

Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної і дистанційної освіти

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

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

«Механізація вирощування пшениці з удосконаленням зерноочисної
машини»

Виконала здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи ГМ-22з-1

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____Монастирська Ольга Геннадіївна

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

професор, канд. техн. наук

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

_____Максим ГОДУНКО

« ____ » _____ 2026 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет ЦЗДО

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-наукова програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Монастирська Ольга Геннадіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Механізація вирощування пшениці з удосконаленням зерноочисної машини»

2. Керівник роботи (проекту)

Васильковський Олексій Михайлович, к.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 15.06.2026

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту)

Підвищення надійності і зниження енерговитрат вивантажувача зерна

5. Перелік графічного матеріалу: Функціональна схема зерноочисної машини, складальне креслення шнеку вивантажувального, деталювання

Всього: не менше 3 арк. А1 (масштабованих)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка	20.05.2026	
	Графічна частина	25.05.2026	
	Оформлення і підготовка презентації	5.06.2026	
	Захист роботи	15-30.06.2026	

Дата видачі завдання

«17» березня 2026 р.

Підпис керівника

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«17» березня 2026 р.

Підпис здобувача _____ Ольга МОНАСТИРСЬКА
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена забезпеченню механізованого післязбирального очищення пшениці з удосконаленням зерноочисної машини.

Проаналізовано будову й робочий процес зерноочисної машини, виявлено основні недоліки її робочих органів. Обґрунтовано раціональні параметри основних і допоміжних робочих органів машини. Замість скребкового транспортера вивантаження чистого зерна розроблено конструкцію вивантажувального шнека, що дало змогу підвищити надійність конструкції, знизити витрати часу на технічне обслуговування та зменшити енергоємність процесу за збереження продуктивності машини. Виконано технологічні, конструктивні та енергетичні розрахунки, які підтверджують працездатність і доцільність запропонованих рішень.

механізація, зерноочисна машина, робочі органи, вивантажувальний шнек, надійність, енергоємність.

ABSTRACT

The thesis is devoted to ensuring mechanized post-harvest cleaning of wheat with the improvement of the grain cleaning machine.

The structure and working process of the grain cleaning machine were analyzed, the main shortcomings of its working parts were identified. The rational parameters of the main and auxiliary working parts of the machine were substantiated. Instead of a scraper conveyor for unloading clean grain, a design of an unloading auger was developed, which made it possible to increase the reliability of the structure, reduce the time spent on maintenance and reduce the energy consumption of the process while maintaining the productivity of the machine. Technological, structural and energy calculations were performed, which confirm the operability and feasibility of the proposed solutions.

mechanization, grain cleaning machine, working parts, unloading auger, reliability, energy consumption.

[illegible]

ЗМІСТ

1. Вступ.....	7
2. Стан питання по машині ОВС-25.....	8
3. Конструкторська частина.....,	16
4. Висновки.....	36
Список використаної літератури.....	38
Додатки.....	41

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1. ВСТУП

Пшениця є однією з основних продовольчих культур не тільки в Україні, а й у світі, тому підвищення ефективності її вирощування та якості одержаного зерна має важливе господарське значення. Кінцева якість зернового матеріалу значною мірою визначається операціями післязбирального оброблення, серед яких основне місце посідає очищення зерна. Саме зерноочисні машини забезпечують відокремлення домішок і доведення зерна до потрібних кондицій, а отже, безпосередньо впливають на схожість насіння, втрати та собівартість виробленої продукції.

Поширеним недоліком наявних зерноочисних машин є застосування скребкових транспортерів для вивантаження чистого зерна. Такі транспортери характеризуються підвищеним зношуванням ланцюгово-скребкового контуру, значною трудомісткістю технічного обслуговування, відносно високою енергоємністю та схильністю до травмування зерна. Заміна скребкового транспортера вивантажувальним шнеком за умови обґрунтування раціональних параметрів робочих органів дає змогу усунути ці недоліки, що й обумовлює актуальність обраної теми.

Метою нашої роботи є підвищення надійності й енергоефективності зерноочисної машини ОВС-25 в системі механізації вирощування пшениці шляхом обґрунтування параметрів основних і допоміжних робочих органів та розроблення вивантажувального шнека чистого зерна замість скребкового транспортера.

					ДП 00.000 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Монастирськ				Пояснювальна записка		Літ.	Арк.вш
Перевір.	Васильковський							7
								34
Н.контр.	Артеменко						ЦНТУ, гр. ГМ-22з-1	
Затв.	Васильковський							

2. СТАН ПИТАННЯ ПО МАШИНІ ОВС-25

2.1. Актуальність механізації технологічних операцій при вирощуванні пшениці. Агровимоги

Пшениця є однією з основних продовольчих і експортних культур України, а валові збори зерна формують значну частину аграрного потенціалу держави. Проте кінцева цінність вирощеного врожаю визначається не лише обсягом зібраного зерна, а й його якістю, яка остаточно формується вже після збирання – на етапі післязбирального обробітку. Саме тому механізація вирощування пшениці не може розглядатися ізольовано від механізації процесів доведення зерна до кондиційного стану, серед яких ключове місце посідає очищення зернового вороху.

Зерно, що надходить від комбайна, містить значну кількість домішок – частинки соломи, полови, насіння бур'янів, пилу, биті та щуплі зерна. Без своєчасного й якісного очищення такий ворох швидко самозігрівається, втрачає схожість і товарні властивості, а його тривале зберігання стає неможливим. Це робить зерноочисні машини незамінною ланкою технологічного ланцюга, від ефективності якої прямо залежать збереженість урожаю, посівні якості насіння та конкурентоспроможність зерна на ринку, де вимоги до чистоти й однорідності партій постійно зростають.

Актуальність механізації саме післязбирального очищення посилюється низкою чинників. По-перше, висока продуктивність сучасних збиральних комплексів створює пікові навантаження на зерноочисні лінії, які мають переробляти великі обсяги вороху у стислі агротехнічні строки. По-друге, значна частина парку зерноочисних машин у господарствах фізично та морально застаріла: їхні робочі органи мають підвищену енергоємність, недостатню надійність і потребують значних витрат часу на технічне обслуговування. По-третє, зростання вартості енергоносіїв робить зниження питомих енерговитрат на очищення не другорядним, а одним із визначальних показників ефективності машини.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Особливої уваги потребують допоміжні робочі органи зерноочисних машин – зокрема вузли транспортування та вивантаження зерна, які традиційно виконуються у вигляді скребкових транспортерів. Такі рішення характеризуються підвищеним зношуванням, схильністю до пошкодження зерна, відносно низькою надійністю та значними експлуатаційними витратами. Удосконалення цих вузлів, наприклад заміна скребкового транспортера на вивантажувальний шнек, дозволяє підвищити надійність конструкції, зменшити енергоємність і трудомісткість обслуговування за збереження продуктивності, що безпосередньо впливає на загальну ефективність післязбирального обробітку.

Таким чином, удосконалення зерноочисної машини як складової механізованої технології вирощування пшениці є актуальним науково-практичним завданням. Його вирішення дозволяє підвищити якість і знизити собівартість очищення зерна, зменшити втрати врожаю та енерговитрати, а отже – забезпечити більш раціональне використання вирощеної продукції та підвищити економічну ефективність зерновиробництва в цілому. Це й обумовлює вибір теми та напрям виконаної роботи.

