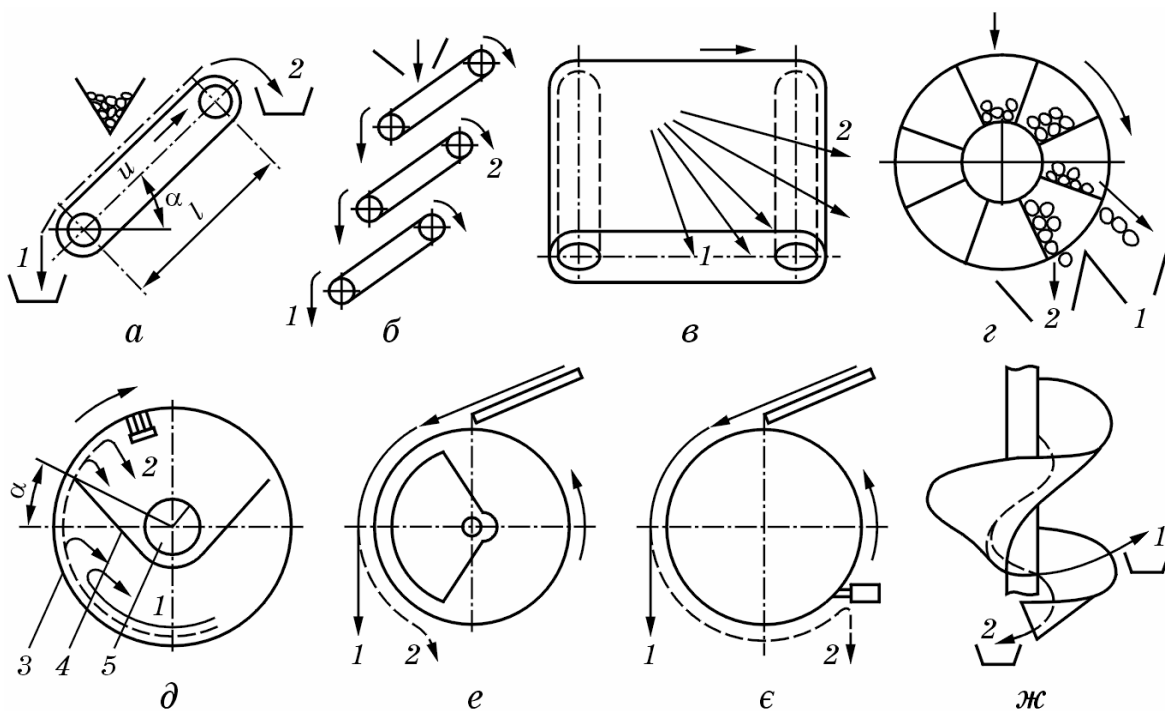


Рисунок 1.1 –Розподіл зерна за властивостями його поверхні та форми:

а – конвеєр (гірка) похилий поздовжній; б – гірки ярусні; в – конвеєр похилий поперечний; г – барабан лопатевий; д – трієр фрикційний; е – барабан електромагнітний; є – барабан електричний; ж –сепаратор (змійка) гвинтовий: 1 – зерно кругле гладеньке ; 2 – зерно плоске шорстке; 3 – циліндр фрикційний; 4 – лотік; 5 – шнек.

Під час розподілу гладенького зерна 1 з округлою формою воно швидше скочується з вищенаведених робочих поверхонь (конвеєрів, лопатей та гвинтових поверхонь гірок) униз й потрапляє в один лотік, а зерно (насіння),

що має більш плоску шорстку поверхню 2 переміщується конвеєром або самовільно скочується (сповзає) повільніше й потрапляє в інший лотік.

Поверхня фрикційного циліндра 3 під час обертання піднімає на більшу висоту більш плоскі й шорсткіші частинки вороху й примусово очисною щіткою скидає їх в лотік 4. Зерна, які мають більш округлу чи овальну поверхню скочуються вниз раніше, ніж плоскі зерна і йдуть сходом з циліндра. Насіння (зерно), яке потрапило в лотік 4 виноситься шнеком 5 з цієї зони назовні.

Під час розподілу сумішей за властивістю поверхні використовується також здатність прилипання до поверхні насіння спеціально-добавленим до суміші металевим порошком (див. рисунок 1.1, е, є). Принцип роботи таких сепараторів полягає в тому, що до гладенького насіння порошок не прилипає, а всі домішки обволочуються металевим порошком і утримується на ньому до розподільчого пристрою. Цей пристрій являє собою пустотілий циліндр (барабан), який обертається. У передній його частині (див. рисунок 1.1, е) або у всьому циліндрі (див. рисунок 1.1, є) діє магнітне поле, під дією якого до поверхні барабана прилипає насіння, на поверхні якого затримався металевий порошок. Оскільки барабан обертається, то таке насіння утримується на поверхні барабана (циліндра) більшій дузі, а насіння, на якому немає металевого порошку, відділяється від поверхні циліндра одразу. Насіння з металевим порошком на поверхні відділиться від поверхні барабана у момент, коли вийде із зони дії електромагнітного поля (див. рисунок 1.1, е). Воно може бути також видалене з магнітного барабана очисною щіткою (див. рисунок 1.1, є). Саме так піддають очищенню насіння цукрових або кормових буряків, льону-довгунцю та льону-кудряню, бобових трав (конюшини, люцерни) та інших сільськогосподарських культур від насіння багатьох бур'янів, серед яких берізка, плевела, подорожник, ромашка тощо [8].

## 1.2 Огляд конструкцій машин для обмолоту лляного вороху

Після підсихання стебел льону, вибраних льонобралкою на них у насінневих коробочках дозріло насіння. Щоб обмолотити снопи і отримати насіння застосовують льономолотарки, які здатні обмолочувати снопи безпосередньо у полі. При цьому насіння повинно бути повністю дозрілим, с тебло сухим.

Ще однією групою машин є молотарки-віялки, які застосовують для обмолоту вороху льону-довгунцю, отриманого очісуванням насінневих коробочок на льонозбиральному комбайні. Їх можна використовувати для обмолочування інших сільськогосподарських культур, зокрема конюшини. Молотарки-віялки можуть працювати як окремі машини або бути частиною стаціонарних механізованих пунктів із сушіння й тимчасового зберігання насіння льону.

Молотарка льону МЛ-2,8П призначена для обмолочування снопів льону-довгунцю шляхом відривання від стебел насінневих коробочок, їх перетирання з відокремленням і очищенням насіння [2, 4].

Льономолотарка має зварну раму, яка опирається на чотири пневматичні колеса 8 і 11 й причіпний пристрій 7. На рамі змонтовано затискний конвеєр 4 для снопів, обчісувальний 3 та терковий 5 апарати для відривання і перетирання насінневих коробочок, грохот 9, елеватор 10, решітний стан 2 з чотирма решетами, вентилятор 16 для відвіювання легких фракцій та бункер для нагромадження полови 17.

Обчісувальний апарат 3 являє собою сукупність двох барабанів, розміщених один під одним. Обидва барабани обладнані короткими та довгими гребінками, аналогічно до льонозбирального комбайна. Під час роботи барабани, обертаючись назустріч один одному своїми гребінками спочатку розчісують стебла, а потім відривають від них насінневі коробочки й скеровують їх на перетирання.

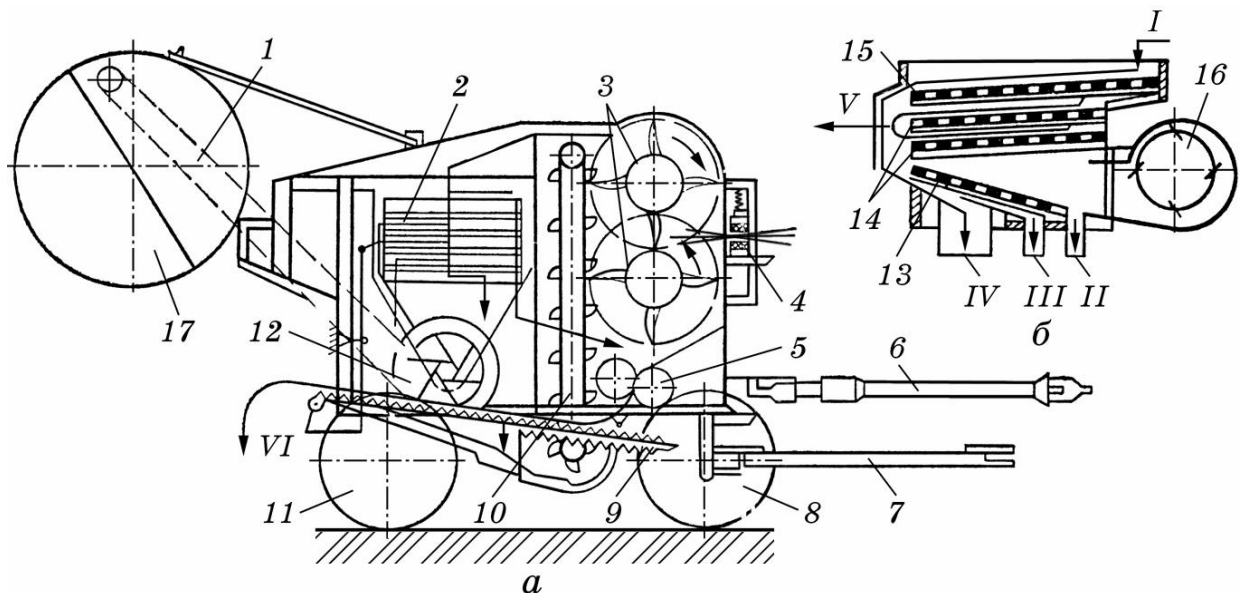


Рисунок 1.2 – Льномолотарка МЛ-2,8П:

а – схема функціональна; б – схема зерноочисника; I – льноворох; II – насіння очищене; III – підсів; IV – коробочки неперетерті; V – солома; VI – путанка; 1 – трубопровід; 2 – стан решітний; 3 – апарат обчісувальний; 4 – конвеєр затискний; 5 – апарат терковий; 6 – передачка карданна а; 7 – пристрій причіпний; 8 і 11 – колеса; 9 – грохот; 10 – елеватор; 12 – ексгаустер; 13 – підсівне решето; 14 – решета зернові; 15 – решето верхнє; 16 – вентилятор; 17 – бункер для соломи.

Терковий апарат 5 – це два дерев'яні вальці, обмотані стрічками з прогумованого матеріалу, забезпечуючи зазор між робочими поверхнями 1 мм. Вони обертаються назустріч один одному з різною швидкістю, що покращує процес перетирання коробочок.

Грохот 9 має рамку, решета з отворами й піддон. Він приводиться в дію двома шатунами і здійснює коливальний рух, виділяючи з вороху плутанину.

Зерноочисник льномолотарки виділяє насіння льону з дрібного вороху. Він містить решітний стан, чотири решета 13, 14 і 15 та вентилятор 16. Кожне з решіт має отвори з різним діаметром: верхнє – 5 мм, двоє середніх – 3,5 мм, а нижнє – всього 2 мм.

