

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування ярого ячменю з модернізацією
зерноочисної машини барабанного типу»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи АІ-22мб-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Полтавець Олександр Миколайович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Дмитро ПЕТРЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Олег БЕВЗ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

**Тема: «Механізація вирощування ярого ячменю з модернізацією зерноочисної машини барабанного типу»
ячмінь, комплексна механізація, зерноочисна машина**

Робота присвячена підвищенню ефективності вирощування ранніх сортів ячменю шляхом комплексної механізації та оптимізації післязбиральної обробки. Запропоновано технологічну карту вирощування та модернізацію зерноочисної машини барабанного типу. Удосконалення дозволяє одночасно видаляти великі та дрібні домішки, а також сортувати зерно, що підтверджено розрахунками та порівнянням операційно-технологічних карт. Запропоновано заходи з безпеки експлуатації.

Abstract

**Topic: «Spring barley cultivation mechanization with modernization of the drum-type grain cleaning machine»
barley, complex mechanization, grain cleaning machine**

The work is devoted to increasing the efficiency of growing early barley varieties through comprehensive mechanization and optimization of post-harvest processing. A technological map of growing and modernization of a drum-type grain cleaning machine is proposed. The improvement allows for the simultaneous removal of large and small impurities, as well as sorting of grain, which is confirmed by calculations and comparison of operational and technological maps. Operational safety measures are proposed.

1. ВСТУП

Ячмінь по праву займає одне з провідних місць серед найпоширеніших с.-г. культур у світовому вимірі та має доволі давні історичні витоки районування. Аналіз структури по посівних площах дозволяє констатувати, що дана культура займає четверту позицію у світовому рейтингу, перші місця у якому зайняті пшеницею, рисом та кукурудзою, а в умовах України її позиція йде одразу за озимою пшеницею [1, 2, 3], незважаючи на тенденції останніх років по збільшенню площ районування олійних і бобових культур.

Ця ситуація пояснюється широким і універсальним використанням даної культури для різних сфер. Так, зерновий продукт ячменю являється основним інгредієнтом у солодовій промисловості (в основному при виробництві алкогольних напоїв), яка є відносно високорентабельною. Крім того, культура є цінною з позиції тваринницької галузі, що визначає її і як ефективну зернофуражну культуру, що забезпечує, порівняно з іншими злаковими, збалансовану амінокислотну структуру, яка і визначає її придатність для годівлі практично всіх тварин сільськогосподарського використання.

Враховуючи значимість даної культури для економіки держави, актуальним є забезпечення найбільш ефективної системи її вирощування, яка передбачає, крім агрономічних особливостей її районування відповідно до регіону, й механізоване забезпечення виробництва.

Таким чином, метою даної роботи є розробка найбільш ефективної системи вирощування ячменю ранніх сортів з забезпеченням всіх технологічних операцій механізованими засобами, зважаючи на їх раціональне використання. Окрема увага буде приділена післязбиральному обробітку зібраного врожаю.

					МВЯС 00.000 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	Полтавець					<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	Петренко							
<i>Н. контр.</i>	Мачок				ЦНТУ гр. АІ-22мб-1			
<i>Затверд.</i>	Васильковський							
<i>Пояснювальна записка</i>								

Таким чином, навіть за недостатнього рівня ресурсного забезпечення можливо отримати високі рівні рентабельної врожайності ячменю ярого за рахунок додержання науково обґрунтованих сівозмін відповідно до вірно підбраного попередника та сортових якостей. Проте це не забезпечує максимального рівня рентабельності виробництва та потребує раціонального застосування механізованих технологій відповідно до прийнятої системи землеробства.

Система обробітку ґрунту при районуванні ярого ячменю.

Одержання максимальних рівнів урожаю ячменю вимагає дотримання відповідної системності обробіток ґрунту, зокрема з врахуванням його родючості, кліматичних та погодних умов, рельєфу місцевості, агротехнологічних карт для кожного поля у сівозміні. Така системність полягає у застосуванні основних та передпосівних обробіток та повинна враховувати тип попередника.

Так, за вирощування ячменю після культур, збирання яких відбувається в ранні строки, рекомендовано застосувати напівпаровий та поліпшений тип зяблевого обробітку ґрунту [1, 3]. Зокрема напівпаровий обробіток поля передбачає негайне проведення двократного луцення після попередника, для чого рекомендовано використовувати дискові знаряддя типу ЛДГ або БДТ, а також їх аналоги. Протягом 12...14 днів, після з'явлення сходів бур'янів, виконується оранка з застосуванням плугів, оснащених передплужниками, глибина обробітку при цьому становитиме 20...22 см.

Ячмінь відзначається доброю реакцією на проведення глибокої оранки, оскільки це сприяє аерації ґрунту, крім того активно розвивається потужна коренева система.

Якщо для вирощування ячменю використовуються поля, де перед цим вирощувались цукрові буряки і картопля, то такі поля не вимагають луцення, оскільки поле після їх збирання має чистий від бур'янів і стерні фон. Тому рекомендовано одразу проводити оранку, глибина при цьому достатня 20...22 см. Кращі результати показують зяблеві обробітки ґрунту, оскільки весняна

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оранка призводить до зниження врожайності культури в межах 10%...30% [1-3].

