

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ПАТЮК РОМАН СЛАВОВИЧ**

**УДК 631.354**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ  
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Патюк Р.С.

**Керівник роботи**

Міненко С.В.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2022**

## АНОТАЦІЯ

**Патюк Роман Славович.** Удосконалення роботи зернозбирального комбайна. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі встановлено, що найбільш перспективними є наступні напрями модернізації технологічного процесу зернозбирального комбайна: зменшення енергоємності молотильного пристрою та мінімізація дроблення вільного зерна за допомогою його попереднього виділення з обчесаного зернового вороху до надходження останнього в молотильний пристрій; зменшення енергоємності процесу виділення зернівок з колосу за допомогою переходу на поперечне коливальне навантаження їх зв'язків з ним.

Перспективним варіантом попереднього виділення вільного зерна з обчесаного зернового вороху до його надходження в молотильну камеру є його сепарація на поверхні сітчастого транспортера, що рухається, змонтованого між похилою камерою і молотильним пристроєм. Встановлено, що оптимальним є сітчасте полотно розмірами комірок 35×35 мм. У цьому випадку прохід вільного зерна знаходиться в межах 95...99%, полови – 80-95% та соломи – 35-39%.

Модернізація похилої камери зернозбирального комбайна шляхом забезпеченням її решітчастим днищем та пристроєм для відведення вільного зерна та його подачі на очищення, минаючи молотильне пристрій, дозволила зменшити витрати потужності на привід барабана на 10 кВт, підвищити продуктивність збирання на 5%, а також знизити експлуатаційні витрати на 4,45%.

*Ключові слова:* зернозбиральний комбайн, молотильний пристрій, технологічний процес, сітчастий транспортер

## ANNOTATION

**Patyuk Roman Slavovich. Improving the work of a combine harvester. –**  
*Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

In the master's work, it was established that the following areas of modernization of the technological process of the grain harvester are the most promising: reducing the energy consumption of the threshing device and minimizing the crushing of free grain with the help of its preliminary separation from the combed grain heap before the latter enters the threshing device; reducing the energy intensity of the process of extracting grains from the ear by switching to the transverse oscillating load of their connections with it.

A promising option for preliminary selection of free grain from the combed grain pile before it enters the threshing chamber is its separation on the surface of a moving mesh conveyor mounted between the inclined chamber and the threshing device. It has been established that the mesh fabric with cell sizes of 35×35 mm is optimal. In this case, the passage of free grain is within 95...99%, chaff - 80-95% and straw - 35-39%.

Modernization of the inclined chamber of the grain harvester by providing it with a grid bottom and a device for removing free grain and feeding it for cleaning, bypassing the threshing device, made it possible to reduce power consumption for the drum drive by 10 kW, increase harvesting productivity by 5%, and also reduce operating costs by 4.45%.

Key words: grain harvester, threshing device, technological process, mesh conveyor

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, АДАПТОВАНИХ ДО РОБОТИ З ОЧЕСАНИМ ЗЕРНОВИМ ВОРОХОМ.....	8
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИДІЛЕННЯ ЗЕРНА З КОЛОСА ПРИ ПОПЕРЕЧНОМУ КОЛИВАЛЬНОМУ ХАРАКТЕРІ НАВАНТАЖЕННЯ.....	20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Виробництво зерна включає досить велику кількість технологічних операцій. Найбільш трудомістким та енерговитратним з них є збирання зерна, на частку якого припадає до 40% витрат живої праці та до 35% витрати паливно-мастильних матеріалів. Зменшити затратність процесу збирання зернових культур можна шляхом застосування комбайнового очесу. В результаті цього в 1,5-2 рази зменшується надходження хлібної маси в комбайн, що призводить до економії до 70% енергії, яку сьогодні сучасна збиральна машина витрачає на деформацію соломи в молотарці. Продуктивність комбайна підвищується в 1,3-1,5 рази, а витрата палива знижується на 20-25% [3]. Собівартість зерна зменшується при цьому на 25-30% [1-7].

Однак через те, що хлібна маса, отримана в результаті очесу, містить до 85% вільного зерна [1, 2], то надходження його в молотильну камеру зернозбирального комбайна є не доцільним.

Це зумовлено тим, що спостерігається підвищене дроблення (до 8%) вільного зерна робочими органами молотарки, що призводить до зниження його схожості та стійкості при зберіганні [7-9]. Таким чином, пошук технічних можливостей з мінімізації дроблення вільного зерна робочими органами молотарки (при очесі рослин на корені) є однією з актуальних наукових проблем.

**Мета роботи** – підвищення енергоефективності машинного збирання зернових культур та якості одержуваного зерна шляхом удосконалення технологічної схеми зернозбирального комбайна та параметрів його робочих органів.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес машинного збирання зернових культур.

**Предмет дослідження:** закономірності процесу взаємодії робочих органів зернозбирального комбайна з обчесаним зерновим ворохом.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- опрацювати конструкцію молотильного пристрою, що реалізує поперечний коливальний характер навантаження зв'язків зерна з колосом, провести експериментальні дослідження щодо визначення енергоємності процесу, обґрунтувати раціональні параметри та режими роботи обладнання;

- оцінити можливість сепарації вільного зерна з обчесаного зернового вороху до надходження його в молотильний пристрій, генерувати необхідні для здійснення цього процесу технічні рішення та встановити їх раціональні параметри.

**Методи дослідження.** Дослідження проведені з використанням загальнонаукових методів пізнання, прикладної фізики та землеробської механіки. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики. Експериментальні дослідження виконані за стандартними методиками, на верифікованому обладнанні.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Міненко С. В., Патюк Р. С. Результати дослідження енергоємності виділення зерна з колоса при поперечному коливальному характері навантаження зв'язків. Студентські читання–2022: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 30 листопада 2022 р. Житомир: Поліський національний університет. С. 45-49.

2 Міненко С. В., Патюк Р. С. Огляд технічних рішень, адаптованих до роботи з очесаним зерновим ворохом. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022.С. 302-212.

3. **Патюк Р. С.** Результати дослідження сепарації очесаного зернового вороху на сітчастій комірковій поверхні. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 247-250.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес представляють рекомендації щодо вибору параметрів пристроїв, які дозволяють виділити з обчесаного зернового вороху вільне зерно до його надходження в молотильну камеру.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 42 сторінки комп'ютерного тексту, містить 36 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, АДАПТОВАНИХ ДО РОБОТИ З ОЧЕСАНИМ ЗЕРНОВИМ ВОРОХОМ

Згідно з дослідженнями більшості вчених встановлено, що до складу обчесаного зернового вороху входить: зерно (60-85%), обірвані колосся (10-25%), а також соломисті частинки та солома (7-25%). Таким чином, при вдосконаленні технології очісування на кореню найбільш актуальною задачею становиться максимальна адаптація наступних технологічних процесів до фізико-механічних властивостей отриманого вороху. Так, як в якості проблеми починає домінувати надмірний вміст у вороху дрібних легких домішок та вільного зерна, а також наявність колосків різної довжини, позбавлених соломи. Отже, доцільно здійснити попередню сепарацію обчесаного вороху до надходження їх у молотильний пристрій [2].

На першій стадії доцільно виділити з обчесаного вороху всі легкі домішки. Найчастіше для цього використовують сітчасту поверхню, змонтовану на задній стінці корпусу адаптера (рис. 1.1) [2].

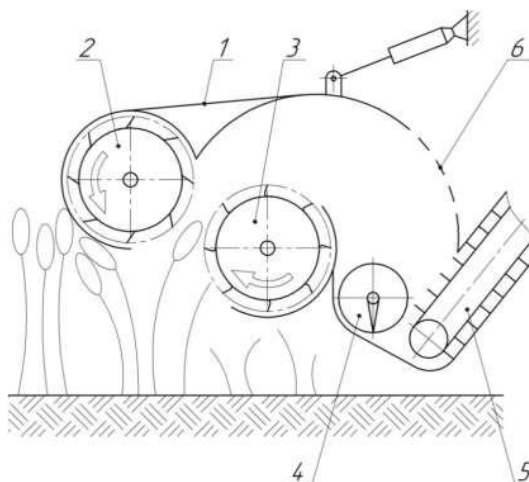


Рис. 1.1. Пристрій для обмолоту сільськогосподарських культур на корені:  
1 – корпус; 2 – подаючий барабан; 3 – барабан; 4 – шнек; 5 – плаваючий транспортер; 6 – сітчаста поверхня.

Повітряний потік, що генерується барабаном, захоплює легкі домішки і виводить їх разом з собою через отвори сітчастої поверхні. Більш важкі фракції



(вільне зерно, колоски та солома) під дією сили тяжіння опускаються в приймальну камеру і шнеком подаються до плаваючого транспортера похилої камери.

Недоліком зазначеної групи технічних рішень є те, що ефективна сепарація зерна та легких домішок неможлива, тому що в цьому випадку разом з потоком повітря та легкими домішками через отвори сітчастої поверхні повинна виноситися і значна частина вільного зерна. Це суттєво збільшує втрати врожаю. Крім того, траєкторія руху повітря з пилоподібними частинками після проходження отворів сітчастого вікна спрямована у бік лобового скла кабіни зернозбирального комбайна, що суттєво знижує огляд комбайнеру.

Усунути зазначений недолік не дозволяє навіть мінімізація отворів сітчастої поверхні, розмір яких істотно менше розмірів вільного зерна. Це пов'язано з тим, що отвори сітчастої поверхні повинні мати невеликий розмір (у рази, менше розмірів зерна). У цьому випадку не виключена можливість їх забивання легкими домішками обчесаного вороху. Внаслідок відсутності виходу повітряного потоку, тиск усередині корпусу адаптера зростає, зменшуючи розрядження на вході у пристрій і збільшуючи втрати зерна в зоні очісування. Внаслідок цього виникає потреба у частій зупинці та очищенні отворів сітчастої поверхні адаптера. Це істотно збільшує витрати часу на технологічне обслуговування пристрою, що спричиняє зниження продуктивності процесу збирання врожаю в цілому. Крім того, у молотильній пристрій надходить зайва кількість легких домішок (все, що має розмір більше ширини отворів сітчастої поверхні), що перевантажує систему очищення і зменшує пропускну здатність комбайна.

Альтернативним варіантом видалення легких домішок із обчесаного зернового вороху може служити пневмосепаруючий канал (рис. 2), в основу роботи якого покладено закони аеродинаміки. Повітряний потік, створений очесуючим барабаном, захоплює легкі домішки і переміщує їх у бік пневмосепаруючого каналу. В результаті того, що вага легких домішок набагато

менше сили дії повітряного потоку, всі вони виносяться назовні з адаптера. Тяжкі компоненти (такі як вільне зерно, колоски та солома) під дією сили тяжіння, долаючи опір спрямованого вгору повітряного потоку, опускаються вниз у приймальну камеру і виводяться далі шнеком в похилий транспортер. Змінюючи положення заслінки, можна встановити необхідну швидкість руху повітряного потоку в пневмосепарувальному каналі, а отже, досягти мінімальних втрат урожаю. Завдяки відсутності в адаптері різного роду решіток, що сепарують, виключається можливість їх забивання легкими компонентами.