Під час обмолочування снопи льону-довгунцю подають стебла до затискного конвеєра 4 насінневими коробочками вперед, щоб вони потрапили в зону дії граблин обчісувальних барабанів, які, обертаючись назустріч один одному, своїми гребінками відривають насінневі коробочки і вони під дією

власної ваги падають на терковий апарат 5. Обчесані від насінневих коробочок стебла льону-довгунцю виносяться з молотарки цим же затискним конвеєром. Одночасно вальці теркового апарата, обертаючись перетирають насінневі коробочки і вся дрібна маса разом із великими домішками (плутаниною) потрапляє на грохот 9, на якому відділяється плутанина, а насіння льону, пройшовши крізь його отвори скеровується елеватором 10 на остаточне очищення.

Насіння проходить кілька стадій очистки. Так вентилятор 16 створює повітряний потік і скеровує його на решета, відокремлюючи таким чином з насіння льону легкі домішки, які накопичуються в бункері для полови 17. Насіння проходить крізь усі три перших решета й потрапляє на останнє четверте підсівне 13 решето, де звільняється від дрібних фракцій та скеровується лотком в мішок, закріплений на молотарці. Усі дрібні домішки проходять крізь отвори підсівного решета і виходять назовні, де також збираються в тару. Цілі насінневі коробочки або їхні частинки з решіт спрямовуються шнеком до вальців теркового апарату на повторне перетирання.

Молотарка-віялка МВ-2,5А призначена для переробки вороху льону-довгунцю, конюшини та інших с.-г. культур. Молотарка-віялка має раму, на якій змонтовано завантажувальний конвеєр 7 (рисунок 1.3) для подачі льоно-вороху, молотильний 5 та терковий 2 апарати для обмолочування насінневих коробочок, , грохот 9, до якого кріпляться решета 12, 13 і 14, а в нижній частині вентилятор 10 для дрібного вороху, соломотряс 19, вентилятор 18 для остаточного відділення легких домішок і плутанини, зерновий шнек 11 яким чисте насіння подається в бункер, шнек неперетертих коробочок 15, який скеровує їх на повторний обмолот, елеватор 20 та пневматичні конвеєри 16 і 17. Молотарка опирається на чотири пневматичні колеса, які служать також для її переміщення в межах току й на більші відстані [2, 4, 16].

Молотарка обладнана восьмибильним молотильним барабаном 5, між билами якого закріплені спеціальні металеві щитки, а між планками підбара-

бання приварюють круглі прутки. Такі пристрої служать для покращення обмолоту коробочок.

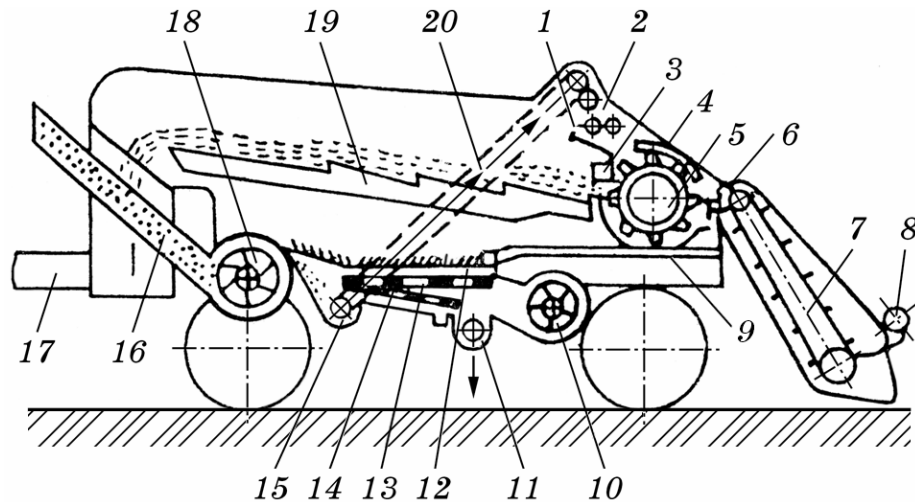


Рисунок 1.3 – Функціональна схема молотарки-віялки МВ-2,5А:

1 – щиток; 2 – апарат терковий; 3 і 6 – бітери; 4 – поверхня теркова; 5 – барабан молотильний; 7 – конвеєр; 8 – пиловловлювач; 9 – грохот; 10 і 18 – вентилятори; 11 – шнек зерновий; 12, 13 і 14 – решета; 15 – шнек коробочок; 16 – конвеєр полови пневматичний; 17 – конвеєр плутанки пневматичний; 19 – соломотряс; 20 – елеватор неперетертих коробочок.

Як і в льономолотарці в машині МВ-2,5А використовують терковий апарат 2, який складається з двох валиків, встановлених із зазором 1,0...1,5мм, котрі обертаються назустріч один одному, а поверхня яких покрита стрічками з прогумованих пасів.

Привід робочих органів молотарки може здійснюватися як від електродвигуна потужністю 13кВт так і від ВВП енергетичного засобу класів 0,9 або 1,4 [2, 4, 22].

Технологічний процес роботи молотарки-віяли наступний. Спочатку льоноворох надходить на завантажувальний конвеєр 7, яким переміщується до приймального бітера 6, а потім – до барабана 5 молотильного апарата, де і відбувається його обмолот. Насіння льону, полова, дрібні домішки й обірвані стебла льону проходять крізь отвори на підбарабанні й потрапляють на поверхню грохота 9, який здійснює зворотно-поступальні рухи і скеровує всю масу на верхні решета 12 і 13, пройшовши крізь які потрапляє на нижнє підсівне решето 14, а звідти – у зерновий шнек 11, яким транспортується в бун-

кер за межами машини. Легкі домішки, які сходять з решіт повітряним потоком, створюваним вентилятором 18, виносяться з молотарки.

Під час переробки лляного вороху на молотарці-віялці монтують середнє решето з круглими отворами, яке має діаметр 3,5мм, підсівне решето, яке кріпиться на днищі нижнього решітного стану має отвори діаметром 1,2мм.

### 1.3 Огляд конструкцій машин для очищення насіння льону

Для очищення насіння льону-довгунцю від домішок застосовують електромагнітні машини, які використовують залізний порошок або сортувальні машини, що працюють за принципом різниці коефіцієнтів тертя кожного компоненту суміші, яка піддається очищенню.

Електромагнітна насіннеочисна машина СМЩ-0,4 (подібна до неї машина ЕМС-1А) призначена для очищення насіння льону та бобових трав, а саме конюшини, люцерни, буркуну, поверхня якого дуже гладенька насіння від бур'янів, розміри, маса, форма поверхні яких подібна до основної культури. Серед таких важковідокремлюваних бур'янів найпоширенішими є берізка, плевела, волошка, подорожник, гірчак та ін. Однією з ознак, за якими можна відділити ці бур'яни від льону чи трав є наявність на їх поверхні нерівностей, ворсин, волосся тощо.

Для якісного розділення сумішей машина вимагає попереднього обробітку льоновороху на решітних станах або трієрних циліндрах.

Машина СМЩ-0,4 складається з насінневого бункера 1 (рисунок 1.4) у якому розміщено дозувальний шнек 20, пристрою для подачі залізного порошку, система зволоження вороху, лопатевого змішувач 19, похилого завантажувального шнека 6, електровібраційного живильника-розподільника (або лоткового транспортера 7), електромагнітного барабана 8 з механізмом його очищення. Машина має систему аспірації, яка складається з циклона з повітропроводами та вентилятора [2, 4].

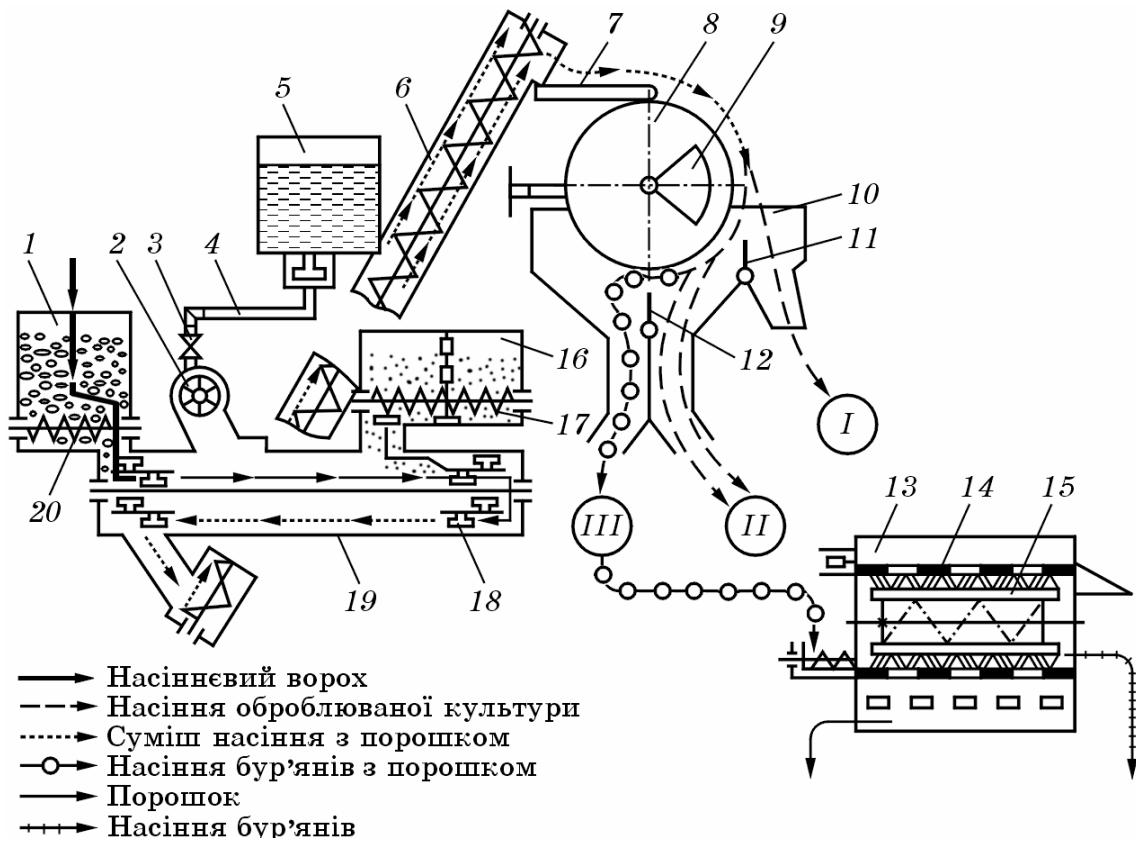


Рисунок 1.4 – Функціональна схема електромагнітної машини СМЦ-0,4:

1 – бункер; 2 – розпилювач; 3 – кран; 4 – трубопровід; 5 – резервуар; 6, 17 і 20 – шнеки; 7 – живильник-розподільник; 8 – барабан; 9 – магніт; 10 – приймач; 11 і 12 – клапани; 13 – приставка щіткова; 14 – решето циліндричне; 15 – щітки; 16 – дозатор магнітного порошку; 18 – лопать; 19 – змішувач.

У машині використовують магнітний порошок, що складається з 80% закису-окису заліза та 20% крейди. Порошок міститься в окремому резервуарі з дозатором 16 та ворушилкою.