Якщо у якості попередника застосовується кукурудза, то після її збирання проводиться дискування у два сліди, або застосовують один обробіток рубчастим котком з подальшим дискуванням глибиною 8...10 см, що сприятиме кращому заорюванню чи мульчуванню рослинних решток попередника. Після цього рекомендовано виконати глибокий обробіток глибиною понад 25 см, що дозволить поліпшити структуру ґрунту. Для зони недостатнього зволоження рекомендовано використовувати плоскорізи-глибокородзпущувачі чи чизельні знаряддя [1-3].

Навесні необхідним є виконання передпосівної підготовки ґрунту, що полягає у ранньовесняному одно- чи двократному боронуванні ріллі з використанням важких борін. Умовою для проведення даного обробітку є досягнення верхнім шаром ґрунту стану фізичної стиглості. Протягом 3...4 днів, що передбачає досягнення фізичної стиглості глибшими шарами, рекомендовано виконати передпосівну культивуацію, поєднуючи з боронуванням [3]. Серед застережень – проведення ранніх боронувань перезволожених, в особливості важких ґрунтів, що може викликати їх переущільненість, погану розробку, а це призведе до пригнічення рослин, в кінцевому результаті – зниження рівня урожаїв. За умов затяжних холодних весен для важких перезволожених ґрунтів можливо образу проведення передпосівних культивацій.

Кількість передпосівних культивацій визначається станом вирівняності поверхні ґрунту, його структурою у посівному шарі, яка повинна бути дрібногрудкуватою, а також рівнем чистоти поля від бур'янів.

Крім традиційних культиваторів для суцільного обробітку, доцільним є застосування при передпосівному обробітку комбінованих агрегатів, які здатні забезпечити комплексну підготовку ґрунтового середовища за один прохід, наприклад, РВК-3,6 (-5,4; -7,2), АКП-5 і аналогічні.

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до результатів досліджень [1, 4, 7], сучасні сорти ячменю ярого неоднозначно реагують на систему основного обробітку, а найбільшої середньої урожайності після попередників, зокрема після буряків цукрових (4,03 т/га), кукурудзи на зерно (3,65 т/га) та сої (3,46 т/га) ярий ячмінь досяг, залежно від сорту за системи основного обробітку, яка включала полицеву оранку. Використання чизельних обробітків дало зменшення рівня урожайності у всіх дослідках, порівняно з оранкою. Наприклад, для сорту «Доказ», зниження урожайності становило 0,40...0,76 т/га при застосуванні чизелювання замість оранки (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Величина урожайності ярого ячменю відносно системи основних обробітків ґрунту (застосування добрив під основний обробіток $N_{60}P_{60}K_{60}$), т/га) [1, 3-4].

Сорт	Спосіб основного обробітку ґрунту		+ до оранки
	полицева оранка	чизель	
Попередник – буряки цукрові			
Доказ	4,03	3,27	-0,76
Взірець	4,12	3,64	-0,48
Парнас	3,95	3,34	-0,61
Середнє по способу	4,03	3,42	-0,62
Попередник – кукурудза на зерно			
Доказ	3,61	3,01	-0,60
Взірець	3,71	3,21	-0,50
Парнас	3,62	3,24	-0,39
Середнє по способу	3,65	3,15	-0,50
Попередник – соя			
Доказ	3,31	2,90	-0,40
Взірець	3,64	3,36	-0,28
Парнас	3,42	3,00	-0,42
Середнє по способу	3,46	3,09	-0,37

Сортові якості.

Агрономічна практика показує, що за адаптивної системи землеробства на сьогодні необхідним є впровадження нових сортів ячменю ярого, які володіють підвищеним рівнем адаптації до зміни агрокліматичних умов. Крім того, важливим є застосування рекомендованих для конкретних умов зональні сорти, що сприятиме максимальному розкриттю їх генетичного потенціалу [2, 4].

Генетичний потенціал сортів ячменю в Україні забезпечує можливість районування як продовольчо-фуражного зерна, так і пивоварного. Найбільш відомим серед насінників України, в тому числі щодо ячменю є інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, який пропонує високопродуктивні сорти з високим потенціалом урожайності (до 10,0 т/га) [4].

Система удобрення.

Ячмінь виявляє суттєву чутливість до системи удобрення та має швидку реакцію шляхом наростання біомаси і збільшення кущистості. Натомість зависокий рівень живлення може призвести до ранніх вилягань посівів. Підбір добрив має також суттєвий вплив і щодо біохімічного складу зерна, що особливо важливо враховувати при районуванні пивоварного ячменю [5].

Ячмінь відзначається добрим використанням післядії органічних добрив, які вносились під попередники, тому раціональним буде забезпечення такого, а при вирощуванні ячменю застосовувати лише мінеральне удобрення.

Згідно результатів досліджень [1, 2] встановлено, що вирощування ячменю ярих сортів на фонах без використання добрив дозволяє формувати середню врожайність на рівні 1,94...2,75 т/га відповідно до попередника.

При вирощуванні ж ячменю ярих сортів на фоні гноєвої післядії в кількості 30 т/га сприятиме зростанню рівня урожайності в рамках 0,66...0,92 т/га, при цьому застосування мінерального підживлення в основному внесенні в обмежених дозах N30P30K30 вже дозволяє сформувати на 0,92...1,55 т/га більше, а дози N60P60K60 – на 1,20...1,77 т/га [1, 2].

