

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 другим (магістерським) рівнем вищої освіти  
на тему:**

**«Обґрунтування конструкції решітної частини зерноочисної  
машини загального призначення»**

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,  
групи ГМ-23М-1.1

ОНП «Галузеве машинобудування»  
спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

\_\_\_\_\_ Сидоренко Дмитро  
Володимирович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Сергій ЛЕЩЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Станіслав КАТЕРИНИЧ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_

Галузь знань \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ  
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ  
ОСВІТИ**

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Керівник роботи (проекту)

\_\_\_\_\_

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

3. Строк подання роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Дата видачі завдання

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

1. Вступ.....	6
2. Інженерна частина .....	8
3. Наукова частина .....	42
4. Охорона праці .....	54
5. Економічна частина .....	56
6. Висновок .....	58
Список використаної літератури .....	60
Додатки .....	63

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ВСТУП

На сьогодні Україна займає провідні позиції у світі за обсягами вирощування ряду сільськогосподарських культур, зокрема озимої пшениці, соняшнику, ріпаку тощо. Загалом культивування зернових, олійних і технічних культур залишається одним з основних напрямів діяльності вітчизняного агропромислового комплексу та є основою не тільки галузі рослинництва а взагалі аграрного спрямування економіки нашої держави. Досягнення високої врожайності є ключовим завданням у сфері продуктивного землеробства. Незважаючи на високу розораність сільськогосподарських угідь, що створює значні екологічні виклики і проблеми деградації орних угідь, дотримання сучасних агротехнологій, правильний підбір машин і обладнання, а також раціонально сплановані сівозміни забезпечують стабільне отримання високоякісної продукції рослинництва.

Озимі та ярі зернові є одними із найважливіших культур у сільськогосподарському виробництві. Ці культури мають стратегічне значення для забезпечення продовольчої безпеки країни, широко застосовується у кормовій галузі, слугують сировиною для різних галузей промисловості, а також є важливими складовими у сівозмінах. Незважаючи на те, що зернові культури вирощується майже в кожному господарстві України, технології їх вирощування можуть суттєво відрізнятись в залежності від рівня технічного забезпечення, агротехнічної культури, кваліфікації персоналу та інших чинників. Саме адаптація технологічних рішень до конкретних умов господарства, їх поступове вдосконалення і модернізація є запорукою отримання сталих урожаїв продукції рослинництва, навіть за несприятливих погодних умов.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сидоренко</i>			<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Леценко</i>					6	
<i>Реценз.</i>						<i>ЦНТУ, гр. ГМ-23М-1.1</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Мачок</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Васильковський</i>						

Попри помітний прогрес у технічному забезпеченні процесів вирощування зернових культур, технології вирощування в цілому та окремі етапи потребують подальшого вдосконалення. Зокрема, актуальним є питання післязбирального очищення зібраного зерна, яке нерідко або виконується без належного обґрунтування, або ж зовсім ігнорується. Невчасне очищення зібраного врожаю може призвести до стрімкого псування зернової маси, розвитку плісняви, ураження патогенами, що у підсумку знижує товарну якість врожаю або навіть призводить до його повної втрати. Вчасне та якісне очищення зібраного зерна виступає важливою ланкою в технологічному ланцюгу, від якої безпосередньо залежить кінцева ефективність усієї виробничої системи.

У зв'язку з вищевикладеним, метою даної роботи є удосконалення післязбиральної обробки врожаю шляхом модернізації решітної частини зерноочисної машини (ЗОМ) загального призначення, дослідження та пошуку раціональних параметрів і режимів роботи ЗОМ, що дозволить ефективно й комплексно очищати зібране зерно та зменшити втрати врожаю.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

### 2.1. Післязбиральне очищення зібраного врожаю зернових, обґрунтування технологічних параметрів зерноочисного обладнання

До роботи зерноочисного обладнання висувається ряд агротехнічних вимог, які визначають як якісні, так і кількісні показники функціонування зерноочисних агрегатів. Враховуючи продуктивність машини в номінальному режимі, характеристики зібраного зерна, що надходить на очищення, а також допустимі нормативи ефективності очистки та чіткості сепарації, обладнання повинно забезпечувати встановлені агро вимогами показники для відповідного етапу очищення – попереднього, первинного або вторинного очищення чи сортування.

Під час функціонування робочі механізми та додаткові вузли зерноочисних машин не повинні спричиняти механічних пошкоджень зерна. Існують чітко визначені межі допустимого рівня битого чи травмованого зерна, які, як правило, не повинні перевищувати 2% від загальної маси обробленої продукції.

Окрім цього, встановлено вимоги до надійності та довговічності зерноочисного обладнання, зручності обслуговування, налаштування та управління механізмами, а також до безпеки експлуатації, охорони праці та виробничої гігієни при виконанні процесів очищення зібраного врожаю ЗОМ загального призначення.

У даній магістерській роботі проведемо обґрунтування основних технологічних параметрів зерноочисного обладнання для господарства у якого операції очищення зібраного врожаю зернових проводять зерноочисною машиною А1-БЛС-100. З метою визначення потрібної потужності електродвигуна для ефективної роботи зазначеної ЗОМ скористаємося відомою залежністю, яка має вигляд:

$$N_{\text{вст}} = N_1 + N_2 + N_3,$$

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $N_1$  – сумарна потужність, яка має затратитися на завантаження зібраного врожаю на очищення, кВт;

$N_2$  – потужність, яка необхідна для проведення операції очищення зібраного збіжжя, що враховує сумарну потужність, яка в даному випадку витрачається на роботу і повітряної і решітної частини ЗОМ, кВт;

$N_3$  – сумарна потужність, потрібна для розвантажувальних операцій, тобто на відвантаження очищеного зерна із ЗОМ, кВт.

Щоб визначити ту потужність двигуна, яка потрібна для завантаження ЗОМ із врахуванням того, що завантажувач буде шнекового типу розраховується за відомою емпіричною залежністю:

$$N_1 = 0,736 \cdot k \cdot \frac{N_{ш}}{\eta_m},$$

де  $k$  – коефіцієнт, який відображає можливе перевантаження яке виникає за умов, що шнековий навантажувач може починати працювати вже із зерном в середині, приймаємо  $k = 1,25$ ;

$N_{ш}$  – потужність, що потрібна для роботи на приводному валу шнекового завантажувача, к.с.;

$\eta_m$  – величина ККД механізму приводу шнекового завантажувача, враховуючи, що завантажувач працює від клинопасової передачі,  $\eta_m = 0,9$ .

Підставивши наведені вище числові значення у останню формулу, отримаємо потужність двигуна для завантаження ЗОМ:

$$N_1 = 0,736 \cdot 1,25 \cdot \frac{0,5}{0,9} = 0,51 \text{ кВт.}$$

Враховуючи знайдену потужність на завантаження ЗОМ приймемо, що шнековий завантажувач зерна може працювати від електродвигуна серії АОЛ. Співставивши знайдену потужність із табличними значеннями найкраще буде

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шнековий завантажувач працювати із електродвигуном АОЛ, що має типорозмір 14 та характеризується такими показниками:

- величина номінальної потужності електродвигуна –  $N_1 = 0,6$  кВт.;
- частота обертання валу електродвигуна –  $n_{об} = 1000$  об/хв.

Для подальших розрахунків приймемо, що від одного електродвигуна в зерноочисній машині А1-БЛС-100 буде працювати і привід решітного стану і вентилятор, який буде створювати повітряний потік в автономному режимі а не як у серійного зерноочисного агрегату повітряний потік підводився в пневмоканали ЗОМ від централізованої пневмомагістралі підприємства.

Враховуючи наведену вище інформацію, щоб знайти потужність яка необхідна для роботи решітної частини ЗОМ можна використати рівняння:

$$N_{2.1} = k \cdot \frac{N_{реш}}{\eta_m},$$

де  $N_{реш}$  – потужність, що потрібно витратити на роботу решітної частини ЗОМ, яка за своїм розміром відповідає потужності, яка розвивається на приводному валу, кВт.

Після підстановки даних розрахуємо потрібну потужність для роботи решітної частини, маємо:

$$N_{2.1} = 1,25 \cdot \frac{0,46}{0,9} = 0,64 \text{ кВт.}$$

Для визначення потужності необхідної для роботи вентилятора повітряної частини скористаємося відомою емпіричною залежністю:

$$N_{2.2} = \frac{V \cdot p_k \cdot k_n}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_m \cdot \eta_{кп}},$$

де  $V$  – фактичні витрати повітря, що необхідні для очищення зерна повітряним потоком, м<sup>3</sup>/год.;

$p_k$  – витрати тиску (повні), які мають місце під час пневматичного очищення зерноsumіші в ПСК, кгс/м<sup>2</sup>;

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_n$  – коефіцієнт запасу на пусковий момент електродвигуна вентилятора,

$$k_n = 1,25;$$

$\eta_{mn}$  – ККД, що відображає ефективність протікання повітря крізь джерело повітряного потоку (венотиллятор), який загалом є функцією зміни перерізів в тій зоні, де відбувається захоплення повітря лопатями вентилятора, параметрами самих лопатей вентилятора та вихідного вікна джерела потоку повітря, керуючись дослідними та довідниковими даними, для умов ЗОМ А1-БЛС-100 прийmemo  $\eta_{mn} = 0,4$ .

$\eta_{kn}$  – ККД механізму приводу вентилятора, в даному випадку – клинопасової передачі,  $\eta_{kn} = 0,9$ .

Після підстановки цифрових значень і розв'язку отримаємо потужність для роботи джерела повітряного потоку:

$$N_{2.2} = \frac{1000 \cdot 58 \cdot 1,25}{3600 \cdot 102 \cdot 0,4 \cdot 0,9} = 0,55 \text{ кВт.}$$

Враховуючи проведені вище розрахунки можемо знайти необхідну потужність двигуна для роботи решітної та повітряної частини ЗОМ від одного електродвигуна. Для пошуку сумарної потужності обох частин ЗОМ скористаємося залежністю і отримаємо:

$$N_2 = N_{2.1} + N_{2.2} = 0,64 + 0,55 = 1,19 \text{ кВт.}$$

Таким чином, проведені розрахунки дозволяють для приводу решітної і повітряної частин ЗОМ прийняти електродвигун АОЛ, що характеризується наступними параметрами:

- сумарна потужність електродвигуна  $N_2 = 1,5$  кВт.;
- номінальна частота обертання валу електродвигуна  $n_{об} = 1000$  об/хв.

З метою розвантаження зерночисної машини після очищення зерноsumіші теж використаємо вивантажувальний шнек, для визначення

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

потужності на привід якого скористаємося вже розміщеною вище формулою, яка має вигляд:

$$N_3 = k \cdot \frac{N_{\text{вш}}}{\eta_n},$$

де  $k$  – коефіцієнт, який відображає стрімке підвищення навантаження в момент запуску шнека в роботу,  $k = 1,25$ ;

$N_{\text{вш}}$  – фактична потужність, яка розвивається на валу вивантажувального шнека очищеного збіжжя, к.с.;

$\eta_n$  – ККД приводного механізму відвантажувального шнека,  $\eta_n = 0,9$ .

Підставивши числові значення отримаємо:

$$N_3 = 1,25 \cdot \frac{0,006}{0,9} = 0,0088 \text{ к.с.} = 0,007 \text{ кВт.}$$

На основі проведених розрахунків, оберемо для приведення в дію відвантажувального шнеку двигун серії АОЛ типорозміру 11, який має наступні характеристики:

- встановлена потужність електродвигуна –  $N = 0,4$  кВт;
- фактична частота обертання вихідного валу електродвигуна –  $n_{\text{дв}} = 1000$  об/хв.