Окремі суміші, особливо ті, які містять багато подорожника чи гірчака рекомендується перед сепарацією зволожувати. Система зволоження забезпечує краще прилипання залізного порошку через зволоження його дозованою кількістю води. Вказана система має резервуар 5 з водою, усередині якого є поплавкова камера, завдяки якій підтримується постійний тиск у трубопроводі 4, кран-дозатор 3 та розпилювач 2.

Льоновий ворох, що підлягає очищенню змішується з порошком у змішувачі, який має дві камери – одна для сухого, інша для вологого змішування з лопатевими шнеками 18. Щоб налаштувати машину на потрібний режим



змішування потрібно скористатися патрубком з перекидною заслінкою, розміщених на кришці корпусу шнека. Цим патрубком порошок подають у верхню камеру (сухе змішування) або в нижню – вологе змішування.

Під час розділення суміші льонового вороху бункера 1 шнеком-дозатором 20 весь ворох подається в змішувач 19. Одночасно магнітний порошок з окремої ємності шнеком 17 подається в верхню камеру змішувача через дозатор магнітного порошку 16. Насіннева суміш переміщується з магнітним порошком, який прилипає тільки до бур'янів або інших домішок з шорсткою поверхнею і утримується на ній.

Перемішане з магнітним порошком насіння й бур'яни похилим шнеком 6 скеровується до живильника-розподільника (лоткового транспортера) 7, який рівномірно однонасінневим потоком спрямовує його на окрему з двох доріжок електромагнітного барабана 8. Насіння льону з дуже гладенькою поверхнею на якій відсутній магнітний порошок вільно скочується у ємність 10 – вихід I (I сорт). Укрите магнітним порошком насіння бур'янів, взаємодіючи з магнітним полем, утримується на поверхні доріжок барабана і сходять дещо пізніше, потрапляючи у вихід III (III сорт). Між виходами I та III відокремлюється насіння (вихід II (II сорт), частково вкрите магнітним порошком. Воно збирається в окрему тару й подається на повторну обробку.

Насіннеочисна гірка ОСГ-0,2А використовується для очищення насіння льону, а також овочевих та інших сільськогосподарських культур.

Льонова гірка ОСГ-0,2А має бункер 1(рисунок 1,5), два очисні полотна конвеєри 2, нижні та верхні щітки, змонтовані на рамі [2, 4].

Лівий та правий очисні конвеєри – це наклеєні на клейонку нескінченні байкові бавовняні полотна, встановлені під кутом 35...45град. Нижня щітка служить очисником робочої поверхні полотна й запобігає просипанню льону між полотнами. Верхня щітка (скребок) розподіляє поданий матеріал на полотнах тонким шаром, а також зчищає шорстке насіння бур'янів (домішок), що піднімається полотном вверх.

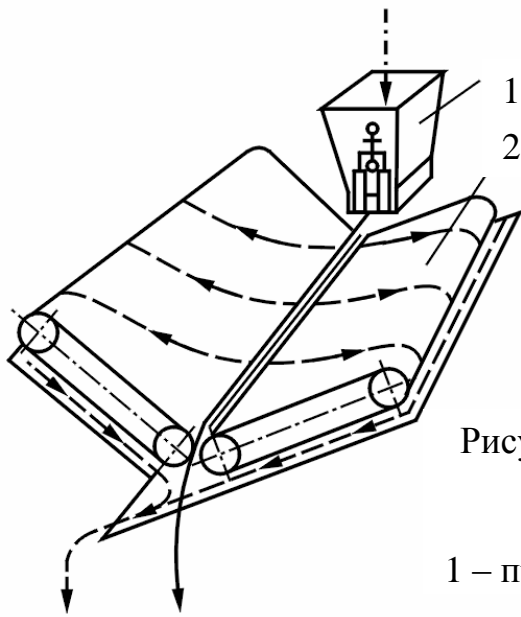


Рисунок 1.5 – Функціональні схеми фрикційної гірки ОСГ-0,2А:

1 – приймальний бункер; 2 – полотняні конвеєри.

Під час сепарації насіння льону з приймального бункера 7 регульованим потоком скеровується на нижню частину полотен. Завдяки осьовому нахилу й постійному руху кожного з полотен угору відбувається сепарація льонового вороху. Фракція насіння (домішок) з гладенькою і округлою поверхнею поступово переміщується вздовж міжваликового простору й лотком скеровується в ящик для чистого насіння. Фракція насіння з плоскою і шорсткою поверхнею захоплюється бавовняними полотнами й переміщується догори, звідки потрапляє у ємність для відходів.

Аналогічне призначення, що і фрикційна льонова гірка ОСГ-0,2, має насіннеочисна машина СОМ-300. Принцип роботи машини полягає у розподілі окремих компонентів суміші (вороху) за властивостями їх поверхні, яким притаманні різні коефіцієнти внутрішнього тертя відповідно до біологічних особливостей кожного компонента суміші та зовнішнього тертя – між насінням (домішками) й робочими органами насіннеочисної машини.

Насіннеочисна машина СОМ-300 має раму 5 (рисунок 1.6) з чотирма металевими колесами, поздовжній прогумований транспортер 7, розміщений між ведучим і веденим барабанами (вальцями). Над цим транспортером змонтовано три поперечні полотняні транспортери 6, робочими органами яких є бавовняні нитки, які торкаються поверхні поздовжнього транспортера 7 орієнтовно кінцями ниток величиною до 1,5см. У передній верхній частині ма-

шини, над поздовжнім транспортером 7 розміщений бункер 9 для льонового вороху, який підлягатиме очищенню.

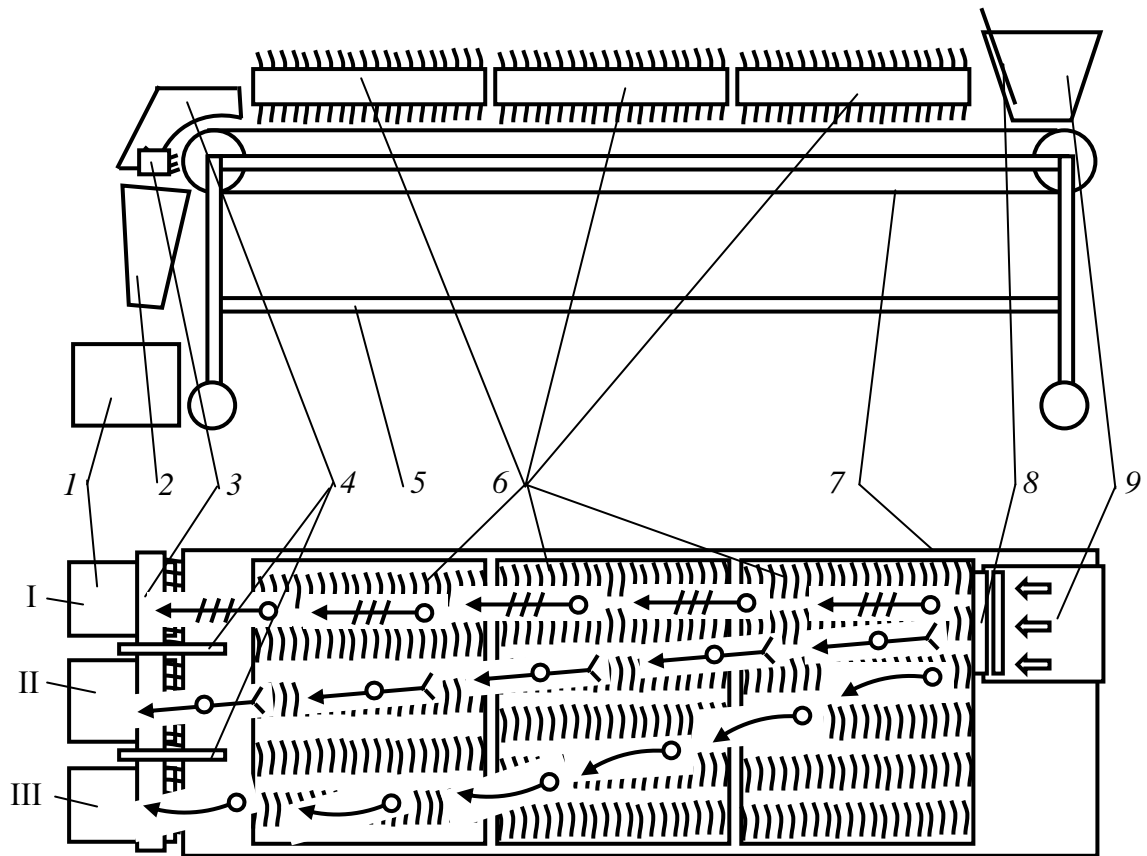


Рисунок 1.6—Конструктивно-технологічна схема машини COM-300:

⇐ - неочищене насіння; ⇐ // ○ - насіння I сорту; ⇐ ○ < - насіння II сорту; ⇐ ○ - насіння III сорту (відходи).

На виході очищеного насіння льону з насіннеочисної машини змонтовано дільники 4, які ділять весь потік на окремі потоки, відповідно до окремих фракцій (насіння й відходів). Насіння очищається з поздовжнього транспортера очисними щітками 3. Воно скеровується через лотки 2 по окремих ємностях 1.

Під час очищення насіння льону від домішок уся суміш з бункера 9 подається через заслінку 8 регульованим потоком на поздовжній прогумований транспортер 7. Ворох переміщується ним й одночасно піддається дії ниток поперечних транспортерів 6, які ковзають по гладкому насінню і відводять в сторону домішки через їх шорстку поверхню. В результаті отримуємо насіння I сорту, яке потрапляє у збирач (ємність) 1 (I). Фракція II потрапляє у єм-

ність 1 (II). До неї входить пошкоджене насіння основної культури, з видимими подряпинами чи пошкодженнями, а також частина важковідокремлюваних бур'янів. Решта вороху (фракція III) потрапляє у відходи, оскільки тут відібрані бур'яни з шорсткою, покритою волоссям чи ворсинами поверхнею. Ворох, що потрапив у фракції II та III можна повторно піддавати очищенню, щоб повністю виділити з нього чисте насіння льону.

### Висновки

1. Насіння льону розділяють за властивістю його поверхні – насіння основної культури з дуже гладкою поверхнею відділяють від домішок до неї, поверхня яких має нерівності, виступи, ворсини, тощо.

2. Для очищення насіння льону переважно застосовують фрикційні гірки або електромагнітні машини.

3. Для підвищення якості очищення насіння льону на машині СОМ-300 її доцільно обладнати системами аспірації та рівномірного завантаження насіння на сепарувальний транспортер.

## 2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ

### 2.1 Обґрунтування робочого процесу очищення насіння льону

Процес очищення насіння льону полягає у відділенні від основної культури важковідокремлюваних домішок, маса, щільність та розміри яких однакові з насінням льону і різняться з ним тільки властивістю поверхні, на якій наявні ворсини, волосся, шороховатості, нерівності, сколювання і т.д. окрім вказаних домішок в насіння льону потрапляє велика кількість легких домішок (полова з насінневих коробочок, плутанина з льоно-трести, насіння чи рослинні рештки бур'янів, тощо).