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За інтенсивного районування ячменю під час виконання посіву забезпечують створення постійних технологічних колій. Обов'язковим є проведення післяпосівних прикочувань ґрунту, для чого застосовують кільчасто-шпорові котки, що особливо актуально за посушливих років. Це дозволяє зменшити висихання ґрунтової поверхні на глибині закладення насінин, а також сприяє прискоренню їх проростання, як наслідок – поява повних і дружніх сходів.

Догляд за посівами.

У вегетаційні періоди до посівів ячменю рекомендовано застосовувати інтегровані системи захисту від хвороб і шкідників, а також бур'янів, використовуючи препарати відповідно до рекомендацій [1, 2]. Система передбачає проведення крайової, а за потреби і суцільної обробки посівів інсектицидами у фазі сходів, що дозволить захистити від ушкоджень злаковими мухами. Фаза кущення, яка може супроводжуватись сильним засміченням бур'янами, потребує обробку посівів гербіцидами [1, 2].

Серед найбільш шкідливих для ярого ячменю відзначають хвороби, серед яких летюча, чорна і тверда сажки, жовта, стеблова та карликова іржі, гельмінто- та ринхоспоріоз, смугаста або сітчаста плямистості, кореневі гнилі.

Для попередження розвитку сажкових хвороб необхідно виконувати протруювання посівмату. З хворобами листків, стебел і колосся проводять боротьбу за результатами постійного моніторингу шляхом обробки фунгіцидами після появи перших ознак на рослинах [1, 2, 6].

Збирання ячменю ярого.

Збирання ячменю організовують при перебуванні зерна у фазі воскової стиглості, застосовуючи метод прямого комбайнування зерновими комбайнами. За низької культури землеробства, що супроводжується забур'яненістю та полеглистю посівів, особливо на високорослих сортах, збирання рекомендовано проводити з застосуванням роздільного способу, що передбачає скошування у валки за вологості зернової частини врожаю на рівні 30...38%. Для забезпечення доброго провітрювання валків необхідно залишати

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стерню, що має висоту 12...15 см. До підбирання валків та обмолоту приступають одразу ж після їх просихання, за умови, що рівень вологості зерна перебуває в межах 15...16%. Для зріджених й чистих посівів низькорослих сортів збирання з застосуванням прямого комбайнування розпочинають за вологості зерна на рівні 14...17%.

Післязбиральний обробіток зерна.

Зернова суміш ячменю після комбайнової очистки містить в своєму складі сторонні домішки, серед яких виділяють насінини інших культурних рослин та бур'янів, комахи або їх частинки, рослинні і мінеральні включення, металеві частинки, пил і грудочки землі.

Після збирання зернову суміш ячменю необхідно довести до кондицій, які регламентують його подальшу переробку чи зберігання. Так, серед основних операцій післязбирального обробітку виділяють очищення від домішок, доведення вологості до потрібних значень та сортування.

Залежно від термінів зберігання, а також напрямку подальшого застосування розрізняють наступні види очищення зерносумішей – попереднє, первинне та основне (вторинне).

Задачами попереднього очищення є виділення з складу зерносуміші більшої частки крупних та вологих домішок, що забезпечить її тимчасове зберігання і підготує до наступних технологічних операцій – первинної обробки та сушіння (за потреби). Регламентована якість видалення домішок на цьому етапі становить не нижче 50%. Первинне очищення дозволяє підготувати матеріал до подальшої переробки та довготривалого зберігання, тут ефективність видалення домішок повинна відповідати рівню не менше 60%. Шляхом виконання вторинного очищення забезпечується чистота зерна ячменю на рівні 99,5%, що дозволяє його використання, в тому числі і в якості насіннєвого матеріалу.

Для виконання післязбирального обробітку застосовують як комплексні рішення у вигляді зерноочисних та зерноочисно-сушильних комплексів, обладнаних зерноочисними і сушильними машинами, а також додатковим

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОПЕРАЦІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ

Агротехнологічні умови роботи зерноочисної машини.

За заданих параметрів, серед яких продуктивність, засміченість зерносуміші і допустима величина зерна у відходах (чіткість сепарації) за один пропуск зерноочисна машина повинна забезпечити очищення зерна ячменю відповідно до вимог ДСТУ 3769-98 «Ячмінь. Технічні умови.» щодо зерна ячменю, яке йде на заготовлю суб'єктами підприємницької діяльності та постачаються на продовольчі, технічні, кормові цілі, пивоварну промисловість та на експорт.

Пошкодження зерна робочими органами і механізмами ЗОМ не допустимо, проте ДСТУ обумовлені мінімальні кількості битого чи ушкодженого (з тріщинами) зерна.

Серед експлуатаційних умов відзначимо показники міцності і довговічності, простоту догляду та зручності при керуванні обладнанням машини, а також регулювання робочих елементів, безпеку експлуатації, вимоги екологічності роботи.

Розрахуємо чисельність операторів, які задіяні в експлуатації і обслуговуванні зерноочисної машини.