Враховуючи проведені розрахунки і обґрунтування, загальне сумарна потужність електродвигунів, які забезпечують роботу зерноочисної машини А1-БЛС-100 разом із її завантаженням та розвантаженням складає:

$$N_{\text{вст}} = 0,6 + 1,5 + 0,4 = 2,5 \text{ кВт.}$$

З метою встановлення необхідної кількості працівників, що мають обслуговувати ЗОМ А1-БЛС-100 слід визначити час обробки порції зернового матеріалу. З цією метою використаємо відому формулу:

$$t_u = \frac{M_m}{Q_c},$$

де  $M_m$  – фактична маса порції зернового збіжжя, який підвозиться на обробку до ЗОМ, цей параметр має безпосередній зв'язок із об'ємом кузова

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

транспортного засобу, яким матеріал доставляється із поля до току. Якщо прийнемо, що врожай від комбайна транспортується автомобілем КАМАЗ, який має кузов, що вміщує  $M_m = 10000$  кг. зерна;

$Q_c$  – продуктивність зерноочисного агрегату за секунду роботи, яка є функцією номінальної продуктивності агрегату під час очищення. Отже можемо записати для зерноочисної машини А1-БЛС-100 до вдосконалення:

$$Q_{c_0} = \frac{80000}{3600} = 22,2 \text{ кг/с};$$

після вдосконалення

$$Q_{c_m} = \frac{100000}{3600} = 27,8 \text{ кг/с}.$$

Після підстановки цифрових значень, отримаємо до вдосконалення ЗОМ та після відповідно:

$$t_{ц.б} = \frac{10000}{22,2} = 450 \text{ с};$$

$$t_{ц.м} = \frac{10000}{27,8} = 360 \text{ с}.$$

Визначимо загальний час, що потрібно затратити працівнику на етапі обслуговування зерноочисного обладнання за формулою:

$$t_{обс} = t_{зав} + t_{л.д.д.} + t_{ч.н.},$$

де  $t_{зав}$  – тривалість завантаження зерноочисної машини зерновим матеріалом, с;

$t_{л.д.д.}$  – тривалість відвантаження із зерноочисної машини легких та дрібних домішок і їх складання за межами зерноочисного агрегату, с;

$t_{ч.н.}$  – тривалість відвантаження очищеного зерна із зерноочисного агрегату та складання очищеного збіжжя, с.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовуючи практичні дані господарств, можемо записати, час обслуговування складає:

$$t_{обс} = 7 + 10 + 12 = 29 \text{ с.}$$

Проведемо визначення необхідної кількості обслуговуючого персоналу для забезпечення роботи ЗОМ. Для цього скористаємося відомою формулою:

$$K_{np} = \frac{t_{обс}}{t_{ц}};$$

Визначимо для роботи ЗОМ до проведення вдосконалення:

$$K_{np.б} = \frac{29}{450} = 0,06.$$

Та відповідно визначимо кількість обслуговуючого персоналу, що забезпечує роботу зерноочисного обладнання після вдосконалення:

$$K_{np.м} = \frac{29}{360} = 0,08.$$

Таким чином, розрахунки підтверджують, що в обох випадках як до вдосконалення зерноочисної машини А1-БЛС-100 так і після модернізації для обслуговування обладнання повністю вистачає одного працівника.

Далі можемо розрахувати затрати праці, які потрібно витратити для післязбирального очищення зерна пшениці ЗОМ А1-БЛС-100 з одного поля. Такі затрати праці можна розрахувати використовуючи формулу:

$$T_n = \frac{Q_z}{H_g} \cdot t_{зм} \cdot K_{np},$$

де  $Q_z$  – сумарний обсяг робіт, що потрібно виконати під час післязбирального очищення пшениці із одного поля, т;

$H_g$  – дійсна норма виробітку ЗОМ під час післязбирального очищення пшениці, т/зм;

$t_{зм}$  – тривалість зміни роботи під час проведення післязбирального очищення зернових, год.

Знайдемо затрати праці до вдосконалення зерноочисного агрегату:

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{н.б} = \frac{700}{250} \cdot 7 \cdot 1 = 19,6 \text{ люд} \cdot \text{год.}$$

Та, відповідно розрахуємо затрати праці після вдосконалення зерноочисного агрегату, маємо:

$$T_{н.м} = \frac{700}{350} \cdot 7 \cdot 1 = 14,0 \text{ люд} \cdot \text{год.}$$

Знайдемо загальні енерговитрати, що припадають на очищення всього об'єму зібраного врожаю зерна із одного поля. Для цього скористаємося формулою:

$$B_{заг} = B_m \cdot W_p,$$

де  $B_m$  – загальні енерговитрати, які необхідно затратити при післязбиральному очищенні 1 т зерна, кВт;

$$B_m = \frac{N}{Q},$$

$N$  – сумарні витрати енергії, що потрібно затратити під час очищення зерна ЗОМ протягом години чистої роботи агрегату, кВт/год;

$Q$  – продуктивність зерноочисного агрегату на етапі післязбирального очищення пшениці, т/год;

$W_p$  – сумарний обсяг зерноочисних робіт при післязбиральному очищенню всього збіжжя з одного поля, т.

Розрахуємо загальні енерговитрати при очищенні однієї тони пшениці до вдосконалення ЗОМ, маємо:

$$B_{м.б} = \frac{4,5}{80} = 0,056 \text{ кВт/т.}$$

Аналогічним чином визначимо загальні енерговитрати на очищення тони пшениці після вдосконалення ЗОМ, отримаємо:

$$B_{м.м} = \frac{2,5}{100} = 0,025 \text{ кВт/т.}$$

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Скориставшись наведеними вище розрахунками можемо знайти сумарні витрати енергії, які потрібно затратити для післязбиральної обробки всього врожаю з одного поля.

Затрати енергії при очищенні збіжжя агрегатом до вдосконалення складають:

$$B_{\text{заг.б}} = 0,056 \cdot 700 = 39,2 \text{ кВт.}$$

Після вдосконалення ЗОМ А1-БЛС-100 загальні витрати енергії на очисні операції становлять:

$$B_{\text{заг.м}} = 0,025 \cdot 700 = 17,5 \text{ кВт.}$$

Враховуючи наведені залежності і розраховані значення можемо розрахувати показники загальної економії енерговитрат, що вдається досягти під час проведення післязбирального очищення зерна із одного поля. Цю економію можемо визначити скориставшись формулою:

$$E = B_{\text{заг.б}} - B_{\text{заг.м}} = 39,2 - 17,5 = 21,7 \text{ кВт.}$$

Отже, якщо на етапі післязбирального очищення пшениці використовувати вдосконалену ЗОМ А1-БЛС-100 вдається досягти зниження витрат енергії на 21,7 кВт.

#### *Підготовка зерноочисної машини А1-БЛС-100 до роботи*

Зерноочисний агрегат моделі А1-БЛС-100, як у базовій конструкції, так і після її вдосконалення, є стаціонарною установкою. До її основних складових належать: завантажувальний транспортер, система решітного очищення, пневмосепаруючий модуль, вентилятор, камера для осідання домішок, вивантажувальний транспортер, електричні двигуни та механізми приводу.

Перед початком роботи зерноочисного комплексу необхідно здійснити стандартні підготовчі заходи, аналогічні до тих, що проводяться для іншої сільськогосподарської техніки. До них належать:

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- всебічна перевірка наявності, стану та готовності інструментів, спеціального обладнання та пристроїв, необхідних для повноцінної роботи ЗОМ;
- усунення будь-яких можливих перешкод, які можуть заважати безперервному руху технологічного процесу очищення зерна;
- візуальний огляд стану обладнання та перевірка його технічної справності;
- проведення щозмінного та планового технічного обслуговування, перевірка коректності налаштувань, а також контроль якості виконання очищення.

З метою дотримання вимог безпеки при експлуатації вдосконаленої моделі зерноочисної машини слід переконатись у:

- наявності та справності заземлення, а також у правильності занулення електроприводів, кабелів і електрообладнання;
- відсутності дефектів або можливих пошкоджень в електропроводці, її ізоляції та точках кріплення;
- вільному обертанні механізмів, належному рівні мастила і правильному натягу привідних елементів;
- справності та надійному закріпленні захисних кожухів і огорожень;
- повному комплекті та готовності засобів первинного пожежогасіння.

На стадії запуску обладнання виконується пробний запуск машини з очищенням контрольної партії зерна. У ході цього процесу ретельно контролюються всі ключові показники якості. У разі потреби виконуються налаштування. Повторне очищення здійснюється до моменту досягнення визначених агротехнічними нормами показників якості підготовленого зерна пшениці.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

*Операції контролю за якістю проведення операцій післязбирального  
очищення зерна*

До основних якісних параметрів, які потребують обов'язкового контролю під час виконання попереднього очищення пшениці належать: ефективність очищення, чіткість сепарації, а також рівень механічного пошкодження зерна в результаті взаємодії з робочими органами та вузлами зерноочисної техніки, включаючи механізми завантаження й розвантаження.

Чистота зерна після первинного очищення повинна становити не менше 60%. Визначення цього показника здійснюється згідно зі стандартною процедурою із застосуванням парусного класифікатора.

Якість розділення зерна за показником повноти розділення оцінюється за наступною методикою:

- із загального об'єму очищеного матеріалу методом відбору середніх проб береться контрольна навіска, масу якої визначають за допомогою електронних ваг;
- отримана навіска завантажується до парусного класифікатора. Поступово збільшуючи швидкість повітряного потоку, фракції розділяють залежно від їх аеродинамічних властивостей;
- кожну з отриманих фракцій ретельно зважують і обчислюють частку домішок і життєздатного зерна у пробі.

Чіткість сепарації, що є зворотною характеристикою до ефективності очищення, також визначається за допомогою парусного класифікатора згідно з нормативною методикою. Допустимий вміст повноцінного зерна пшениці у фракції відходів не повинен перевищувати 5%.

Недопустимим є механічне пошкодження зовнішньої оболонки зернівок, їх деформація або розтріскування, які можуть виникати при проходженні матеріалу через робочі органи ЗОМ. Перевірка цього показника здійснюється візуально, за потреби застосовуються допоміжні засоби: лупа, відеокамера або інші пристрої для детального огляду та збільшення зернівок.

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі виявлення невідповідності хоча б одного з контрольованих параметрів встановленим агротехнічним нормам, експлуатація ЗОМ припиняється. Відновлення роботи допускається лише після виявлення та усунення причин відхилення і повторного налагодження обладнання з подальшою перевіркою якості проведених робіт.

## 2.2. Опис будови і роботи ЗОМ А1-БЛС-100 і напрямки вдосконалення зерноочисного обладнання

Зерноочисний агрегат А1-БЛС-100 є стаціонарним агрегатом, який призначений для видалення із зернової маси та насіння сільськогосподарських культур різноманітних домішок. Дана машина забезпечує очищення зерна як за розмірами частинок, так і на основі їх аеродинамічних властивостей. У промисловому використанні така техніка, як правило, монтується на постійних робочих місцях – зокрема, на току господарств, в зерноочисних секціях елеваторів, у складі технологічних ліній млинових комплексів та підприємств з переробки олійних культур.

Зерноочисні машини цього типу зазвичай інтегрується до потокових ліній очищення або сортування зернових сумішей. Повітря для роботи пневмосистеми агрегату подається з централізованої системи пневмотранспорту. У комплектацію машини також входить осадочний пристрій, який служить для відділення легких домішок з повітряного потоку, а також спеціальний клапан, що запобігає зворотному підсосу повітря.

Основні технічні характеристики зерноочисної машини А1-БЛС-100 зведені в таблицю 1.

Таблиця 1

### Основні характеристики зерноочисної машини А1-БЛС-100

Параметр	Розмірність	Значення
1	2	3
Продуктивність при очищенні пшениці	т/год	до 100
Повнота розділення на етапі первинного очищення	%	не менше 60

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## Продовження таблиці 1

1	2	3
Витрати повітря крізь пневмосистему ЗОМ	м <sup>3</sup> /год	8500
Опір пневмосистеми ЗОМ	Па	500
Частота коливання решіт решітного кузова ЗОМ	об/хв	360±20
Габаритні розміри зерноочисного агрегату:		
- ширина	мм	2520
- довжина		2600
- висота		1510
Номінальна потужність двигунів ЗОМ без врахування потужності, яка потрібна для створення потоку повітря, в тому числі:	кВт	1,9
- електродвигуна приводу решіт		1,5
- електровібраторів		0,36
- освітлювальних приладів		0,04
Встановлена маса ЗОМ у зібраному стані	кг	1670

Функціональна схема роботи та загальний вигляд зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 представлені на рис 1. Зерноочисна машина А1-БЛС-100 постачається на об'єкти сільськогосподарського виробництва у вигляді комплектного обладнання. У її склад входять решітна секція (решітний кузов), що складається з каскадного набору решіт, системи пневмосепарації з відповідним каналом і осадовим пристроєм, а також привідний механізм. Для підключення до централізованої пневмомережі, а також до систем повітропроводів, осадових пристроїв чи самопливних ліній, передбачені перехідні патрубки 40 і 41 (рис. 1).

Основний решітний стан машини складається із закритого кузова 32, який кріпиться на станині 33 за допомогою гнучких підвісів 28. Конструктивно решітна частина має двосекційне виконання – секції ідентичні за будовою та функціонують паралельно. У кожній секції встановлюються висувні решітні рамки 6, які розміщуються у два яруси. Кожен ярус

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складається з двох рамок, з'єднаних у секцію спеціальними елементами кріплення – планками 38 і кутиками 39.