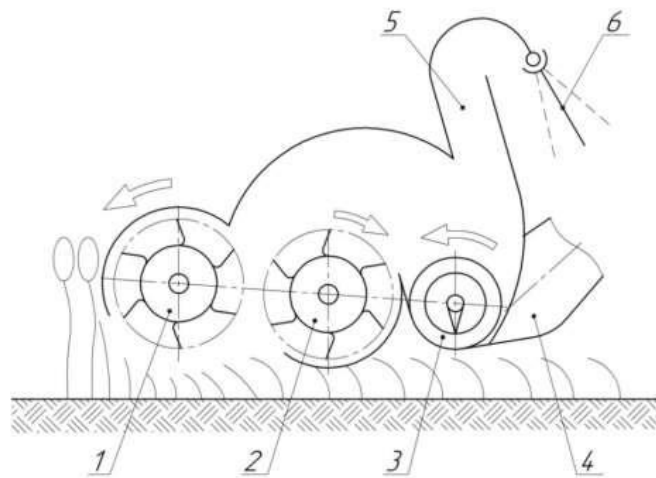


Рис. 1.2. Пристрій для очісування: 1 – подаючий барабан; 2 - очисний барабан; 3 – шнек; 4 – плаваючий транспортер; 5 – пневмосепаруючий канал; 6 – заслінка.

Одним з недоліків даної групи винаходів є надмірна складність і громіздкість конструкції пристрою.

Після сепарації з обчесаного вороху легких домішок, на другій стадії слід виділити все вільне зерно до його надходження в молотильну камеру. Для цього розроблено три варіанти пристроїв, які забезпечують його попередню сепарацію. У першому випадку для цього може бути використаний корпус адаптера, всередину якого встановлюють додаткове обладнання [3] (рис. 1.3).

Вільне зерно, просіюючись через решітчасту поверхню циліндричного барабана, потрапляє до збірника прохідної фракції, звідки зерновим шнеком подається окремий бункер. Соломисті частинки і необмолочені колоски, що осіли на решітчастій поверхні барабана при його обертанні направляються в

приймальну камеру, а потім шнеком адаптера подаються в похилу камеру і далі на обмолот в молотильний пристрій комбайна.

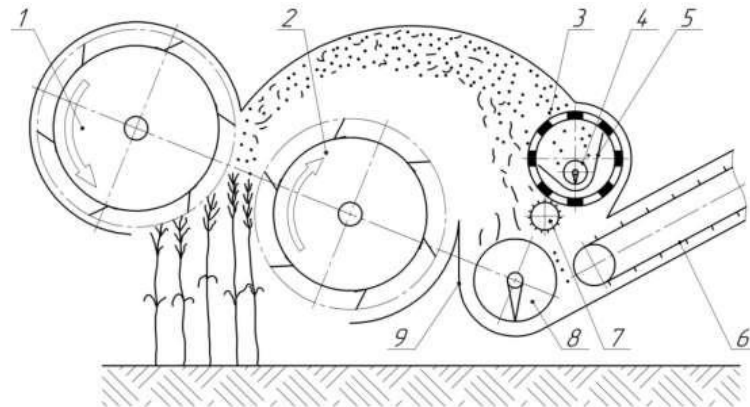


Рис. 1.3. Пристрій для обмолоту рослин на корені: 1 – подаючий барабан; 2 – очисний барабан; 3 – циліндричний ґратчастий барабан; 4 – зерновий шнек; 5 – збірка прохідної фракції; 6 – похила камера; 7 – очистик; 8 – шнек; 9 – збірник.

Соломисті частинки, що застрягли в отворах решітчастої поверхні циліндричного барабана, знімаються чистиком. Однак, в результаті того, що додатковий сепаруючий робочий орган змонтований безпосередньо в корпусі адаптера, то вага його конструкції стає надмірною, як з точки зору небезпечного зменшення тиску на керовані (задні) колеса, так і з точки зору міцності кістяка молотилки. Крім того, не виключена можливість забивання отворів додаткового робочого органу, що робить його роботу неефективною.

В якості іншого варіанту мали місце спроби використовувати для сепарації вільного зерна похилу камеру, обладнану перфорованим решітчастим днищем. Предметом винаходу тут, як правило, є механізм транспортування вільного зерна та подачі його на очищення, минаючи молотильну камеру.

У загальному вигляді технологічний процес попередньої сепарації вільного зерна в похилій камері представлений на рис. 1.4.

Оригінальність конструкції похилої камери зернозбирального комбайна полягає в тому, що вона забезпечена молотильним пристроєм, змонтованим перед плаваючим транспортером. При надходженні хлібної маси до молотильного пристрою, розміщеному в похилій камері, відбувається її частковий обмолот.

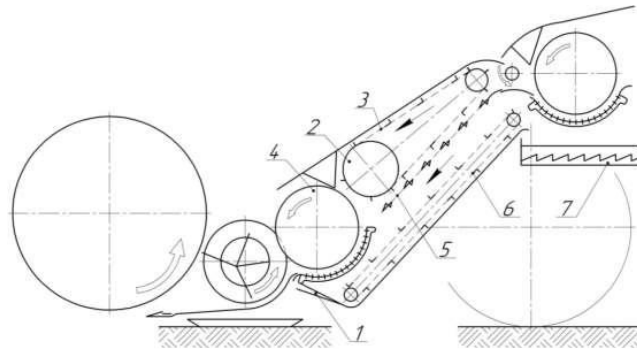


Рис. 1.4 Зернозбиральний комбайн: 1 – похила камера; 2 – подаючий транспортер; 3 – плаваючий транспортер; 4 – молотильний барабан; 5 – днище транспортера; 6 – транспортер для відведення вільного зерна; 7 – транспортна дошка.

Вільне зерно та дрібні домішки просіюються через деко молотильного пристрою і решітчасте днище на транспортері, який переносить отриманий ворох на очищення зернозбирального комбайна. Недомолочена хлібна маса від першого барабана переміщується решітчастим днищем плаваючим транспортером до другого (основного) молотильного барабану для остаточного обмолоту зерна.

Наступна конструкція похилої камери (рис. 5) аналогічна попередньому варіанту виконання.

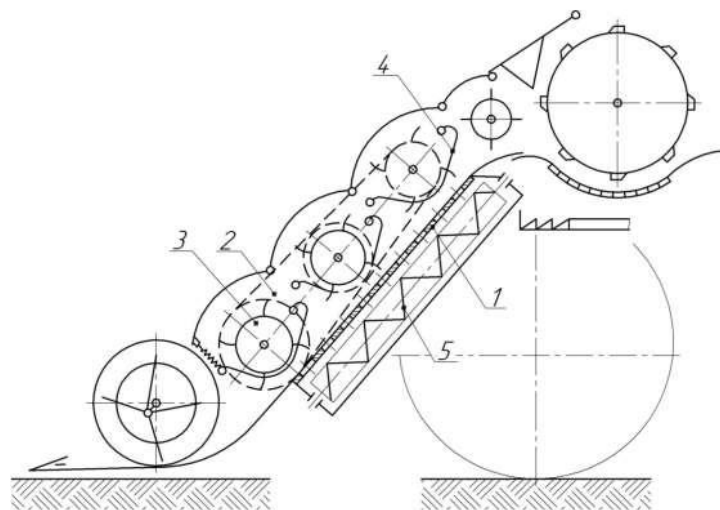


Рис. 1.5. Похила камера зернозбирального комбайна (SU авторське свідоцтво № 235451): 1 – ґратчасте днище похилої камери; 2 – похила камера; 3 – пальчастий бітер; 4 – ґрати з отворами; 5 – ряд паралельних шнеків

Поставлена мета у ній досягається тим, що плаваючий транспортер виконаний у вигляді ряду пальчастих бітерів, що впливають на шар маси [5]. При надходженні хлібної маси в похилу камеру, пальці бітерів захоплюють її і переміщують у бік молотильного пристрою. Внаслідок того, що частота обертання бітерів збільшується від першого до останнього, то ударний вплив пальців призводить до виділення зерна, що щільно сидить у колосі. Зерно, що виділилося з хлібної маси, просівається через ґратчасте днище до шнеків, які подають його на транспортну дошку. Колосова частина врожаю, що залишилася, за допомогою пальчастого бітера похилої камери направляється в молотильну камеру для подальшого обмолоту.

З метою інтенсифікації процесу сепарації та можливості збирання вільного зерна без поділу його на фракції, днище похилої камери може бути виконане жалюзійним та забезпечене струшуючим механізмом (рис .6).

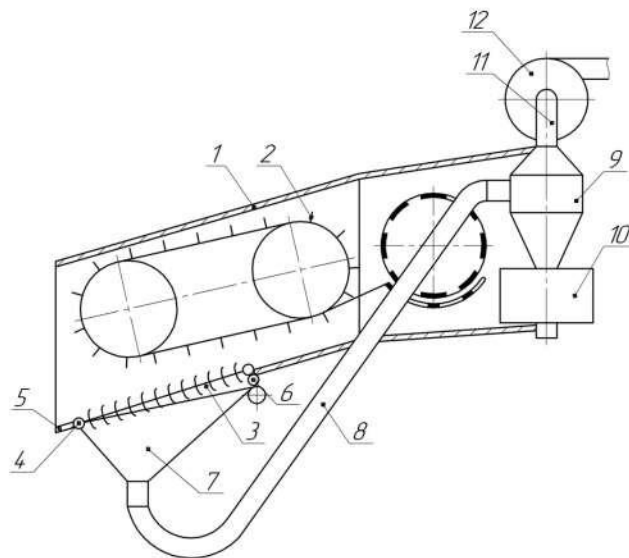


Рис. 1.6. Похила камера зернозбирального комбайна: 1 – похила камера; 2 – планчастий транспортер; 3 – жалюзійне днище; 4 – шарнір; 5 – суцільне днище похилої камери; 6 – струшуючий механізм; 7 – лійкоподібний кожух; 8 – гнучкий трубопровід; 9 – циклон; 10 – бункер накопичувач; 11 – трубопровід; 12 – вентилятор.

Для відведення вільного зерна та підлоги під днищем похилої камери встановлений пневмотранспортер. При надходженні хлібної маси на жалюзійне

днище похилої камери відбувається сепарація вільного зерна з його подальшою подачею в лійкоподібний кожух. Тут же вловлюються і ті зерна, які випадають з рослинної маси при додатковому впливі на неї механізму струшування. В результаті розрядження, яке створено вентилятором в порожнині кожуха, зерно гнучким трубопроводом надходить спочатку в циклон, а потім в бункер накопичувач. Легкі домішки через трубопровід вентилятором уносяться в атмосферу. Рослинна маса, пройшовши жалюзійне днище, потрапляє в молотильний апарат і остаточно там обмолочується. Таким чином, частина вільного зерна відбирається до молотильного пристосування. Мінімізувати дроблення вільного зерна робочими органами молотарки дозволяє похила камера, представлена на рис. 7.