Встановлюємо потрібну продуктивність першого сепараторного блоку, зважаючи на добове завантаження комплексу:

$$Q_{зк} = \kappa \cdot P_{зав},$$

де $P_{зав}$ – добова величина завантаженості комплексу, яка відповідно до нормативної інформації становить:

для модернізованої машини $P_{зав}^M = 24$ т/доб;

для базової машини $P_{зав}^b = 2 \cdot 24 = 48$ т/доб, що пов'язано з необхідністю двократного пропуску зерносуміші для досягнення встановлених кондицій;

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

κ – коефіцієнт, що забезпечує технологічний і експлуатаційний запас часу, $\kappa = 1,15 \dots 1,2$.

Таким чином, потрібна величина продуктивності сепарації становитиме:

- для базової ЗОМ

$$Q_{зк}^{\bar{}} = 1,2 \cdot 48 = 57,6 \text{ т/доб};$$

- для проектної ЗОМ

$$Q_{зк}^M = 1,2 \cdot 24 = 28,8 \text{ т/доб}.$$

Встановлюємо потрібну чисельність ЗОМ:

$$n_{ЗОМ} = \frac{Q_{зк}}{T_{зм} \cdot Q_{ЗОМ}},$$

де $Q_{ЗОМ}$ – величина продуктивності ЗОМ, т/год;

$T_{зм}$ – тривалість роботи ЗОМ протягом зміни, год.

Таким чином, чисельність ЗОМ однієї марки складе:

- для базової ЗОМ

$$n_{ЗОМ}^{\bar{}} = \frac{57,6}{10 \cdot 40} = 0,14;$$

приймаємо $n_{ЗОМ}^{\bar{}} = 1$;

- для проектної ЗОМ

$$n_{ЗОМ}^M = \frac{28,8}{10 \cdot 40} = 0,072.$$

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймаємо $n_{ЗОМ}^m = 1$.

Встановлюємо тривалість одиничного циклу обробки партії матеріалу:

$$t_{ц} = \frac{P_{ц}}{Q_{ЗОМ}},$$

де $P_{ц}$ – маса однієї партії зерноsumіші, яку визначимо відповідно до маси матеріалу, який перебуває у оперативному бункері:

$$P_{ц} = \frac{P_{зав} \cdot \tau}{T_{зм}},$$

де τ – значення тривалості перебування зерноматеріалу у бункері, який відповідно до емпіричних даних становить 0,6 год.

Отже, маса однієї партії становитиме:

- для базової ЗОМ

$$P_{ц}^{\delta} = \frac{57,6 \cdot 0,6}{10} = 3,46 \text{ т/год};$$

- для проектної ЗОМ

$$P_{ц}^m = \frac{28,8 \cdot 0,6}{10} = 1,73 \text{ т/год.}$$

Таким чином, тривалість циклу обробки однієї партії зерноматеріалу становитиме:

- для базової ЗОМ

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{ц}^{\delta} = \frac{3,46}{40} = 0,086 \text{ год.};$$

- для проектної ЗОМ

$$t_{ц}^{\lambda} = \frac{1,73}{40} = 0,043 \text{ год.}$$

Тривалість експлуатаційного часу, який потрібен для обслуговування ЗОМ, встановимо з залежності:

$$t_{експ} = t_{зав.зсм} + t_{в.д.} + t_{в.з.},$$

де $t_{зав.зсм}$ – тривалість завантаження партії зерноsumіші до ЗОМ, год;

$t_{в.д.}$ – тривалість вивантаження партії домішки, год;

$t_{в.з.}$ – тривалість вивантаження партії очищеного зерна, год.

Дані експлуатаційного часу встановимо відповідно до емпіричних даних, які залежать від технологічного обладнання, яке працює разом з ЗОМ, зокрема:

$$t_{експ} = 0,013 + 0,004 + 0,009 = 0,026 \text{ год.}$$

Встановимо чисельність операторів, необхідних для забезпечення обслуговування ЗОМ:

$$K_{оп} = \frac{t_{експ}}{t_{ц}};$$

- для базової ЗОМ

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Обґрунтування розробки.

Зерноочисна машина барабанного типу (Скальператор) є високопродуктивним зерноочисним обладнанням першої лінії післязбирального обробітку, яка забезпечує видалення з зернової маси грубих і крупних сміттєвих домішок, що дозволяє підвищити ефективність роботи подальшого зерноочисного обладнання [9-13]. Скальператор має широке коло застосування та ефективно використовується як приймальних відділеннях елеваторів та хлібоприймальних підприємств, так і на токах господарств.

Відповідно до принципу роботи скальператор здійснює послідовне очищення зерна від домішок на циліндричному решеті (рис. 4.1). Вихідний матеріал через приймальний патрубок по лотку подається рівномірним потоком до внутрішнього простору приймальника циліндричного решета, яке обертається з заданою частотою. За рахунок взаємодії з решітною поверхнею відбувається просіювання відповідних фракцій зерна крізь отвори, а домішки виводяться з випускного патрубка.