Традиційно, для очищення насіння льону використовують фрикційну насіннеочисну машину СОМ-300, на сепарувальному столі (поздовжньому транспортері) якої насіння поділяється на три фракції робочими органами, що працюють за принципом різниці коефіцієнтів тертя різних за властивістю поверхонь насіння і домішок та бавовняних ниток, які з ними взаємодіють. За такого робочого процесу доводиться кілька разів очищати насіння, щоб отримати якісний матеріал найкращої фракції. Це пов'язано з тим, що на сортувальне полотно насіння льону подається нерівномірно, тобто на етапі завантаження на сортування потрібно врахувати цей недолік, особливо якщо насіння льону не піддавалося попередньому очищенню і в ньому є плутанина та ворох з насінневих коробочок. В такому разі на поверхню поздовжнього транспортера насінневий ворох потрапляє у вигляді валиків чи скупчень, утруднює його подальше очищення.

Саме тому пропонується наступний робочий процес очищення насіння льону: нагромадження насіння у бункері-накопичувачі (рисунок 2.1) з наступним рівномірним його завантаженням шнековим робочим органом на лотковий транспортер, який подає його односінневим шаром на сепарувальний поздовжній транспортер машини СОМ-300; в момент сходження насіння з шнекового робочого органу на лотковий транспортер за допомогою системи

аспірації (додаткового вентилятора з повітряними каналами, який працює за принципом всмоктування повітря) з нього забираються легкі домішки і плутанина.

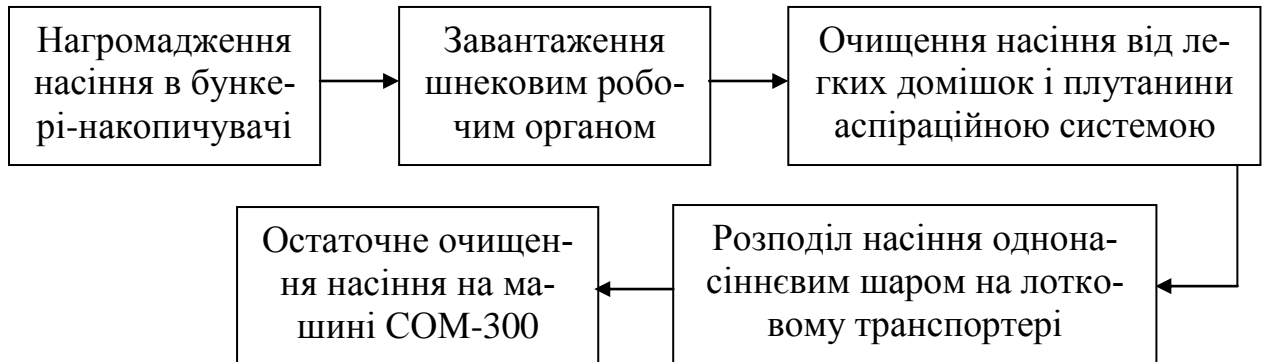


Рисунок 2.1 Схема робочого процесу очищення насіння льону

Таким чином під час запропонованого робочого процесу насіння на очищення потрапляє рівномірно, одно насіннєвим шаром і без додаткових домішок, що підвищує ефективність його сепарації на основному полотні машини СОМ-300.

## 2.2 Дослідження процесу транспортування насіння льону шнеком

Льоновий ворох, який потрапляє на очищення транспортується шнековим робочим органом, розміщеним під певним кутом до вертикалі. Робочим органом шнека виступає вал з навивкою, розміщений у циліндричній трубі. Продуктивність і енергетичні показники транспортування ним вороху залежать від величини й характеру зміни кутової швидкості часточки льонового вороху (насіння), що перебуває на його витках [20].

Виділимо з льонового вороху елементарну часточку насіння масою  $dm$  та проаналізуємо її переміщення від довільної початкової точки  $O$  (рисунок 2.2, а) циліндричного шнека на відстані  $r$  від осі  $IIII$  його обертання. Елементарна частинка переміщується по траєкторії абсолютного руху  $AB$  (див. рисунок 2.2, б), а осі  $\tau$ ,  $b$ ,  $n$  – це відповідно дотична, бінормаль та нормаль до траєкторії її абсолютного переміщення, причому вісь  $n$  має напрям, що спів-

падає з віссю  $Y$  і скерована до центру кривизни витка циліндричного шнека. Зі схеми (див. рисунок 2.2, а) видно, що вісь  $Z$  паралельна до осі  $ШШ$  циліндричного шнека для транспортування льонового вороху, вісь  $X$  розміщена по дотичній, а вісь  $Y$  – по нормалі та лежить в площині  $PP$  обертання витка циліндричного шнека. В свою чергу, площина  $PP$  є перпендикулярною до осі  $ШШ$ ;  $ГГ$  – горизонтальна площина [5, 13].

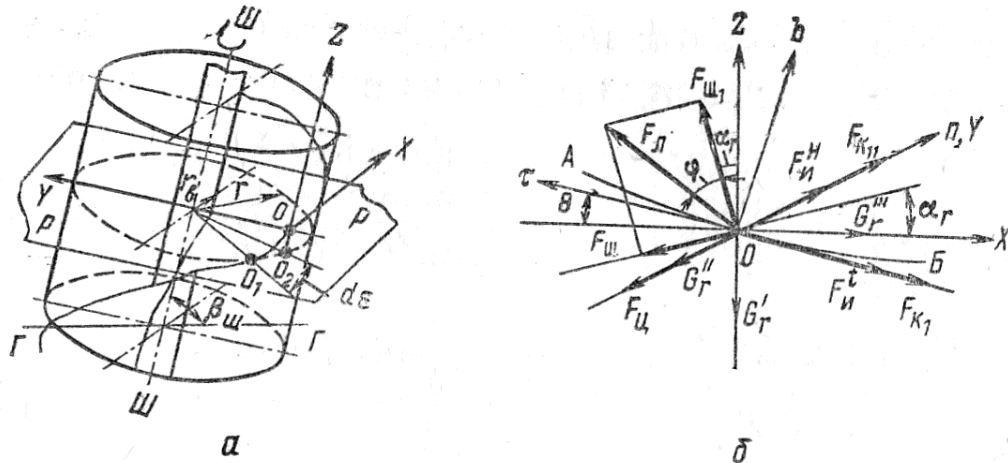


Рисунок 2.2 – Схема взаємодії витка шнека з елементарною часточкою насіння льону (а) та сили, що діють на часточку (б).

На виділену елементарну часточку льонового вороху, що транспортується витками циліндричного шнека і знаходиться на його витку діють одночасно такі сили: сила ваги елементарної часточки  $G_r = gdm$ , яка розкладається на такі три складові: осьову  $G_r' = \sin \beta_u$  (діє вздовж осі  $Z$ ), радіальну  $G_r'' = \cos \beta_u \cdot G_r \cos \varepsilon$  (діє вздовж осі  $Y$ ) та дотичну  $G_r''' = \cos \beta_u \cdot G_r \sin \varepsilon$  (напрявлена по осі  $X$ ); відцентрова сила  $F_{\text{ц}} = \omega_r^2 r dm$  (діє по осі  $Y$ ); сила тертя  $F_{\text{к1}}$  (діє по осі  $\tau$ ) елементарних часточок льонового вороху об днище бункера-накопичувача, в якому працює шнек; сила тертя  $F_{\text{ш}}$  (діє під деяким кутом нахилу гвинтової лінії  $\alpha_r$  до осі  $X$ ) елементарних часточок льонового вороху по гвинтовій поверхні шнека; дотична сила інерції  $F_{\text{и}}'$ , яка діє по дотичній до траєкторії абсолютного переміщення часточок льонового вороху (вісь  $\tau$ ) і є протилежною до напрямку вектора абсолютної швидкості  $V$  (див. рисунок 2.2

б); нормальна сила інерції  $F_n^i$ , що діє вздовж осі  $n$ ; нормальна реакція сусіднього шару льонового вороху  $F_{kn}$  (діє по осі  $n$ ) та гвинтової поверхні витків шнека  $F_{ul}$  (діє під кутом  $\alpha_r$  до осі  $Z$ ).

Сила тертя елементарної часточки об циліндричну трубу шнека виникає внаслідок спільної дії сил  $F_u$  і  $G_r''$ . Її можна визначити за формулою [3, 5]:

$$F_{kl} = f_r (F_u + G_r'') = f_r (\omega_u^2 r + g \cos \beta_u \cos \varepsilon) dm, \quad (2.1)$$

де  $f_r$  – узагальнений коефіцієнт тертя елементарних часточок льонового вороху об днище бункера-накопичувача, сусідній шар транспортованого матеріалу, гвинтову та циліндричну поверхні шнека.

Абсолютна швидкість елементарних часточок льонового вороху, які переміщуються витками шнека становить

$$V = \sqrt{V_t^2 + V_0^2} = r \sqrt{\omega_r^2 + (\omega - \omega_r)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_r}, \quad (2.2)$$

де  $V_t$  – тангенціальна швидкість елементарних часточок льонового вороху на радіусі  $r$  від осі завантажувального шнека, яка визначається з умови

$$V_t = \omega_r r, \quad (2.3)$$

$V_0$  – осьова швидкість елементарних часточок льонового вороху на радіусі  $r$  від осі завантажувального шнека насіннеочисної машини, яку можна визначити з умови

$$V_0 = (\omega - \omega_r) r \operatorname{tg} \alpha_r, \quad (2.4)$$

$\omega$  – кутова швидкість завантажувального шнека насіннеочисної машини;  
 $\alpha_r$  – кут нахилу гвинтової лінії завантажувального шнека насіннеочисної машини на радіусі  $r$  (див. рисунок 2.2, б).

Дотична сила інерції елементарних часточок льонового вороху, що переміщуються витками завантажувального шнека насіннеочисної машини визначається за формулою



$$F_i^t = \frac{dV}{dt} dm = \frac{r(\omega_r - (\omega - \omega_r) \operatorname{tg}^2 \alpha_r) d\omega_r}{\sqrt{\omega_r^2 + (\omega - \omega_r)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_r}} dm. \quad (2.5)$$

Нормальна сила інерції, що діє вздовж осі  $n$  становить:

$$F_i^n = \frac{V^2}{r_a} dm = \frac{r^2(\omega_r^2 + (\omega - \omega_r)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_r)}{r(1 + \operatorname{tg}^2 \theta)}, \quad (2.6)$$

де  $r_a$  – радіус кривизни гвинтової лінії траєкторії в розглядуваній точці  $O$ ,

$$r_a = r(1 + \operatorname{tg}^2 \theta); \quad (2.7)$$

$\theta$  – кут нахилу гвинтової лінії траєкторії елементарних часточок льонового вороху до осі  $X$  (див. рисунок 2.2, б).

$$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \alpha_u (\omega - \omega_r) \omega_r^{-1}, \quad (2.8)$$

$\alpha_u$  – кут нахилу гвинтової лінії завантажувального шнека насіннеочисної машини на периферії його витка.