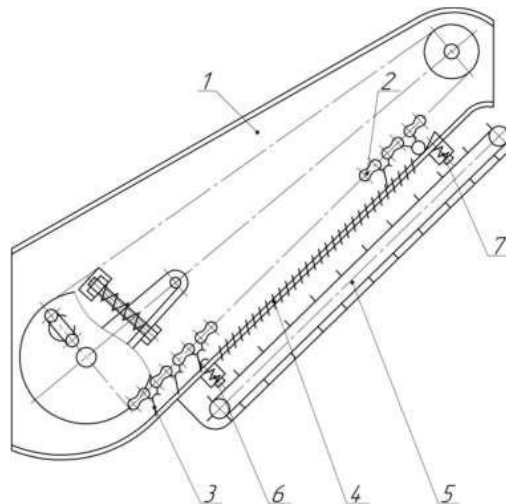


Рис. 1.7. Похила камера зернозбирального комбайна: 1 – корпус; 2 – плаваючий транспортер; 3 – скребки; 4 – решітчасте днище; 5 – пристрій для відведення вільного зерна; 6, 7 – механізм очищення решітчастого днища.

Це досягається тим, що решітчасте днище похилої камери пружне і забезпечене механізмом для його очищення. Шар хлібної маси, що надходить на днище, піддається механічному впливу коливань, що призводить до розшарування шару маси та покращеної сепарації вільного зерна з верхніх шарів у нижні. Завдяки контакту шару маси з решітчастим днищем, в результаті підпружинювання його в напрямку транспортера, зерно легко виділяється з його нижніх шарів.

Цей процес активної дії механічних коливань решітчастого днища на шар хлібної маси повторюється по всій площі днища. Пройшовши крізь решітчасте днище зерновий ворох подається на очищення, минаючи молотильну камеру, а колосова частина врожаю, що залишилася, на обмолот.

До недоліків цієї групи технічних рішень відносяться надмірна складність та громіздкість конструкції похилої камери.

Третій варіант розробок забезпечує попередню сепарацію вільного зерна на криволінійних сепаруючих решітках, які змонтовані перед молотилкою (рис. 1.8) [8].

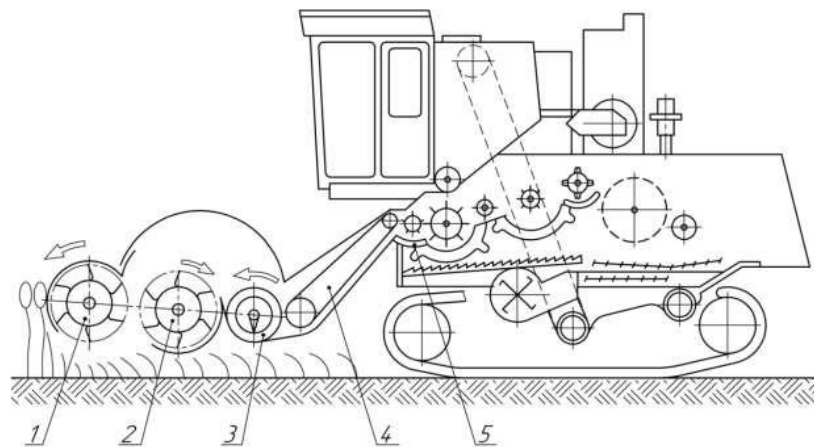


Рис. 1.8. Комбайн для збирання зернових культур на корені: 1 – подаючий барабан; 2 – очисний барабан; 3 – шнек; 4 – похила камера; 5 – сітчасті ґрати

Вільне зерно, пройшовши крізь отвори решітки надходить на транспортну дошку і далі подається на очищення, минаючи молотильну камеру.

Одним з недоліків даного ряду розробок є те, що при роботі комбайна не виключена ймовірність забивання отворів решітки сепаруючого приймального бітера компонентами обчесаного зернового вороху. Це знижує ефективність процесу попередньої сепарації вільного зерна і спричиняє його надходження в молотильну камеру. В результаті цього істотно збільшується дроблення вільного зерна робочими органами молотилки і винесення його значної частини в соломотряс. Все це сприяє зростанню втрат урожаю.

Наступна група технічних рішень зосереджена на сепарації вільного зерна у молотильній камері зернозбирального комбайна. Як правило, це досягається

двома способами: або шляхом розрядження між поперечними планками підбарабання на вході в молотильну камеру (рис. 1.9), або збільшенням «живого перерізу» між поздовжніми прутками дека на виході з неї (рис. 1.10).

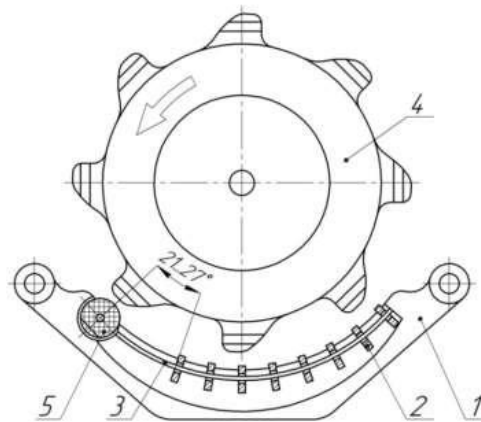


Рис. 1.9. Дека молотильного пристрою: 1 – боковина; 2 – поперечна планка; 3 – поздовжній пруток; 4 – молотильний барабан; 5 – еластична втулка.

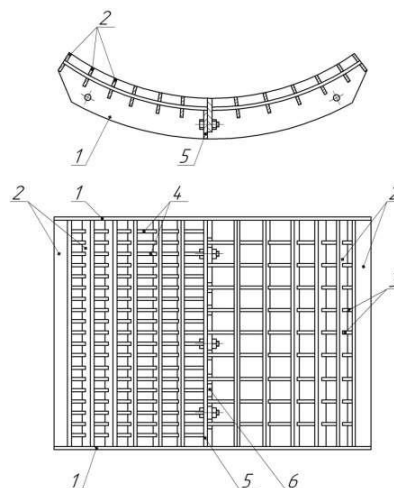


Рис. 1.10. Дека молотильного пристрою: 1 – боковина; 2 – поперечні планки; 3 – довгі прутки; 4 – короткі прутки; 5 – гребінка; 6 – гребінь.

Перший спосіб спрямований на сепарацію вільного зерна в передній половині підбарабання, а обмолот залишеної хлібної маси, відбувається в його задній частині. Наявність еластичної втулки забезпечує пом'якшення удару бичів по колосу та вільному зерну, що сприяє зниженню його травмування. Другий спосіб сепарації реалізується під час роботи молотильного пристрою з перезволоженими хлібами, коли відбувається забивання передньої половини дека внаслідок зменшеного кроку між прутками.



Задня половина підбарабання за рахунок збільшеного «живого перерізу» не забивається, внаслідок чого вільне зерно у цій зоні має можливість пройти крізь його поздовжні прутки і вступити спочатку на транспортну дошку, а потім на очищення.

Однак, внаслідок того, що сепарація вільного зерна відбувається безпосередньо в молотильній камері зернозбирального комбайна, пропускну здатність молотильного пристрою знижена. Крім того, не виключена можливість пошкодження вільного зерна робочими органами молотилки.

Зменшити пошкодження вільного зерна покликані молотильні пристрої, робочі органи (бичі) яких виконують повністю з пружного матеріалу або частково гумовими (рис. 1.11). Принцип дії таких молотильних пристроїв заснований на тому, що його робочі органи обмолочують хлібну масу в більш дбайливому режимі. Однак, в результаті того, що хлібна маса, яка надходить від адаптера, містить до 85% вільного зерна, істотно знижується здатність вимолочуючого пристрою. Крім того, як і раніше, не виключена можливість пошкодження вільного зерна робочими органами молотилки.

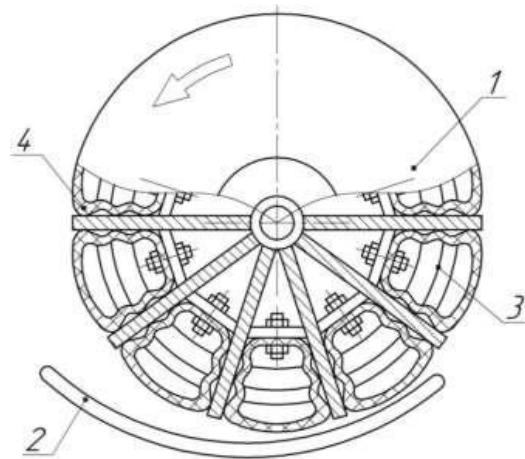


Рис. 1.11 Молотильний пристрій: 1 – молотильний барабан; 2 – дека; 3 – гофровані секційні камери; 4 – бичі.

Третій ряд розробок спрямовано на попередній обмолот хлібної маси та подачі виділеного зерна в окремий бункер. Для цього між жнивваркою та похилою камерою розміщують вальцевий пристрій (рис. 1.12), робочі органи якого пружні та забезпечені механізмом регулювання зазору. При збиранні

зернових культур стебла рослин зрізаються та подаються у бік вальцевого пристрою. Внаслідок того, що зазор між його робочими органами невеликий, відбувається часткове виділення найбільш стиглих зернівок, які направляються в бункер для збору нетравмованого зерна.

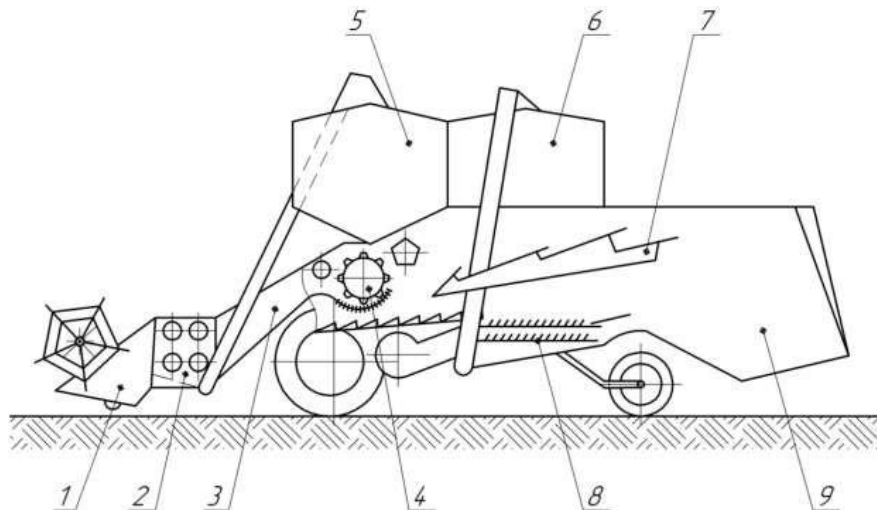


Рис. 1.12. Зернозбиральний комбайн: 1 – жниварка; 2 – пристрій переднього обмолоту зерна; 3 – похила камера; 4 - молотильне пристрій; 5 – бункер для збирання нетравмованого зерна; 6 – основний бункер; 7 – соломотряс; 8 – копнювач

Дана група винаходів має низку недоліків. Зокрема у зв'язку з тим, що пристрій для переднього обмолоту хлібної маси виконано у вигляді ряду послідовно розташованих вальців, що мають гладку циліндричну поверхню, тому ефективно воно може впливати тільки на плодовмісні частини бобових культур. Крім того, розміщення пристрою для переднього обмолоту зерна між жнивваркою і похилою камерою створює надмірний перекидальний момент, що може призвести до небезпечного зменшення тиску на керовані (задні) колеса і істотно послабити міцність кістяка молотилки.

