

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

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 післязбирального очищення сої з удосконаленням  
сепаратора А1-БМС-6

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,  
групи АІ-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_Щічко Вадим Сергійович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд.техн.наук

\_\_\_\_\_Олександр НЕСТЕРЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Рецензент

доц., канд.техн.наук

\_\_\_\_\_Іван ВАСИЛЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Кропивницький

**Центральноукраїнський національний технічний університет**  
Факультет Агротехнічний  
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень  
Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»  
Спеціальність 208 «Агроінженерія»  
Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року

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

Щічко Вадим Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація післязбирального очищення сої з удосконаленням сепаратора А1-БМС-6
2. Керівник роботи Нестеренко Олександр Вікторович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 24.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення ефективності використання засобів механізації при вирощуванні і післязбиральному обробітку сої, що дозволить забезпечити створення оптимальних умов виробництва та мінімізувати виробничі витрати.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Операційно-технологічна карта; 2. Сепаратор – функціональна схема; 3. Складальне креслення вузла; 4. Деталювання.  
Всього 4 аркушів формату А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Консультант     | Підпис, дата   |                  |
|--------|-----------------|----------------|------------------|
|        |                 | Завдання видав | Завдання прийняв |
| 1-6    | Нестеренко О.В. |                |                  |
|        |                 |                |                  |
|        |                 |                |                  |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи             | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Виконання розділів 1, 2                   |                               |          |
|       | Графічна частина арк. 1                   | 28.03.2026 р.                 |          |
| 2     | Виконання розділу 3                       |                               |          |
|       | Графічна частина арк. 2                   | 18.04.2026 р.                 |          |
| 3     | Виконання розділу 4                       |                               |          |
|       | Графічна частина арк. 3, 4                | 20.05.2026 р.                 |          |
| 4     | Виконання розділів 5, 6                   | 02.06.2026 р.                 |          |
| 5     | Оформлення пояснювальної записки,         |                               |          |
|       | графічної частини, підготовка до захисту. | 14.06.2026 р.                 |          |
|       |                                           |                               |          |

Дата видачі завдання

«16» лютого 2026 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## Зміст

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Вступ.....                                                                                             | 5  |
| 2. Аналіз типової технології вирощування сої в господарстві та визначення напрямків її удосконалення..... | 7  |
| 3. Операційна технологія післязбирального очищення насіння сої. ....                                      | 15 |
| 4. Інженерна частина.....                                                                                 | 25 |
| 5. Охорона праці.....                                                                                     | 38 |
| 6. Висновки .....                                                                                         | 41 |
| Список використаних джерел.....                                                                           | 42 |
| Додатки.....                                                                                              | 44 |

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## 1. ВСТУП

Соя є однією з найбільш цінних зернобобових культур, що має важливе продовольче, кормове та агротехнічне значення. Її насіння містить значну кількість білка й олії, тому широко використовується у харчовій промисловості, комбікормовому виробництві та як сировина для переробних підприємств. В умовах сучасного агропромислового виробництва підвищення ефективності вирощування сої тісно пов'язане не лише з удосконаленням технології обробітку ґрунту, сівби, догляду за посівами і збирання врожаю, а й з якісною післязбиральною обробкою насіннєвого матеріалу [1,2,4].

Після збирання врожаю насіння сої надходить на післязбиральну обробку у вигляді зернової суміші, яка містить домішки рослинного, мінерального та органічного походження. До її складу можуть входити частинки стебел, бобів, листя, пил, щупле, пошкоджене та подрібнене насіння. Наявність таких домішок погіршує умови зберігання, знижує товарну якість продукції, ускладнює подальшу переробку та може призводити до втрат основного матеріалу. Особливо важливим є забезпечення якісного очищення насіння сої, оскільки воно має підвищену чутливість до механічних пошкоджень, а травмування насінин негативно впливає на їх посівні та технологічні властивості [1, 4].

Для своєчасної післязбиральної обробки такого обсягу продукції необхідно забезпечити раціональну організацію технологічного процесу очищення та використання зерноочисного обладнання з достатньою продуктивністю і якістю роботи. Одним із технічних засобів, який може застосовуватись для очищення зернових і зернобобових культур, є повітряно-решітний сепаратор А1-БМС-6.