Аналіз літературних джерел дозволив виділити основні вимоги під час механізованого післязбирального очищення зерна.

Попереднє очищення виконують одразу після збирання для свіжозібраного вологого вороху.

Основні вимоги:

- видалення найгрубіших і легких домішок (соломи, полови, великого сміття), які перешкоджають сушінню та зберіганню;
- виділення не менше 50 % домішок від їх початкового вмісту за один прохід;
- вміст повноцінного зерна у відходах – не більше 0,05 %;
- зерно не повинно подрібнюватися чи травмуватися; чистота обробленого вороху після операції – не нижче 80 %;
- висока пропускна здатність, узгоджена з продуктивністю збиральної техніки, щоб не створювати «вузького місця» в потоці.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Первинне очищення проводять для попередньо очищеного й, як правило, підсушеного зерна (вологість до 18 %, засміченість до 8 %).

Вимоги жорсткіші:

- одночасне виділення великих, дрібних і легких домішок із поділом вороху на фракції (повноцінне зерно, фуражна фракція, відходи);
- чистота основної фракції після обробки – не менше 97 %;
- втрати повноцінного зерна у відходах – не більше 1,5 %;
- сумарне травмування (дроблення, мікропошкодження) зерна – у межах допустимих норм, що зберігають його посівні та продовольчі властивості;
- стабільність якості очищення за коливань вологості та засміченості вхідного матеріалу.

Спільна вимога до обох операцій – мінімальне пошкодження зерна, рівномірне завантаження робочих органів і відповідність продуктивності машини темпам надходження вороху.

2.2. Будова і робота зерноочисної машини ОВС-25

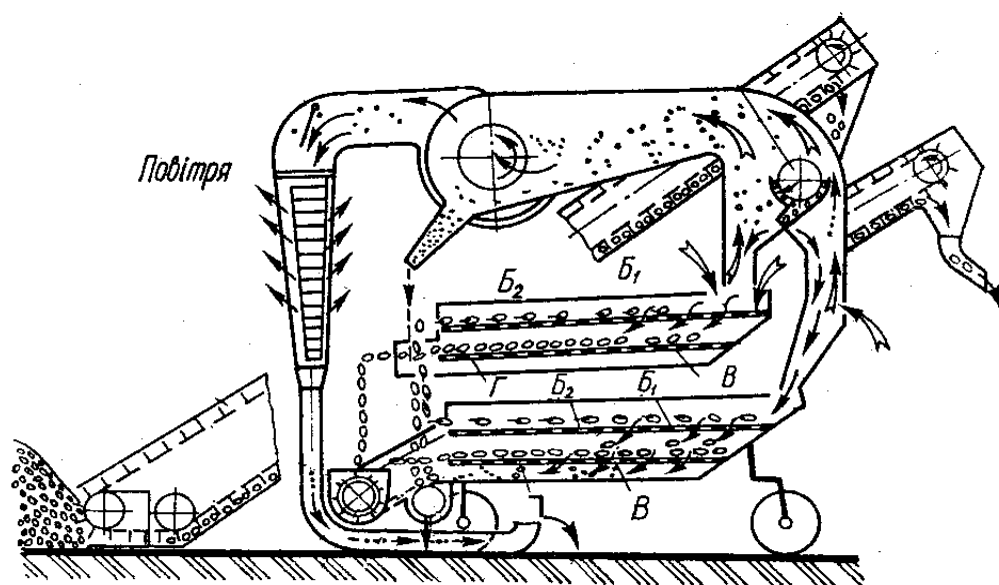
Машина ОВС-25 – очисник вороху самопересувний продуктивністю 25 т/год призначена для попереднього й первинного очищення свіжозібраного зернового вороху колосових, зернобобових, технічних та інших культур від легких, великих і дрібних домішок безпосередньо на токах і відкритих майданчиках.

ОВС-25 – самопересувна машина (рис. 2.1), що поєднує живильник із завантажувальним транспортером, повітряну очисну систему з двома аспіраційними каналами та решітний стан. Очищення відбувається за рахунок поєднання двох принципів поділу зернової суміші: за аеродинамічними властивостями, або швидкістю витання – у повітряних каналах, і за геометричними розмірами – на решетах (за товщиною – на продовгуватих отворах або за шириною – на круглих). Машина переміщується вздовж бурту вороху, самостійно його забирає, очищає й видає очищене зерно та відходи у відведені місця.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



а)



← Чисте повітря; ●●●● Крупні домішки; ←... Легкі домішки, підсів

б)

Рис. 2.1. Зерноочисна машина ОВС-25:

а) – загальний вигляд; б) – схема функціональна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП 00.000 ПЗ

Арк.

11

Технологічний процес роботи

Самопересувна машина наїжджає живильною частиною на борт зерна. Лопатеві живильники захоплюють ворох і подають його на завантажувальний скребковий транспортер, який піднімає матеріал угору й рівномірним потоком спрямовує його в приймальну камеру машини.

Живильники забезпечують первинне забирання матеріалу та формування початкового потоку, при цьому завантажувальний скребковий транспортер піднімає й транспортує ворох від живильника до приймальної камери. Від його роботи залежить безперебійність і рівномірність подачі.

Рівномірність подачі – важлива умова якісного очищення, тому потік дозується заслінкою.

З приймальної камери ворох тонким шаром надходить до двох аспіраційних каналів (рис. 2.2), які працюють паралельно. Тут висхідний потік повітря, створюваний вентилятором, виносить легкі домішки – половику, пил, частинки соломи, щупле й недозріле зерно, насіння легких бур'янів. Повноцінне важке зерно долає опір повітря і просипається далі – на решітний стан.