Найбільш вдалим місцем розміщення пристрою для переднього обмолоту хлібної маси є простір, розташований між похилою камерою та молотильним пристроєм (рис. 1.13). Пристрій для переднього обмолоту хлібної маси виконано у вигляді пари вальців, які обертаються один на зустріч

іншому. При цьому верхній валець змонтований рухомо і підпружинений, а нижній має жолобчасту поверхню.

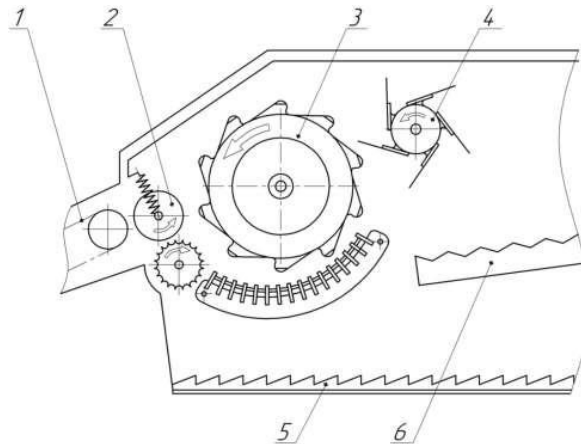


Рис. 1.13. Молотильно-сепаруючий апарат зернозбирального комбайна: 1 – похила камера; 2 – пристрій попереднього обмолоту хлібної маси; 3 – молотильний пристрій; 4 – відбійний бітер; 5 – транспортна дошка; 6 – соломотряс.

Однак, у зв'язку з тим, що хлібна маса деформується тільки на ребрах нижнього вальця (причому вона піддається при цьому деформації стискання), то ефективного руйнування лускатих структур колосу не відбувається. Тобто, зазначений пристрій виконує тільки функцію формування та переміщення потоку рослинної маси, тоді як технологічну функцію руйнування лускатої структури колоса з метою підготовки його до більш ефективної взаємодії з бичами барабана він не може виконати.

### **Висновки по розділу**

В першому розділі магістерської роботи представлено огляд технічних рішень, адаптованих до роботи з очесаним зерновим ворохом.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИДІЛЕННЯ ЗЕРНА З КОЛОСА ПРИ ПОПЕРЕЧНОМУ КОЛИВАЛЬНОМУ ХАРАКТЕРІ НАВАНТАЖЕННЯ

Найенергоємнішою технологічною операцією при комбайновому збиранні зерна є обмолот. Так, наприклад, на привід традиційного молотильного барабана припадає близько 40% загальної потужності двигуна зернозбирального комбайна [1, 7]. У зв'язку з цим, пошук технічних можливостей щодо зменшення зазначених витрат є актуальним науковим та практичним завданням.

Як один з найперспективніших напрямів зниження енергоємності процесу обмолоту може розглядатися використання молотильних пристроїв, що реалізують поперечне коливальне навантаження зв'язків зерна із колосом. У зв'язку з тим, що реалізувати практично такий спосіб виділення зерна з колосу вдалося лише останніми роками, то технічні, технологічні та енергетичні параметри процесу вивчено недостатньо [1, 4]. Зокрема, невідомо мінімальне число циклів навантаження, необхідне для гарантованого відокремлення від стрижня колоса всіх зерен, що містяться в ньому. Крім того, відсутні відомості про вплив на технологічну та енергетичну ефективність процесу зазору в молотильному просторі.

У зв'язку з цим було розроблено експериментальну установку (рис. 2.1), що дозволяє імітувати поперечний коливальний характер навантаження зв'язків зерна з колосом і вимірювати при цьому енергетичні параметри процесу. Вона містить стійку 1 і закріплені на ній деку 2 і верхню площадку 3 робочі поверхні яких виконані рифленими і розміщені в просторі так, що утворюють молотильну камеру з регульованим зазором. При цьому верхній майданчик 3 має привод 4, за рахунок чого вона може здійснювати кутові коливання на кут  $\varphi_{\text{пл}}$  (рис. 2.1 б).

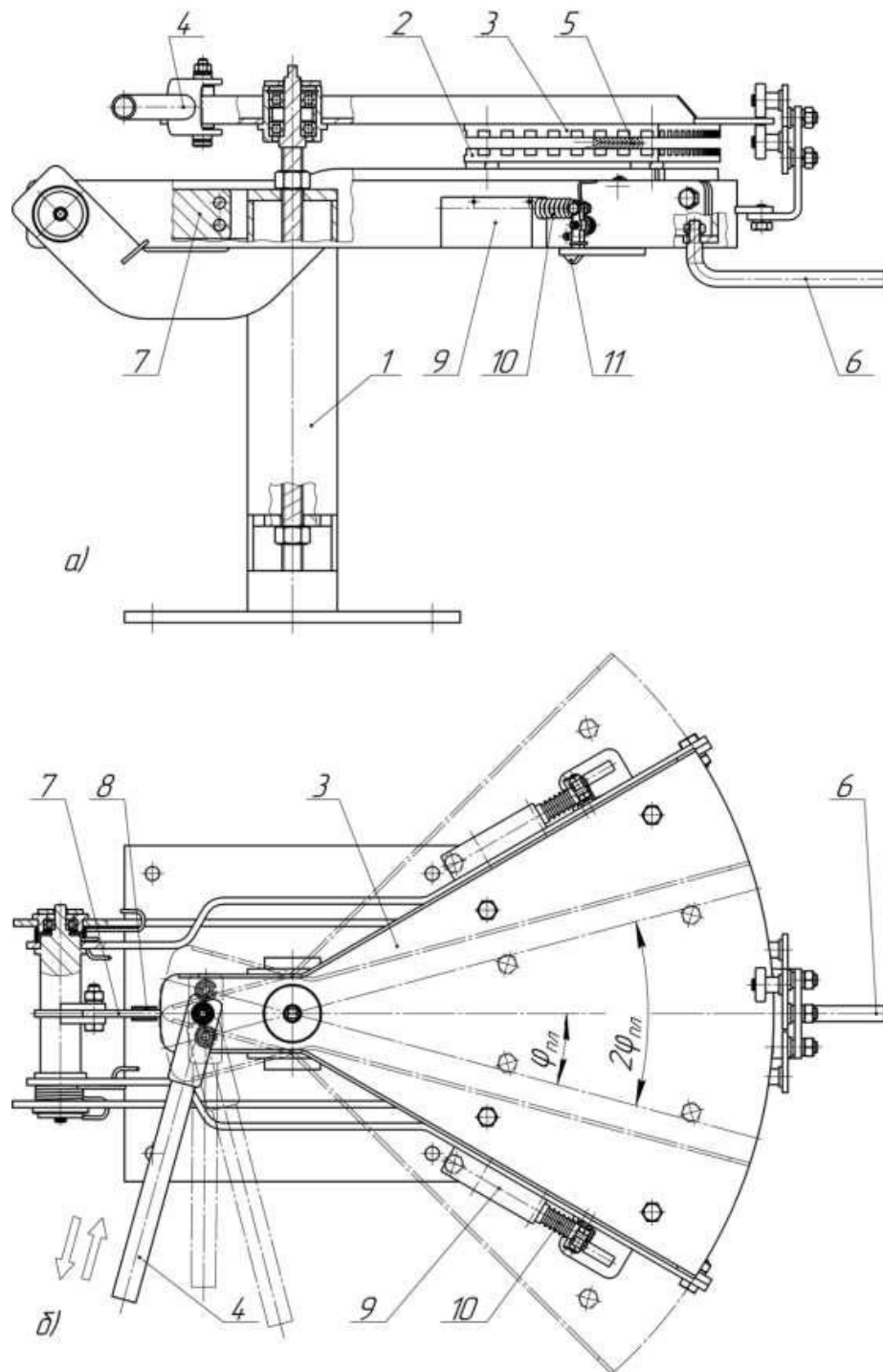


Рис. 2.1 Схема експериментальної молотильної установки: а) головний вид; б) вид зверху; 1 – стійка; 2 – дека; 3 – верхній майданчик; 4 – привід; 5 – колос; 6 – ручка; 7 – тензопластина; 8 – тензодатчики; 9 – електромагніт; 10 – шток; 11 – засувка.

Енергоємність процесу виділення зерна з колосу оцінювали при обмолоті пшениці сорту "Миронівська 56". На попередньо відкинуту донизу деку 2 укладали колос 5 і за допомогою ручки 6 переводили її в робоче становище (рис.

2.1, а). Зусилля, витрачене на руйнування зв'язків зерна з колосом в результаті кутових коливань майданчика 3, фіксувала тензометрична пластина 7, з тензодатчиками 8, які передавали сигнал на ноутбук через АЦП (аналого-цифровий перетворювач) L-Card LTR-212 протягом робочого процесу (рис. 2.2) [4, 12].



Рис. 2.2. Приладове обладнання для проведення лабораторних досліджень з експериментальною молотилкою

Після здійснення верхнього майданчика 3 заданого числа коливань, електромагніт 9, втягуючи шток 10, повертав засувку 11, різко виводячи з деки 2 з молотильної камери вниз. Таким чином, виключався вплив на результати вимірювань процесів розгону та гальмування коливальних рухів. Тобто, вимірювання здійснювалися в режимі, що встановився.

Перетин тензометричної пластини підібрано таким чином, щоб датчики реєстрували деформацію від дії робочих органів пристрою з колосом лише у вертикальній площині. При цьому спотворення вимірювань від деформації вигину пластини, в горизонтальній площині від сили тяжіння самого пристрою,

зведено до мінімуму (практично до нуля). Це досягається за рахунок того, що висота тензометричної пластини виконана в кілька разів більше, ніж її товщина.

Для вимірювання енергоємності процесу обмолоту при поперечному коливальному характері навантажень зв'язків зерна з колосом було розроблено структурну схему в середовищі графічного програмування LabVIEW (рис. 2.3).

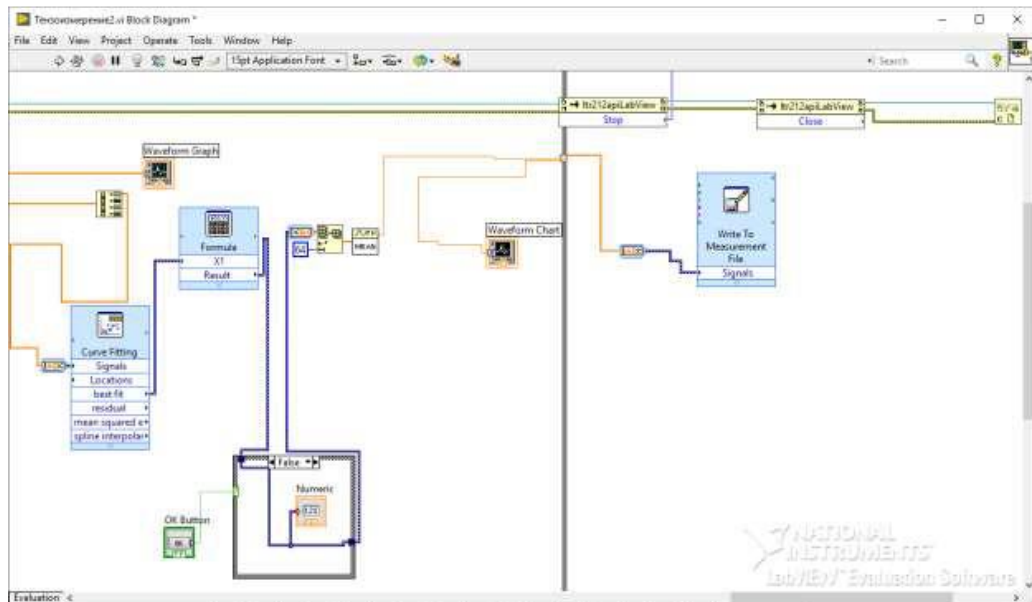


Рис. 2.3. Структурна схема у середовищі графічного програмування LabVIEW для вимірювання енергоємності молотильного пристрою.