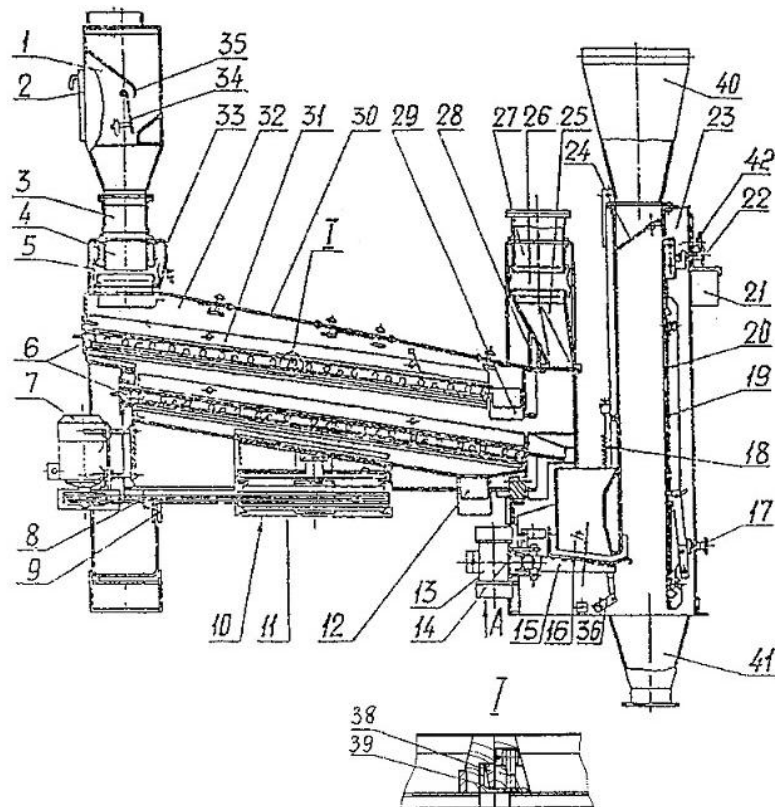


Рис.1. Функціональна схема та фото зерноочисної машини А1-БЛС-100

1 – розподільник; 2 – кришка; 3 – оглядовий патрубок; 4 – приймальник;  
 5 – рукав-подовжувач; 6 – решітний стан; 7 – електродвигун; 8 – клинопасова передача; 9 – обмежувач; 10 – кожух; 11 – шків решет; 12 – приймальник дрібних домішок; 13 – вібратор; 14 – гумова підвіска; 15 – віброкоток; 16 – коробка приймальна; 17, 22, 42 – рукоятка; 18 – пружина; 19 – вікно; 20 – рухома стінка; 21 – освітлення; 23 – сепаруючий канал; 24 – клапан дросельний; 25, 27, 41 – патрубок; 26 – рукав; 28 – підвіска; 29 – лоток крупних домішок; 30 – кришка люка; 31 – притискач; 32 – кузов решітний; 33 – станина; 34 – клапан; 35 – скат; 36 – упор; 38 – планка; 39 – кутик; 40 – перехідник

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРЧЗ 00.000 ПЗ					

Решітні рамки містять поздовжні та поперечні бруси, які формують окремі комірки. У середині кожної комірки встановлюються по дві гумові кульки діаметром 35 мм, призначені для автоматичного очищення решіт від засмічення під час функціонування машини. У нижній частині рамок кріпляться опорні сітки.

У передній частині кузова розміщено електродвигун 7 зі шківом, що через клинопасову передачу 8 передає обертальний момент на шків приводу решітного блоку 11. Останні мають встановлений дисбалансний вантаж, який створює коливальні рухи решітного стану, забезпечуючи його функціонування.

У передній частині станини зерноочисної машини встановлено оглядові патрубкі 3, які оснащені спеціальними розподільниками зернової маси 1. На приймальний елемент 4 надягається текстильний рукав 5, вшитий із ущільнюючими кільцями, який слугує з'єднувальною ланкою між приймальним патрубком та корпусом решітного блоку.

Після проходження зерна крізь решітний модуль, очищене зерно направляється до аспіраційних патрубків 25, які, аналогічно як і у вузлі подачі матеріалу, сполучаються зі станинними патрубками 27 через гнучкі матерчаті рукави 26. Щоб запобігти механічним ударам кузова об елементи станини під час запуску чи зупинки агрегату, в нижній частині конструкції змонтовано обмежувач 9 із гумовими амортизаційними кільцями.

Для збору і відведення великих та дрібних домішок після очищення зерна ЗОМ у конструкції передбачено лотки 12 та 29, які виконують роль накопичувачів. Виділення небажаних часток із суміші зерна за аеродинамічними параметрами відбувається у пневмосепараційній системі машини, основним елементом якої є пневмосепаруючий канал (ПСК) 23. Сюди надходить зерно після проходження решітного очищення, і саме тут реалізується процес його остаточного поділу за аеродинамічними властивостями.

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пневмосепаруючий блок включає приймальну камеру 16, куди спрямовується зерно, а також вібрлоток 15, підвішений до бокових стінок каналу за допомогою пружин 18 та еластичних підвісок 14. Коливальні рухи живильника забезпечує вібраційний електропривід 13. Усередині ПСК встановлено рухому стінку 20, положення якої регулюється рукоятками 17 та 22, що дозволяє змінювати інтенсивність сепарації повітряним потоком та її чіткість.

Контроль витрати та швидкості повітря в системі виконується за допомогою дросельного клапана 24, положення якого змінюється поворотом рукоятки 42. Для зручного візуального спостереження за перебігом процесу очищення, у рухомій стінці передбачено оглядове вікно 19, що додатково підсвічується ліхтарем 21.

У верхній частині пневмоканалу розміщено уніфікований патрубок 40, що слугує для під'єднання до повітропроводів чи осадового пристрою – зазвичай циклону. Внизу пневмосепаруючого блоку встановлено ще один уніфікований патрубок 41, який забезпечує самопливне виведення очищеного зерна після завершення всіх етапів його обробки.

Таким чином, узагальнивши наведену інформацію можна констатувати, що зерноочисна машина А1-БЛС-100 призначена для очищення зерна та насіння сільськогосподарських культур від домішок різного походження. Зазначений зерноочисний агрегат виконує очищення задвома ознаками – розмірними характеристиками та аеродинамічними властивостями зерна. Машина в більшості випадків встановлюється стаціонарно, переважно на токах фермерських господарств, зерноочисних відділеннях елеваторів, підприємствах з виробництва рослинної олії та млинах.

Основними компонентами зерноочисної машини А1-БЛС-100 є:

- завантажувальний транспортер, що подає збіжжя на очистку до ЗОМ;

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- решітна частина (решітний кузова) зерноочисного агрегату, який складається з каскаду решіт, що проводять розділення зерна за його розмірами;
- пневмосепаруючий канал, що використовує повітряний потік для відділення із загальної зернової маси аеродинамічно легких домішок;
- вентилятор, що створює необхідний за структурою та швидкістю повітряний потік у ПСК;
- осадова камера, яка забезпечує осадження видалених повітрям домішок;
- вивантажувальний транспортер, забезпечує виведення очищеного зерна із ЗОМ;
- електродвигуни та механізми передач, що забезпечують рух робочих органів ЗОМ.

Технологічна послідовність функціонування серійної зерноочисної машини А1-БЛС-100 наступна. Після збирання врожаю сільськогосподарських культур, зерно надходить на тік, звідки подається на очистку самопливом із накопичувальних бункерів через один або два потоки до розподілювальних елементів, вмонтованих у приймальні патрубки машини. Потік зернової суміші рівномірно розділяється на два напрямки, що направляються до пари окремих секцій решітного блоку ЗОМ, які функціонують паралельно.

Обидві секції агрегату мають аналогічну конструкцію та ідентичний принцип дії, тому нижче буде проведено опис роботи лише однієї секції: решітної частини, ПСК та осадкового механізму.

Після потрапляння у приймальний патрубок, зернова суміш спрямовується до розподільного днища, де здійснюється її рівномірний розподіл по робочій площині решета. Спеціальний фартух, закріплений на кузові решіт, перешкоджає втратам повноцінного зерна під час його переміщення. Великі домішки відділяються на верхньому решеті та через відповідний лоток виводяться за межі машини.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Основна маса зернового матеріалу разом із дрібними домішками просипається нижче на підсівне решето, де відбувається подальше очищення від дрібного сміття. Ці домішки також спрямовуються в спеціальний лоток, призначений для їх збору та виведення за межі зерноочисного агрегату.

Після механічного очищення на решетах зерно надходить до приймальної камери пневмосепаруючого блоку, де його подальше транспортування забезпечується вібрлотком. Висота зернового шару в цій камері регулюється пружинами, що сприяє рівномірному розподілу потоку при входженні в зону аеродинамічного очищення.

Між вібрлотком і камерою утворюється щілина, через яку зерно самопливом потрапляє в пневмосепаруючий канал. У цій зоні за допомогою повітряного потоку з суміші виділяються легкі домішки – завдяки різниці в аеродинамічних характеристиках – і через систему трубопроводів вони направляються до осадового пристрою, який затримує ці домішки, пил та очищає повітря.

Якість сепарації регулюється зміною положення задньої рухомої стінки каналу за допомогою спеціальної рукоятки. Після проходження очищення повітряним потоком, зерно через нижній патрубок самопливом виходить із машини або направляється на наступні технологічні операції.

Слід враховувати, що конструкція ЗОМ А1-БЛС-100 не передбачає наявності автономної системи подачі повітря, а отже, витрати на створення повітряного потоку не включені у загальну енергоємність процесу. У більшості господарств агрегат працює від пневмосистем підприємства.

Функціонування агрегату дозволяє проводити регулювання показників продуктивності та якості в широких межах, що робить машину універсальною і дозволяє її експлуатувати на різних етапах очищення зерна та зерносумішей. Проте відсутність вбудованих систем завантаження та розвантаження, а також незалежного джерела повітря, обмежує її використання у деяких виробничих умовах та ускладнює інтеграцію з іншими зерноочисними установками.

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3. Інженерні розрахунки ЗОМ А1-БЛС-100

### *Розрахунок решітної частини ЗОМ*

Решітний модуль зерноочисної машини А1-БЛС-100 представлений двома однаковими коливальними решітними блоками, які функціонують синхронно, забезпечуючи взаємну динамічну рівновагу під час експлуатації.

Для покращення ефективності процесу просіювання зернової маси на стадії модернізації передбачається використання гофрованих решіт (рис. 2). Згідно з інформацією, представленою у наукових публікаціях [8...12], гофровані решета демонструють значно більшу продуктивність роботи за питомим зерновим навантаженням у порівнянні з традиційними плоскими решетами, а також забезпечують підвищену ефективність очищення.

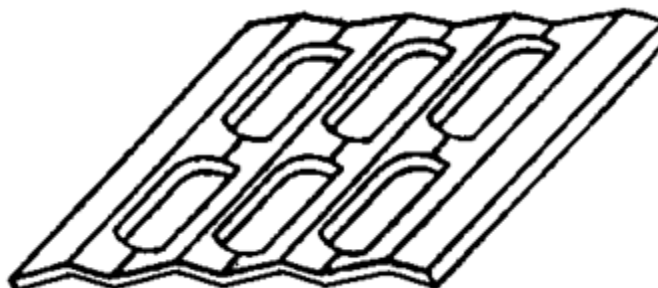


Рис. 2. Зразок гофрованого решета ЗОМ загального призначення

З метою визначення робочої ширини решітної частини ЗОМ скористаємося рівнянням, що пов'язує продуктивність із питомим зерновим навантаженням, що має вигляд:

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

де  $Q$  – продуктивність решітного очищення на конкретному виді післязбирального очищення, кг/год;

$q_B$  – питоме зернове навантаження решітного полотна на його ширину, що може дорівнювати  $q_B = 200...1600$  кг/дм·год. Враховуючи той факт, що на етапі модернізації ЗОМ запропоновано використовувати гофроване решето замість звичайного пробивного, питоме

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

навантаження на одиницю площі гофрованого решета є вищим у порівнянні з традиційним. Тому для подальших розрахунків прийmemo для гофрованого решета  $q_B = 1600$  кг/дм·год.

Після підстановки цифрових значень отримаємо:

$$B = \frac{100000}{1600} = 62,5 \text{ дм.}$$

Керуючись стандартними розмірами, для роботи решітної частини ЗОМ А1-БЛС-100 прийmemo гофроване решето, яке має довжину  $B = 6500$  мм.

З ціллю якісного та ефективного виконання операцій очищення зерносумішей в решітній частині зерноочисного агрегату пропонуємо встановити два гофрованих підсівних решета симетрично в обох половинах решітної частини ЗОМ.

Проведемо визначення сумарної робочої ширини решіт за умови того, що не будемо враховувати будову агрегату, який складається із двох ідентичних секцій. Загальна робоча ширина решіт визначається за формулою:

$$B = B \cdot i = 62,5 \cdot 2 = 125 \text{ дм.}$$

Проведемо перевірку того питомого зернового навантаження, яке забезпечує решітна частина із гофрованими решетами. Для цього скористаємося залежністю:

$$q_B = \frac{Q}{B} = \frac{100000}{125} = 800 \text{ кг/ дм·год.}$$

Розрахуємо величину питомого зернового навантаження, що припадає на одиницю площі гофрованого решета ЗОМ під час очищення зерна. Для цього скористаємося відомою залежністю:

$$q_F = 12,5 \cdot (0,95 - \varepsilon) \cdot (105 - \beta),$$

де  $\varepsilon$  – ефективність очищення зерна (ефект очистки) зерноочисною машиною, з врахуванням того, що в даному випадку ЗОМ проводить попереднє очищення, для якого  $\varepsilon = 0,5 \dots 0,6$ ;

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\beta$  – значення кута, яке задає параметр коливального руху решіт в решітному кузові, приймемо  $\beta = 12^\circ$ .