Рівняння динамічної рівноваги елементарної часточки льонового вороху в проекціях на осі натурального триєдра ( $\tau$ ,  $b$ ,  $n$ ) траєкторії (див. рисунок 2.2, б) має вигляд

$$\begin{cases} \sum \tau = (F_n \sin(\alpha_r + \theta + \varphi) - G_r^m \cos \theta - F_{\kappa l} - F_n^t - G_r^i \sin \theta) \cos \varepsilon - \\ - (F_u + G_r^n - F_i^n - F_{\kappa //}) \sin \varepsilon = 0; \\ \sum b = \pm F_n \cos(\alpha_r + \theta + \varphi) + G_r^m \sin \theta - G_r^n \cos \theta = 0; \\ \sum n = (F_u + G_r^m + F_s^n - F_{\kappa //}) \cos \varepsilon + \\ + (F_n \sin(\alpha_r + \theta + \varphi) - G_r^m \cos \theta - F_{\kappa l} - F_i^t - G_r^i \sin \theta) \sin \varepsilon = 0. \end{cases} \quad (2.9)$$

Спільним вирішенням рівнянь (2.5) та (2.9) можна визначити середню кутову швидкість елементарної частинки льонового вороху, виключивши з рівнянь (2.9) них силу  $F_n$ , а саме:

$$\omega_r^{cp} = \int_{\varepsilon=2k\pi}^{\varepsilon=(2k+4)\pi} \omega_r d\varepsilon \cong \frac{\omega_r^{2k\pi} + \omega_r^{(2k+4)\pi}}{2}. \quad (2.10)$$

Аналізуючи отримане рівняння (2.10) можна зробити висновок, що в нахиленому завантажувальному шнеці насіннеочисної машини елементарна часточка льонового вороху має періодично встановлений рух і в певний момент часу її швидкість може співпадати з швидкістю обертання завантажувального шнека й переміщення льонового вороху може не відбуватися взагалі.

Саме тому слід монтувати завантажувальний шнек під певним кутом у бункері, що є його основою і він знаходиться нерухомо на горизонтальній поверхні.

### 2.3 Обґрунтування параметрів вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини

Для системи аспірації насіннеочисної машини, яка призначена для відокремлення від льонового вороху легких домішок доцільно використати вентилятор, який працює за принципом всмоктування повітря і легких домішок разом з ним.

Вибираючи вентилятор для системи аспірації насіннеочисної машини потрібно визначити його аеродинамічну схему та характерні конструктивно-технологічні параметри, орієнтуючись на максимальну економічність вентилятора за можливо мінімальних габаритах та масі.

Першочергово визначаємо швидкохідність вибраного вентилятора, скориставшись виразом

$$n_y = 5,54 n Q^{1/2} P_{v0}^{-3/4}, \quad (2.11)$$

де  $Q$  – продуктивність вентилятора, м<sup>3</sup>/с;

$P_{v0}$  – зведений повний тиск вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини,  $P_{v0} = P_v \rho_0 / \rho$ , Па;

$P_v$  – повний тиск вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини; Па;

$\rho_0, \rho$  – відповідно, густина повітря за стандартних та даних умов;

$n$  – частота обертання робочого колеса, с<sup>-1</sup>.

Повний тиск вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини є більший ніж статичний  $P_s$  на динамічну складову, величину якої можна визначити з умови

$$P_{dv} = 0,5 \rho u_{\Gamma}^2. \quad (2.12)$$

Тип вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини характеризується такими безрозмірними параметрами:

коефіцієнт подачі, який визначається за форм улою:

$$\varphi = \frac{Q}{Fu}, \quad (2.13)$$

коефіцієнти повного й статичного тисків, які, відповідно, визначаються з наступних залежностей:

$$\psi = \frac{P_v}{0,5 \rho u^2}, \quad (2.14)$$

$$\psi_s = \frac{P_s}{0,5 \rho u^2} \quad (2.15)$$

коефіцієнт споживаної потужності вентилятором

$$\lambda = \frac{1000N}{0,5F\rho u^2}, \quad (2.16)$$

де  $F$  – площа робочого колеса вентилятора, м<sup>2</sup>;

$$F = \frac{\pi D_k^2}{4}, \quad (2.17)$$

$D_k$  – діаметр робочого колеса вентилятора, м;

$u$  – колова швидкість колеса вентилятора, с<sup>-1</sup>;

$$u = \frac{\pi D_k^2 n}{60}; \quad (2.18)$$

$N$  – споживана потужність на валу вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини, кВт.

Підставивши отримані значення у відповідні формули, отримаємо вирази для визначення повного (2.19) й статичного (2.20) коефіцієнтів корисної дії вентилятора та його швидкохідності (2.21):

$$\eta_n = \frac{\varphi\psi}{\lambda}, \quad (2.19)$$

$$\eta_s = \frac{\varphi\psi_s}{\lambda}, \quad (2.20)$$

$$n_y = 158\rho^{\frac{3}{4}}\varphi^{\frac{1}{2}}\psi^{-\frac{3}{4}}. \quad (2.21)$$

Теоретичними дослідженнями встановлено, що за втрат тиску в аспіраційній системі в межах 3,0кПа, витрата повітря вентилятором становитиме  $Q = 0,286\text{м}^3/\text{с}$ . Під час вибору вентилятора для системи аспірації насіннеочисної машини потрібно враховувати, що ефективність його роботи, що полягає у безперебійному транспортуванню легких фракцій льонового вороху пневмокомунікаціями, буде забезпечена, якщо витрати повітря вентилятором будуть збільшені не менше, ніж на 5%, а тому  $Q = 0,293\text{м}^3/\text{с}$ .

Частоту обертання вентилятора вибираємо в межах 2900об/хв., що забезпечуватиме статичний тиск  $P_s = 3,46\text{кПа}$  за збільшеної витрати повітря  $Q = 0,293\text{м}^3/\text{с}$ .

#### 2.4 Аналітичне обґрунтування параметрів фрикційного сепаратора

Як відомо, фрикційне сепарування базується на різниці коефіцієнтів тертя насіння окремих фракцій суміші, подібних за розмірами, щільністю, масою та аеродинамічними властивостями.

Одним із способів такого сепарування – використання рухомих плоских поверхонь (гірок). За рівномірної подачі насінневого вороху на таку рухому похилу площину, цей ворох, що містить насіння з різними коефіцієнтами тертя, а значить, воно по-різному буде переміщуватися робочою поверхнею площини і, таким чином, розподілятися на окремі фракції.

Проаналізуємо взаємодію часточки насіння з поверхнею полотна, нахиленого під кутом  $\alpha$  (рисунок 2.3) до горизонту і рухається за напрямком швидкості  $V_n$ .

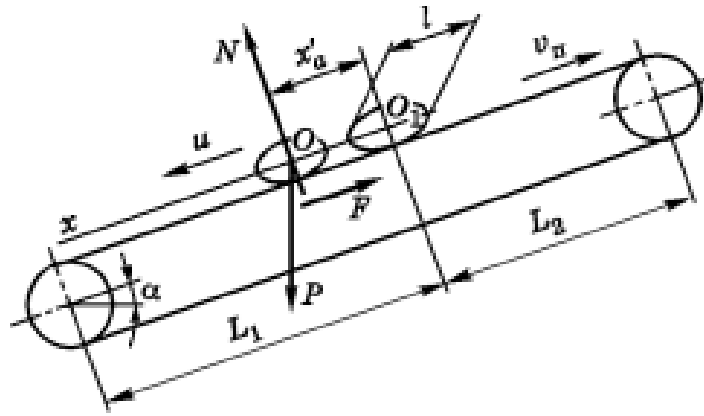


Рисунок 2.3 – Схема руху часточки на полотні похилої гірки

На елементарну часточку з центром у точці  $O$ , що перебуває на полотні, діють сили тяжіння  $P = mg$  і тертя  $F$  та нормальна реакція  $N$ .

Рух вказаної часточки вздовж поверхні полотна можна виразити наступним диференціальним рівнянням [3]:

$$m \frac{du}{dt} = mg \sin \alpha - F. \quad (2.22)$$

де  $u$  – швидкість руху часточки відносно полотна, м/с;

$m$  – маса насіння, г.

Відомо, що

$$F = N \operatorname{tg} \varphi = mg \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.23)$$

де  $\varphi$  – кут тертя часточки по полотну.

З врахуванням (2.22) та (2.23) будемо мати:

$$du = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} dt. \quad (2.24)$$

Провівши інтегрування рівняння (2.24) отримаємо вираз для визначання відносної швидкості часточки на поверхні полотна

$$u = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} t + C. \quad (2.25)$$

У випадку потрапляння елементарної часточки на поверхню полотна з нульовою швидкістю, то вона одразу набуває швидкості  $V_n$  руху полотна і стала інтегрування  $C$  (за  $t = 0$ ) дорівнюватиме  $V_n$ , тобто становитиме  $C = V_n$ .

Тоді формула (2.25) набере вигляду:

$$u = V_n = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} t. \quad (2.26)$$

Із рівняння (2.26) випливає, що за виконання умови  $\alpha \leq \varphi$ , елементарна часточка буде переміщуватися ввєрх разом з полотном; якщо  $\alpha \geq \varphi$ , то відносна швидкість  $u_v$  буде постійно зростати.

Відносне переміщення  $x_0$  часточки поверхнею полотна буде становити

$$x_0 = V_n t = \frac{gt^2}{2} \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}. \quad (2.27)$$

Разом з полотном елементарна часточка за час  $t$  переміститься на відстань  $x_n = V_n t$ .

Таким чином, абсолютний рух часточки характеризуватиметься різницею:

$$x_a = x_0 - x_n, \text{ або } x_a = \frac{gt^2}{2} \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}. \quad (2.28)$$

Отже, закономірність переміщення часточки за абсолютного руху в часі має вигляд параболи. При цьому швидкість руху полотна не впливає на переміщення елементарної часточки, яка ковзає його полотном, переміщуючись вниз. Вгору часточки вороху, які мають максимальний коефіцієнт щєплення з поверхнею полотна, рухаються з такою ж швидкістю, що і саме полотно.

Для перерозподілу часточок в однонасіньєвий шар необхідно, щоб виконувалась умова ковзання, тобто:

$$x_a = \frac{gt_1^2}{2} \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} \geq 1, \quad (2.29)$$

де  $t_1$  – тривалість переміщення часточки на довжину  $l$ .

Після розв'язку рівняння (2.29), будемо мати:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2l \cos \varphi}{g(\sin(\alpha - \varphi))}}. \quad (2.30)$$

З виразу (2.30) випливає, що із збільшенням кута  $\alpha$  нахилу поверхні полотна, тривалість  $t_1$  переміщення елементарної часточки зменшується. Це, в

свою чергу, призводить до збільшення продуктивності насіннеочисної машини в цілому.

### Висновки

1. Аналітичними дослідженнями встановлено, що середня швидкість транспортування льонового вороху шнековим робочим органом з діаметром по витках 0,16м становить 1,2м/с.

2. Аналітичними дослідженнями встановлено, що для додаткової системи аспірації насіннеочисної машини СОМ-300 доцільно вибрати вентилятор, який забезпечуватиме вакуум  $P_s = 3,46\text{кПа}$  за витрати повітря  $Q = 0,393\text{м}^3/\text{с}$ .

3. На основі теоретичних досліджень встановлено, що для перерозподілу часточок льонового вороху в однонасінневий шар на поздовжньому транспортері машини СОМ-300 необхідно, щоб виконувалась умова ковзання (2.29).

## **3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### 3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою проведення експериментальних досліджень ставилося завдання підтвердити й доповнити теоретичні дослідження системи “робочий орган– льоновий ворох”, а також визначити якість очищення льонового вороху на насіннеочисній машині СОМ-300, обладнаною системою завантаження вороху й попередньою його аспірацією.