Випробування проводили за допомогою чотирьох електричних тензодатчиків 2ПКБ-30-100Х, які були з'єднані в мостову схему і наклеєні на тензометричну пластину із задалегідь підготовленою поверхнею.

Деформація тензопластини у місці наклейки тензодатчиків передається їхньому чутливому елементу, який, змінюючи опір, викликає розбаланс моста. Напряга розбалансу збільшується та подається на АЦП.

Тарування тензодатчиків виконували за допомогою портативних електронних вагів WH-A04 (рис. 2.4).

Для визначення оптимального кута нахилу рифів на робочих органах експериментального молотильного пристрою (рис. 2.5), що забезпечує повне виділення зерна з колосу при мінімумі енерговитрат, було проведено відповідні дослідження.



Рис. 2.4. Тарування експериментального молотильного пристрою

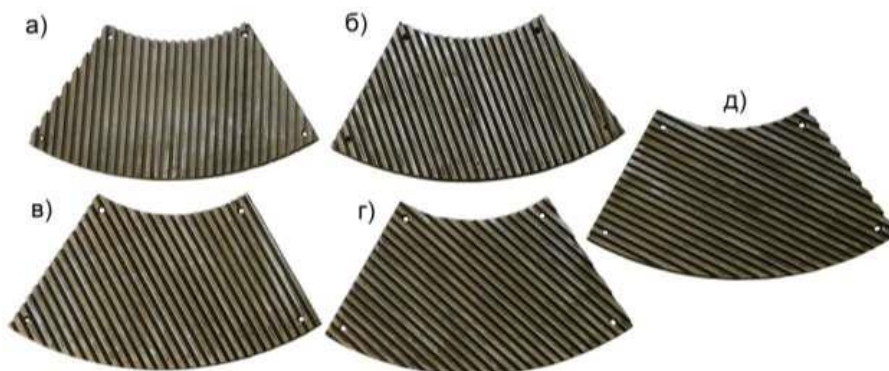


Рис. 2.5. Змінні робочі органи експериментального молотильного пристрою з кутом нахилу рифів: а)  $0^\circ$ ; б)  $15^\circ$ ; в)  $30^\circ$ ; г)  $45^\circ$ ; д)  $60^\circ$

Досвід був спланований як повнофакторний з п'ятьма рівнями варіювання кута нахилу рифів (0, 15, 30, 45 і 60 градусів) верхнього майданчика (рис. 3.10) і послідовним збільшенням числа її коливань до повного виділення з колоса всіх зерен.

Тим часом можливості попереднього виділення вільного зерна при очесі далеко не вичерпані використанням для цієї мети, модернізованої похилої камери з ґратчастим днищем. Одним з перспективних варіантів вирішення зазначеної задачі є використання транспортера 1, змонтованого між похилою камерою 2 і молотилкою 3, що містить два барабани 4 і 5 і нескінченне сітчасте полотно 6 (рис. 2.6).



При надходженні зернового вороху 7 на сітчастий транспортер 1 вільне зерно 8 і дрібні домішки (полова і частково подрібнена солома) повинні під дією сили тяжіння проходити крізь комірки полотна 6, потім потрапляючи безпосередньо на транспортну дошку 9 і далі на систему очищення.

Для інтенсифікації процесу сепарації осі обертання барабанів 4 і 5 повинні бути виконані ексцентрично по відношенню до їх геометричних осей. Наявність виступів 11 на барабанах виключає можливість проковзування сітчастого полотна, а також сприяє очищенню його комірок від великих компонентів обчесаного зернового вороху, тобто забезпечує стабільність процесу сепарації.

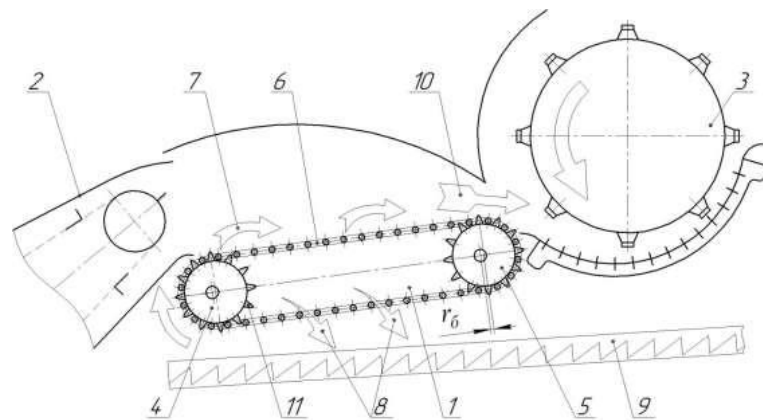


Рис. 2.6. Принципова схема зернозбирального комбайна, оснащеного транспортером із сітчастим пористим полотном: 1 – сітчастий транспортер; 2 – похила камера; 3 – молотарка; 4 та 5 – барабан; 6 – сітчасте пористе полотно; 7 – зерновий ворох; 8 – вільне зерно; 9 – транспортна дошка; 10 – недомолочені колоски; 11 – виступи.

Незважаючи на те, що сітчасте полотно, що рухається, використовується в конструкції зерноочисних машин (наприклад, в машинах попереднього очищення зерна МПО-50), була необхідна перевірка робоздатності запропонованої конструкції при сепарації обчесаного зернового вороху специфічного складу.

З цією метою було розроблено експериментальну установку (рис. 2.7), що імітує роботу пропонованого пристрою для попереднього виділення вільного зерна з обчесаного вороху до його надходження в молотильну камеру. Вона складається з рами 1, транспортера 2, ємності 3 для збору вільного зерна 4 та

ємності 5 для збору вороха 6, що йде сходом. Транспортер 2 включає два барабани 7 і 8 і сітчасте пористе полотно 9. При цьому осі обертання барабанів 7 і 8 виконані ексцентрично по відношенню до їх геометричних осей, що забезпечує інтенсивне розшарування зернового вороху на фракції. З метою запобігання бічного зміщення сітчастого комірчастого полотна 9 при роботі установки, бічні сторони барабанів 7 і 8 забезпечені ребордами 10. Виступи 11 на циліндричній поверхні барабанів 7 і 8 сприяли виключенню проковзуванню сітчастого полотна 9, а також очищення його комірок від великих компонентів обчесаного зернового вороху. Привід установки здійснювався від електродвигуна 12 за допомогою двох ланцюгових передач 13 та 14. Управління електродвигуном 12, а також налаштування частоти його обертання виконувались за допомогою частотного перетворювача 15 Веспер Е2-8300 [1].

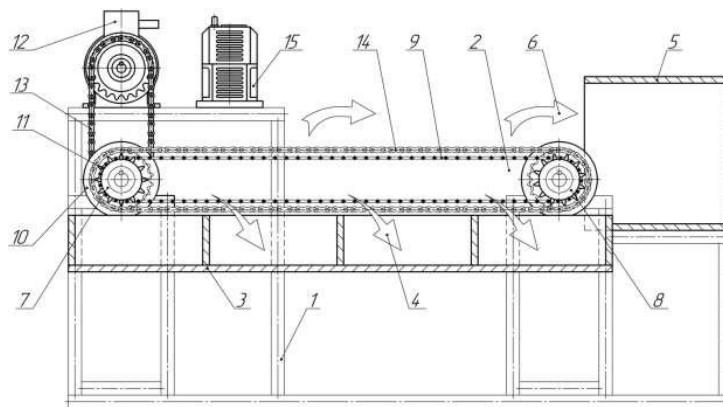


Рис. 2.7. Схема експериментальної установки, що містить сітчастий транспортер: 1 – рама; 2 – сітчастий транспортер; 3 – ємність для збирання вільного зерна; 4 – вільне зерно; 5 – ємність для збору вороха; 6 - ворох; 7 та 8 – барабан; 9 – сітчасте полотно; 10 – реборда; 11 – виступи на поверхні барабанів; 12 – електродвигун; 13 та 14 – ланцюгова передача; 15 – частотний перетворювач

Кінематична схема приводу експериментальної установки, що містить сітчастий транспортер, має такий вигляд (рис. 2.8).

Сітчастий транспортер змонтований горизонтально, тобто кут його нахилу до горизонту дорівнював нулю. Подача вороху пристрою становила 1 кг/с при

вмісті в ньому 80% вільного зерна. Довжина транспортера становила 2 м-код (рис. 2.9), а комірки сітківки мали розміри  $17 \times 15$  мм (рис. 2.10).

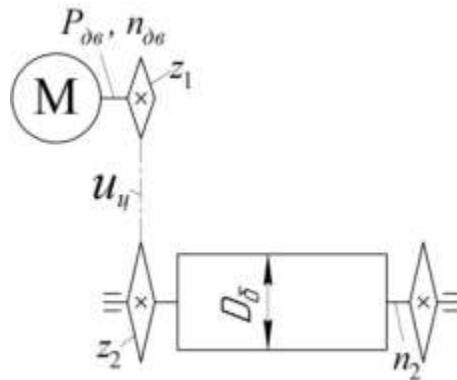


Рис. 2.8. Кінематична схема експериментальної установки, оснащеної транспортером із сітчастим пористим полотном



Рис. 2.9. Експериментальна установка, що містить сітчастий транспортер

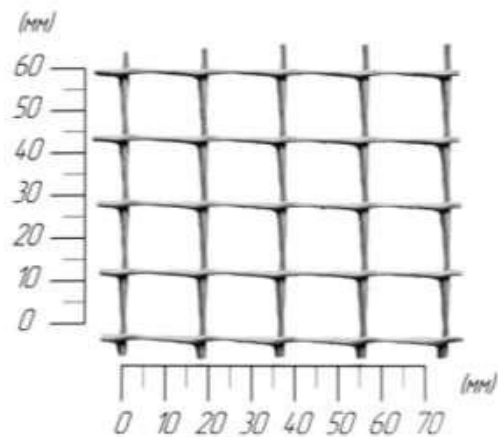


Рис. 2.10. Фрагмент сітчастого комірчастого полотна

Після надходження хлібної маси в ємність для збору вороху (рис. 2.11) експериментальна установка відключалася. Місткість для збирання зернового вороху знімали, а сам ворох піддавали всебічним дослідженням. Зокрема визначали кількість вільного зерна, полови та соломи, що пройшла крізь комірки сітчастого транспортера.



Рис. 2.11. Зерновий ворох, що пройшли крізь осередки сітчастого полотна

Зерновий ворох, що пройшов крізь комірки сітчастого полотна, піддавався зважуванню на електронних вагах Supra BSS-4076. Частоту обертання на валу барабана сітчастого транспортера контролювали за допомогою лазерного тахометра DT-2234C +.