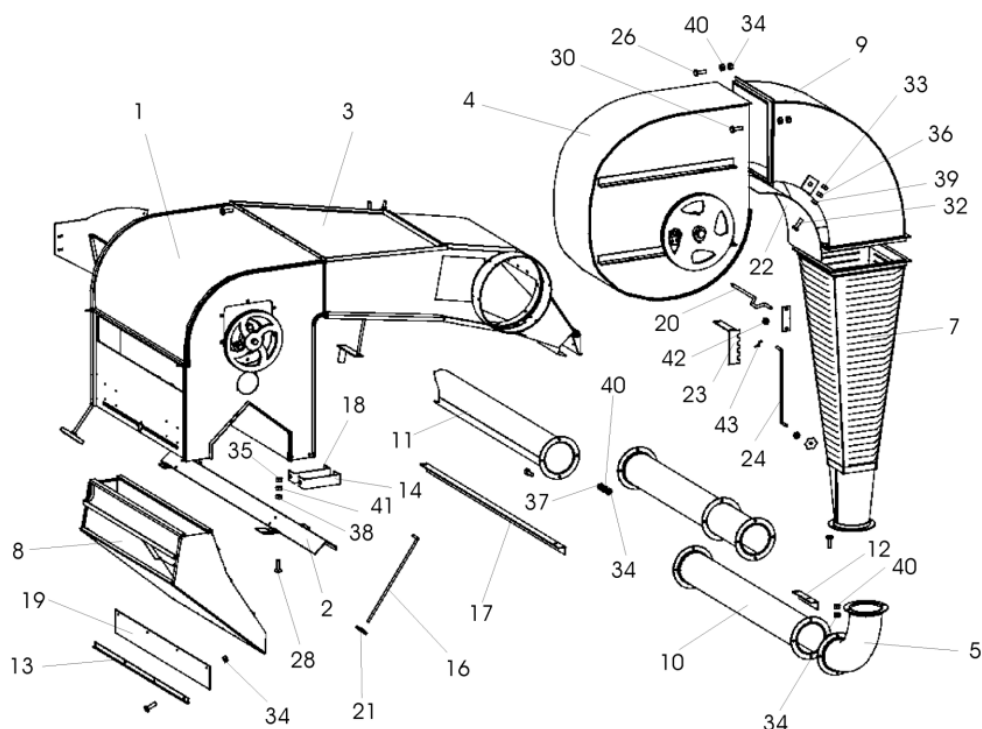


Рис. 2.2. Система повітряного очищення машини ОВС-25

					ДП 00.000 ПЗ		Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			12

Легкі домішки з повітряних каналів осідають в осадових камерах (пиловідділювачах), де швидкість повітря падає, і виводяться назовні, тоді як запилене повітря очищається перед викидом в атмосферу.

Приймальна камера із заслінкою (дозувальний пристрій) – перший робочий орган повітряної системи, розподіляє матеріал тонким рівномірним шаром по ширині машини та дозує його подачу на очисні органи. Вентилятор створює регульований потік повітря для обох аспіраційних каналів. Є джерелом аеродинамічної дії, що відокремлює легкі домішки. При цьому регулювання швидкості повітря у каналах здійснюють заслінкою, за допомогою кучки управління.

На решітному стані (рис. 2.3) матеріал послідовно проходить набір решіт, що здійснюють поділ за розмірами. Спочатку зерно потрапляє на верхні решета з більшими отворами, які відбирають крупні домішки (грудки, колоски, каміння, соломку): зерно просіюється крізь отвори вниз, а крупні домішки сходять із решета збігом.

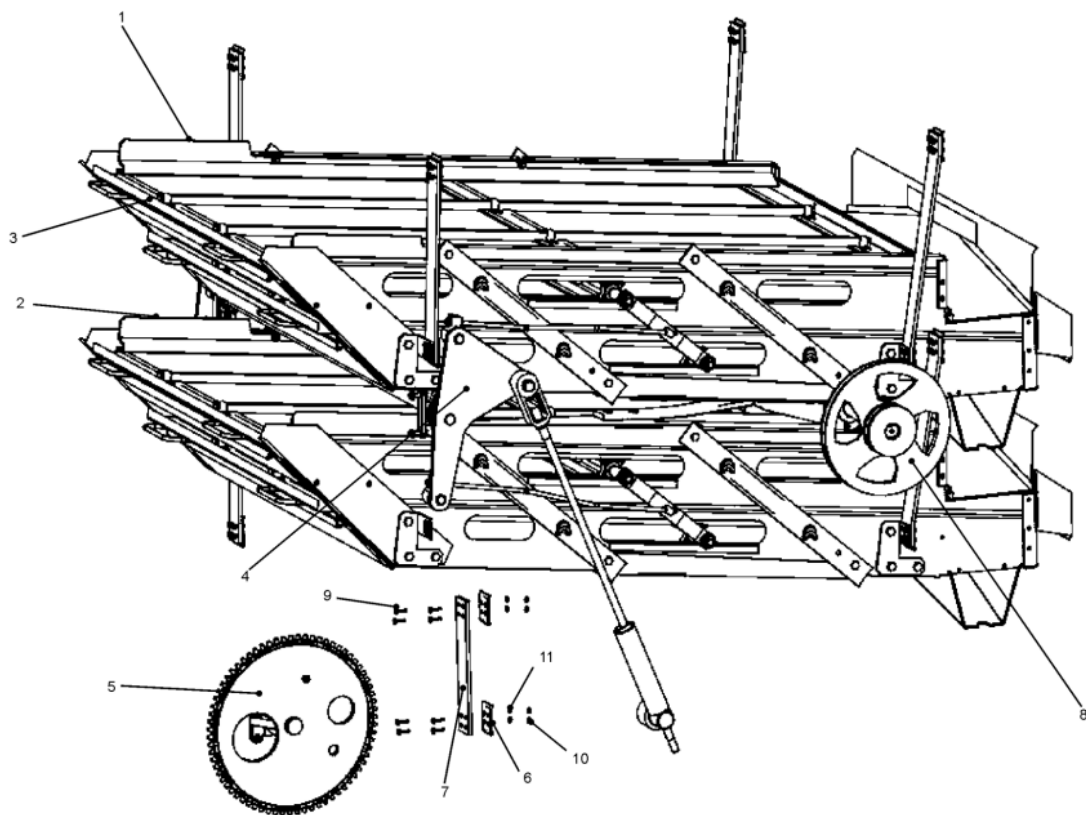


Рис. 2.3. Решітний стан

Далі очищуваний матеріал надходить на нижні (підсівні) решета з дрібнішими отворами, крізь які просіваються дрібні домішки та биті зерна (підсів), а повноцінне зерно йде сходом і збирається як основна фракція. Коливальний рух решітного стану від ексцентрикового – кривошипно-шатунного приводу забезпечує переміщення матеріалу вздовж решіт, його розшарування й самоочищення отворів за допомогою щіток або кулькового механізму очищення.

Ексцентриковий привідний механізм решітного стану надає решетам коливального руху потрібної частоти й амплітуди, забезпечуючи переміщення, розшарування й просіювання матеріалу.

Щітковий механізм очищення решіт (рис. 2.4) запобігає заклинюванню зерен в отворах і забиванню решіт, підтримуючи стабільну просіювальну здатність.