Для реалізації вказаної мети була розроблена програмою експериментальних досліджень, яка складалася з таких етапів:

- 1). Дослідження процесу розділення льонового вороху на насіннеочисній машині;
- 2). Визначення якісних показників розділення льонового вороху.

### 3.2 Передумови проведення дослідів

Спосіб збирання льону, технологія його обмолоту, наявність у льоновому воросі плутанини, легких домішок і насіння бур'янів, подібних за розмірами, масою та щільністю з насінням льону – це ті основні чинники, що мають суттєвий вплив на перебіг технологічного процесу розподілу насінневої суміші (льонового вороху), відмінність якого від домішок полягає у властивості поверхні насіння льону – воно гладке і має відмінний коефіцієнт тертя від тих самих домішок [14, 19].

Тому об'єктом досліджень була взаємодія робочих органів насіннеочисної машини СОМ-300 з льоновим ворохом під час його розділення на рухомих поверхнях насіннеочисної машини. Експерименти проводились в лабораторіях кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича Львівського НУП з використанням лабораторної установки на базі машини СОМ-300.



Під час проведення та обробки результатів експериментальних досліджень використовувались загальноприйняті методики [14, 21, 22], а для окремих експериментів застосовувались часткові методики, розроблені для проведення дослідів у лабораторних умовах.

### 3.3 Дослідження процесу розділення льонового вороху

Суть методики з дослідження процесу розділення льонового вороху базується на різниці коефіцієнтів тертя об робочі органи (бавовняні нитки) насіннеочисної машини насіння льону та різноманітних домішок, подібних за масою і розмірами до насіння льону.

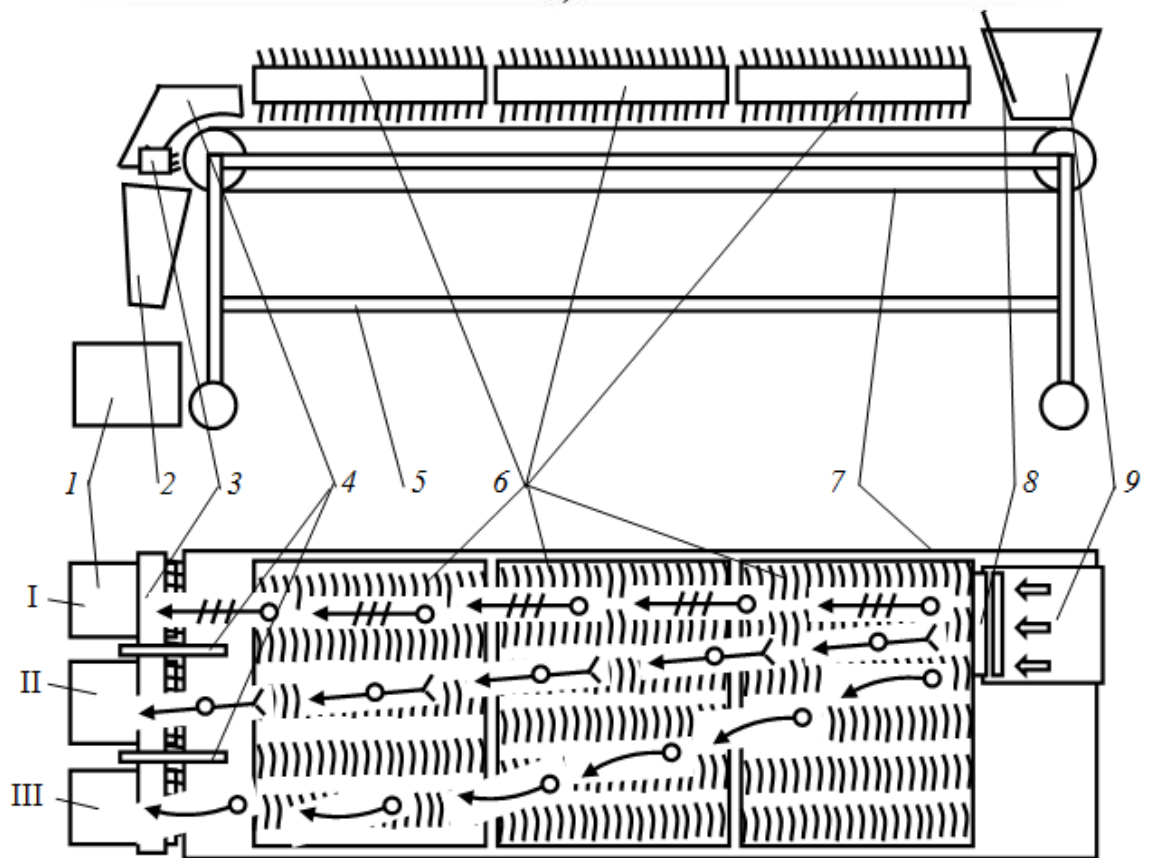
Щоб визначити ефективність роботи системи аспірації та обладнання для завантаження льонового вороху на робочі органи насіннеочисної машини СОМ-300, на першому етапі проводилися дві серії дослідів. У першій з них льоновий ворох подавався на очищення без додаткового обладнання, а у другій – льоновий ворох подавався на сепарацію за технологічною схемою, відображеною рисунком 2.1.

Усі досліді проводились на лабораторній установці – діючій машині СОМ-300 (рисунок 3.1). Лабораторна установка має зварну раму 5, змонтовану на чотирьох ніжках з колесами для швидкого пересування в межах майданчика на рамі є поздовжній прогумований транспортер 7, над яким змонтовано три поперечні транспортери 6 з бавовняними нитками, які торкаються поверхні поздовжнього транспортера 7. В передній частині рами міститься бункер 9 для завантаження льонового вороху, а в її задній частині змонтовано три ємності 1 для вловлювання окремих фракцій очищеного насіння льону (відходів), яке скеровується до них через лотки 2.

Перед початком експериментів увесь неочищений ворох ділився на три рівні частки, кожна з яких зважувалась окремо. Для чистоти експериментів у кожній частці була приблизно однакова маса вороху льону – 10кг.



а)



б)

Рисунок 3.1 Лабораторна установка на базі машини СОМ-300:

$\rightleftarrows$  - неочищене насіння;  $\leftarrow \text{///} \circ$  - насіння I сорту;  $\leftarrow \circ \leftarrow$  - насіння II сорту;  $\leftarrow \circ$  - насіння III сорту (відходи);

а) загальний вигляд; б) схема; 1 – ємність для очищеного насіння; 2 – лоток; 3 – очисна щітка; 4 – дільник; 5 – рама; 6 – поперечні транспортери; 7 – поздовжній прогумований транспортер; 8 – заслінка; 9 – бункер.

Під час першої серії експериментів льонової ворох окремими частками завантажувався у бункер 9, із якого скеровувався на поздовжній транспортер 7, який приводився в дію через храповий механізм. Під час переміщення ворох піддавався дії ниток поперечних транспортерів 6 і ділився на окремі фракції, які накопичувалися у відповідних ємностях 1.

Отримане насіння (відходи), зібрані по окремих ємностях зважувалося і результати усіх експериментів записувалися у таблицю й піддавалися аналізу для оцінки якості очищення льонового вороху.

Під час другої серії експериментів льонової ворох окремими частками спочатку завантажувався у бункер-накопичувач, звідки шнеком скеровувався на лотковий транспортер, одночасно піддаючись дії повітряного потоку аспіраційної системи для відділення легких домішок з вороху, і потім потрапляв однонасінневим потоком у бункер 9 лабораторної установки. У подальшому експерименти протікали аналогічно до вищеописаного процесу.

Як і в першій серії дослідів, отримане насіння (відходи), зібрані по окремих ємностях зважувалося і результати усіх експериментів записувалися у таблицю й піддавалися аналізу для оцінки якості очищення льонового вороху.

#### 3.4 Визначення якісних показників розділення льонового вороху

Отримані вище результати експериментальних досліджень процесу розділення льонового вороху за першою та другою серіями дослідів піддавалися аналізу для визначення якісних показників розділення льонового вороху. Суть методики полягала у встановленні середнього коефіцієнта  $\kappa_{\text{я}}$  якості сепарації льонового вороху, тобто відношення маси чистого насіння I сорту до загальної суми мас насіння I й II сортів та відходів усіх отриманих фракцій.

Середній коефіцієнт  $\kappa_{\text{ясер}}$  (%) якості сепарації льонового вороху на насіннеочисній машині СОМ-300 визначався з умови:

$$\kappa_{\text{ясер}} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{H_{1i}}{H_{1i} + H_{2i} + B_{3i}} \right) \times 100, \quad (3.1)$$

де  $H_{1i}$ ,  $H_{2i}$ ,  $B_{3i}$  – відповідно кількість чистого насіння льону (I сорт), частково засміченого насіння (II сорт) та відходів (III сорт) під час  $i$ -го вимірювання у досліді;

$n$  – число вимірювань у досліді.

Вказаний середній коефіцієнт визначався окремо для основного й повторного очищень льонового вороху під час експериментів на базовій та модернізованій машині СОМ-300.

#### 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Після проведених експериментів проводилася їх обробка та аналіз, відображені у таблицях 4.1 (результати експериментів для базової машини) та 4.2 (результати експериментів для модернізованої машини).

Таблиця 4.1–Результати експериментальних досліджень очищення насіння льону на машині СОМ-300 (базова модель)

Досліджувані параметри		Значення параметрів
Маса неочищеного вороху, кг		30
Маса очищеного насіння (відходів), кг (%)	Вихід I (Н1)	22,82 (76,07)
	Вихід II (Н2)	6,63 (22,10)
	Вихід III (В)	0,55 (1,83)
Коефіцієнт якості очищення, $\kappa_{яб1}$ (%)		0,761
Маса вороху для повторного очищення, кг		6,63
Маса насіння (відходів) після повторного очищення, кг (%)	Вихід I (Н1)	6,10 (92,00)
	Вихід II (Н2)	0,41 (6,18)
	Вихід III (В)	0,12 (1,82)
Коефіцієнт якості очищення, $\kappa_{яб2}$ (%)		0,920
Коефіцієнт $\kappa_{яб}$ якості очищення вороху базовою машиною (%)		0,964

Як видно з таблиці загальний коефіцієнт  $\kappa_{яб}$  якості очищення (після основного і повторного очищення) льонового вороху на базовій моделі машини СОМ-300 становить 0,964. Загальний вихід насіння I сорту сягає 28,92кг. Поряд з цим, 0,67кг, а це 1,17% льонового вороху йде у відходи, хоча в них міститься ще певна частка насіння льону.

Експерименти показали, що всього 76,06% насіння I сорту базовою моделлю машини СОМ-300 відділяється її робочими органами за першого проходу льонового вороху, а понад 1,8% становлять відходи. Це пов'язано з тим, що льоновий ворох не піддавався попередньому очищенню аспіраційними системами. Крім того, із завантажувального бункера він подається не-

рівномірно з дещо завищеним за товщиною шаром, що суттєво позначається на можливості бавовняних ниток поперечних транспортерів виділяти з такого шару відходи.

Аналогічні дослідження, проведені на модернізованій машині показали (таблиця 4.2), що ефективність очищення льонового вороху дещо підвищується.