Після підстановки цифрових значень розрахуємо питоме зернове навантаження одиниці площі решета ЗОМ, маємо:

$$q_F = 12,5 \cdot (0,95 - 0,6) \cdot (105 - 12) = 47 \text{ кг/дм}^2 \cdot \text{год.}$$

Таким чином, враховуючи проведені розрахунки і знайдені значення питомих зернових навантажень на решітне очищення маємо можливість розрахувати сумарну довжину решіт агрегату. Для визначення довжини підсівних гофрованих решіт використаємо залежність:

$$l = \frac{q_B}{q_F} = \frac{800}{47} = 17,02 \text{ дм.}$$

Слід врахувати, що розрахована раніше загальна довжина решітного стану не враховує той факт, що зерноочисний агрегат А1-БЛС-100 має двосекційну будову решітного кузова, а отже довжина полотна решіт кожної із секцій ЗОМ складає:

$$l_p = \frac{l}{i} = \frac{17,02}{2} = 8,51 \text{ дм.}$$

де  $i$  – фактичне число секцій решітних станів в зерноочисному агрегаті А1-БЛС-100.

Знову, за класичною методикою, керуючись стандартними розмірами решіт приймемо довжину решітного стану кузова ЗОМ із певним запасом на рівні  $l_1 = 860 \text{ мм}$ .

З метою визначення геометричних параметрів колосових решіт зерноочисного агрегату, варто мати на увазі, що їх так само як і підсівних решіт у решітному кузові встановлено по два. Тобто, щоб решітні стани працювали синхронно, слід прийняти рівними ширини колосових і підсівних решіт. Враховуючи це, можемо записати

$$B_k = B_n = B = 1250 \text{ мм.}$$

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Використовуючи класичні підходи можемо визначити розрахунковим методом питоме зернове навантаження одиниці площі колосових решіт. Для визначення цього параметру скористаємося залежністю:

$$q_{Fк} = 60 \cdot (a - 4,5),$$

де  $a$  – фактичний розмір отвору на решітному полотні колосового решета, під час роботи із пшеницею для розрахунків приймемо  $a = 6$  мм.

Підставивши цифрові дані отримаємо питоме навантаження колосового решета ЗОМ, маємо:

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

Аналогічно як і для підсівних решіт довжина колосових решіт в решітному стані ЗОМ залежить від загальної номінальної продуктивності зерноочисного агрегату. Ця довжина підсівних решіт ЗОМ складає:

$$l_{\kappa} = \frac{Q}{q_{Fк} \cdot B} = \frac{100000}{90 \cdot 125} = 8,9 \text{ дм.}$$

Знову, враховуючи той факт, що ЗОМ працює секційно, для визначення розрахункової довжини колосового решета врахуємо, що зерноочисний агрегат працює симетрично двома решітними станами, отримаємо:

$$l_{\kappa 1} = \frac{l_{\kappa}}{k} = \frac{8,9}{2} = 4,45 \text{ дм.}$$

Теж обравши із стандартних розмірів та забезпечуючи певний запас приймемо для роботи зерноочисного агрегату колосове решето, яке має довжину  $l_{\kappa 1} = 500$  мм. Крім цього, на етапі проектування передбачимо встановлення двох колосових решіт в решітний кузов ЗОМ.

Наступний етап роботи – визначення кінематичного режиму роботи решітного стану. З ціллю забезпечення ефективної роботи решіт маємо забезпечити амплітуду коливань, яка дорівнює  $A = 9$  мм. Для визначення кінематичного режиму решіт використаємо відому емпіричну формулу

$$n^{1,65} = \frac{200 \cdot q_B \cdot 120 \cdot 10^3}{A} = \frac{200 \cdot 800 + 120 \cdot 10^3}{9} = 27355.$$

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, щоб перейти до дійсної частоти коливання решіт під час роботи зерноочисного агрегату скористаємося наступною формулою:

$$n = \sqrt[1,65]{27355} \approx 490 \text{ коливань/хв.}$$

За знайденою амплітудою роботи решіт маємо можливість розрахувати прискорення решіт, що описується формулою:

$$j = \frac{n^2 \cdot A \cdot 10^{-3}}{90} = \frac{490^2 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{90} = 24 \text{ м/с}^2.$$

Визначимо ексцентриситет решіт, який забезпечить задані параметри роботи. Для розрахунку ексцентриситету скористаємося залежністю:

$$e = \frac{A}{c} = \frac{9}{1,3} = 7,5 \text{ мм.},$$

де  $c$  – коефіцієнт, що враховує фактичне коливання рами зерноочисного агрегату. За [3], і враховуючи умову, що прискорення решіт складає  $j = 21...25 \text{ м/с}^2$ , коефіцієнт  $c = 1,3$ .

Отже, за результатами проведених розрахунків і обґрунтувань визначені основні параметри і режими роботи вдосконаленого решітного кузова зерноочисної машини А1-БЛС-100.

#### *Обґрунтування параметрів автономного джерела потоку повітря ЗОМ*

У процесі модернізації було запропоновано використовувати у якості джерела повітряного потоку відцентровий вентилятор. Така конструктивна зміна сприятиме підвищенню рівня автономності та мобільності зерноочисної машини А1-БЛС-100, оскільки її функціонування більше не залежатиме від централізованої пневмосистеми підприємства на якому цю ЗОМ експлуатують. З метою обґрунтування доцільності впровадження відцентрового вентилятора як джерела повітряного потоку для пневмосистеми зерноочисного агрегату А1-БЛС-100, буде проведено відповідні розрахунки згідно з типовою стандартною методикою.

Першочергово розрахуємо обсяг повітря, що проходить через поперечний переріз пневмосепаруючого каналу:

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U = 36 \cdot V_n \cdot S,$$

де  $U$  – фактичні витрати повітряного потоку крізь робочу зону пневмоканалу ЗОМ, м<sup>3</sup>/год;

$V_n$  – робоча швидкість повітряного потоку під час операції пневматичного розділення компонентів зернової суміші, враховуючи те, що в даному прикладі зерноочисним агрегатом А1-БЛС-100 проводимо очищення пшениці, для розрахунків прийmemo  $V_n = 7,8$  м/с;

$S$  – площа живого перерізу ПСК в тій зоні, де відбувається очищення повітряним потоком зернової суміші, в агрегаті А1-БЛС-100  $S = 1,65$  дм<sup>2</sup>.

Після підстановки даних маємо витрати повітря

$$U = 36 \cdot 7,9 \cdot 1,65 = 470 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Знайдемо витрати повного тиску повітря в пневмосистемі зерноочисної машини. Для цього скористаємося відомою залежністю:

$$p_k = (0,1 + 0,00013 \cdot q_F) \cdot V_n^2 + \Delta p_p,$$

де  $p_k$  – втрати повного тиску (розрахункові) в ПСК зерноочисної машини, кгс/м<sup>2</sup>;

$q_F$  – питоме зернове навантаження на площу ПСК, кг/(год·дм<sup>2</sup>);

$V_n$  – робоча швидкість повітряного потоку, м/с;

$\Delta p_p$  – витрати повного тиску повітря по всій пневмосистемі ЗОМ, керуючись довідниковими даними, для ЗОМ А1-БЛС-100 прийmemo  $\Delta p_p = 20$  кгс/м<sup>2</sup>.

Підставивши цифрові значення отримаємо:

$$p_k = (0,1 + 0,00013 \cdot 1544) \cdot 7,8^2 + 2 \cdot 20 = 58 \text{ кгс/м}^2.$$

Таким чином, за результатами проведеного розрахунку і знайденими витратами повітря та повного тиску в пневмосистемі ЗОМ проведемо вибір джерела повітряного потоку, яке має відповідати зазначеній продуктивності за наведеними показниками. З метою повного виконання вимог щодо витрат

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітря, у якості джерела повітряного потоку оберемо серійний вентилятор ВРН №6, що має такі основні характеристики:

- продуктивність вентилятора за показником створеного потоку повітря  $U_g = 1000 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- частота обертання валу вентилятора  $n_g = 1000 \text{ об/хв}$ ;
- ККД вентилятора враховуючи дійсні втрати на тертя повітря по лопатям, втрати крізь нещільності тощо  $\eta_{mn} = 0,4$ .

#### *Вибір осадового пристрою зерноочисного агрегату*

Видалене із зернової суміші повітря, що рухається повітряною системою зерноочисного машини, яке містить значну кількість пилу та легких домішок, продовжує свій рух по системі, потрапляючи в робочу зону. Це створює небезпечні умови для експлуатації обладнання та ускладнює обслуговування машини. Для зниження запиленості повітря застосовуються різні типи осадкових пристроїв. На нашу думку, найефективнішим рішенням для зерноочисної машини А1-БЛС-100 під час очищення зерна та насіння від домішок є використання циклона як основного елемента для видалення пилових частинок та аеродинамічно легких домішок. З цією метою для ефективного відокремлення дрібнодисперсних включень та легких домішок з повітряного потоку обрано інерційний жалюзійний пилоочисник (рис. 3). Далі виконаємо розрахунок його ключових конструктивних параметрів.

Знайдемо значення загального опору жалюзійного осадкового пристрою зерноочисної машини використовуючи для цього стандартну формулу:

$$P_{\text{ц}} = \xi \cdot \frac{\rho_n \cdot V_n^2}{2 \cdot g},$$

де  $\xi$  – коефіцієнт опору очисного пристрою, що є довідниковою величиною, керуючись даними для подібних конструкцій, для розрахунків приймемо  $\xi = 2$ ;

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$\rho_n$  – фактична щільність потоку повітря, за рахунок якого відбувається очищення зерноsumіші, для розрахунків приймемо  $\rho_n = 1,2 \text{ кг/м}^3$ .

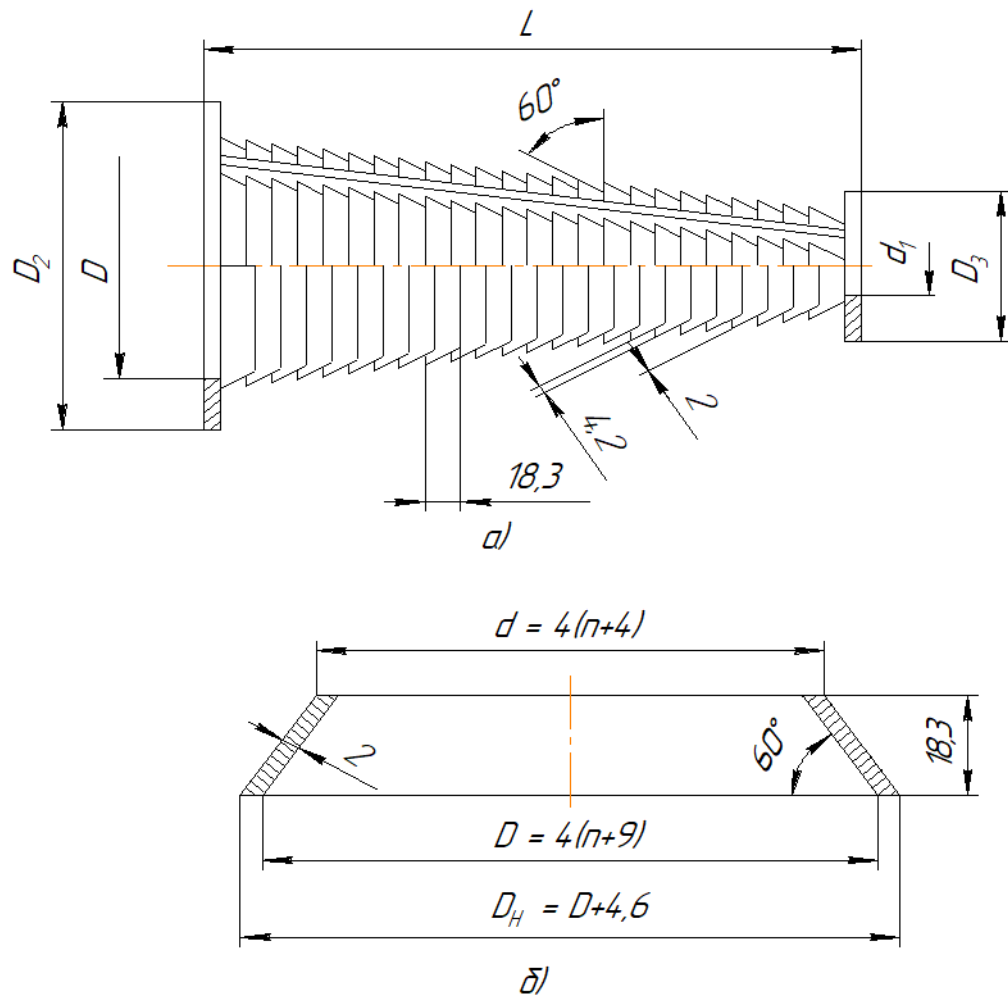


Рис. 3. Розрахункова схема осадкового пристрою зерноочисного агрегату А1-БЛС-100

Отже, враховуючи наведені значення можемо записати:

$$p_u = 2 \cdot \frac{1,2 \cdot 7,8^2}{2 \cdot 9,81} = 2 \cdot \frac{480}{19,62} = 48,9 \text{ кгс/м}^2.$$

Визначимо розрахунковим методом діаметр вхідного отвору осаджувача пилу виходячи із показників продуктивності цього пристрою та фактичної робочої швидкості потоку повітря. Відомо, що кінцева швидкість повітряного потоку в осадковому пристрої має прямий зв'язок із вхідною швидкістю повітря до осадкового пристрою та діаметром вхідного отвору осадкового пристрою. Ця залежність є наступною:

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$V_{нк} = \frac{\pi \cdot D_{ex}^2}{4} \cdot V_{ex}.$$

Провівши перетворення останньої наведеної залежності отримаємо діаметр вхідного отвору осадового пристрою:

$$D_{ex} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_{нк}}{V_{ex}}},$$

де  $D_{ex}$  – розрахунковий діаметр вхідного отвору осадового пристрою, м;

$V_{нк}$  – кінцева швидкість повітряного потоку після проходження жалюзійного осадового пристрою, м/с;

$V_{ex}$  – швидкість повітряного потоку на вході в жалюзійний осадовий пристрій ЗОМ, м/с.