Разом із тим ефективність роботи сепаратора значною мірою залежить від інтенсивності процесу решітної сепарації.

|                  |                       |                 |               |             |                             |             |                |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|----------------|
|                  |                       |                 |               |             | <i>МПОС 00.000 ПЗ</i>       |             |                |
|                  |                       |                 |               |             |                             |             |                |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i>           | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                             |             |                |
| <i>Розроб.</i>   | <i>Щічко</i>          |                 |               |             | <i>Пояснювальна записка</i> |             |                |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Нестеренко</i>     |                 |               |             |                             |             |                |
| <i>Реценз.</i>   |                       |                 |               |             |                             |             |                |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Артеменко</i>      |                 |               |             |                             |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Васильковський</i> |                 |               |             |                             |             |                |
|                  |                       |                 |               |             | <i>Лім.</i>                 | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
|                  |                       |                 |               |             |                             | 5           | 44             |
|                  |                       |                 |               |             | <i>ЦНТУ, гр. АІ-22-1</i>    |             |                |

У базовій конструкції решітний стан здійснює переважно гармонічні коливання, які не завжди забезпечують достатнє розпушення шару зернової суміші та рівномірне проходження частинок через отвори решіт. За підвищеного завантаження машини це може призводити до зниження якості очищення, збільшення втрат повноцінного насіння з відходами та обмеження продуктивності сепаратора.

Перспективним напрямом удосконалення сепаратора А1-БМС-6 є модернізація приводу решітного стану шляхом реалізації бігармонічного режиму коливань. Такий режим сприяє активнішому переміщенню зернового шару, покращенню його самосортування та збільшенню ймовірності проходження частинок через отвори решіт. У результаті створюються передумови для підвищення інтенсивності сепарації, покращення якості очищення насіння сої та збільшення продуктивності машини без зміни інших основних вузлів сепаратора.

Запропонована модернізація спрямована на підвищення ефективності використання наявного зерноочисного обладнання в умовах базового господарства.

Метою бакалаврської роботи є підвищення ефективності післязбирального очищення насіння сої шляхом удосконалення приводу решітного стану сепаратора А1-БМС-6 з реалізацією бігармонічного режиму коливань.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## 2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ В ГОСПОДАРСТВІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ

### 2.1 Біологічні особливості культури

Соя належить до родини Бобові (Fabaceae) і є однією з найцінніших зернобобових культур світового землеробства. Вона характеризується високим вмістом білка та олії в насінні, що обумовлює її широке використання у харчовій, кормовій та технічній галузях [1, 2].

Коренева система сої стрижнева, добре розвинена, проникає в ґрунт на глибину до 1,5–2,0 м, що забезпечує використання вологи та поживних речовин із глибоких шарів ґрунту (рис. 2.1) [1, 2]. На коренях утворюються бульбочки з азотфіксуючими бактеріями роду *Bradyrhizobium*, які здатні засвоювати атмосферний азот і переводити його в доступну для рослин форму. Завдяки цьому соя залишає після себе значну кількість біологічного азоту, що позитивно впливає на родючість ґрунту та врожайність наступних культур у сівозміні.



Рис. 2.1. Загальний вигляд рослини

Стебло сої прямостояче, залежно від сорту може досягати висоти від 50 до 120 см. Рослина формує значну кількість бічних пагонів, а її листовий апарат забезпечує інтенсивний фотосинтез упродовж вегетаційного періоду. Плід сої – біб, у якому формується від одного до п'яти насінин.

Соя належить до теплолюбних культур. Насіння починає проростати за температури ґрунту 8–10 °С, проте для отримання дружних сходів оптимальною є температура 12–14 °С. Найбільш сприятливими умовами для росту та розвитку рослин є температура повітря 20–25 °С [1, 2].

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 7    |

При зниженні температури нижче 10 °С ріст рослин уповільнюється, а заморозки мінус 2–3 °С можуть пошкоджувати сходи та молоді рослини.