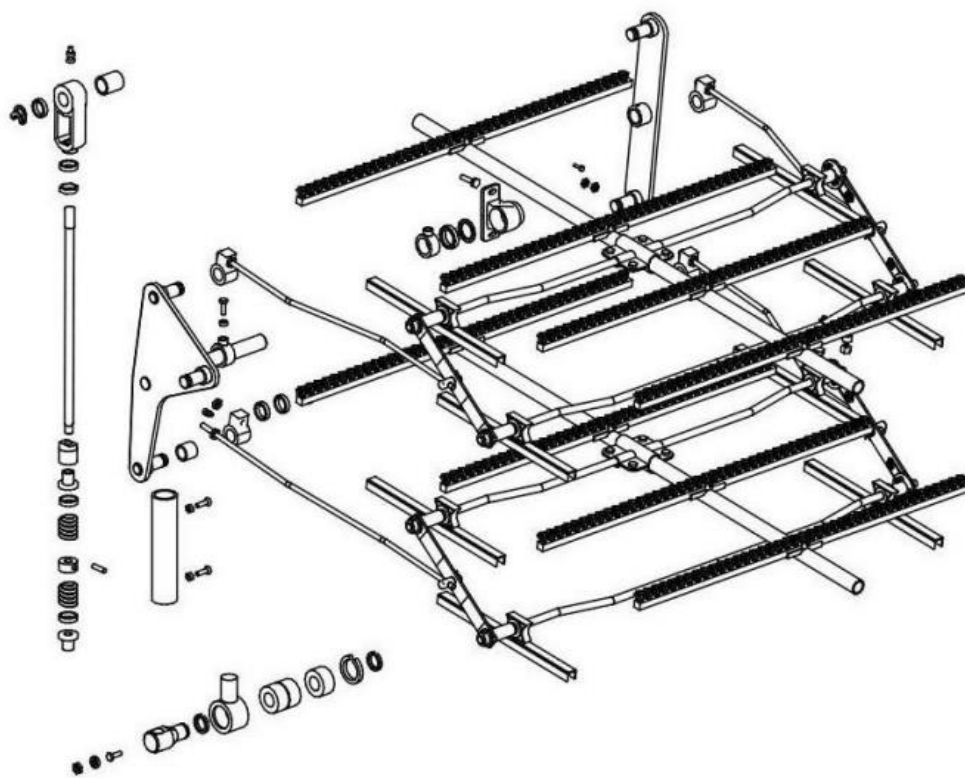


Рис. 2.4. Щітковий механізм очищення отворів решіт

Після цього чисте зерно вивантажується скребковим транспортером (рис. 2.5) у борт або транспортний засіб, а відходи різних фракцій відводяться окремо.

домішки; підсівні – з отворами, що пропускають дрібні домішки, але затримують повноцінне зерно.

Загальний принцип налагодження такий: спочатку добирають решета під культуру, далі встановлюють раціональну подачу, після чого тонко регулюють повітряні потоки за результатами контролю чистоти зерна й відходів. Регулювання уточнюють під час роботи, відбираючи проби основної фракції та відходів – у відходах не повинно бути помітної кількості повноцінного зерна, а в очищеному зерні – домішок понад допустиму норму.

Одним з недоліків зерноочисних машин ОВС-25, на думку великої кількості споживачів є застосування скребкових транспортерів (рис. 2.5) для вивантаження чистого зерна. Такі транспортери характеризуються підвищеним зношуванням ланцюгово-скребкового контуру, значною трудомісткістю технічного обслуговування, відносно високою енергоємністю та схильністю до травмування зерна. Заміна скребкового транспортера вивантажувальним шнеком за умови обґрунтування раціональних параметрів робочих органів дає змогу усунути ці недоліки, що й обумовлює актуальність обраної теми.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки робочих органів ОВС-25.

Розрахунки живильника і завантажувального транспортера [2]

Продуктивність скребкових робочих органів розраховують по формулі:

$$Q = 3600 \cdot B \cdot h \cdot V \cdot \gamma \cdot \varphi \cdot \mu,$$

де B – ширина скребка;

h – висота скребка

V – швидкість скребка;

$\gamma = 0,755 \text{ т/м}^3$ – об’ємна насипна маса зернового вороху;

φ – статичний коефіцієнт заповнення (обирається залежно від нахилу);

μ – динамічний коефіцієнт заповнення (обирається залежно від нахилу).

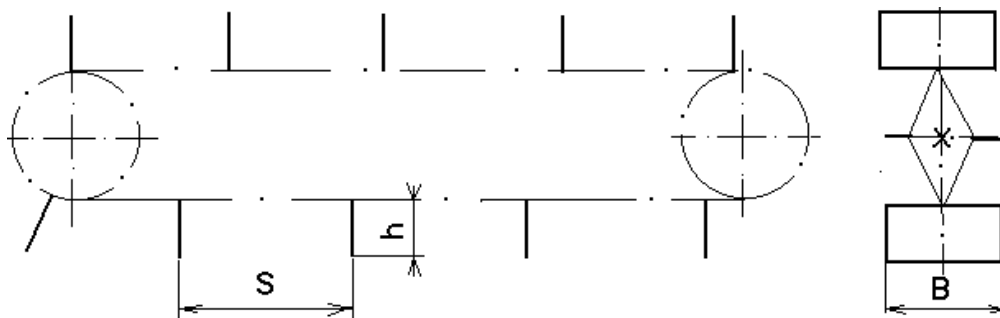


Рис. 3.1. Транспортер скребкового типу

Визначимо необхідну швидкість скребків живильників для прийнятих величин $Q = 12,5 \text{ т/год}$ (продуктивність кожного живильника), $B = 0,2 \text{ м}$, $h = 0,1 \text{ м}$, $\varphi = 0,86$, $\mu = 0,88$:

$$V_{\text{жс}} = \frac{12,5}{3600 \cdot 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,755 \cdot 0,86 \cdot 0,88} = 0,31 \text{ м/с.}$$

Визначимо необхідну швидкість скребків похилого завантажувача для прийнятих величин $Q=25$ т/год, $B=0,2$ м, $h=0,1$ м, $\varphi=0,7$, $\mu=0,67$:

$$V_m = \frac{25}{3600 \cdot 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,755 \cdot 0,7 \cdot 0,67} = 0,98 \text{ м/с.}$$

Розрахунки шнека-завантажувача приймальної камери [2]

Продуктивність шнекових транспортерів розраховують по формулі:

$$Q = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot V_n \cdot \psi_{ш} \cdot \gamma$$

де D – зовнішній діаметр гвинтової стрічки;

d – внутрішній діаметр гвинтової стрічки;

V_n – осьова швидкість руху гвинтової стрічки, м/с;

$\psi_{ш}=0,68\dots0,75$ - коефіцієнт заповнення міжвиткового простору.

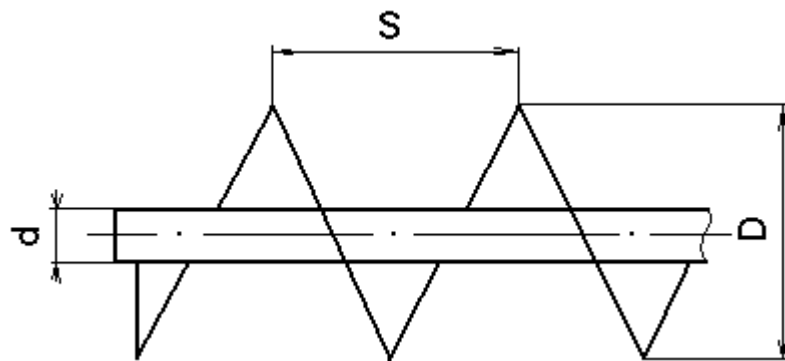


Рис. 3.2. Транспортер шнекового типу

Визначимо необхідну осьову швидкість руху гвинтової стрічки шнека-завантажувача приймальної камери для прийнятих величин $Q=25$ т/год, $D=0,22$ м, $d=0,05$ м, $\psi_{ш}=0,72$:

$$V_n = \frac{4 \cdot 25}{3600 \cdot 3,14 \cdot (0,22^2 - 0,05^2) \cdot 0,755 \cdot 0,72} = 0,36 \text{ м/с}$$

Потрібна частота обертання шнеку при прийнятому кроці $S = 0,15$ м:

$$n = \frac{60 \cdot V_n}{S} = \frac{60 \cdot 0,36}{0,15} = 139 \text{ об/хв.}$$

Розрахунок повітряних каналів [2]

Глибина каналів:

$$S = \frac{q_B + 1350 \cdot \eta - 1135}{22,7 - 27 \cdot \eta};$$

де q_B – питоме зернове навантаження по ширині каналу, кг/год·дм.;

$\eta = 0,5 \dots 0,6$ – ефект очистки (повнота розділення).