Підставивши цифрові значення, отримаємо:

$$D_{ex} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,27}{20}} = 0,131 \text{ м.}$$

Використовуючи розміри стандартних жалюзійних пилоочисних пристроїв оберемо діаметр вхідного отвору  $D_{ex} = 0,135 \text{ м.}$

Отже, використовуючи для очищення від пилу і домішок у повітряному потоці ЗОМ жалюзійний інерційний пилоочисний пристрій типу ИП-2-135, що має наступні конструктивні параметри (рис. 3):

- діаметр вихідного отвору пилоочисного пристрою  $d_1 = 30 \text{ мм};$
- сумарна довжина жалюзійного інерційного пилоочисного пристрою,  $L = 405 \text{ мм};$
- діаметр великого фланця  $D_2 = 181 \text{ мм};$
- діаметр малого фланця  $D_3 = 81 \text{ мм};$
- номер кілець жалюзійного пилоочисника  $n = 2 - 26;$
- сумарна кількість кілець, що виконані на жалюзійному пилоочиснику – 25 кілець.

Отже, в результаті проведених досліджень обґрунтовані параметри автономного вентилятора для роботи повітряного очищення зерна та обрано

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інерційний жалюзійний пилоочисний пристрій, що забезпечить ефективно очищення повітря від пилу та аеродинамічно легких домішок.

*Обґрунтування окремих кінематичних параметрів зерноочисного агрегату  
А1-БЛС-100*

Обґрунтуємо основні параметри механізму приводу шнека-вивантажувача очищеного зерна із зерноочисного агрегату А1-БЛС-100, який проводить виведення зерна після очистки із машини та транспортує збіжжя до місця зберігання або ж завантажує у транспортні засоби чи клапанні мішки. Відмітимо, що привід шнека-вивантажувача очищеного зерна відбувається пасовою передачею від електродвигуна приводу ЗОМ. Розрахункова схема механізму приводу наведена на рис. 4.

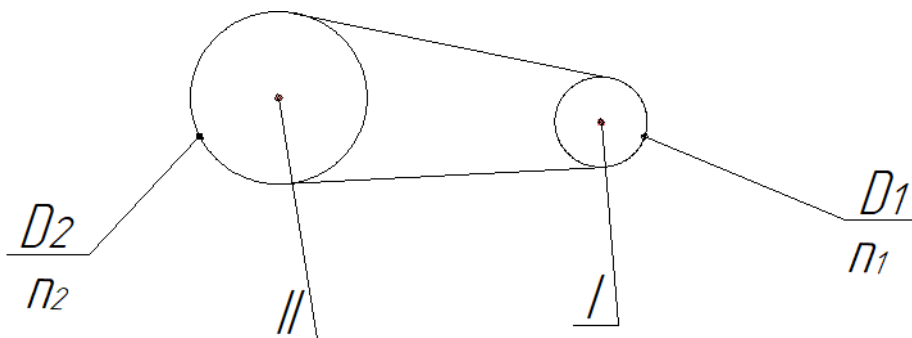


Рис. 4. Розрахункова схема пасової передачі механізму приводу шнека повноцінного зерна

З метою визначення передаточного відношення пасової передачі механізму приводу скористаємося відомою формулою:

$$i_{\text{вив}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{вив}}},$$

де  $n_{\text{дв}}$  – фактична частота обертання двигуна ЗОМ, об/хв;

$n_{\text{вив}}$  – частота обертання шнеку повноцінного зерна ЗОМ, що зважаючи на продуктивність агрегату та серійні параметри шнеку і використовуючи довідникові дані складає  $n_{\text{вив}} = 205$  об/хв.

Після підстановки наведених значень у останню формулу розрахуємо передаточне відношення механізму приводу:

$$i_{\text{вив}} = \frac{1000}{205} = 4,8.$$

Визначимо передаточне відношення на привід автономного джерела повітряного потоку для зерноочисної машини А1-БЛС-100. Врахуємо, що вентилятор, який створюватиме повітряний потік у машині працюватиме від одного електродвигуна що і шнек для відвантаження очищеного збіжжя. Для визначення передаточного відношення на привід вентилятора скористаємося аналогічною раніше формулою, що має вигляд:

$$i_g = \frac{n_{\text{дв}}}{n_g},$$

де  $n_g$  – фактична частота обертання вентилятора, для зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 прийmemo  $n_g = 1000$  об/хв.

Після підстановки цифрових значень розрахуємо передаточне відношення на привід вентилятора, отримаємо:

$$i_g = \frac{1000}{1000} = 1.$$

#### *Енергетичний розрахунок окремих елементів ЗОМ А1-БЛС-100*

З ціллю визначення потужності електродвигуна ЗОМ, яку потрібно витратити на приведення в дію джерела повітряного потоку використаємо відому формулу для розрахунку потужності вентилятора:

$$N_{\text{вент}} = \frac{V \cdot p_k \cdot k}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{нм}} \cdot \eta_{\text{кп}}},$$

де  $V$  – витрати повітря, які має забезпечувати крізь пневмосистему зерноочисного агрегату вентилятор, м<sup>3</sup>/год;

$p_k$  – розрахункові значення витрат повного тиску в пневмоканалі ЗОМ, кгс/м<sup>2</sup>;

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k$  – коефіцієнт запасу потужності електродвигуна механізму приводу, який має забезпечити роботу на етапі пускового моменту і в більшості випадків супроводжується підвищенням навантаження і становить  $k = 1,25$ ;

$\eta_{nm}$  – ККД підшипникових вузлів механізму приводу вентилятора, прийmemo  $\eta_{nm} = 0,4$ ;

$\eta_{кп}$  – ККД клинопасової передачі, яка забезпечує передачу обертання від електродвигуна до вентилятора,  $\eta_{кп} = 0,9$ .

Після підстановки цифрових значень у останню залежність отримаємо потужність двигуна на привід вентилятора

$$N_{уст} = \frac{1000 \cdot 58 \cdot 1,25}{3600 \cdot 102 \cdot 0,4 \cdot 0,9} = 0,55 \text{ кВт.}$$

Враховуючи проведені розрахунки для приводу вентилятора ЗОМ можемо взяти типовий електродвигун серії АОЛ, який забезпечуючи певний запас потужності краще прийняти типорозмір 22, що характеризується наступними основними параметрами:

- встановлена потужність електродвигуна  $N = 1,1$  кВт.;
- частота обертання вихідного валу двигуна  $n_{об} = 1000$  об/хв.

З метою визначення енергетичних параметрів шнеку, з допомогою якого відбувається відвантаження очищеного зерна із агрегату на початковому етапі варто знайти потужність, яку слід затратити для підймання компонентів зернової суміші і подолання тертя зернівок під час транспортування. Для визначення цієї потужності використаємо відому емпіричну формулу:

$$N_1 = \frac{g_0 \cdot G \cdot (\sin \beta + \mu_2 \cdot \cos \beta) \cdot \text{tg}(\alpha_0 + \rho)}{75},$$

де  $g_0$  – фактична колова швидкість, яка розвивається на шнеку повноцінного зерна, що становить  $g_0 = 0,92$  м/с;

$G$  – вага зернового матеріалу, що перебуває в жолобі шнеку, при очищенні зерна пшениці прийmemo  $G = 1,26$  кг;

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\mu_2$  – коефіцієнт тертя зерна по жолобу шнека повноцінного зерна,  
 $\mu_2 = 0,357$ .

Після підстановки значень, отримаємо:

$$N_1 = \frac{0,92 \cdot 1,26 \cdot (0,342 + 0,357 \cdot 0,94) \cdot 0,78}{75} = 0,012 \text{ к.с.}$$

Для того, щоб розрахувати потужність, що розвивається на приводному валу шнека повноцінного зерна скористаємося відомою залежністю, яка має вигляд:

$$N_0 = \frac{N_1 \cdot \kappa_0}{\eta_n},$$

де  $N_1$  – потужність, яка затрачається на підймання зернівок суміші, що розраховано за попередньою формулою, к.с.

$\kappa_0$  – розрахунковий коефіцієнт, який враховує пошкодження зерна під час його транспортування, керуючись довідниковими даними [13], прийmemo  $\kappa_0 = 1,2$ ;

$\eta_n$  – ККД підшипників, що змонтовані на опорах шнеку повноцінного зерна.

Підставивши цифрові значення отримаємо:

$$N_0 = \frac{0,012 \cdot 1,2}{0,99^2} = 0,011 \text{ к.с.}$$

Враховуючи знайдені енергетичні параметри бажана потужність електродвигуна, що повністю здатен забезпечити нормальну роботу шнеку очищеного зернового матеріалу складає:

$$N = k \cdot \frac{N_0}{\eta_n},$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу потужності електродвигуна механізму приводу, який має забезпечити роботу на етапі пускового моменту і в більшості випадків супроводжується підвищенням навантаження і становить  $k = 1,25$ ;

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$\eta_n$  – ККД механізму передач шнеку повноцінного зерна, що для розрахунків становить  $\eta_n = 0,85$ .

Після підстановки даних маємо необхідну потужність для роботи шнека повноцінного зерна, яка дорівнює:

$$N = 1,25 \cdot \frac{0,011}{0,85} = 0,016 \text{ к.с.} \approx 0,012 \text{ кВт.}$$

Проведені енергетичні розрахунки підтверджують доцільність використання єдиного електродвигуна як приводу для вентилятора – джерела повітряного потоку у пневмосистемі модернізованої зерноочисної машини, а також для приводу шнека, що забезпечує транспортування очищеного зерна із агрегату.

#### *Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання*

Шків, який передає обертальний момент до шнека-вивантажувача очищеного зерна, закріплюється на приводному валу шляхом застосування призматичної шпонки (рис. 5), розміри та характеристики якої відповідають стандартним параметрам [8].

- висота призматичної шпонки кріплення шківа  $h = 6$  мм;
- ширина шпонки  $b = 6$  мм;
- глибина пазу, який виготовлено на валу для того, щоб встановити в цей паз призматичну шпонку  $t_1 = 3,5$  мм;
- глибина пазу, який виготовлено у маточині шківа передачі для встановлення шпонки  $t_2 = 2,8$  мм.

Є підтвердженням фактом, що шпонкове з'єднання може зламатися в результаті зминання, яке виникає під час дії крутного моменту. Тобто найбільш несприятлива умова роботи шпонкового з'єднання має вигляд:

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot T}{d_g \cdot l_p \cdot h} \leq [\sigma_{зм}].$$

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

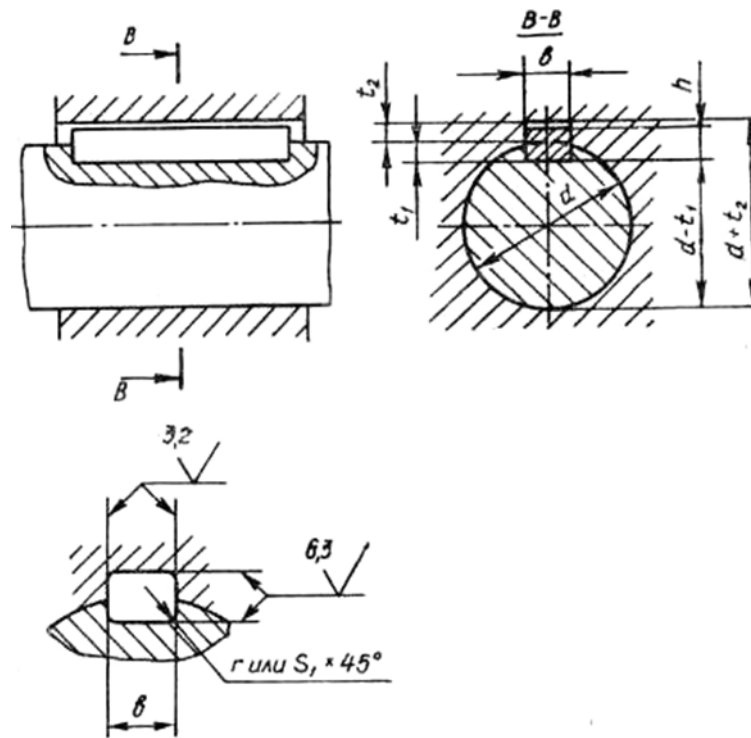


Рис. 5. Основні типові розміри призматичного з'єднання

Перетворимо останню нерівність і розв'яжемо її відносно довжини призматичної шпонки, отримаємо:

$$l_p \geq \frac{4 \cdot T}{d_e \cdot [\sigma_{зм}] \cdot h},$$

де  $l_p$  – розрахункова мінімальна довжина шпонки, мм;

$T$  – розрахункове значення крутного моменту, що виникає на валу шнека повноцінного зерна ЗОМ, Н×мм;

$d_e$  – фактичний діаметр валу зі встановленою шпонкою, мм;

$\sigma_{зм}$  – допустиме напруження зминання шпонки, що залежить від матеріалу її виготовлення, враховуючи, що шпонка виготовлена зі Сталі 45, приймаємо  $[\sigma_{зм}] = 50$  МПа.