Дослід був проведений із п'ятикратною повторністю. Таким чином, було отримано п'ять дослідних точок.

### **Висновок по розділу**

В другому розділі магістерської роботи представлено методику проведення експериментальних досліджень та обладнання яке використовувалося для цього.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Результати дослідження енергоємності виділення зерна з колоса при поперечному коливальному характері навантаження зв'язків

Дані, отримані для дослідження молотильного пристрою, що реалізує поперечний коливальний характер навантаження зв'язків зерна з колосом, оброблені у програмі «Excel». За ними отримано табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження виділення зерна з колосу при поперечному коливальному характері навантаження зв'язків

Зазор в молотильній камері $Z_{\text{мол}}, \text{мм}$	Кількість навантажень, $n_{\text{наг}}$ , <i>шт</i>	Виділено зерна, $K_{\text{зер}}, \%$
4	1	81,97
-//-	2	86,94
-//-	3	92,36
-//-	4	95,37
-//-	5	98,45
-//-	6	100,00
6	1	67,45
-//-	2	69,85
-//-	3	74,35
-//-	4	77,58
-//-	5	82,34
-//-	6	85,67
-//-	7	87,95
-//-	8	95,67
-//-	9	100
8	1	68,97
-//-	2	69,59
-//-	3	73,45
-//-	4	77,23
-//-	5	84,56
-//-	6	83,52
-//-	7	85,57
-//-	8	87,45
-//-	9	92,45
-//-	10	98,56
-//-	11	100,00

За даними табл. 3.1 у програмі «STATISTICA» побудовано поверхню відгуку, що характеризує залежність частки виділених зерен від параметрів процесу (рис. 3.1).

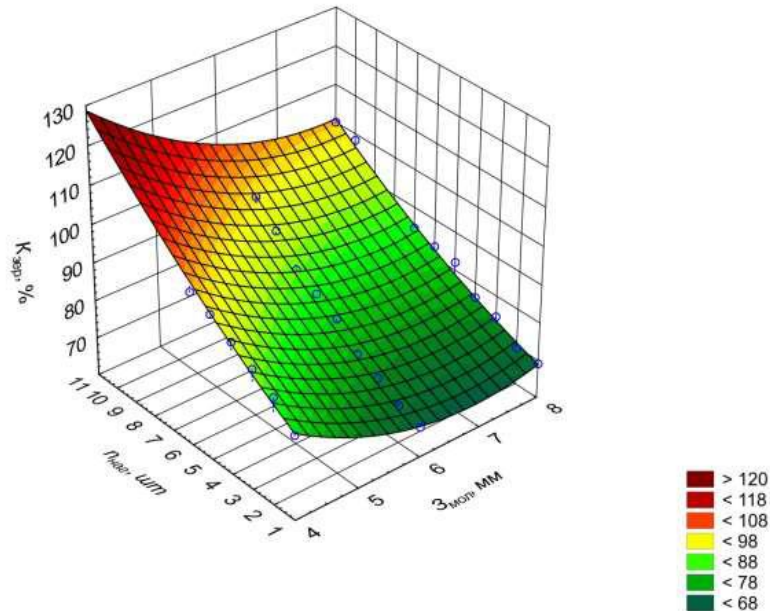


Рис. 3.1. Поверхня відгуку при взаємодії факторів: кількості навантажень зв'язків зерна з колосом та зазору в молотильній камері

Після виключення всіх незначних коефіцієнтів покроковим методом, рівняння регресії, що найбільш адекватно відображає характер залежностей (з коефіцієнтом детермінації  $R_2=0,969$ ), має наступний вигляд:

$$K_{\text{зер}}=152,79-24,9533Z_{\text{мол}}+3,421n_{\text{аг}}+1,7103^2_{\text{мол}} \quad (3.1)$$

де  $K_{\text{зер}}$  – частка зерен, виділених із колосу, %;

$Z_{\text{мол}}$  – зазор у молотильній камері, мм;

$n_{\text{аг}}$  – кількість навантажень зв'язків зерна з колосом, що дорівнює кількості рухів верхнього майданчика молотарки, шт.

Оцінку значущості рівняння регресії виконували за критерієм Фішера. Оскільки фактичне значення критерію Фішера менше його табличної величини  $F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$  ( $0,84 < 1,75$ ), отримане рівняння регресії є статистично значущим. Значимість коефіцієнтів регресії оцінювали за t-критерієм Стьюдента.

Аналіз рівняння регресії (1) показує, що основний вплив на виділення зерна з колоса при поперечному коливному характері навантаження зв'язків

має зазор молотильної камері. Результати лабораторного експерименту свідчать, що його оптимальним параметром є величина 4 мм (рис. 1). У такому положенні молотильний пристрій забезпечує стовідсоткове виділення збіжжя з колоса за 6 рухів.

Дроблення зерна при цьому не перевищує 0,40% (рис. 3.2). Істотної різниці між зазорами 6 та 8 мм не встановлено.

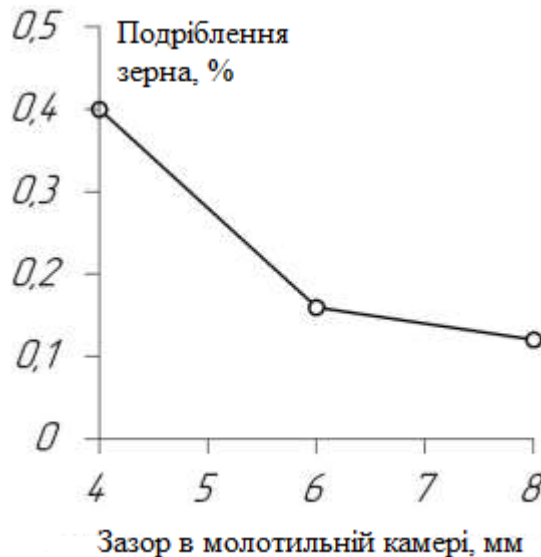


Рис. 3.2. Вплив зазору у молотильній камері на дроблення зерна

Основним показником, що дозволяє оцінити енергоємність молотильного пристрою є робота, витрачена на виділення одного зерна з колосу. Для її обчислення використовували графік (рис. 3), отриманий у програмі «LabVIEW» при одноразовому навантаженні зв'язків зерна з колосом.

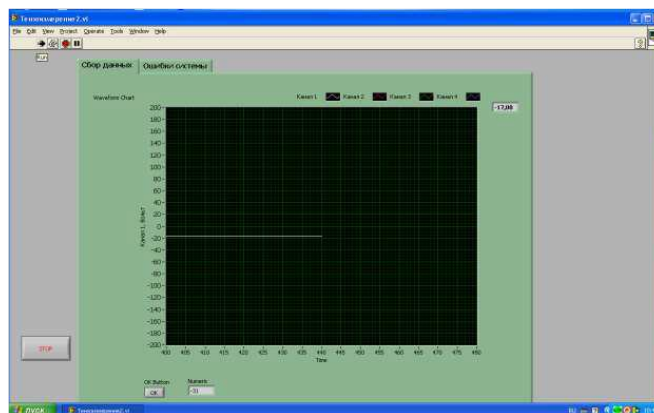


Рис. 3.3. Графік реєстрації параметрів аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) у програмі «LabVIEW»

Його подальшу обробку виконували у програмі «Еxсел» (рис. 3.4).

Тут по осі абсцис відкладено кількість експериментальних точок, а по осі ординат – зусилля, зафіксоване тензодатчиками. Далі одиниці виміру по осі абсцис було змінено на час циклу (обмолоту). Для цього число експериментальних точок співвідносили з величиною дискретності АЦП сигналів, яка становила 64 вимірювання в секунду.

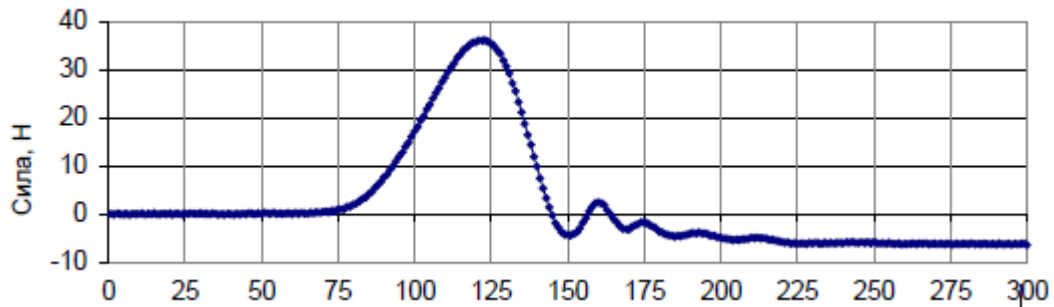


Рис. 3.4. Графік навантаження зв'язків зерна з колосом у програмі «Еxсел»

Оскільки при проведенні досліджень сила виявилася не постійною, а рух верхнього майданчика не прямолінійним, роботу витрачену на виділення зерна з колосу, обчислювали через інтеграл. Внаслідок того, що рухи верхнього майданчика мали характер гармонійних коливань ( $S_{плл} = A_{плл} \cdot \sin\phi_{плл}$ ), то верхня шкала (переміщення) виявилася нерівномірною. Після всіх перетворень графік навантаження набув наступного вигляду (рис. 3.5).

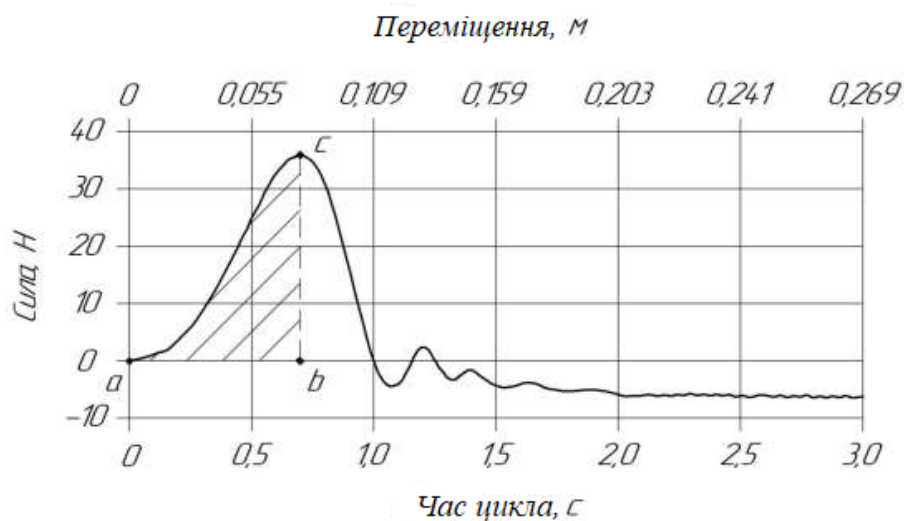


Рис. 3.5. До розрахунку енергоємності обмолоту зерна (при зазорі у молотильній камері  $Z_{мол} = 8$  мм)



Після переходу на рівномірну шкалу переміщення робота, витрачена на руйнування зв'язків зерна з колосом за один рух, було обчислено як площу заштрихованої фігури  $abc$ .