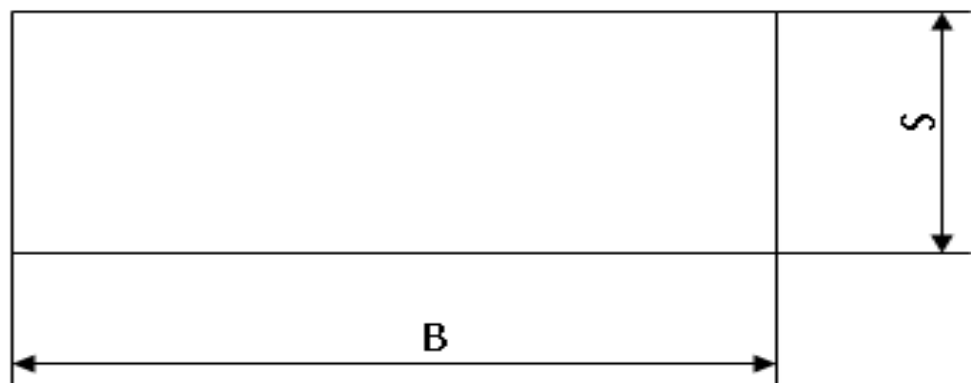


Рис. 3.3. Переріз повітряного каналу

Питоме зернове навантаження по ширині каналу:

$$q_B = \frac{Q}{B \cdot z}$$

де B – ширина каналу;

z – кількість повітряних каналів в машині.

Визначимо питоме зернове навантаження по ширині каналу для прийнятих величин $Q = 25000$ кг/год, $B = 9,9$ дм і $z = 2$:

$$q_B = \frac{25000}{9,9 \cdot 2} = 1262 \text{ кг/дм} \cdot \text{год.},$$

Глибина кожного повітряного каналу:

$$S = \frac{1262 + 1350 \cdot 0,5 - 1135}{22,7 - 27 \cdot 0,5} = 130 \text{ мм.}$$

Висоту каналів приймемо як у базової машини – 600 мм.

Розрахуємо продуктивність вентилятора:

$$V = 36 \cdot v \cdot B \cdot S \cdot z$$

де $v = 0,7 \dots 0,8 \cdot V_{kp}$ – швидкість повітря в каналах;

$V_{kp} = 9,5$ м/с – швидкість витання повноцінного зерна пшениці.

Швидкість повітря в каналах:

$$v = 0,72 \cdot 9,5 = 6,84 \text{ м/с}$$

Визначення параметрів вентилятора [2]

Продуктивність вентилятора за прийнятих і розрахованих показників становить

$$V = 36 \cdot 6,84 \cdot 9,9 \cdot 1,3 \cdot 2 = 6338 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

Втрати тиску в аспірації:

$$P_{\kappa}=(0,1+0,00014 \cdot q_F) \cdot v^2+P,$$

де q_F – питоме зернове навантаження по площі повітряного каналу;

P – опір пилоосаджувача.

Питоме зернове навантаження по площі повітряного каналу:

$$q_F = \frac{q_B}{S} = \frac{1262}{1,3 \cdot 2} = 485,4 \text{ кг/год} \cdot \text{дм}^2$$

Опір жалюзійного пилоосаджувача:

$$P = \xi \cdot \frac{\rho \cdot U^2}{2 \cdot g},$$

де ξ – коефіцієнт опору пилоосаджувача;

$\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$ – щільність повітря;

$U = 15\text{-}20 \text{ м/с}$ – швидкість повітря на вході до пилоосаджувача.

Опір жалюзійного пилоосаджувача при прийнятому значенні $\xi=2$:

$$P = 2 \cdot \frac{1,2 \cdot 16^2}{2 \cdot 9,8} = 63 \text{ кг/м}^2.$$

Тож сумарна втрата тиску в аспірації:

$$P_{\kappa}=(0,1+0,0014 \cdot 485,4) \cdot 6,84^2+63=993,5 \text{ кг/м}^2.$$

По витратам повітря і загальних втратах тиску по номограмі [2] знайдемо потрібні параметри вентилятора: діаметром крильчатки $D=530 \text{ мм}$, потрібна частота обертання $n=1200 \text{ об/хв}$.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначення параметрів жалюзійного пилоосаджувача [2]

Розрахунковий діаметр впускного кільця:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot U'}}$$

Для визначених вище складових формули, розрахунковий діаметр впускного кільця буде

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6338}{3,14 \cdot 16 \cdot 3600}} = 0,374 \text{ м}$$

Прийmemo марку жалюзійного пилоосаджувача: НП-7-415 з діаметром впускного кільця 415 мм.

Розрахунок решіт [2]

Ширина підсівних решіт:

$$B = \frac{Q}{q_B}$$

де $q_B = 1100 \dots 1400$ кг/дм·год. – питоме зернове навантаження по ширині решета (більші значення – для попереднього очищення).

Прийнявши $q_B = 1400$ кг/дм·год. визначимо розрахункову ширину підсівних решіт

$$B = \frac{25000}{1400} = 17,85 \text{ дм.}$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

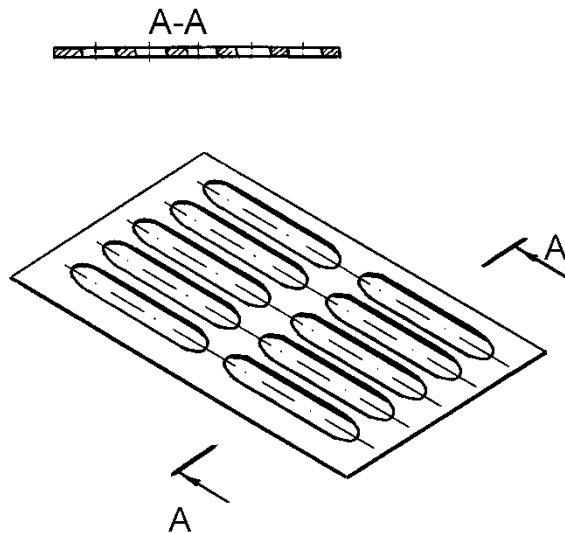


Рис. 3.4. Решето зерноочисної машини

Оскільки решітних станів 2, розрахункова ширина решіт кожного стану буде.

$$B = \frac{17,85}{2} = 8,925 \text{ дм}$$

Оберемо для використання найближчу стандартну ширину решета [2]
 $B = 990 \text{ мм}$.

Питоме зернове навантаження по площі решета:

$$q_F = 1,8 \cdot (0,95 - \varepsilon) \cdot (105 - \beta)$$

де $\varepsilon = 0,5$ – ефект очистки для попереднього обробітку;

$\beta = 8,5^\circ$ – кут здійснення коливань.

Питоме зернове навантаження по площі решета за прийнятих значень параметрів

$$q_F = 1,9 \cdot (0,95 - 0,5) \cdot (105 - 8,5) = 82,5 \text{ кг/дм}^2 \cdot \text{год.}$$

Довжину нижнього решета розрахуємо як:

$$l = \frac{q_B}{q_F} = \frac{1262}{82,5} = 15,3 \text{ дм.}$$

Оберемо для використання найближчу стандартну довжину решета [2]
 $B = 790$ мм при товщині 1 мм.