Підставимо наведені значення і отримаємо:

$$l_p = \frac{4 \cdot 9,7 \cdot 10^3}{20 \cdot 50 \cdot 6} = 6,5 \text{ мм.}$$

В дійсних умовах роботи реальна довжина шпонки пов'язані із її шириною, що описується наступною залежністю:

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l_p = l - e.$$

Використовуючи наведене рівняння знайдемо довжину призматичної шпонки, що забезпечуватиме достатню міцність даного з'єднання. Отримаємо:

$$l = l_p + e;$$

$$l = 6,5 + 6 = 12,5 \text{ мм.}$$

З урахуванням необхідного запасу міцності, відповідно до стандартного ряду типорозмірів, для забезпечення надійної роботи приводу шнека-вивантажувача очищеного зерна в зерноочисному агрегаті обираємо довжину призматичної шпонки  $l = 18$  мм.

#### *Короткі висновки за розділом*

Таким чином, в даному розділі проведено огляд і аналіз будови, процесу роботи, переваг і недоліків зерноочисного агрегату А1-БЛС-100. Виконані технологічні та інженерні розрахунки, що підтверджують працездатність та ефективність роботи даного зерноочисного обладнання в умовах фермерських господарств. У результаті проведеної модернізації зерноочисної машини А1-БЛС-100 було оптимізовано конструктивну схему решітного очищення: стандартні пробивні решета замінені на гофровані, що сприяло значному покращенню ефективності просіювання частинок при зменшенні амплітуди коливань. Окрім цього, виконано інженерні розрахунки для забезпечення роботи зерноочисного агрегату та його пневмосистеми за допомогою автономного вентилятора, що слугує джерелом повітряного потоку. Обґрунтовані параметри та режими роботи і шнеку виведення повноцінного зерна після його очищення із машини. Здійснені удосконалення дозволили знизити витрати металу та енергії в процесі експлуатації зерноочисного агрегату та інтенсифікувати роботу агрегату під час очищення зерносумішей в господарських умовах.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						41
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 3. НАУКОВА ЧАСТИНА

#### *Порівняльна характеристика зерноочисної машини А1-БЛС-100 із аналогічними за призначенням агрегатами*

З метою комплексного аналізу функціональних можливостей серійної зерноочисної машини А1-БЛС-100, доцільним є порівняння її конструктивних особливостей, принципу роботи, експлуатаційних переваг і недоліків із технічно схожими зразками вітчизняної зерноочисної техніки. Для аналізу ф порівняння обрано зерноочисну машини типу ОВС-25 (очисник вороху самопересувний), ПЗС-25 (пересувний зерноочисний сепаратор) та БЦС-50 (барабанна сепараційна установка).

Конструктивні особливості наведеного зерноочисного обладнання

Зерноочисна машина А1-БЛС-100 є стаціонарним зерноочисним агрегатом, до складу якого входять дві ідентичні решітні секції (решітних кузова) коливального типу, що працюють синхронно та взаємно зрівноважують циклічні навантаження. Основна увага в її конструкції приділяється забезпеченню високої якості очищення зернових сумішей шляхом послідовного видалення домішок на решетах і в пневмосепаруючому каналі. На відміну від неї, ОВС-25 (рис. 6) використовує комбінацію решіт і барабанного очищення, доповнену аспірацією, тоді як ПЗС-25 поєднує решітну систему з аспіраційним очищенням у мобільному форматі. БЦС-50 (рис. 7) реалізує очистку через центрифужну дію у барабанному сепараторі.

Зерноочисна машина А1-БЛС-100 забезпечує подвійну очистку зернової суміші: спочатку – за рахунок решітної системи, де видаляються великі та дрібні домішки, далі – шляхом повітряного очищення, де повітряним потоком відокремлюються легкі домішки різного походження. ОВС-25 функціонує за аналогічним принципом, однак має складнішу систему барабанного очищення. ПЗС-25 адаптована для виїзного очищення, що дозволяє використовувати її безпосередньо на полі або току. БЦС-50, у свою

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

чергу, реалізує очищення на основі різниці в відцентрових силах, що впливають на компоненти суміші під час обертання барабана.



Рис. 6. Загальний вигляд зерноочисної машини ОВС-25



Рис. 7. Загальний вигляд зерноочисного агрегату БЦС-50

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Основні конструктивні особливості зазначених вище зерноочисних агрегатів зведені до таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняння конструктивних особливостей зерноочисних агрегатів

Параметр / машина	А1-БЛС-100	ОВС-25	ПЗС-25	БЦС-50
Тип	Стаціонарна	Стаціонарна	Пересувна	Стаціонарна
Решітна система	Коливальні решета в двох секціях	Комбінація решіт і барабанів	Решета і пневмосепаратор	Барабанный роздільник
Пневмосистема	Працює від зовнішнього джерела	Вбудований вентилятор	Вбудований вентилятор	Центробіжний роздільник повітряного потоку
Вивантаження	Самопливне	Механізоване	Самопливне або шнекове	Вивантаження через лотки

Порівняльний аналіз переваг та недоліків зерноочисного обладнання представлено ку вигляді таблиці 3

Таблиця 3

Переваги та недоліки зерноочисного обладнання

Агрегат	Переваги	Недоліки
1	2	3
А1-БЛС-100	Висока ефективність очищення, можливість модернізації, простота технічного обслуговування	Відсутність автономного джерела повітря, обмежена мобільність, іноді недостатня продуктивність і високе забивання отворів решітної частини
ОВС-25	Надійна конструкція, придатна для інтенсивної експлуатації	Висока енергоємність, складність в налаштуваннях, застарілий перебіг технологічного процесу очищення

1	2	3
ПЗС-25	Мобільність, зручність у використанні на різних етапах післязбиральної обробки	Нижча якість очищення у порівнянні з А1-БЛС-100, потребує частого технічного обслуговування
БЦС-50	Компактність, підходить для очищення дрібного насіння	Може травмувати зерно, непридатна для великих фракцій зернових культур

*Узагальнення результатів порівняння зерноочисних агрегатів*

З аналізу видно, що А1-БЛС-100 демонструє високу якість очищення завдяки поєднанню решітного та пневматичного способів видалення домішок. Проте, її функціонування обмежується необхідністю підключення до зовнішнього джерела повітряного потоку. У цьому контексті ПЗС-25 переважає за мобільністю, тоді як ОВС-25 і БЦС-50 мають переваги в умовах великих виробничих обсягів.

Подальше вдосконалення машини А1-БЛС-100, зокрема впровадження автономного вентилятора та гофрованих решіт, дозволить значно розширити її функціональні можливості, покращити адаптивність до змінних виробничих умов та підвищити загальну продуктивність агрегату.

*Мета і задачі експериментальних досліджень зерноочисної машини загального призначення*

На сьогодні у науковій літературі представлено значну кількість досліджень і створено ряд математичних моделей, які описують процеси очищення зернових матеріалів повітряно-решітними зерноочисними машинами. Аналіз наявних теоретичних напрацювань показує, що для процесу решітного очищення більшість основних параметрів визначені досить ґрунтовно, що дозволяє здійснювати точні розрахунки та обґрунтування характеристик роботи решітних станів. У даній роботі такі розрахунки були виконані у відповідних розділах.

Проте, питання оптимізації ряду параметрів ЗОМ залишаються менш розробленими та вимагають експериментальних уточнень і перевірок. Тому, для забезпечення ефективної взаємодії між решітною та пневматичною системами зерноочисної машини А1-БЛС-100, а також для визначення оптимальних режимів роботи зерноочисного агрегату, виникає необхідність проведення експериментальних досліджень.

**Мета дослідження** полягає у підвищенні якісних показників роботи решітної частини зерноочисної машини А1-БЛС-100 шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів її функціонування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз існуючих конструктивних рішень решітних систем;
- визначити вплив основних параметрів решіт на якість очищення зернових сумішей;
- розробити рекомендації щодо удосконалення параметрів та режимів роботи решітної частини ЗОМ;
- здійснити експериментальну перевірку раціональних параметрів та режимів роботи зерноочисного агрегату.

***Об'єктом дослідження*** є процес розподілу зернової суміші у решітній частині зерноочисної машини А1-БЛС-100.

***Предметом дослідження*** виступають закономірності проходження зернового матеріалу через решета, що визначають ефективність технологічного процесу очищення зерна із врахуванням конструктивно-технологічних особливостей решітної частини зерноочисної машини.

Аналіз літературних джерел свідчить, що значна увага дослідників приділяється удосконаленню технологічних процесів очищення зерна із використанням повітряно-решітних зерноочисних машин загального призначення. Зокрема, у працях [4...12] розглядаються особливості руху зернових сумішей по решетах, процеси відділення домішок за допомогою

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

повітряного потоку, а також шляхи підвищення ефективності очищення за рахунок вдосконалення конструкцій решітних станів.

Доведено, що застосування гофрованих решіт підвищує питоме зернове навантаження без погіршення якості очищення. Гофровані решета сприяють більш інтенсивному розшаруванню зернової маси, забезпечуючи краще проходження повноцінного зерна через отвори навіть при знижених амплітудах коливань решітних полотен. Це дозволяє зменшити енерговитрати та навантаження на механізми приводу зерноочисних машин.

Окремі дослідники наголошують на важливості узгодження продуктивності решітної та повітряної систем ЗОМ для забезпечення максимальної якості очищення, особливо під час обробітку важковідокремлюваних зерносумішей. Недостатня інтеграція цих двох підсистем може призводити до зниження продуктивності та зростання втрат повноцінного зерна у відходи.

Таким чином, подальші дослідження у даній роботі будуть зосереджені на експериментальній перевірці раціональних параметрів роботи решітної частини у взаємодії з пневмосистемою машини А1-БЛС-100.

#### *Порядок проведення експериментальних досліджень*

Під час реалізації експериментальних досліджень порядок їх проведення і реалізації відповідав методиці планування багатofакторного експерименту [15, 16]. При цьому були обрані фактори, що є найбільш впливовими на процес очищення зерна решітною частиною ЗОМ, а це такі фактори:

- питоме зернове навантаження  $q_B$ , кг/дм<sup>3</sup>×год;
- довжина решіт в решітному кузові  $l$ , мм;
- частота коливання решіт  $n$ , кол/хв;
- висота гофр на поверхні решета  $h_2$ , мм.

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі перелічені вище фактори із зазначенням рівнів їх значень та інтервалу варіювання, на основі яких будували матрицю планування багатофакторного експерименту представлені у вигляді таблиці 4.

Таблиця 4

Вихідні дані до проведення статистичного математичного моделювання оцінки впливу параметрів решітної частини ЗОМ на якість процесу очищення зерна

№	Фактори		Рівні варіювання			Інтервал
	Назва	Позначення	-	0	+	
1	Питоме зернове навантаження, $q_B$ , кг/дм <sup>3</sup> ×год;	$x_1$	800	1200	1600	400
2	Довжина решіт в решітному кузові $l$ , мм	$x_2$	660	860	1060	200
3	Частота коливання решіт $n$ , кол/хв	$x_3$	300	500	700	200
4	Висота гофр на поверхні решета $h_c$ , мм	$x_4$	0	3	6	3

Якщо провести оцінку кількості впливових на якість роботи решітної частини факторів то дійдемо до висновку, що для реалізації матриці планування експерименту слід провести побудову матриці, що має вигляд  $n = 2^4 = 16$ . Щоб побудувати матрицю проведення експериментальних досліджень використаємо програму STATISTICA 12, в якій варто виконати ряд команд за схемою, що наведена на рис. 8.