Таблиця 4.2–Результати експериментальних досліджень очищення насіння льону на машині СОМ-300 (модернізована модель)

Досліджувані параметри		Значення параметрів
Маса неочищеного вороху, кг		30
Маса очищеного насіння (відходів), кг (%)	Вихід I (Н1)	24,58 (81,93)
	Вихід II (Н2)	4,81 (16,03)
	Вихід III (В)*	0,61 (2,03)
Коефіцієнт якості очищення, $\kappa_{ям1}$ (%)		0,819
Маса вороху для повторного очищення, кг		4,81
Маса насіння (відходів) після повторного очищення, кг (%)	Вихід I (Н1)	4,64 (96,47)
	Вихід II (Н2)	0,13 (2,70)
	Вихід III (В)	0,04 (0,83)
Коефіцієнт якості очищення, $\kappa_{ям2}$ (%)		0,965
Коефіцієнт $\kappa_{ям}$ якості очищення вороху модернізованою машиною (%)		0,974

\* з врахуванням легких домішок, забраних аспіраційною системою

Як видно з таблиці загальний коефіцієнт  $\kappa_{ям}$  якості очищення (після основного і повторного очищення) льонового вороху на модернізованій моделі машини СОМ-300 становить 0,974. Загальний вихід насіння I сорту сягає 29,22кг. Поряд з цим, 0,65кг, а це 1,15% льонового вороху також йде у відходи.

Експерименти показали, що 81,93% насіння I сорту модернізованою моделлю машини СОМ-300 відділяється її робочими органами за першого

проходу льонового вороху, а понад 2,0% становлять відходи, тобто обладнання машини завантажувальним шнеком і аспіраційною системою дозволяє за один прохід отримати насіння I сорту на 0,3кг більше, ніж за без вказаного обладнання.

Результати очищення льонового вороху на машині СОМ-300 відображено на рисунку 4.1.



а)



б)



в)

Рисунок 4.1 – Результати очищення льонового вороху на машині СОМ-300: а) чисте насіння льону (I сорт); б) частково засмічене насіння (II сорт); в) відходи (III сорт).

З рисунку 4.1, б видно, що насіння II сорту містить велику частку насіння льону, а тому така фракція потребує повторного очищення.

### Висновки

1. Експериментальними дослідженнями встановлено, що загальний коефіцієнт  $\kappa_{яб}$  якості очищення льонового вороху на базовій моделі машини СОМ-300 становить 0,964; загальний вихід насіння I сорту сягає 28,92кг, а 0,67кг, а це 1,17% льонового вороху йде у відходи.

2. Експерименти показали, що всього 76,06% насіння I сорту базовою моделлю машини СОМ-300 відділяється її робочими органами за першого проходу льонового вороху, а понад 1,8% становлять відходи.

3. Експериментальними дослідженнями встановлено, що загальний коефіцієнт  $k_{\text{ям}}$  якості очищення льонового вороху на модернізованій моделі машини СОМ-300 становить 0,974; загальний вихід насіння I сорту сягає 29,22кг, а 0,65кг, а це 1,15% льонового вороху йде у відходи.

4. Експерименти показали, що 81,93% насіння I сорту модернізованою моделлю машини СОМ-300 відділяється її робочими органами за першого проходу льонового вороху, а понад 2,0% становлять відходи.



## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Складання карти умов праці під час очищення насіння льону

Для сучасного сільськогосподарського виробництва характерним є вплив на організм людини різних технічних, біологічних та інших факторів. З метою прогнозування цих факторів необхідно провести паспортизацію робочого місця механізатора.

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів та прийняття інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, ділянка, робоча зона бригади, робоче місце) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, які діють на працюючого і визначають ефективність його виробничої діяльності. Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій представлені фактори безпеки по трьох напрямках факторів безпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному та технічному.

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці [7, 9].

Карта умов праці на робочому місці становить основу санітарно-технічного паспорту виробничої ділянки (бригади, майстерні, ферми тощо).

Паспорт господарства складається з паспортів ділянок і містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти

колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства організовує обстеження умов праці і стан технічної безпеки і підпорядковані їй йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДР, ГДК), які заносять в графи 1, 2 та 3 (таблиця 5.1).

Складаємо карту умов праці робочого місця механізатора під час механізованого знімання плодів, виконавши розрахунки окремих коефіцієнтів за наступними формулами.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою

$$K_n = 1 \pm \frac{A_e - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де  $A_e$  – фактичне значення умов праці;

$A_n$  – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{\partial\phi} = K_n \cdot T_{\partial\phi}, \quad (5.2)$$

де  $T_{\partial\phi}$  – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів становить:

$$K = \frac{K_{\partial\phi}}{n}, \quad (5.3)$$

де  $n$  – кількість факторів умов праці.

Під час складання умов праці на робочому місці механізатора використовуємо дані нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.003-83 – Шум. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 12.1.005-86 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДНАОП 0.00-1\* – Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

– ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;

Таблиця 5.1–Карта умов праці під час очищення насіння льону

Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці, $A_v$	Коефіцієнт нормозабезпечення, $K_n$	Час дії фактора		Коефіцієнт небезпечності	
	Гранично допустимий рівень або концентрація (ГРД, ГДК), $A_n$	Нормативний документ			В годинах	Частках довготривалості зміни, $T_{df}$	Від дії фактора, $K_{df}$	Від усіх факторів, $K$
1. Рівень шуму	80 дБ	ДСТУ 12.1.009-83	85 дБ	1,06	8	0,8	0,85	
2. Вібрація	0,65 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	ДСТУ 23.00-93	0,72 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	1,1	8	0,8	0,88	
3. Температура повітря (серпень)	Відкриті території, +25,8°C	ДНАОП 0.00-1*	+22°C	0,85	8	0,8	0,68	
4. Пилюка	100 мг/м <sup>3</sup>	ДСТУ 12.1.005-86	107 мг/м <sup>3</sup>	1,1	8	0,8	0,88	
5. Сенсорні навантаження:								
5.1. Щільність сигналів	75%	ДНАОП 0.00-1*	80%	1,1	8	0,8	0,88	
5.2. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	5%	ДНАОП 0.00-1*	6%	1,2	8	0,8	0,96	
6. Робоча поза	Вільна	ДНАОП 0.00-1*	Перебування у фіксованій позі більше 50% часу	0,5	8	0,8	0,8	
Всього								0,85

На підставі аналізу даних таблиці 5.1 можна зробити висновок, що фактичне значення умов праці обслуговуючого персоналу під час очищення насіння льону дещо перевищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є рівень шуму, вібраційні фактори та кількість пилюки в робочій зоні, пов'язані з технологі-

чним процесом очищення насіння льону, які негативно впливають на організм людини.

Шкідливими є також інші фактори, а тому для запобігання шкідливої дії вказаних небезпек працівникам, які обслуговують насіннеочисну машину СЦМ-300 необхідно щогодини робити технологічні перерви на 5-10хв., припинивши роботу насіннеочисної машини.

## 5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-кого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними.

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події  $P_3$  можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$  формують четверту подію  $P_4$ , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує  $n$  подій з ймовірностями  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ . Тоді ймовірність вихідної події  $P$  буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність  $P_3$  буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2.$$

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями  $P_1, P_2$  і  $P_3$ , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю  $P_4$ . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людино-машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рисунок 5.1)

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,2.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,32.$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,2.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,2.$$

$$P_{14} = P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = 0,32.$$

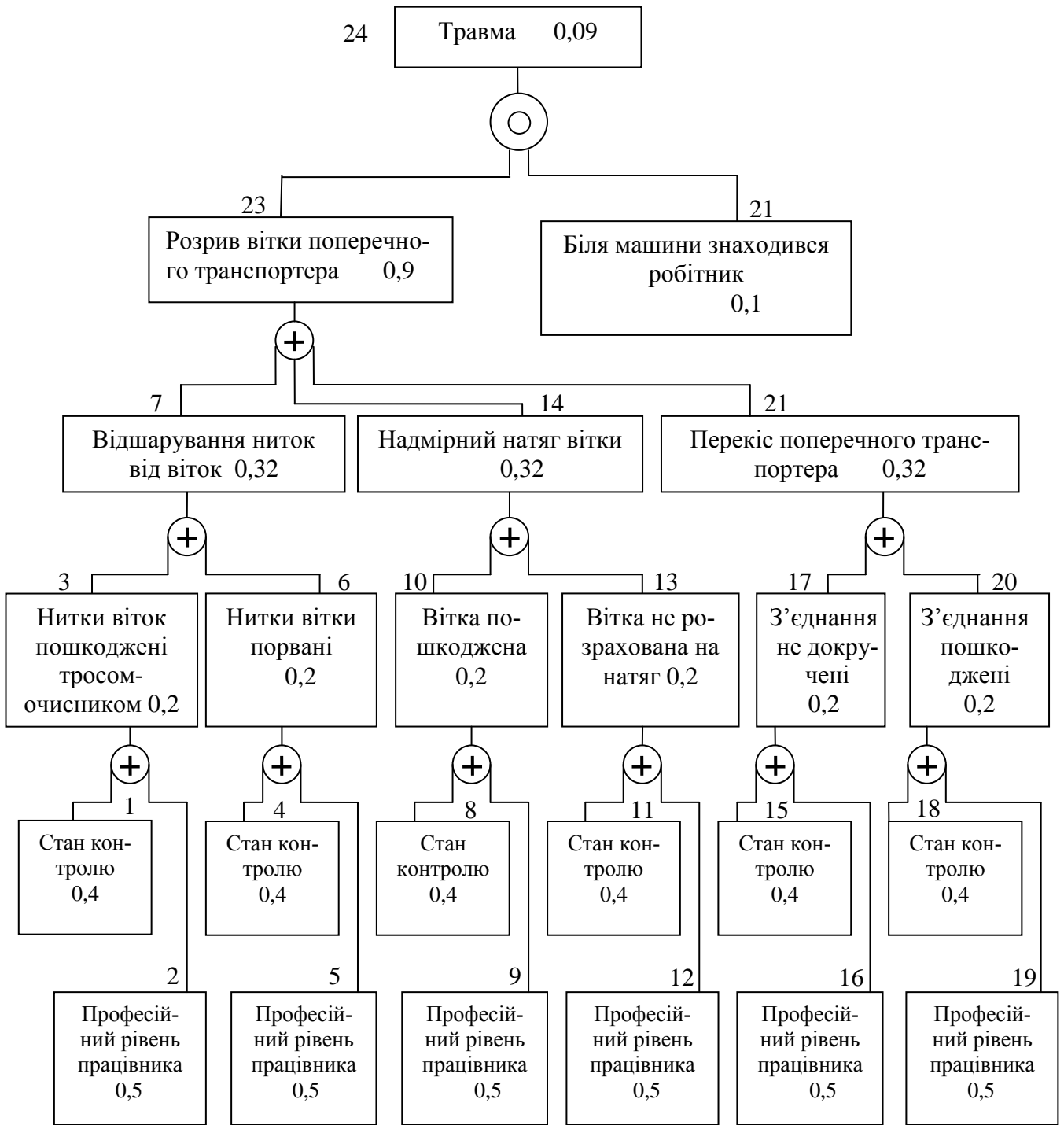
$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} = 0,2.$$

$$P_{20} = P_{18} + P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} = 0,2.$$

$$P_{21} = P_{17} + P_{20} - P_{17} \cdot P_{20} + P_{17} \cdot P_{20} = 0,32.$$

$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

$$P_{24} = P_{23} \cdot P_{22} = 0,09.$$



Оператори:



Рисунок 5.1 Схема логіко-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час очищення насіння льону на машині COM-300:

1, 2, 3 – номери подій; 0,3; 0,4 – ймовірність подій.