Довжина верхніх решіт:

$$l = \frac{Q}{q_F \cdot B}$$

Питоме зернове навантаження по площі верхніх решіт визначають по формулі [2]:

$$q_F = 60 \cdot (a - 4,5)$$

де $a = 6$ мм – діаметр отворів ділильних решіт для пшениці.

Питоме зернове навантаження по площі решіт:

$$q_F = 60 \cdot (6 - 4,5) = 90 \text{ кг/год} \cdot \text{дм}^2,$$

Довжина колосових решіт, при розрахованих паратерах:

$$l = \frac{12500}{90 \cdot 9,9} = 14 \text{ дм.}$$

Оберемо для використання найближчу стандартну довжину колосового решета [2] $B = 790$ мм при товщині 1 мм.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

Розрахунок динамічних характеристик решітного стану [2]

Оптимальне розрахункове прискорення:

$$j = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{q_b}{\delta}}$$

де $\delta = \alpha + \beta$ – сумарний кут коливань решітного стану ($\beta = 10-30^\circ$ - кут коливань).

$$\delta = 8,5 + 25 = 33,5^\circ$$

Оптимальне прискорення ярусів буде:

$$j = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{1262}{33,5}} = 26,4 \text{ м/с}^2$$

Частота коливань станів розраховується як:

$$n = \sqrt{\frac{90 \cdot j}{A}},$$

де A – фактична амплітуда коливань стану.

Фактична амплітуда коливань стану відрізняється від подвоєного ексцентриситету ексцентрика, оскільки решітний стан має є вимушене коливання рами.

Фактичну амплітуду визначають по формулі:

$$A = e \cdot k,$$

$e = 5 \dots 10$ мм – ексцентриситет ексцентрика;

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$\kappa=1,2$ – емпіричний коефіцієнт, що характеризує коливання рами.

Фактична амплітуда, для прийнятого ексцентриситету ексцентрика $e=5$ мм буде

$$A=5 \cdot 1,2=6,0 \text{ мм.}$$

Частота коливань станів

$$n = \sqrt{\frac{90 \cdot 26,4}{0,006}} = 629,2 \text{ кол./хв.}$$

Розрахунок шнека відходів

Продуктивність шнека відходів при сильно засміченому зерновому воросі може сягати 10-15% від продуктивності машини.

Для гарантованого забезпечення виведення відходів (крупних і дрібних домішок), приймемо більше значення – 15%:

$$Q_v = \frac{Q}{100\%} \cdot 15\% = \frac{25}{100} \cdot 15 = 3,75 \text{ т/год.}$$

Частота обертання, що забезпечить потрібну продуктивність шнека:

$$n = \frac{Q \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \psi \cdot \gamma \cdot S}$$

При прийнятих зовнішньому діаметрі гвинтової стрічки $D=0,12$ м, внутрішньому діаметрі гвинтової стрічки $d=0,05$ м - коефіцієнті заповнення міжвиткового простору $\psi=0,68$, об'ємній масі відходів $\gamma=0,45$ т/м³ і кроці витків $S=0,12$ м, розрахункова частота обертання становитиме:

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$n = \frac{3,75 \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot 3,14 \cdot (0,12^2 - 0,05^2) \cdot 0,68 \cdot 0,45 \cdot 0,12} = 182 \text{ об/хв}$$

Розрахунок горизонтального зернового шнека

При прийнятих зовнішньому діаметрі гвинтової стрічки $D=0,160$ м, внутрішньому діаметрі гвинтової стрічки $d=0,05$ м - коефіцієнті заповнення міжвиткового простору $\psi=0,75$, об'ємній масі зерна $\gamma=0,75$ т/м³ і кроці витків $S= 0,16$ м, розрахункова частота обертання зернового шнека становитиме:

$$n = \frac{25 \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot 3,14 \cdot (0,16^2 - 0,05^2) \cdot 0,75 \cdot 0,75 \cdot 0,16} = 255 \text{ об/хв}$$

Розрахунок вивантажувального похилого зернового шнека

Замінивши складний у обслуговуванні скребковий транспортер серійної машини шнековим, приймемо його параметри як більш простим в роботі і обслуговуванні.

При прийнятих зовнішньому діаметрі гвинтової стрічки $D=0,25$ м, внутрішньому діаметрі гвинтової стрічки $d=0,06$ м - коефіцієнті заповнення міжвиткового простору $\psi=0,4$, об'ємній масі зерна $\gamma=0,75$ т/м³ і кроці витків $S= 0,2$ м, розрахункова частота обертання зернового шнека становитиме:

$$n = \frac{25 \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot 3,14 \cdot (0,25^2 - 0,06^2) \cdot 0,4 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 150 \text{ об/хв}$$

Прийняті значення великого зовнішнього діаметру і зменшеного кроку при відносно малій розрахованій частоті обертання похилого вивантажувального зернового шнеку дозволить убезпечити очищене зерно від пошкодження.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3.2. Кінематичний розрахунок зернового шнеку

Вихідні дані:

Частота обертання зернового шнека $n=150$ об/хв.

Передача відкрита, клинопасова.

Попередньо розрахуємо можливі передавальні відношення для різних електродвигунів.

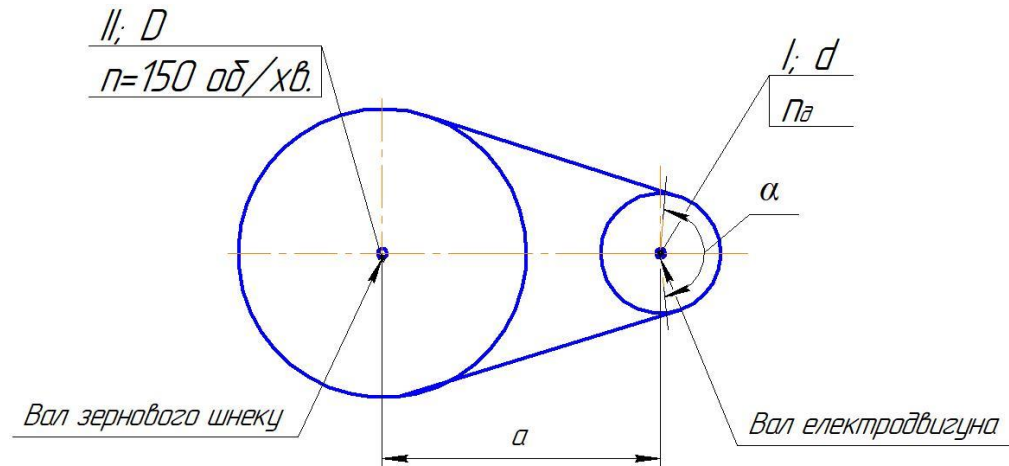


Рис. 3.5. Кінематична схема приводу зернового шнека модернізованої машини ОВС-25

При застосуванні електродвигуна з синхронною частотою обертання валу 1500 об/хв.:

$$i_{I-II} = n_2/n_1 = 1500/150 = 10$$

При застосуванні електродвигуна з синхронною частотою обертання валу 1000 об/хв.:

$$i_{I-II} = n_2/n_1 = 1000/150 = 6,6$$

При застосуванні електродвигуна з синхронною частотою обертання валу 750 об/хв.:

$$i_{I-II} = n_2/n_1 = 750/150 = 5$$

Таким чином можна зазначити, що єдиним доступним одноступінчастим варіантом передачі є використання електродвигуна з частотою обертання 750 об/хв, при якому ступінь пониження не перевищує допустимого числа 6.