Після того, як в системі STATISTICA 12 обрано тип моделі та кількість факторів потрібно провести введення рівнів значення кожного із фактору та їх найменування. Після проведення відповідних дій пакет програм виводить на монітор комп'ютера матрицю проведення експериментальних досліджень із чітко зазначеною послідовністю проведення дослідів та рівнем значимості кожного із факторів під час відповідних серій експериментів. Варто наголосити, що на кожному із рівнів дослідження слідпроводити із трикратною повторюваністю та до доданої колонки результатів вимірювань

заносити середнє значення результатів експерименту. До п'ятого доданого стовпчику вручну вносять результати експериментів  $Y$ , де у якості критерію оптимізації виступає показник ефективності очищення (повнота розділення) компонентів зернової суміші.

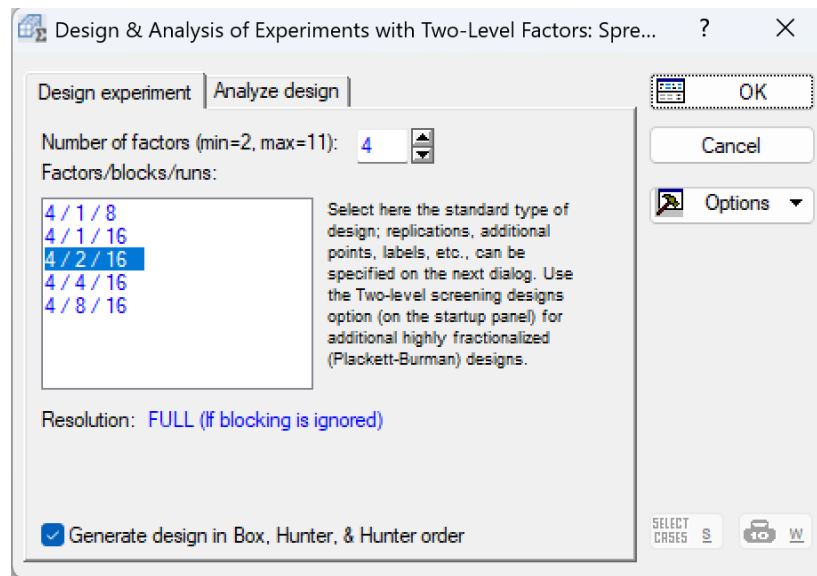
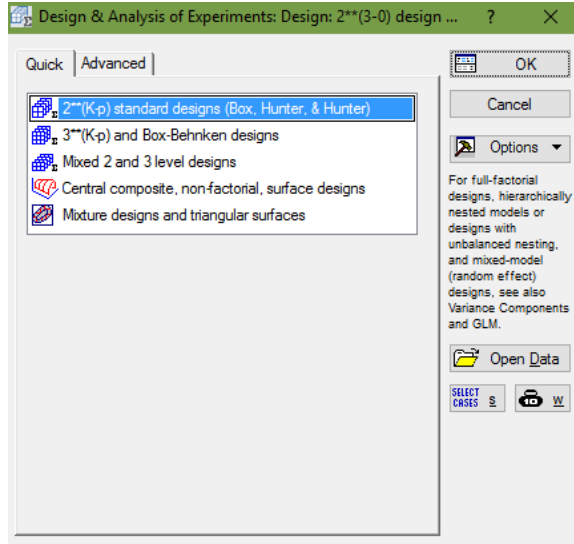


Рис. 8. Скріни вікна пакету програм STATISTICA 12 під час побудови матриці експериментальних досліджень

Загальний вигляд матриці проведення експериментальних досліджень із вивчення впливу факторів на якість очищення зерна решітною частиною зерноочисної машини А1-БЛС-100 із представленими результатами експериментів наведено на рис. 9.

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	1 q, кг/дм³*год	2 l, мм	3 n, кол/хв	4 h, мм	5 Y, %
1	800	660	300	0	42
2	1600	660	300	0	45
3	800	1060	300	0	64
4	1600	1060	300	0	62
5	800	660	700	0	47
6	1600	660	700	0	50
7	800	1060	700	0	66
8	1600	1060	700	0	62
9	800	660	300	6	58
10	1600	660	300	6	60
11	800	1060	300	6	75
12	1600	1060	300	6	68
13	800	660	700	6	72
14	1600	660	700	6	70
15	800	1060	700	6	85
16	1600	1060	700	6	82

Рис. 9. Таблиця результатів статистичного моделювання

Після компіляції пакетом програм STATISTICA 12 матриці експериментальних досліджень (рис. 9) можемо відобразити табличний результат проведеного експерименту, що наведено на рис. 10.

Effect Estimates; Var.:Y, %; R-sqr=.99454; Adj.:.98361 (Spreadsheet3.sta) 2**(4-0) design; MS Residual=2,6 DV: Y, %										
Factor	Effect	Std.Err.	t(5)	p	-95,% Cnf.Limit	+95,% Cnf.Limit	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limit	+95,% Cnf.Limit
Mean/Interc.	63,00000	0,403113	156,2838	0,000000	61,96377	64,03623	63,00000	0,403113	61,96377	64,03623
(1)q, кг/дм³*год	-1,25000	0,806226	-1,5504	0,181730	-3,32247	0,82247	-0,62500	0,403113	-1,66123	0,41123
(2)l, мм	15,00000	0,806226	18,6052	0,000008	12,92753	17,07247	7,50000	0,403113	6,46377	8,53623
(3)n, кол/хв	7,50000	0,806226	9,3026	0,000242	5,42753	9,57247	3,75000	0,403113	2,71377	4,78623
(4)h, мм	16,50000	0,806226	20,4657	0,000005	14,42753	18,57247	8,25000	0,403113	7,21377	9,28623
1 by 2	-2,75000	0,806226	-3,4110	0,019024	-4,82247	-0,67753	-1,37500	0,403113	-2,41123	-0,33877
1 by 3	-0,25000	0,806226	-0,3101	0,769003	-2,32247	1,82247	-0,12500	0,403113	-1,16123	0,91123
1 by 4	-1,25000	0,806226	-1,5504	0,181730	-3,32247	0,82247	-0,62500	0,403113	-1,66123	0,41123
2 by 3	-1,00000	0,806226	-1,2403	0,269875	-3,07247	1,07247	-0,50000	0,403113	-1,53623	0,53623
2 by 4	-2,50000	0,806226	-3,1009	0,026827	-4,57247	-0,42753	-1,25000	0,403113	-2,28623	-0,21377
3 by 4	4,50000	0,806226	5,5816	0,002545	2,42753	6,57247	2,25000	0,403113	1,21377	3,28623

Рис. 10. Табличні результати вивчення впливу факторів на якість роботи ретітної частини ЗОМ

Наведені табличні результати (рис. 10) дозволяють отримати статистичну модель у звичному формульному вигляді, що наведено нижче:

$$Y = 63 - 0,625x_1 + 7,5x_2 + 3,75x_3 + 8,25x_4 - 1,375x_1x_2 - 0,125x_1x_3 - 0,625x_1x_4 + 0,5x_2x_3 - 1,25x_2x_4 + 2,25x_3x_4$$

Система в автоматичному режимі перевірила отриману модель на відтворюваність і адекватність, а значимість коефіцієнтів рівняння регресії оцінено і представлено у вигляді Парето-карти (рис. 11). Аналіз значимості коефіцієнтів рівняння регресії дозволяє відмітити, що найбільший вплив на критерій оптимізації у обраній області значень має висота гофр на поверхні решета  $x_4(h_2)$ , довжина решіт в решітному кузові  $x_2(l)$ , частота коливання решіт  $x_3(n)$  та попарний вплив факторів  $x_3x_4$ ,  $x_1x_2$  і  $x_2x_4$ .

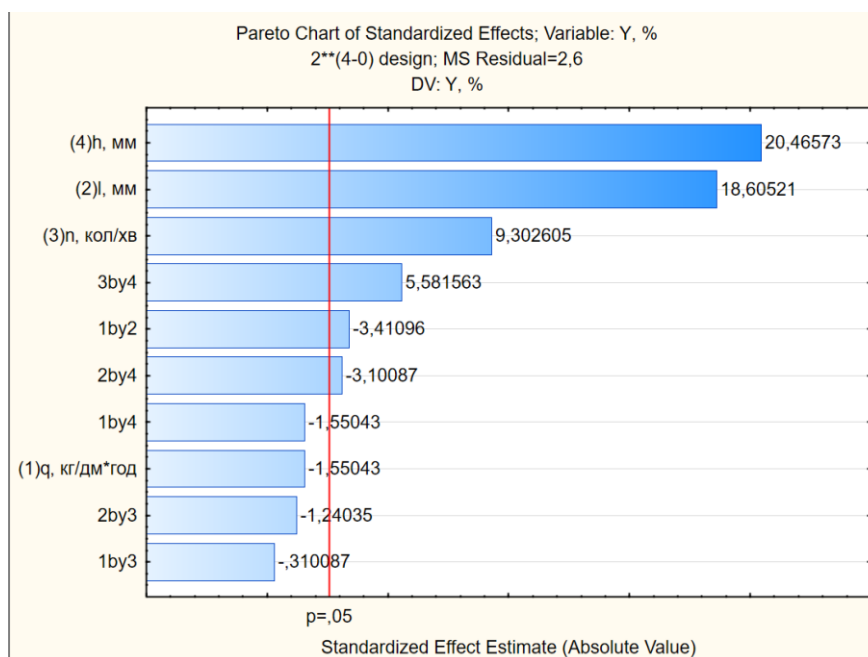
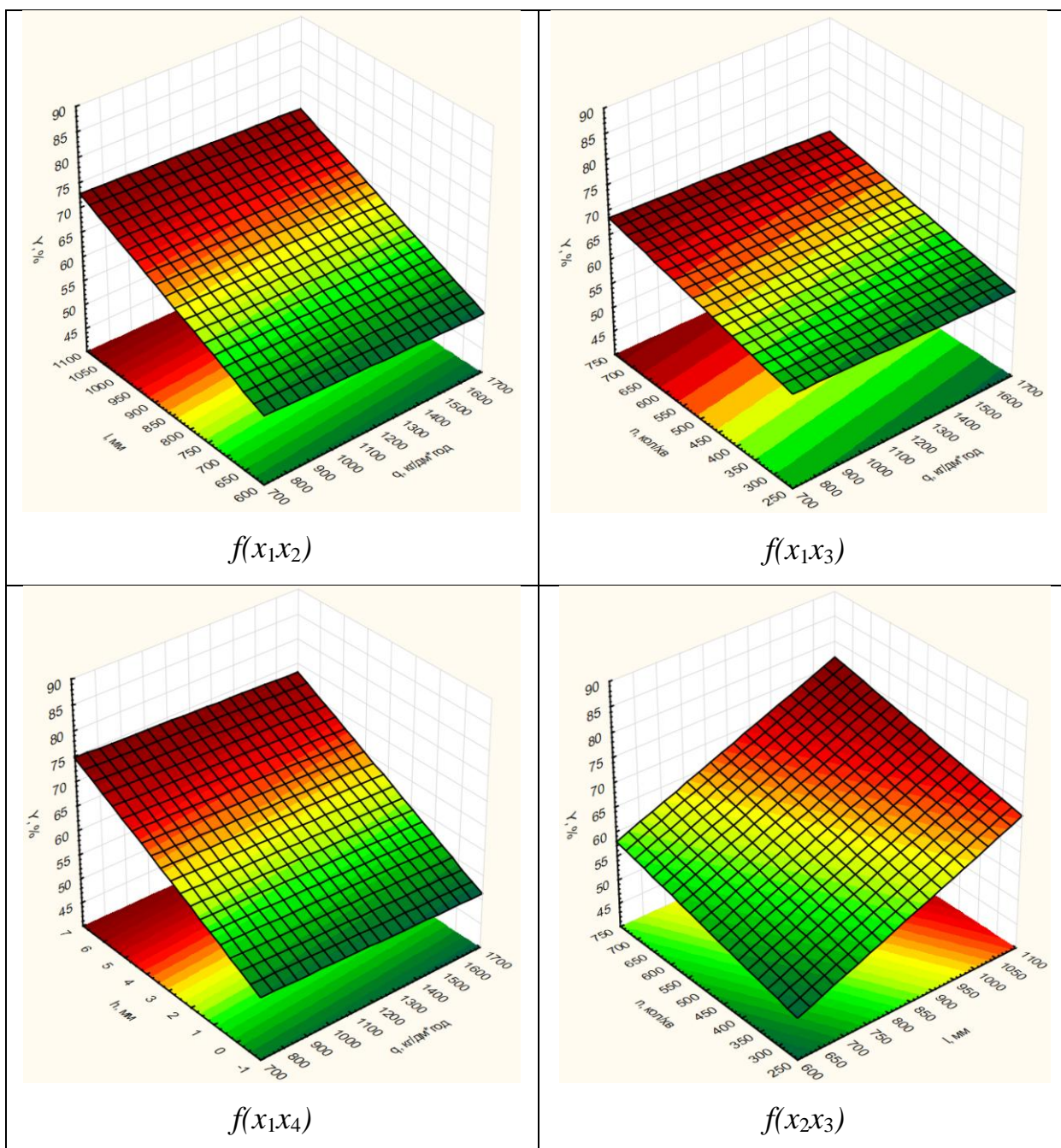
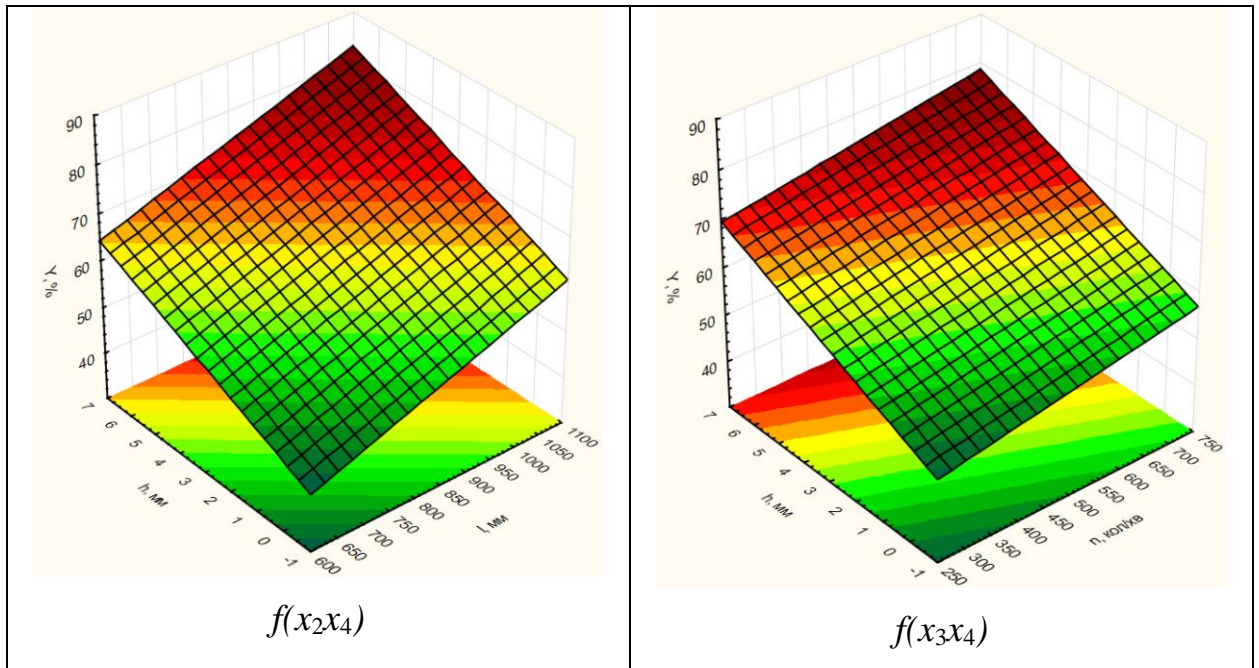