Таким чином, на робочому місці під час очищення насіння льону за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, поліпшити контроль та замінити пошкоджені елементи поперечного транспортера), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин [9, 10].

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонезбезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку працівників і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.



## 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЕОЧИСНОЇ МАШИНИ СОМ-300

Економічна ефективність використання удосконаленої насіннеочисної машини оцінювалась з її базовим варіантом за однакових умов експлуатації.

Основним критерієм економічної ефективності від покращання технічних і технологічних параметрів машини є економічний ефект. Його визначають як різницю між отриманими показниками використання запропонованого засобу (машини) і їх чинними значеннями на даний момент для базової моделі.

Дослідження економічної ефективності використання насіннеочисної машини проводилось на основі методики розрахунку ефективності спеціалізованої сільськогосподарської техніки [15, 18, 24].

Прямі питомі експлуатаційні затрати визначаються за формулою

$$I = Z_n + A + R + P + Z_{зб}, \quad (6.1)$$

де  $Z_n$  – сума заробітної плати основних і допоміжних працівників, грн./т;

$A$  – амортизаційні відрахування, грн./т;

$R$  – відрахування на ремонт і технічне обслуговування, грн./т;

$P$  – вартість електроенергії, грн./т;

$Z_{зб}$  – відрахування на зберігання, грн./т.

Відрахування на зарплату визначаються з виразу

$$Z_n = \Sigma (n_i \tau_i k_i) / W_{зм}, \quad (6.2)$$

де  $n_i$  – чисельність  $i$ -го виробничого персоналу, чол.;

$\tau_i$  – годинна тарифна ставка працівників, грн./год;

$k_i$  – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань;

$W_{зм}$  – продуктивність насіннеочисної машини за годину змінного часу, т/год.

Амортизаційні відрахування всіх складових ліній з очищення насіння льону визначаються з виразу

$$A = \Sigma (B_i a_i / (W_{зм} T_{ф.р.i})), \quad (6.3)$$

де  $B_i$  – балансова вартість  $i$ -ої складової лінії та допоміжного обладнання, грн.;

$a_i$  – коефіцієнт відрахувань на реновацію;

$T_{ф.р.i}$  – тривалість фактичного річного використання складових технологічної лінії, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою

$$R = \Sigma (B_i (p_i + \kappa_i) / (W_{зм} T_{н.р.i})), \quad (6.4)$$

де  $p_i$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування  $i$ -ої складової технологічної лінії;

$\kappa_i$  – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт складних машин;

$T_{н.р.i}$  – нормативне річне завантаження  $i$ -ої складової технологічної лінії, год.

Вартість електроенергії визначається з виразу

$$\Pi = EЦ / W_{зм}, \quad (6.5)$$

де  $E$  – витрата електроенергії, кВт год;

$Ц$  – вартість 1 кВт електроенергії, грн./кВт.

Витрати на зберігання машин технологічної лінії визначаються виходячи із затрат на їх консервацію та підготовку до використання й приймаються в межах 6,5 % від витрат на ремонти і технічне обслуговування, тобто

$$З_{зб} = 0,065 R. \quad (6.6)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання становлять:

$$K = \Sigma (B_i / (W_{зм} T_{н.р.i})). \quad (6.7)$$

Затрати праці на виконання виробничого процесу

$$З_{зб} = \Pi_o / W_{зм}, \quad (6.8)$$

де  $\Pi_o$  – чисельність обслуговуючого персоналу, чол.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини  $E_m$  визначається за формулою:

$$E_m = (Z_{\delta} - Z_n)B_p, \quad (6.9)$$

де  $Z_{\delta}$ ,  $Z_n$  – зведені затрати на одиницю напрацювань для базової та модернізованої машини, грн./т;

$B_p$  – річне напрацювання модернізованої машини, т.

Річну економію (перевитрату) прямих і зведених затрат, робочої сили та капіталовкладень виражають через ступінь зміни  $C$  у відсотках:

$$C = 100(Z_{p\delta} - Z_{pn})/Z_{p\delta}, \quad (6.10)$$

де  $Z_{p\delta}$ ,  $Z_{pn}$  – річні затрати (праці, капітальних вкладень, прямих та зведених витрат) відповідно для базової та модернізованої машин.

Вихідні дані для проведення досліджень економічних показників вибирались на основі найсприятливіших умов використання удосконаленої насіннеочисної машини. У всіх випадках її обслуговували двоє працівників.

Отримані результати проведених за формулами (6.1)–(6.10) розрахунків (таблиця 6.1) свідчать про доцільність обладнання насіннеочисної машини системою рівномірної подачі та аспірації.

Таблиця 6.1– Економічна ефективність використання насіннеочисної машини СОМ-300

Показники	Базова модель	Модернізована
1	2	3
Річне напрацювання, т	20	25
Прямі затрати, грн./т на:		
- оплату праці	54,33	40,75
- електроенергію	11,29	20,04
- ТО, поточний і капітальний ремонт	589,33	527,0
- реновацію	433,33	387,5
- інші прямі затрати	38,31	34,26
- всього прямих затрат	1136,6	1091,55
Капітальні вкладення, грн.	3620,67	3250,0
Зведені затрати, грн.	1638,52	1484,54

Продовження табл. 6.1

1	2	3
Річний економічний ефект від експлуатації модернізованої машини, грн.	-	3964,06
Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби модернізованої машини, грн.	-	25246,33
Затрати праці, люд. год/т	-	3,24
Річна економія праці, люд. год	-	16,54
Зменшення (%):		
- затрат праці		22,6
- прямих затрат	-	9,23
- зведених затрат		10,12
- капітальних вкладень		9,50
Термін окупності, років	-	2,86

Як показали розрахунки річний економічний ефект від використання модернізованої насіннеочисної машини СОМ-300 становить 3964,06грн.

Завдяки збільшенню змінної продуктивності істотно зменшуються на одиницю напрацювання: затрат праці – на 22,6%; прямі затрати, незважаючи на збільшення витрат електроенергії – на 9,23%; зведені затрати – на 10,12%; капітальні вкладення, незважаючи на відносно незначне подорожчання модернізованої машини – на 9,50%.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Насіння льону розділяють за властивістю його поверхні – насіння основної культури з дуже гладкою поверхнею відділяють від домішок до неї, поверхня яких має нерівності, виступи, ворсини, тощо.
2. Для очищення насіння льону переважно застосовують фрикційні гірки або електромагнітні машини.
3. Для підвищення якості очищення насіння льону на машині СОМ-300 її доцільно обладнати системами аспірації та рівномірного завантаження насіння на сепарувальний транспортер.
4. Аналітичними дослідженнями встановлено, що середня швидкість транспортування льонового вороху шнековим робочим органом з діаметром по витках 0,16м становить 1,2м/с.
5. Аналітичними дослідженнями встановлено, що для додаткової системи аспірації насіннеочисної машини СОМ-300 доцільно вибрати вентилятор, який забезпечуватиме вакуум  $P_s = 3,46\text{кПа}$  за витрати повітря  $Q = 0,393\text{м}^3/\text{с}$ .
6. На основі теоретичних досліджень встановлено, що для перерозподілу часточок льонового вороху в однонасінневий шар на поздовжньому транспортері машини СОМ-300 необхідно, щоб виконувалась умова ковзання (2.29).
7. Експериментальними дослідженнями встановлено, що загальний коефіцієнт  $\kappa_{яб}$  якості очищення льонового вороху на базовій моделі машини СОМ-300 становить 0,964; загальний вихід насіння I сорту сягає 28,92кг, а 0,67кг, а це 1,17% льонового вороху йде у відходи.
8. Експерименти показали, що всього 76,06% насіння I сорту базовою моделлю машини СОМ-300 відділяється її робочими органами за першого проходу льонового вороху, а понад 1,8% становлять відходи.
9. Експериментальними дослідженнями встановлено, що загальний коефіцієнт  $\kappa_{ям}$  якості очищення льонового вороху на модернізованій моделі ма-

шини СОМ-300 становить 0,974; загальний вихід насіння І сорту сягає 29,22кг, а 0,65кг, а це 1,15% льонового вороху йде у відходи.

10. Експерименти показали, що 81,93% насіння І сорту модернізованою моделлю машини СОМ-300 відділяється її робочими органами за першого проходу льонового вороху, а понад 2,0% становлять відходи.
11. Як показали розрахунки річний економічний ефект від використання модернізованої насіннесчисної машини СОМ-300 становить 3964,06грн.
12. Завдяки збільшенню змінної продуктивності істотно зменшуються на одиницю напрацювання: затрат праці – на 22,6%; прямі затрати, незважаючи на збільшення витрат електроенергії – на 9,23%; зведені затрати – на 10,12%; капітальні вкладення, незважаючи на відносно незначне подорожчання модернізованої машини – на 9,50%.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
4. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 2004. 448 с.
5. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. Суми : ВТД «Університетська книга». 2008. 543 с.
6. Вплив способів збирання на урожайність льону олійного. URL: [https://web.znu.edu.ua/herald/issues/2011/bio\\_2011\\_2/019-22.pdf](https://web.znu.edu.ua/herald/issues/2011/bio_2011_2/019-22.pdf) (дата звернення: 18.09.2024).
7. Жидецький В.І. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / В.І. Жидецький., В.С. Джигерей., В.М. Сторожук та ін; За ред. Жидецького В.І. Львів : Афіша, 2000. 352 с.
8. Ковальов В.Б., Смик Д.С. Індустріальна технологія у льонарстві. Київ: Урожай, 1985. 72 с.
9. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2000. 416 с.
10. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ : Урожай, 1993. 268 с.
11. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 2-е вид., виправ. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
12. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинни-

- цтво. Технології вирощування сільськогосподарських культур 3-є вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
13. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ: Техніка, 2004. 512 с.
  - 14.Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів : ЛДАУ, 1998. 264 с.
  15. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
  - 16.Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т1. Київ. Агроосвіта, 2012. 584 с.; іл.
  - 17.Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т2. Київ. Агроосвіта, 2012. 432 с.; іл.
  - 18.Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві: Навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 384 с.
  - 19.Хайліс Г.А., Горбовий А.Ю., Гошко З.О., Ковальов М.М. Налобіна О.О., Юхимчук С.Ф. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Навч. посібник. Луцьк: ЛДТУ, 1998. 267 с.
  - 20.Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навч. посібник. Київ : УСГА, 1992. 240 с.
  - 21.Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. Київ : НМК ВО, 1992. 320 с.
  22. Хайліс Г.А., Налобіна О.О., Залужний В.І. Технології збирання льону та проблеми механізації льонарства. *Техніка АПК*. 2004. № 1-2. С. 17-19.
  23. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: Навч. посіб. Київ: Знання, 2009. 380 с.
  24. Шевчук Р.С., Крупич О.М. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки: *Метод. рекомендації* Львів. ДАУ. Львів, 1994. 27 с.