За вимогами до вологи соя належить до культур із підвищеною потребою у воді. Найбільше значення забезпечення вологою має у періоди проростання насіння, цвітіння та наливу бобів.

У зоні Лісостепу та Степу України тривалість вегетаційного періоду зазвичай становить від 90 до 130 діб [1, 2]. Залежно від строків досягання сорти поділяють на ранньостиглі, середньоранні, середньостиглі та пізньостиглі.

Для формування високого врожаю соя потребує родючих, структурних ґрунтів із нейтральною або слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Найкращими для її вирощування є чорноземи типові, чорноземи звичайні та темно-сірі опідзолені ґрунти.

Насіння сої характеризується високим вмістом білка – 35–45 %, а також олії - 18–25 %. Важливою особливістю є також схильність насіння до самозігрівання за підвищеної вологості, що обумовлює необхідність своєчасного очищення та доведення до кондиційних показників [1, 2].

Таким чином, біологічні особливості сої визначають підвищені вимоги до якості виконання всіх технологічних операцій, починаючи від підготовки ґрунту та сівби і закінчуючи збиранням та післязбиральною обробкою насіння. Особливого значення набуває ефективне очищення зернової суміші, яке повинно забезпечувати високу чистоту насіння при мінімальному рівні його травмування.

## 2.2 Місце сої у сівозміні

Соя є цінною зернобобовою культурою, яка займає важливе місце в польових сівозмінах завдяки здатності накопичувати біологічний азот та покращувати агрофізичні властивості ґрунту. Вирощування сої сприяє підвищенню ефективності використання орних земель і створює сприятливі умови для наступних культур.

Кращими попередниками для сої є озимі та ярі зернові культури, кукурудза на силос, а також просапні культури, після яких поле залишається відносно чистим від бур'янів.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

У базовому господарстві сою доцільно розміщувати після озимої пшениці. Такий попередник забезпечує своєчасне звільнення поля, створює сприятливі умови для проведення основного обробітку ґрунту та накопичення вологи. Повторне повернення сої на те саме поле рекомендується не раніше ніж через 3–4 роки.

Після збирання сої в ґрунті залишається значна кількість рослинних решток і біологічно зв'язаного азоту, що позитивно впливає на врожайність наступних культур. Тому соя є одним із найкращих попередників для озимої пшениці та інших зернових культур.

### 2.3 Система удобрення

Для формування високого врожаю соя потребує достатнього забезпечення елементами живлення. На утворення 1 т насіння та відповідної кількості побічної продукції рослини споживають у середньому 70–90 кг азоту, 15–20 кг фосфору та 25–40 кг калію [3].

Особливістю культури є здатність забезпечувати значну частину потреби в азоті за рахунок симбіотичної азотфіксації. Тому основну увагу приділяють забезпеченню рослин фосфором і калієм, які сприяють розвитку кореневої системи, формуванню бульбочок та підвищенню продуктивності посівів.

У базовому господарстві рекомендується внесення під основний обробіток ґрунту мінеральних добрив у дозі Р60К60. Азотні добрива вносять лише у стартових дозах N20–30 перед сівбою або під час сівби. Для підвищення ефективності азотфіксації насіння перед висівом обробляють бактеріальними препаратами на основі активних штамів бульбочкових бактерій.

Збалансоване мінеральне живлення забезпечує формування міцних рослин, рівномірне досягання бобів та підвищення врожайності культури.

### 2.4 Основний і передпосівний обробіток ґрунту

Після збирання попередника виконують лушення стерні з метою подрібнення рослинних решток, закриття вологи та провокування проростання бур'янів. Для виконання цієї операції використовується дисковий луцильник ЛДГ-10, агрегатований із трактором тягового класу 3.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |



Рис. 2.2. Загальний вигляд лущильника ЛДГ-10

Основний обробіток ґрунту здійснюють восени шляхом оранки на глибину 25–27 см. Оранка забезпечує заробку поживних решток, покращує водно-повітряний режим ґрунту та створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин [3]. Для виконання операції застосовується орний агрегат у складі трактора ХТЗ-17221 та плуга ПЛН-5-35.