Рис. 11. Парето-карта оцінки значимості факторів на якість очищення зерна

За результатами проведеного моделювання можемо побудувати просторові графіки попарного взаємного впливу факторів на критерій оптимізації  $Y$ , який в даному випадку виступає показник ефективності очищення (повнота розділення) компонентів зернової суміші решітною частиною зерноочисного агрегату А1-БЛС-100. Зазначені графіки попарного впливу факторів зведені до таблиці 5 і саме вони дозволяють візуально оцінити результати проведених досліджень та знайти раціональні значення факторів, вплив яких на якість очищення досліджували.

Графіки попарного впливу факторів на якість очищення компонентів  
зерноsumіші решітною частиною ЗОМ А1-БЛС-100





Таким чином, аналіз отриманої статистичної математичної моделі, табличного результату досліджень, Парето карти та тримірних графіків впливу факторів на критерій оптимізації дозволяють підтвердити, що враховуючи доцільність забезпечення необхідної продуктивності решітного очищення, питоме зернове навантаження має бути на рівні  $q_B = 1600$  кг/дм<sup>3</sup>×год; довжина решіт в решітному кузові  $l = 850...860$  мм; частота коливання решіт  $n = 480...500$  кол/хв та висота гофр на поверхні решета  $h_2 = 4,5...5$  мм. Саме за таких значень найбільш значимих факторів вдається досягти повноти розділення компонентів зернової суміші на рівні 70...75%, що перевищує аналогічні показники решітного стану ЗОМ до вдосконалення.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### *Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, що супроводжують роботу ЗОМ*

При роботі зерноочисної машини А1-БЛС-100 в умовах току господарства чи в господарських приміщеннях на операторів та обслуговуючий персонал можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

До основних фізичних факторів безпеки при роботі зазначеного обладнання належать:

- рухомі елементи конструкції ЗОМ та окремих робочих механізмів (як основних так і додаткових);
- швидкообертові частини додаткового обладнання (муфти, ланцюгові, пасові, зубчасті передачі, робочі органи транспортерів тощо);
- підвищена запиленість або (та) загазованість повітря в зоні роботи зерноочисного обладнання;
- підвищені або знижені температури поверхонь агрегатів, приводних механізмів і оброблюваного матеріалу;
- відхилення температури повітря від встановлених норм;
- перевищення допустимого рівня шуму або (та) вібрацій на робочому місці;
- коливання вологості повітря в робочій зоні;
- надмірна або недостатня швидкість руху повітря в зоні роботи ЗОМ;
- підвищена напруга в елементах електричної системи машини, що може призвести до ураження електричним струмом;
- недостатнє природне або штучне освітлення робочої площі;
- наявність гострих кромek, задирок та підвищеної шорсткості поверхонь машини або інструментів.

Аналіз виробничого травматизму під час роботи зерноочисного обладнання в агрогосподарствах свідчить, що основними причинами нещасних випадків під час їх роботи є ураження електричним струмом,

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

намотування одягу або кінцівок на обертові елементи машини, а також потрапляння пилу в органи зору та дихання.

*Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці із зерноочисним обладнанням*

З метою запобігання виникненню аварійних ситуацій на виробництві та забезпечення безпечних умов праці передбачено реалізацію наступних заходів:

- усі обертові частини агрегату, а також привідні механізми, мають бути оснащені захисними кожухами та огороженнями відповідно до вимог ДСТУ 12.4.042;
- конструкція зерноочисної машини передбачає можливість безпечного виконання технічного обслуговування за умови повної зупинки агрегату та його повного відключення від електричної мережі;
- здійснення обов'язкового заземлення ЗОМ відповідно до діючих норм електробезпеки;
- персонал, що працює із зерноочисним агрегатом, забезпечується засобами індивідуального захисту, зокрема респіраторами та захисними окулярами, з обов'язковим контролем правильності їх використання на виробництві.

*Протипожежні заходи*

Робоче місце оператора зерноочисної машини має бути обладнане пристроями для кріплення первинних засобів пожежогасіння із забезпеченням вільного доступу до них. Час зняття кожного із засобів пожежогасіння не повинен перевищувати 8 секунд, при цьому використання додаткового інструменту не допускається.

У випадку виявлення загоряння або сильного задимлення необхідно негайно припинити роботу зерноочисної машини та знеструмити її від електромережі і провести заходи по гасінню пожежі.

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Проведена модернізація зерноочисної машини А1-БЛС-100 спрямована на підвищення її технологічної ефективності та зниження експлуатаційних витрат. Впроваджені конструктивні удосконалення, зокрема заміна пробивних решіт на гофровані, покращення роботи пневмосистеми завдяки автономному вентилятору, а також оптимізація енергоспоживання, дають змогу досягти вагомих економічних переваг порівняно із серійним агрегатом.

Основними факторами економічної доцільності запропонованих змін є:

- Збільшення продуктивності праці. Завдяки покращенню ефективності просіювання та повітряного очищення забезпечується вища пропускна здатність машини, що дозволяє обробити більший обсяг зернової маси за той самий період часу.
- Зменшення енерговитрат. Використання автономного джерела повітряного потоку та зниження загального енергоспоживання машини призводить до економії електроенергії на одиницю обсягу очищеного зерна.
- Скорочення витрат на технічне обслуговування. Завдяки удосконаленню конструкції робочих органів та пневмосистеми підвищується надійність вузлів машини, що зменшує частоту простоїв і витрати на ремонтні роботи.
- Зниження металоємності конструкції. Оптимізація окремих елементів машини дозволила зменшити її загальну масу без втрати експлуатаційної надійності, що сприяє зменшенню витрат на виготовлення та транспортування обладнання.
- Підвищення якості очищення зерна. Завдяки раціональному узгодженню параметрів повітряної та решітної очистки досягається стабільно високий показник очищення зерна, що підвищує його ринкову вартість.

Витрати на модернізацію швидко окуповуються за рахунок отриманого економічного ефекту від підвищення продуктивності, зниження

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоспоживання та скорочення експлуатаційних витрат. Згідно з попередніми економічними розрахунками, строк окупності витрат на модернізацію становить не більше одного господарського сезону при середньому завантаженні машини.

Таким чином, удосконалення зерноочисної машини А1-БЛС-100 є економічно доцільним і забезпечує суттєве підвищення ефективності роботи у виробничих умовах фермерського господарства.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

## 6. ВИСНОВОК

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було здійснено детальний аналіз існуючих технологій та технічних засобів для післязбирального очищення зерна та насіння сільськогосподарських культур. Підкреслено важливість проведення попереднього, первинного та вторинного очищення насіння, а також запропоновано удосконалення існуючої серійної повітряно-решітної зерноочисної машини загального призначення А1-БЛС-100 для виконання зерноочисних операцій в господарських умовах.

У результаті модернізації ЗОМ А1-БЛС-100 було вдосконалено конструктивну схему решітного очищення, зокрема звичайні пробивні решета замінені на гофровані аналоги, що забезпечило підвищення ефективності просівання часток при зменшенні амплітуди коливань всього решітного стану. Додатково було виконано розрахунок завантаження зерноочисної машини та параметрів пневмосистеми, передбачивши її роботу від автономного джерела повітряного потоку. Це дозволило зменшити загальну металоємність та енерговитрати на роботу зерноочисного агрегату.

У науковій частині дослідження за допомогою методів планування та обробки багатофакторних експериментів проведено дослідження впливу різних факторів на процес решітного очищення зернових матеріалів. На основі отриманих результатів встановлено раціональні параметри та режими роботи решітного кузова, а саме – питоме зернове навантаження  $q_B = 1600$  кг/дм<sup>3</sup>×год; довжина решіт в решітному кузові  $l = 850...860$  мм; частота коливання решіт  $n = 480...500$  кол/хв та висота гофр на поверхні решета  $h_z = 4,5...5$  мм. Саме за таких значень параметрів вдається досягти повноти розділення компонентів зернової суміші на рівні 70...75%, що перевищує аналогічні показники решітного стану агрегату А1-БЛС-100 до його вдосконалення.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано шкідливі й небезпечні виробничі фактори, що можуть мати місце при експлуатації зерноочисної машини в умовах господарств, а також запропоновано заходи щодо їх

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

усунення. Економічна ефективність запропонованих технічних рішень підтверджує доцільність впровадження запропонованих змін у виробництво.

					<i>КРЧЗ 00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59



10. Бабенко Д.В. Механіка матеріалів і конструкцій: практикум: навчальний посібник / Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 384 с.
11. Іванчук А.В. Деталі машин: Навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
12. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
13. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування / Під ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.
14. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю. – Київ: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
15. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння / П.М. Заїка. – Х.: Око, 2006. – Т.3, розділ 7. – 408 с.
16. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. – К.: Урожай, 1990. – 184 с.
17. Ольшанський В.П. та ін. Теорія сепарування зерна. / В.П. Ольшанський, В.В. Бредихін, В.М. Лук'яненко, М.В. Півень, М.В. Сліпченко, С.О. Харченко. – Харків: ХНТУСГ, 2017 – 803 с.
18. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с.
19. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки: Навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. – Харків: Мачулін, 2019. – 164 с. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10486>

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Приводи сільськогосподарської техніки : метод. рекомендації до викон. практ. робіт / [уклад.: В. А. Дейкун, С. М. Лещенко, Д.І. Петренко, Р.В. Кісільов]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 67 с.  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9359>.
21. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва – Тернопіль:, 2005. – 228 с.
22. Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А.С. Кобець, Ю.О. Чурсінов, С.А. Черних, М.П. Сабадаш, Н.В. Грекова, В.П. Канунніков – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2013. – 766 с.
23. Сенчук М.М. Насіннеочисні машини: навчально-методичний посібник для самостійної роботи та лабораторно-практичних занять за кредитно-модульною системою навчання студентів агробіотехнологічного факультету / Сенчук М. М., Демещук В. А. – Біла Церква, 2015. – 195 с.
24. Бурлака В.В. Про нелінійну модель потоку зерноsumіші на плоскому віброрешеті / В.В. Бурлака, О.В. Ольшанський, М.В. Сліпченко, О.М. Малець // Інженерія природокористування. – 2015. – № 2 (4). – С. 73-77.
25. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
26. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
27. Шелюк Л.Ю. Організація і планування діяльності аграрних формувань: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 324 с.
28. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003.– 408 с.
29. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

					КРЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ