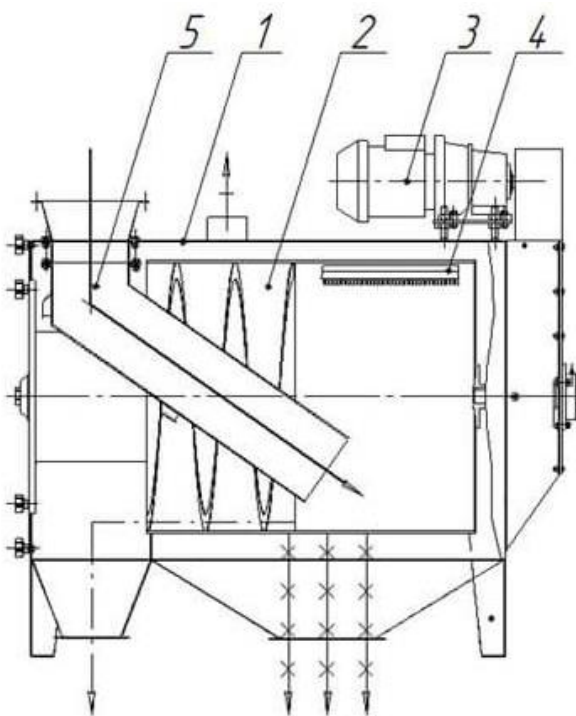
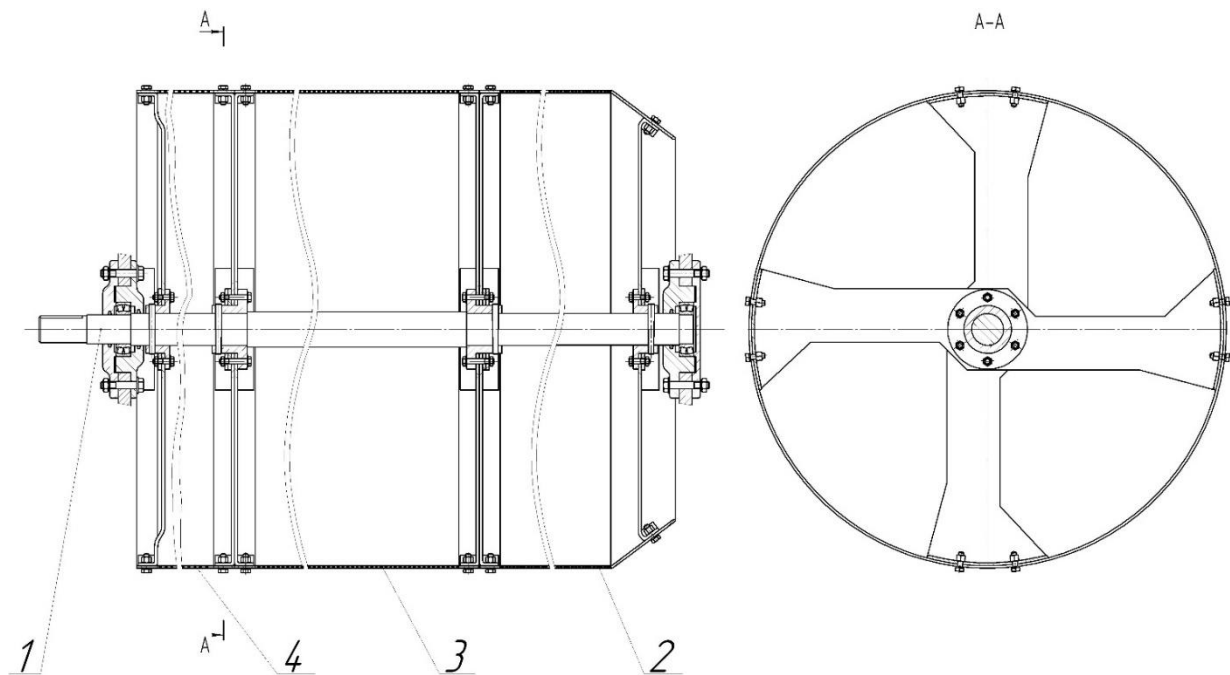


Рис. 4.1 – Схема ЗОМ барабанного типу [9-13]

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – вал; 2 – підсівна секція;

3 – сортова секція; 4 – колосова секція

Рис. 4.2 – Запропонована конструкція скальператорного решета

4.2. Технологічні розрахунки.

4.2.1. Обґрунтування режиму роботи циліндричного решета

У відповідності до результатів досліджень [14-16] найбільш доцільним показником, який характеризує кінематику роботи скальператорного решета (рис. 4.3) є показник його кінематичного режиму:

$$\begin{aligned}
 \kappa_{ск} = & \frac{6 \cdot f_3}{1 + 4 \cdot f_3^2} \cdot \sin \alpha + \frac{2 \cdot (1 - 2 \cdot f_3^2)}{1 + 4 \cdot f_3^2} \cdot \cos \alpha + \\
 & + e^{2 \cdot f_3 \cdot (\alpha - \pi)} \cdot \left\{ \frac{8 \cdot f_3^2 - 1}{1 + 4 \cdot f_3^2} - \frac{m_h}{m_1} \cdot \frac{2 \cdot (f_3 - f_6)}{1 + 4 \cdot f_6^2} \cdot \left[\frac{6 \cdot (f_3 - f_6)}{1 + 4 \cdot f_3^2} + 8 \cdot f_6^2 - 1 \right] \right\} + \\
 & + \frac{m_h}{m_1} \cdot \frac{6 \cdot (f_3 - f_6)}{(1 + 4 \cdot f_3^2) \cdot (1 + 4 \cdot f_6^2)} \cdot \left[(1 - 4 \cdot f_3 \cdot f_6) \cdot \sin \alpha - 2 \cdot (f_3 - f_6) \cdot \cos \alpha \right] + \\
 & + \frac{m_h}{m_1} \cdot \frac{2 \cdot (f_3 - f_6)}{1 + 4 \cdot f_6^2} \cdot (8 \cdot f_6^2 - 1) \cdot e^{2 \cdot f_6 \cdot (\alpha - \pi)}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Користуючись залежністю (4.2) і враховуючи відомі інтенсивності просіювання для решіт, розраховуємо елементарні довжини різних секторів циліндричного решета:

для підсівного сектора

$$l_{n1} = \frac{Q_n}{q_l} = \frac{11,1}{13} = 0,85 \text{ м,}$$

для сортувального сектора

$$l_{n2} = \frac{11,1}{11,6} = 0,95 \text{ м,}$$

для колосового сектора

$$l_{n3} = \frac{11,1}{11,9} = 0,93 \text{ м.}$$

Робочу довжину скальператорного решета знайдемо з формули:

$$L_p = \sum_{n=1}^i l_n \cdot z_i, \quad (4.3)$$

де z – чисельність циклів обробки зернової суміші, необхідна для одержання заданої повноти розділення;

i – кількість фракцій;

$$L_p = 0,85 \cdot 1 + 0,95 \cdot 1 + 0,93 \cdot 1 = 2,73 \text{ м.}$$

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення діаметра циліндричного решета проведемо з залежності:

$$D_p = \frac{2 \cdot Q_n}{q_{lc} \cdot L_p \cdot \mu \cdot \alpha_{kc}} \cdot \ln \frac{1}{1 - \varepsilon}, \quad (4.4)$$

де q_{lc} – усереднена величина питомої спроможності решета:

$$q_{lc} = \frac{q_{l1} + q_{l2} + q_{l3}}{3} = \frac{13 + 11,6 + 11,9}{3} = 12,16 \text{ кг/м} \cdot \text{с};$$

ε – необхідна повнота виділення домішок, $\varepsilon = 0,8$;

μ – середнє значення коефіцієнта інтенсивності сепарації при прийнятій чисельності циклів обробки зернової суміші за відповідної величини питомого навантаження:

$$\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{2} = \frac{0,35 + 0,6 + 0,6}{2} = 0,51,$$

де μ_1, μ_2, μ_3 – величини коефіцієнтів інтенсивності сепарації відповідного сектору решета;

α_{kc} – величина кута, що характеризує зону ковзання зернової суміші по решітній поверхні

$$\alpha_{kc} = \alpha_0 + \alpha_c = 0,08 + 4,71 = 4,79 \text{ рад.}$$

Отже, величина діаметра циліндричного решета становитиме

$$D_p = \frac{2 \cdot 11,1}{12,16 \cdot 2,73 \cdot 0,475 \cdot 4,79} \cdot \ln \frac{1}{1 - 0,8} = 0,735 \text{ м.}$$

						МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Обираємо найближче значення зі стандартного ряду $D_p = 0,75$ м.

Проводимо уточнення максимальної величини кута ковзання зернової суміші відповідно до встановленого діаметра

$$\alpha_c = 2 \cdot \pi - \varphi - \arccos \left[1 - \frac{2 \cdot h}{D_p} (\varphi - \alpha_0) - 2 \cdot \sin^2 \frac{\varphi - \alpha_0}{2} \right], \quad (4.5)$$

де φ – величина кута тертя зерноsumіші по робочій поверхні зерноскидача,

$$\varphi = \arctg f_3 = \arctg 0,44 = 0,4 \text{ рад.}$$

Таким чином маємо

$$\alpha_c = 2 \cdot 3,14 - 0,4 - \arccos \left[1 - \frac{2 \cdot 0,04}{0,95} (0,4 - 0,08) - 2 \cdot \sin^2 \frac{0,4 - 0,08}{2} \right] = 4,766 \text{ рад.}$$

Відповідно до знайдених значень проводимо визначення кутової швидкості обертання решета

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \kappa}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 7}{0,75}} = 13,5 \text{ с}^{-1};$$

та частоти його обертання

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 13,5}{3,14} = 128 \text{ об/хв.}$$

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Енергетичні розрахунки.

Для приводу циліндричного решета необхідна потужність, складовими якої є:

$$N_{ск} = N_{он} + N_{зс}$$

де $N_{он}$ – потужність, витрати якої припадають на подолання опорів;

$N_{зс}$ – потужність, що необхідна для переміщення зернової суміші решетом.

Перша складова визначається за класичними залежностями:

$$N_{он} = B_R \cdot \omega$$

де B_R – коефіцієнт, що враховує приведений опір тертя в опорах валу скальператора:

$$B_R = R_{\Sigma} \cdot \psi \cdot \rho$$

де R_{Σ} – сума реакцій, що виникають в опорах, Н;

ψ – коефіцієнт, що характеризує тертя в опорах;

ρ – величина радіуса цапф, м.