### 3.2 Результати дослідження сепарації очесаного зернового вороху на сітчастій комірковій поверхні

Для виявлення чисельних характеристик процесу сепарації вільного зерна з очесаного зернового вороху по довжині сітчастого транспортера, реєструвалася маса його проходу крізь осередки полотна на кожному з чотирьох контрольних ділянок (рис. 3.6).

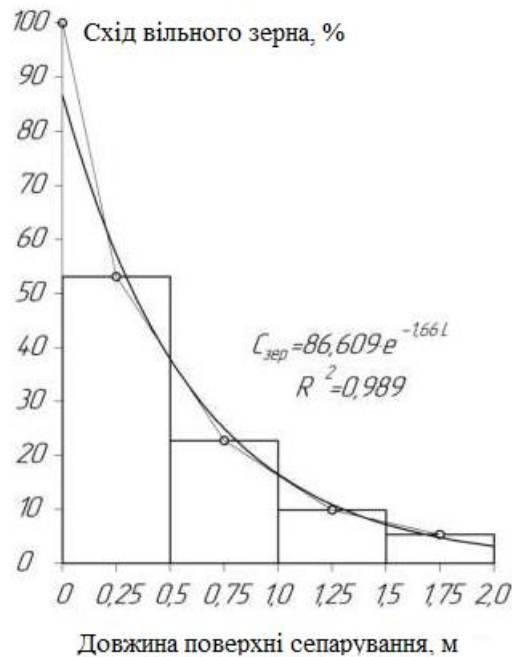


Рис. 3.6. Зменшення вільного зерна по довжині сітчастого транспортера (при  $v_{с.тр}=3$  м/с та  $S_{яч}=255$  мм<sup>2</sup>)

Залишок зерна визначався різницею між його вихідною кількістю у воросі на початку ділянки та масою проходу на його довжині. Тобто, на початку експерименту у воросі зафіксовано стовідсоткову кількість вільного зерна. Далі, у міру проходження вільного зерна сітчастим комірчастим транспортером, його кількість зменшується. Розрахунок кількості вільного зерна, що надійшов на другу контрольну ділянку (53,15%), визначено різницею між попереднім

значенням (100%) та кількістю вільного зерна, що пройшло крізь отвори на першій контрольній ділянці (46,85%).

Аналогічним чином було отримано інші значення (22,71; 9,89; і 5,34% відповідно).

Отримані дані було опрацьовано у програмі «Ехсел». За ними побудовано графік зменшення частки вільного зерна (від його вихідної кількості, прийнятого за 100%) за довжиною поверхні сепарування (рис. 3.6). Рівняння регресії, що найбільш адекватно відображає характер виявлених залежностей ( $R_2=0,989$ ), має експоненційний вигляд.

Слід зазначити, що експоненційна залежність адекватно відображає характер зміни вмісту вільного зерна в соломі залежно від довжини поверхні, що сепарує і у випадку з клавішним соломотрясом. Це є додатковим свідченням адекватності та достовірності отриманих результатів.

За аналогічною методикою були оброблені дані, що характеризують процес сепарації крізь осередки сітчастого транспортера підлоги (рис. 3.7) та соломистих включень (рис. 3.8). Згідно з отриманими результатами, було також побудовано графік зміни кількості зазначених компонентів у воросі по довжині транспортера, приймаючи їх вихідну масу на початку процесу за 100%.

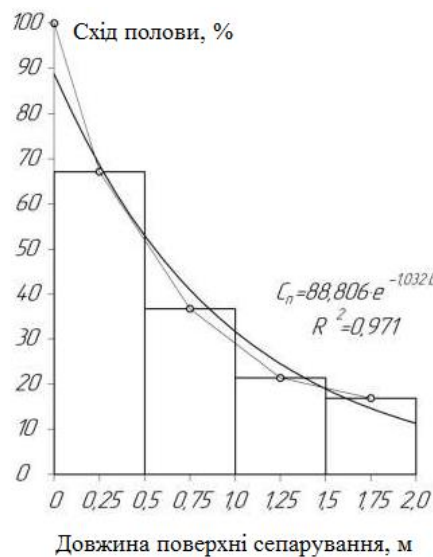


Рис. 3.7. Зменшення половини по довжині сітчастого транспортера (при  $v_{с.тр}=3$  м/с та  $S_{яч}=255$  мм<sup>2</sup>)

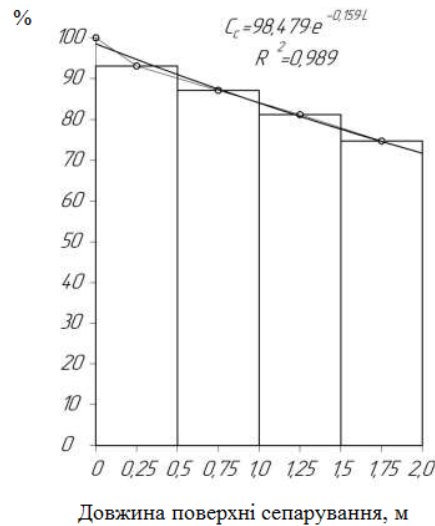


Рис. 3.8. Зменшення соломи по довжині сітчастого транспортера (при  $v_{с.тр}=3$  м/с та  $S_{яч}=255$  мм<sup>2</sup>)

Проведені експериментальні дослідження свідчать про те, що прийнята нами концепція виділення вільного зерна з очесаного вороху себе виправдала. Вільне зерно і пропорційні йому дрібні частинки (полова та частково подрібнена солома) під дією сили тяжіння проходять крізь комірочки сітчастого полотна.

Аналіз отриманих залежностей свідчить, що 94,66% вільного зерна проходить крізь комірочки сітчастого полотна, а 5,34% - йде сходом (рис. 4.6). Прохід полови становить близько 83,11% (рис. 3.7), а прохід соломистих включень – не перевищує 25,33% (рис. 3.8). При цьому проходження колосової частини вороха крізь комірочки сітчастого транспортера у всіх серіях експерименту відсутнє.

Схід вільного зерна обумовлений тим, що при проведенні серії експериментів довжина сепаруючої поверхні виявилася недостатньою. Таким чином, для повного виключення надходження вільного зерна в молотильну камеру зернозбирального комбайна, необхідно або збільшити довжину сітчастого транспортера або збільшити розміри комірочки його полотна.

Однак, слід мати на увазі, що в техніці досягнення стовідсоткового результату не завжди є економічно виправданим завданням.

Так, реальні втрати зерна на клавійному соломотрясі прийнято оцінювати величиною близько 1,25%. При тому, що це безповоротні втрати. Попадання ж

невеликої частини вільного зерна в молотильний простір не призведе до значних збитків, оскільки дроблення зазнає лише невелика частка зерен, що безпосередньо взаємодіють з бичами.

В результаті проведених експериментальних досліджень достовірно встановлена можливість здійснення сепарації вільного зерна з обчесаного вороху на сітчастому комірчастому полотні, змонтованому між похилою камерою та молотильним пристроєм. Максимальний прохід вільного зерна крізь отвори становить близько 94,66%. Для забезпечення проходу 99% вільного зерна із обчесаного зернового вороху, необхідно щоб довжина поверхні, що сепарує, становила не менше 2,69 м.

Отримані дані було опрацьовано у програмі «Excel». За ними побудовано графік (рис. 3.39). Аналіз отриманої залежності (рис. 3.9) свідчить про те, що зі збільшенням швидкості сітчастого транспортера кількість вільного зерна, що пройшло крізь його комірки, зменшується, а кількість зерна, що зійшло з нього, навпаки зростає. При цьому максимальний прохід вільного зерна (94,66%) спостерігається за мінімальної швидкості сітчастого транспортера, що дорівнює 3 м/с. Наявність вільного зерна обумовлена тим, що при проведенні серії експериментів, довжина сепаруючої поверхні виявилася недостатньою.

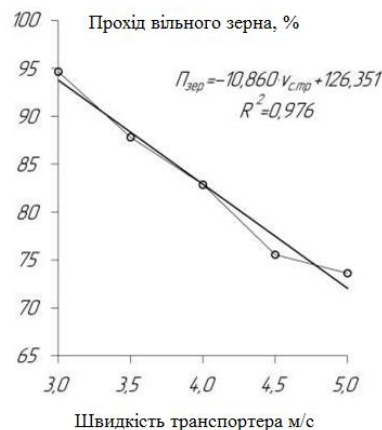


Рис. 3.9. Зміна кількості вільного зерна минулого крізь комірки сітчастого транспортера в залежності від його швидкості (при площі осередків полотна  $S_{\text{яч}} = 255 \text{ мм}^2$ )

Для виявлення характеру процесу сепарації вільного зерна було побудовано графіки зменшення вільного зерна по довжині поверхні сепарування (рис. 3.10), з реєстрацією його кількості на чотирьох контрольних ділянках. При цьому за стовідсоткову кількість вільного зерна прийнято початок проведення експерименту на момент його надходження до встановлення. Розрахунок кількості вільного зерна, що надійшов на другу контрольну ділянку (57,98%), визначено різницею між попереднім значенням (100%) та кількістю вільного зерна, що пройшло крізь отвори на першій контрольній ділянці (42,02%). Аналогічним чином було отримано та інші значення (38,09; 21,49 і 12,18% відповідно) (рис. 3.10, а).

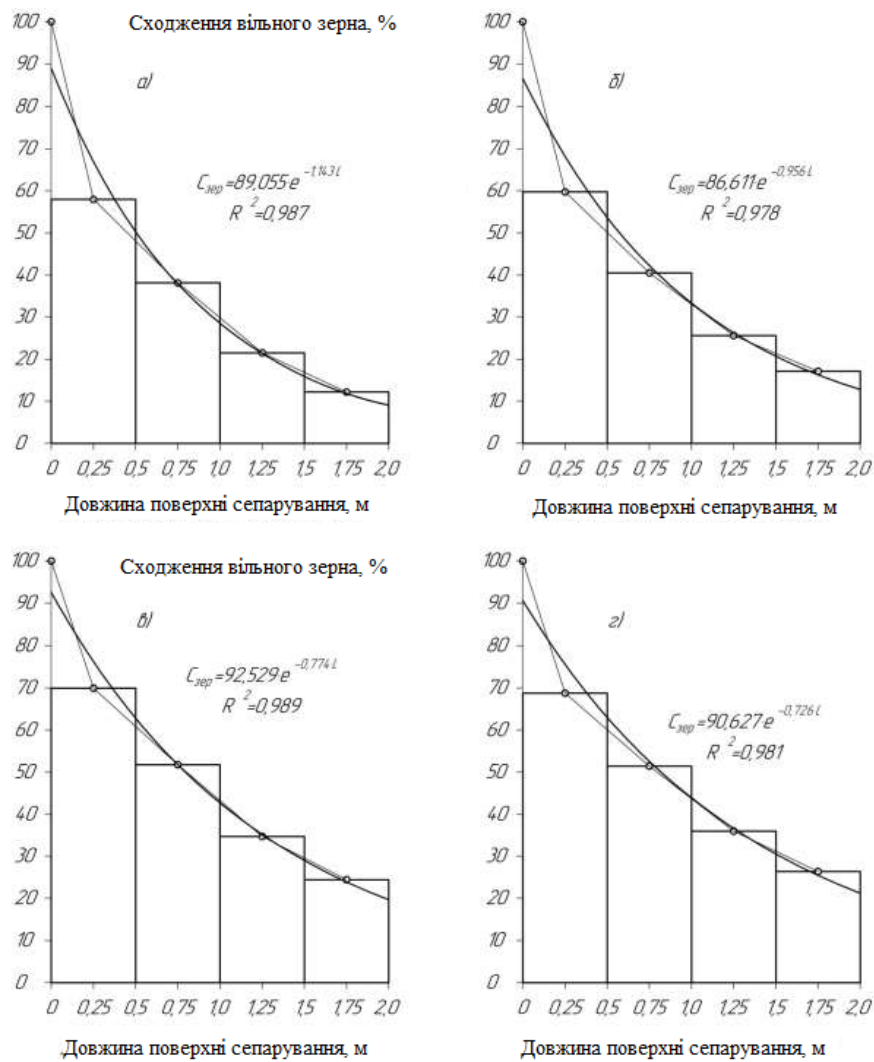


Рис. 3.10. Зменшення вільного зерна з обчесаного зернового вороху по довжині поверхні сепарування при швидкості сітчастого транспортера ( $S=255$  мм<sup>2</sup>): а)  $v_{с.тр}=3,5$  м/с; б)  $v_{с.тр} = 4,0$  м / с; в)  $v_{с.тр} = 4,5$  м / с; г)  $v_{с.тр}=5,0$  м/с

За допомогою програми «Mathcad» визначено мінімальні значення довжин сітківки, що забезпечують прохід 99% вільного зерна (рис. 3.11).