Навесні після досягнення фізичної стиглості ґрунту проводять закриття вологи та передпосівну культивуацію. Передпосівний обробіток спрямований на формування дрібногрудчуватої структури посівного шару та вирівнювання поверхні поля. Для цього використовують культиватор КПС-4 з боронами.

Якісно підготовлений ґрунт забезпечує рівномірне загортання насіння, дружні сходи та оптимальні умови росту рослин у початковій фазі розвитку [3].

## 2.5 Підготовка насіння та сівба

Для висіву використовують кондиційне насіння сої зі схожістю не менше 90 % та чистотою не менше 98 %. Перед сівбою насіння очищають, калібрують та обробляють бактеріальними препаратами для підвищення ефективності азотфіксації.

Сівбу виконують після прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до температури 10–12 °С. Оптимальна глибина загортання становить 3–5 см [3].

Для виконання технологічної операції використовується посівний агрегат у складі трактора John Deere 8430 та сівалки Vesta-8. Сівалка забезпечує рівномірне розміщення насіння по площі поля та стабільну глибину його загортання.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 10   |



Рис. 2.3. Загальний вигляд сівалки VESTA-8 Elvorti

Після сівби проводять прикочування ґрунту кільчасто-шпоровими котками КЗК-6П. Ця операція покращує контакт насіння з ґрунтом, сприяє підтягуванню вологи до посівного шару та забезпечує дружні сходи.

## 2.6 Догляд за посівами

Догляд за посівами включає комплекс агротехнічних і хімічних заходів, спрямованих на боротьбу з бур'янами, шкідниками та хворобами.

Для внесення гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів використовується самохідний або причіпний обприскувач TETIS-24. Завдяки ширині захвату 24 м та сучасній системі дозування препаратів забезпечується висока продуктивність і рівномірність обробки посівів.



Загальний вигляд обприскувача TETIS 24 Elvorti

Залежно від фітосанітарного стану посівів виконують одну або декілька обробок засобами захисту рослин. Своєчасне проведення цих операцій сприяє збереженню врожаю та підвищенню його якості.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 11   |

## 2.7 Збирання врожаю

До збирання сої приступають після настання повної стиглості насіння, коли вологість зерна знижується до 14–16 %, а більшість бобів набуває характерного бурого забарвлення.

Збирання виконують прямим комбайнуванням зернозбиральним комбайном Claas Lexion 560. Комбайн забезпечує високу продуктивність роботи та мінімальні втрати врожаю завдяки ефективній роботі молотильно-сепарувального пристрою та системи очищення.



Рис. 2.5 Загальний вигляд комбайна Claas-lexion-560

Особливу увагу приділяють регулюванню режимів роботи молотильного апарата для зменшення механічного пошкодження насіння сої. Частота обертання барабана та величина зазорів підбираються залежно від вологості насіння та стану посівів.

При урожайності 28 ц/га та площі посіву 80 га валовий збір насіння сої становить:  $Q = 80 \cdot 2,8 = 224$  т.

## 2.8 Післязбиральна обробка насіння сої

Після збирання зернова маса транспортується на зерноочисний комплекс ЗАВ-20, де здійснюються операції приймання, тимчасового накопичення та попереднього очищення зерна.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 12   |

Попереднє очищення дозволяє видалити крупні рослинні домішки, частини стебел, листя та інші сторонні включення, що покращує умови подальшої обробки матеріалу.



Рис. 3.1. Зерноочисний комплекс ЗАВ-20

Для первинного очищення насіння використовується повітряно-решітний сепаратор А1-БМС-6 продуктивністю 6 т/год. Машина забезпечує розділення зернової суміші за аеродинамічними властивостями та геометричними розмірами частинок.

У процесі очищення видаляються легкі, крупні та дрібні домішки, що дозволяє отримати кондиційне насіння з високими показниками чистоти. Якість роботи сепаратора значною мірою визначається ефективністю функціонування його решітного стану.