Враховуючи, що в нашому випадку застосовані підшипники кочення, то згідно [18] $\psi \cdot \rho = 0,014$ м, а сумарні реакції становитимуть величину $R_{\Sigma} = 4000$ Н. Тоді:

$$B_R = 0,015 \cdot 4000 = 56 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина потужності, витрати якої спрямовані на подолання опорів становитиме:

$$N_{on} = 56 \cdot 13,5 = 756 \text{ Вт} = 0,76 \text{ кВт.}$$

Циліндричне решето здійснює корисну роботу з перенесення шарів зерноsumіші з точки *A* до точки скидання *B* (рис. 4.4), на виконання якої витрачається потужність:

$$N_{zc} = \frac{A}{t_A},$$

де *A* – робота з перенесення шарів зерноsumіші з точки *A* до точки *B*;
t_A – час на виконання даної роботи по переміщенню зерноsumіші, с.

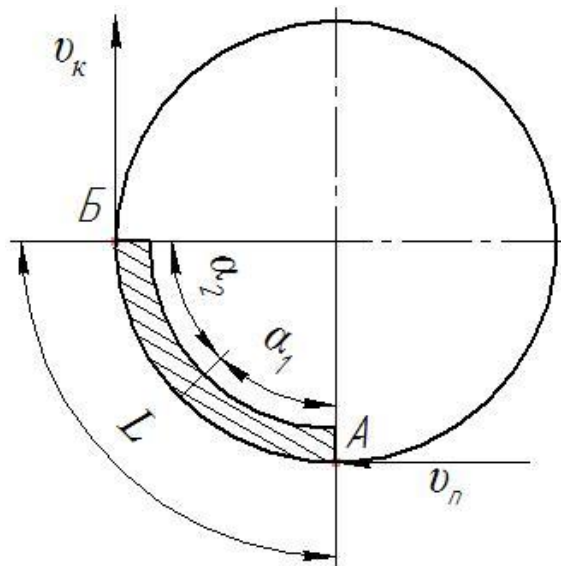


Рис. 4.4 – Схематичне зображення роботи по переміщенню зерноsumіші скальператором

Величина роботи з перенесення шарів зерноsumіші:

$$A = \sum F \cdot L_p \cdot \cos \alpha,$$

						МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

де ΣF – рівнодіюча сил, що діють на зерноматеріал, Н;

α – кут, що встановлює напрямок дії сили F на зерноматеріал відносно координатної вісі.

При розрахунках врахуємо, що кут подачі зерноматеріалу становить $\alpha_1 = -30^\circ$, а величина кута сходження матеріалу з барабана $\alpha_2 = 40^\circ$.

Величину сили можемо знайти відповідно до закону Ньютона:

$$F = m_{zc} \cdot a,$$

де m_{zc} – вагова характеристика зерноматеріалу, що перебуває на внутрішній поверхні скальператора протягом одного циклу обробки, який характеризується часом t_A , кг:

$$m_{zc} = S_t \cdot L_p \cdot \gamma \cdot z_m,$$

S_t – площа сегмента решета, де перебуває зерноsumіш протягом часу t_A , м; γ – насипна щільність зерноsumіші ячменю, кг/м³; z_m – кількість шарів зерноsumіші;

$$S_t = \frac{D_p^2}{2} \left(\pi \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{180} - \sin \alpha \right) = \frac{0,75^2}{2} \left(3,14 \frac{(40 - (-30))}{180} - \sin(40 - (-30)) \right) = 0,079 \text{ м}^2;$$

$$m_{zc} = 0,079 \cdot 2,73 \cdot 450 \cdot 3 = 291 \text{ кг};$$

a – величина прискорення, яке набувається частками зерноsumіші під час переміщення, м/с²:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_A},$$

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де v_2 – величина швидкості зерноsumіші в кінці переміщення, $v_2 = 2,5$ м/с;

v_1 – величина швидкості зерноsumіші на початку переміщення, $v_1 = 0$ м/с.

Величина часу визначається з залежності:

$$t_A = \frac{L_p}{v_2} = \frac{2,73}{2,5} = 1,09 \text{ с.}$$

Таким чином, величина прискорення становитиме:

$$a = \frac{2,5 - 0}{1,09} = 2,29 \text{ м/с}^2;$$

а значення сили, яка діє на зерноматеріал:

$$F = 291 \cdot 2,29 = 667 \text{ Н.}$$

Відповідно, значення роботи по переміщенню шарів зерноsumіші складе:

$$A = 667 \cdot 2,73 \cdot 1 = 1820 \text{ Дж.}$$

За знайденими складовими визначаємо потужність, яка необхідна для переміщення зерноsumіші:

$$N_{zc} = \frac{1820}{1,09} = 1670 \text{ Вт} = 1,67 \text{ кВт.}$$

Загальна величина потужності приводу скальператора:

$$N_{ск} = 0,76 + 1,67 = 2,43 \text{ кВт.}$$

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Розгляньмо детально найбільш вагомі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникнути під час експлуатації зерноочисної машини барабанного типу. Ці фактори можуть впливати як на оператора, так і на обслуговуючий персонал.

Виділимо механічні небезпеки, серед яких:

- рухомі частини машини:

– привод: можливість захоплення одягу, волосся або кінцівок, що призведе до травм різного ступеня тяжкості, включно з переломами та ампутаціями;

– скальператорне решето, що обертається: обертові рухи можуть завдати серйозних порізів, ударів, защемлення пальців або рук при випадковому контакті; можливість захоплення одягу, волосся або кінцівок, що призведе до травм різного ступеня тяжкості;

– інструменти та знімні деталі обладнання: ненадійно закріплені інструменти або деталі машини можуть впасти з висоти та завдати травм.