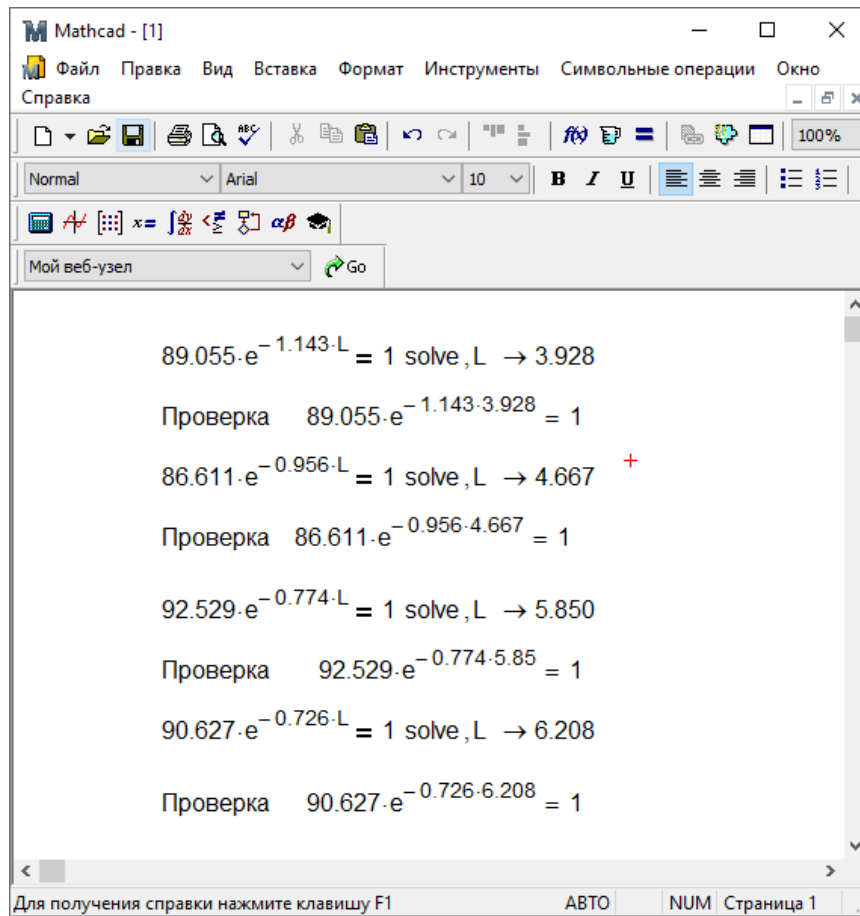


Рис. 3.11. Скріншот робочого вікна програми «Mathcad» при визначенні довжини сепаруючої поверхні експериментальної установки від швидкості сітчастого транспортера

За ними отримано залежність довжини сітчастого транспортера (що забезпечує виділення 99% вільного зерна) від його швидкості (рис. 3.12).

Поданий графік свідчить, що збільшення швидкості сітчастого транспортера, забезпечує виділення 99% вільного зерна. При цьому мінімальна довжина сепаруючої поверхні 2,69 м відповідає мінімальній швидкості сітчастого транспортера, що дорівнює 3 м/с.

Отримані дані свідчать, що ефективна сепарація вільного зерна з обчесаного зернового вороху на сітчастому транспортері, змонтованому між похилою камерою і молотильним пристроєм, можлива. Для забезпечення максимальної сепарації вільного зерна обчесаного зернового вороху довжина

сітчастого транспортера має бути не менше 2,69 м. Подальші дослідження доцільно зосередити на оптимізації розмірів комірок сітчастого полотна .

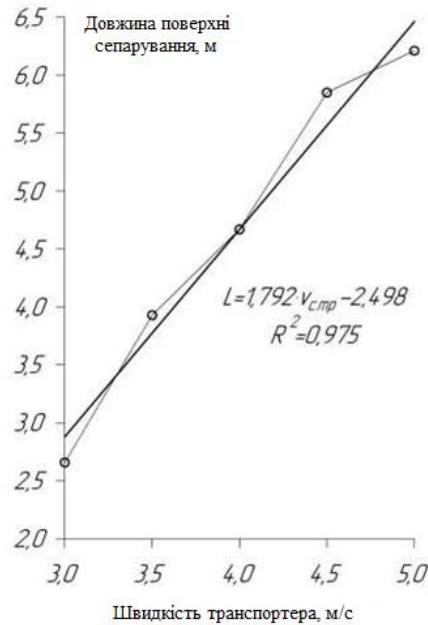


Рис. 3.12. Залежність довжини сепаруючої поверхні експериментальної установки від швидкості сітчастого транспортера

### Висновки по розділу

Доведено, що перспективним варіантом попереднього виділення вільного зерна з обчесаного зернового вороху до його надходження в молотильну камеру є його сепарація на поверхні сітчастого транспортера, що рухається, змонтованого між похилою камерою і молотильним пристроєм. Встановлено, що оптимальним є сітчасте полотно розмірами комірок 35×35 мм. У цьому випадку прохід вільного зерна знаходиться в межах 95-99%, полови – 80-95% та соломи – 35-39%. Практична реалізація такого технічного рішення вимагає зміщення молотильного барабана комбайна назад і вкорочування соломотрясу без зниження ефективності його технологічного процесу (у зв'язку з різким зменшенням об'єму соломи, що надходить).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Найважливішим резервом для вдосконалення конструкції зернозбирального комбайна є повніша адаптація його технологічного процесу до специфічних особливостей фізико-механічних властивостей обчесаного зернового вороху, у зв'язку з його дезитрегованістю без соломи і наявністю великої частки вільного зерна.

Найбільш перспективними є два напрями модернізації технологічного процесу зернозбирального комбайна: зменшення енергоємності молотильного пристрою та мінімізація дроблення вільного зерна за рахунок його попереднього виділення з обчесаного зернового вороху до надходження останнього в молотильний пристрій; зменшення енергоємності процесу виділення зернівок з колосу за допомогою переходу на поперечне коливальне навантаження їх зв'язків з ним. Запропоновано технічні рішення, що реалізують зазначені елементи модернізованого технологічного процесу.

Перспективним варіантом попереднього виділення вільного зерна з обчесаного зернового вороху до його надходження в молотильну камеру є його сепарація на поверхні рухомого сітчастого транспортера, змонтованого між похилою камерою і молотильним пристроєм. Встановлено, що оптимальним є сітчасте полотно розмірами комірок  $35 \times 35$  мм. У цьому випадку прохід вільного зерна знаходиться в межах 95...99%, полови – 80-95% та соломи – 35-39%. Практична реалізація такого технічного рішення вимагає зміщення молотильного барабана комбайна назад і вкорочування соломотрясу без зниження ефективності його технологічного процесу (у зв'язку з різким зменшенням об'єму соломи, що надходить). Модернізація похилої камери зернозбирального комбайна шляхом забезпеченням її решітчастим днищем та пристроєм для відведення вільного зерна та його подачі на очищення, минаючи молотильне пристрій, дозволила зменшити витрати потужності на привід барабана на 10 кВт, підвищити продуктивність збирання на 5%, а також знизити експлуатаційні витрати на 4,45%.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сисоліна І. П. Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів. Аграрний вісник причорномор'я. 2013. Вип. 67. С. 121–129.
2. Міненко С. В., Патюк Р. С. Результати дослідження енергоємності виділення зерна з колоса при поперечному коливальному характері навантаження звязків. Студентські читання–2022: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 30 листопада 2022 р. Житомир: Поліський національний університет. С. 45-49.
3. Міненко С. В., Патюк Р. С. Огляд технічних рішень, адаптованих до роботи з очесаним зерновим ворохом. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022. С. 302-212.
4. Патюк Р. С. Результати дослідження сепарації очесаного зернового вороху на сітчастій комірковій поверхні. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 247-250.
5. Русанов А. И. Основные концепции развития зерноуборочных комбайнов. Исследование и создание рабочих органов машин для уборки и послеуборочной обработки зерновых культур. М. : ВИСХОМ, 1982. С. 3-14.
6. Погорілець О. М. Зернозбиральні комбайни: Навчальний посібник для студ. вищ. навч. закладів інженерних спеціальностей. Київ : Урожай, 1994. 232 с.

7. Кононеко М. П. Техніко-економічні аспекти використання зернозбиральних комбайнів. *Агроном*. 2006. № 3. С. 46-48.
8. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Розрахунок робочих органів збиральних машин: Навч. посібник. Київ : НМК ВО, 1991. 199 с.
9. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф. Машини для збирання зернових та технічних культур / УкрНДІПВТ ім. Л. І. Погорілого. Дослідницьке, 2009. 296 с.
10. Богуславський В.П. Решета зернозбиральних комбайнів із сепаруючими поверхнями комбінованого типу. *Вісник аграрної науки*. - 2010. № 6. С. 50-53.
11. Погорілець О.М. Електронний посібник з розділу «Машини для збирання зернових культур» навчальної дисципліни «Сільськогосподарські та меліоративні машини». Київ. 2008. 206 с.
12. Богуславський В.П., Кузьмич А.Я. До питання обґрунтування параметрів уніфікованих сепаруючих поверхонь очисток зернозбиральних комбайнів // *Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження*. №5 2001. С. 74-79.
13. Кравчук В.І. Наукові аспекти адаптації сільськогосподарських машин в керованих технологіях землеробства. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. ННЦ "ІМЕСГ", Вип.88. Глеваха, 2004. С.334-343.
14. Самарін О.Є. Дослідження роботи системи очищення зерна у зернозбиральному комбайні. *Науковий вісник херсонської державної морської академії*. №1 (8) 2013. С. 185-189.