Визначимо параметри передачі для попередньо прийнятого електродвигуна АІР80В8У2, у якого дійсне частота обертання валу становить 675 об/хв при номінальній потужності.

Потрібне передавальне відношення:

$$i_{I-II} = n_2/n_1 = 675/150 = 4,5$$

Ділильний діаметр шківів шнеку

$$D = d \cdot i_{I-II} = 80 \cdot 4,5 = 360 \text{ мм},$$

де: $d = 80$ мм – прийнятий діаметр шківів двигуна.

Приймаємо $D_2 = 355$ мм – найближчий діаметр зі стандартного ряду.

Фактичне передавальне відношення:

$$i_{I-II} = D/d = 355/80 = 4,4375$$

розрахункова частота обертання шнеку:

$$n_2 = n_1 / i_{I-II} = 675 \cdot 4,4375 = 152 \text{ об/хв},$$

що задовольняє умові виконання транспортування очищеного зерна.

3.3. Енергетичний розрахунок зернового шнеку

Вихідні дані

Параметр	Позначення	Значення
Продуктивність	Q	25 т/год
Довжина шнека	L	4,25 м
Зовнішній діаметр шнека	D	0,25 м
Внутрішній діаметр (вала)	d	0,06 м
Крок гвинта (шнека)	S	0,2 м
Кут нахилу транспортера	β	40°
Частота обертання шнека	n	152 об/хв
Насипна густина зерна	ρ	0,75 т/м³
Коефіцієнт нахилу ($\beta = 40^\circ$)	c	0,55
Коефіцієнт опору переміщенню	w	2,0

Кутова швидкість обертання шнека:

$$\omega = \pi \cdot n / 30 = 3,14 \cdot 152 / 30 = 15,9 \text{ рад/с}$$

Колова (окружна) швидкість на зовнішньому діаметрі гвинта:

$$v_{\text{кол}} = \pi \cdot D \cdot n / 60 = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 152 / 60 = 1,99 \text{ м/с}$$

Осьова швидкість переміщення зерна (теоретична, без проковзування):

$$v_{\text{ос}} = S \cdot n / 60 = 0,2 \cdot 152 / 60 = 0,51 \text{ м/с}$$

Потужність на валу шнека

Потужність на валу:

$$N_{\text{вал}} = Q \cdot L \cdot (w \cdot \cos \beta + \sin \beta) / 367$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$N_{вал} = 25 \cdot 4,25 \cdot (2 \cdot 0,766 + 0,643) / 367 = 0,62 \text{ кВт}$$

Загальна потужність приводу становитиме:

$$N = N_{вал} / \eta,$$

де η – к.к.д приводу.

К.к.д приводу можна визначити як

$$\eta = \eta_{пк} \cdot \eta_{кп}$$

де $\eta_{пк} = 0,975$ – к.к.д підшипників;

$\eta_{кп} = 0,95$ – к.к.д клинопасової передачі.

К.к.д приводу

$$\eta = 0,975 \cdot 0,95 = 0,93$$

Загальна потужність приводу становитиме:

$$N = 0,62 / 0,93 = 0,67.$$

Для приводу зернового шнеку використаємо електродвигун загальнопромислового призначення АИР90LA8 потужністю 0,75 кВт та синхронну частоту валу 750 об/хв.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

3.5. Розрахунок клинопасової передачі приводу зернового шнека [5]

Вихідні дані

Параметр	Позначення	Значення
Потужність максимальна	N	0,75 кВт
Частота обертання валу двигуна	n	675 об/хв
Діаметр шківів двигуна	d	80 мм
Діаметр шківів шнека	D	355 мм
Передавальне відношення	i	4,4375
Робота	—	тривала
Навантаження	—	спокійне

Крутний момент на валу шнека:

$$M = 9550 \cdot N_{\text{вал}} / n = 9550 \cdot 0,67 / 152 = 42 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Приймаємо для використання у передачі пас з поперечним перерізом типу «0» (рис.3.6) [5], у якого $b_p = 8,5$ мм; $b_o = 10$ мм; $y_o = 2,1$ мм; $h = 6$ мм; площа перерізу $F = 0,47$ см²; питома маса $g = 70$ г/м.

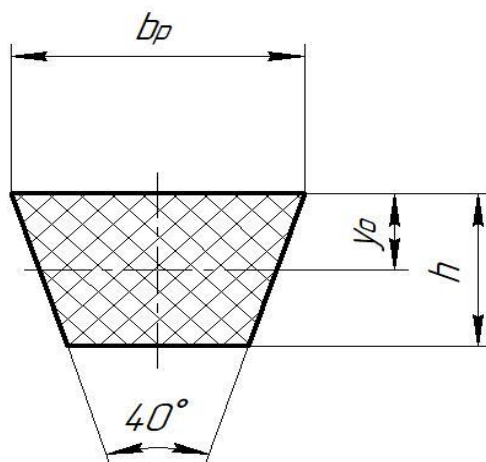


Рис. 3.6. Схема паса з перерізом «0»

Швидкість руху паса:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

де значення складових наведено у вихідних даних.

Швидкість руху паса

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 675}{60 \cdot 1000} = 2,8 \text{ м/с}$$

Мінімальна міжцентрова відстань:

$$a \geq 0,98 \cdot d_2$$

$$a = 0,98 \cdot 355 = 347,9 \text{ мм}$$

Прийме $a = 350$ мм.

Потрібна довжина пасу

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot a}$$

Підставимо вхідні параметри. Одержимо:

$$L = 2 \cdot 350 + \frac{3,14}{2} (80 + 355) + \frac{(355 - 80)^2}{4 \cdot 350} = 1530 \text{ мм}$$

Приймемо найближче стандартне: $L = 1600$ мм.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Уточнення міжосьової відстані:

$$a = \frac{2 \cdot L - \pi \cdot (D + d) + \sqrt{(2L - \pi \cdot (D + d))^2 - 8 \cdot (D - d)^2}}{8}$$

$$a = \frac{2 \cdot 1600 - 3,14 \cdot (355 + 80) + \sqrt{(2 \cdot 1600 - 3,14 \cdot (355 + 80))^2 - 8 \cdot (355 - 80)^2}}{8} = 357,3 \text{ мм}$$

Кут обхвату шківа:

$$\alpha = 180 - 60 \frac{D - d}{a}$$

$$\alpha = 180 - 60 \cdot \frac{355 - 80}{357,3} = 144^\circ,$$

що перевищує мінімально допустимий кут $[\alpha] = 120^\circ$.

Розрахунок необхідної кількості пасів

$$Z = \frac{N}{[N]}$$

де $[N]$ – гранична потужність на один пас.