Небезпеки від матеріалу, що обробляється:

– зерно та інші матеріали: випадкове випадання зерна або інших частинок може призвести до ковзання та падіння працівників.

Нестійкість обладнання або робочих елементів:

– можливість перекидання машини або окремих її елементів при неправильному монтажі чи фіксуванні.

Гострі краї та задирки елементів конструкції можуть спричинити порізи та садна, тому потрібно передбачити відповідні захисні елементи і щітки або кожухи.

Серед шкідливих фізичних факторів можемо виділити.

Шум. Високий рівень шуму від електропривода та вібрації решета, що може призвести до погіршення слуху, головного болю, нервозності та підвищеної стомлюваності. Необхідне застосування шумопоглинаючих елементів конструкції та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) слуху.

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вібрація. Локальна та загальна вібрація від працюючих механізмів, що при тривалому впливі може викликати вібраційну хворобу, що проявляється у вигляді судинних та нервових розладів, болю в суглобах. Необхідне застосування вібропоглинаючих елементів конструкції, організація перерв в роботі.

Запиленість повітря робочої зони. Зерновий пил, лушпиння, мікроорганізми, вдихання яких може призвести до захворювань дихальних шляхів, таких як бронхіт, астма, алергічні реакції, а також грибкових та бактеріальних інфекцій. Необхідне застосування вентиляційних систем, пилопоглиначів та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) органів дихання.

Освітлення. Недостатня освітленість робочої зони збільшує ризик травматизму через погану видимість рухомих частин та інших небезпек. Потрібний правильний розрахунок системи освітлення.

Електрична безпека. Ураження електричним струмом, яке можливе при пошкодженні ізоляції електропроводки, несправності заземлення, використанні несертифікованого обладнання. Перевірка перед початком робіт справності електрообладнання, заборона роботи при пошкодженні елементів електропроводки чи запобіжників.

Пожежна безпека. Займання пилу та інших легкозаймистих матеріалів, яке може виникнути внаслідок іскріння, перегріву обладнання або необережного поводження з вогнем. Потрібне регулярне очищення обладнання, робочої зони, позначення небезпечних зон, дотримання правил пожежної безпеки, застосування системи пожежного оповіщення, наявність засобів автоматичного і ручного пожежогасіння.

Ергономічні фактори. Неправильні робочі пози, підняття важких предметів можуть призвести до захворювань опорно-рухового апарату. Обмеження щодо підняття вантажів, організація місць для відпочинку, організація місця оператора і допоміжного персоналу місцями для довготривалого перебування.

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шляхом аналізу вагомих небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації зерноочисної машини барабанного типу запропоновано заходи по усуненню або мінімізації їх, що сприятиме безпечній експлуатації зерноочисного обладнання.

Таким чином, проведена робота обґрунтовує розробку та доцільність застосування модернізованої системи вирощування ячменю ранніх сортів з удосконаленою технологією післязбиральної обробки, що характеризується підвищеною ефективністю та раціональним використанням ресурсів.

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ресурсозберігаюча технологія вирощування ячменю ярого в умовах східної частини Лісостепу України; підгот.: С.І. Попов, Р.А. Гутянський, С.В. Авраменко, Н.В. Кузьменко [та ін.] / Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2023. 46 с.
2. Балабай, О. М. (2020). Агробіологічні особливості вирощування ярого ячменю в умовах Лісостепу Правобережного. Біологічні науки, (3), 55–61.
3. Особливості проведення весняних польових робіт 2024 року в господарствах Харківської області (науково–практичні рекомендації). Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Харків. 2024. 55 с.
4. Ячмінь ярий. Каталог продукції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України. URL: <https://yuriev.com.ua/ua/katalog-produkcii/katalog/yachmin-yarij/>.
5. Підвищення схожості насіння зернових злаків праймінгом фізіологічно активними речовинами: Науково-методичні рекомендації / Укладачі: д-р біол. наук, проф. Колупаєв Ю.Є., канд. біол. наук Ястреб Т.О., д-р філософії (біол.) Кокорев О.І., д-р с.-г. наук Рябчун Н.І., м.н.с. Шахов І.В. – Харків, 2024. – 53 с.
6. Дем'яненко, С. В., Іванов, І. І. (2019). Механізація технологічних процесів у рослинництві: сучасний стан та перспективи розвитку. Технічні науки та технології, (4), 18–25.
7. Заверюха, А. В., & Науменко, О. О. (2022). Ефективність застосування різних систем обробітку ґрунту під ярий ячмінь. Вісник аграрної науки, (5), 30–35.
8. Коваленко, Н. П., Петренко, В. С. (2023). Оптимізація режимів роботи зерноочисних машин при обробці ячменю. Сільськогосподарські машини та технології, (1), 45–52.
9. Карлівський машинобудівний завод. Сепаратор барабанний КБС 1270: технічний опис та інструкція з експлуатації. URL: <https://kmzindustries.ua/product/separatoryi>.
10. Хорольський механічний завод. Скальператори ПБ-50, ПБ-100. Каталог продукції. URL: <https://mehzavod.com.ua/ua/catalog/separatory-zernoochistitelnye/pb-100/>.

					МВЯС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