Гранична потужність на один пас:

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_1 + \Delta N) \cdot C_p,$$

де: $N_0 = 0,4$ кВт. – базова потужність при $V \leq 3$ м/с і $d = 80$ мм

$C_\alpha = 0,9$ – коефіцієнт кута обхвату (для $\alpha = 144^\circ$)

$C_1 = 1,03$ – коефіцієнт, що враховує довжину паса (1600 мм);

$C_p = 1,1$ коефіцієнт, що враховує режим роботи (тривала робота, спокійне навантаження);

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ΔN – поправка до потужності.

Поправку до потужності знайдемо за формулою

$$\Delta N = 0,0001 \Delta T \cdot n$$

де $\Delta T = 0,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – поправка до крутного моменту [5].

Поправка до потужності

$$\Delta N = 0,001 \cdot 0,6 \cdot 675 = 0,34 \text{ кВт}$$

Гранична потужність на один пас:

$$[N] = (0,4 \cdot 0,9 \cdot 1,03 + 0,34) \cdot 1,1 = 0,78 \text{ кВт}$$

Кількість пасів

$$z = \frac{0,75}{0,78} = 0,96$$

Прийmemo $z = 1$.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

4. ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано сучасний стан механізації післязбирального обробітку зерна пшениці та технологічний процес очищення зернового вороху. Встановлено, що якість і енергоефективність очищення значною мірою визначаються конструкцією робочих органів зерноочисної машини, а наявні технічні рішення мають резерви для вдосконалення.

Вивчено будову та робочий процес зерноочисної машини, проаналізовано роботу її основних і допоміжних робочих органів. Виявлено основні недоліки існуючої конструкції, зокрема невисоку надійність і значну енергоємність вузла вивантаження чистого зерна, виконаного у вигляді скребкового транспортера.

Обґрунтовано раціональні параметри основних і допоміжних робочих органів машини – решітних станів, повітряних каналів, систем подачі та розподілу матеріалу, що забезпечують необхідну якість очищення за збереження заданої продуктивності.

Як основне технічне вдосконалення замість скребкового транспортера вивантаження чистого зерна розроблено конструкцію вивантажувального шнека. Це рішення дало змогу підвищити надійність конструкції, скоротити витрати часу на технічне обслуговування та знизити енергоємність процесу вивантаження за збереження продуктивності машини.

Виконано технологічні та конструктивні розрахунки запропонованого вивантажувального шнека, за результатами яких визначено його основні параметри (продуктивність 25 т/год, частота обертання, осьова швидкість транспортування зерна) і підтверджено відповідність шнека технологічним вимогам машини.

Проведено енергетичний розрахунок похилого шнекового транспортера, за яким визначено потужність на валу шнека та необхідну потужність привода, а також виконано розрахунок клинопасової передачі на міцність, що підтвердив працездатність привода (умови міцності та числа пробігів паса виконуються із запасом).

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Сукупність виконаних технологічних, конструктивних та енергетичних розрахунків підтверджує працездатність і технічну доцільність запропонованих рішень. Удосконалена зерноочисна машина забезпечує надійне та енергоощадне очищення зерна пшениці, що дозволяє рекомендувати її до впровадження у технологічний процес післязбирального обробітку зерна.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vasylovskiy O., Vasylovskaya K., Moroz S., Sviren M., Storozhyk L. (2019) The influence of basic parameters of separating conveyor operation on grain cleaning quality. INMATEH - Agricultural Engineering, 57(1). 63-70.
2. Аналіз сучасного стану повітряної сепарації зерна / М.І. Васильковський, С.Я. Гончарова, С.М. Лещенко, [та ін.] // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 36. - Кіровоград: КНТУ, 2006. - С. 111-114.
3. Сисолін П. В., Петренко М.М., Свірень М.О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння. Кн.3. К.: Фенікс. 2007. 364 с.
4. Бабенко А.П. Аеродинамічні основи сепарування зернових матеріалів / А.П. Бабенко, С.П. Москаленко. – Київ: Аграрна наука, 2017. – 256 с.
5. Бакум М.В. Теоретичні основи аеродинамічної сепарації насіння сільськогосподарських культур / М.В. Бакум, М.М. Крекот. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 198 с.
6. Бендера І. М. Проектування сільськогосподарських машин : навч.-метод. посіб. для викон. курс. проектів з розробки с.-г. техніки при підготов. фахівців напряму "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк, П. В. Сисолін; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т, Борщів. аграр. коледж. - Кам'янець-Поділ. : Сисин О.В. : Абетка, 2011. - 639 с.
7. Васильковский О.М. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів відцентрового решітного сепаратора зерна: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 «Машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Васильковский Олександр Михайлович – Кіровоград, 2001. – 18 с.
8. Васильковський М.І. Теоретичні основи процесів очищення зерна в пневмосепаруючих каналах / М.І. Васильковський, О.М. Васильковський //

Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2018. – Вип. 45. – С. 14-21.

9. Васильковський О. М. Обґрунтування конструктивних параметрів інерційного прямоточного сепаратора зерна / Васильковський О. М., Васильковський М. І., Осипов І. М. // - Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науковотехнічний збірник. - 1999. - Вип. 29. - С. 234-238. 5.
Васильковський О. М. Підвищення ефективності повітряного очищення зерна / О. М. Васильковський, Д. І. Петренко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 35. – Кіровоград : КНТУ, 2005. – С. 286–288.
10. Васильковський О. М. Підвищення ефективності повітряного очищення зерна / О. М. Васильковський, Д. І. Петренко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 35. – Кіровоград : КНТУ, 2005. – С. 286–288.
11. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Мороз С.М., Нестеренко О.В., Молокост Л.А. До створення концепції «ідеального» решета зернового сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 50. 2020. С. 52-58. (DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.52-58>)
12. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Нестеренко О.В., Петренко Д.І., Якименко С.М. Обґрунтування конструктивної схеми пневморешітного сепаратора зерна. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 51. 2021. С. 104-110. (DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.104-110>)
13. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку / Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, М.Я. Довжик. – Київ: Аграрна освіта, 2017. – 576 с.

14. Дослідження якості роботи інерційної пневматичної зерноочисної машини / Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, С. М. Лещенко, О. В. Нестеренко // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. - Мелітополь : Копіцентр «Документ-сервіс», 2015. - Вип. 3. - С. 123–131.
15. Котов Б.І. Моделювання процесів поділу зернових матеріалів у повітряних каналах зерноочисних машин / Б.І. Котов, С.П. Степаненко // Техніка і технології АПК. – 2020. – № 2. – С. 12-17.
16. Нестеренко О. В. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна./ О.В. Нестеренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація . - 2012. - Вип. 25(1). - С. 49-53.
17. Попередні дослідження альтернативних джерел створення повітряного потоку в пневмоінерційних зерноочисних машинах / М.І. Васильковський, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, [та ін.] // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2009. – Вип. 39. – С. 126–132.
18. Сало В.М., Мороз С.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І. Розробка нової конструкції пневморешітної зерноочисної машини. Том 1. Обґрунтування параметрів транспортера сепаратора. – Кіровоград: видавець Лисенко В.Ф., 2014. 108 с.
19. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
20. Деталі машин : підручник / [Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін.]. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с. ISBN 978-966-2007-28-2

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		