## 2.9 Напрямки удосконалення післязбирального очищення насіння сої

Проведений аналіз біологічних особливостей сої, агротехнічних вимог до її вирощування та сучасних технологій післязбиральної обробки дозволив встановити, що отримання високоякісного насіннєвого матеріалу можливе лише за умови комплексного дотримання всіх технологічних операцій. Особливого значення набувають заходи, спрямовані на забезпечення оптимального водного та поживного режимів ґрунту, ефективний захист посівів від бур'янів, хвороб і шкідників, а також своєчасне проведення збирання врожаю та його післязбиральної обробки.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 13   |

Аналіз існуючих технічних засобів для очищення зернових матеріалів показав, що одним із найбільш ефективних напрямів підвищення якості післязбиральної обробки насіння сої є вдосконалення процесу решітної сепарації. Встановлено, що продуктивність та якість роботи повітряно-решітного сепаратора А1-БМС-6 значною мірою визначаються режимом коливань решітного стану. Тому перспективним напрямом удосконалення є модернізація його приводу з реалізацією бігармонічного режиму коливань, що дозволяє інтенсифікувати процес самосортування зернової суміші, покращити проходження частинок через отвори решіт та підвищити ефективність видалення домішок.

На підставі проведеного аналізу для умов базового господарства розробляється технологічна карта вирощування сої з урахуванням таких вихідних даних:

- площа посіву сої - 80 га;
- попередник - озима пшениця;
- сорт сої - Ментор;
- система удобрення передбачає застосування нітроамофоски, аміачної селітри та гранульованого суперфосфату;
- система захисту рослин включає використання гербіцидів «Раундап Макс», «Гезагард» та «Базагран»;
- прогнозована урожайність культури - 2,8 т/га.

Прийнята технологія вирощування забезпечує отримання валового збору насіння сої на рівні 224 т та створює необхідні передумови для ефективного функціонування комплексу машин під час виконання операцій післязбиральної обробки. Подальші розрахунки операційної технології очищення насіння виконуються для зерноочисного комплексу ЗАВ-20 із використанням бункерів активного вентилявання ОБВ-160, шахтної сушарки «Петкус» та модернізованого сепаратора А1-БМС-6.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

### 3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ СОЇ

Післязбиральна обробка насіння сої є завершальним етапом механізованої технології виробництва культури. Її основне призначення полягає у видаленні з вороху смітних і зернових домішок, доведенні вологості матеріалу до кондиційного рівня та підготовці насіння до подальшого зберігання або реалізації. Для сої ця операція має особливе значення, оскільки насіння характеризується підвищеною чутливістю до механічного травмування, а наявність вологих рослинних домішок істотно погіршує умови зберігання.

У даній роботі операційна технологія розробляється для базового господарства, у якому площа посіву сої становить 80 га, а планова урожайність - 2,8 т/га. Після збирання комбайном Claas Lexion 560 зернова маса надходить на зерноочисний комплекс ЗАВ-20, проходить тимчасову консервацію у бункерах активного вентилявання ОБВ-160, за необхідності сушиться у шахтній сушарці «Петкус» і далі очищується на зерноочисній машині А1-БМС-6. У роботі прийнято, що після модернізації приводу решітного стану продуктивність сепаратора А1-БМС-6 для очищення сої становить 7 т/год.

#### 3.1 Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку приймаються відповідно до умов базового господарства та структури матеріально-технічного забезпечення післязбиральної обробки. Початкова вологість вороху становить 16 %, вміст смітних домішок - 8 %, вміст зернових домішок - 6 %. Кінцева вологість після сушіння приймається 12 %.

| Культура | Площа, га | Урожайність, т/га | Вологість, % | Смітні домішки, % | Зернові домішки, % |
|----------|-----------|-------------------|--------------|-------------------|--------------------|
| Соя      | 80        | 2,8               | 16           | 8                 | 6                  |

Загальна кількість домішок у початковому воросі становить 14 %. Для подальших розрахунків приймається, що домішки видаляються поетапно: під час попереднього очищення видаляється 50 % їх початкової кількості, а під час

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 15   |

очищення на сепараторі А1-БМС-6 - 80 % домішок, що залишилися після попереднього очищення та сушіння.

### 3.2 Матеріально-технічне забезпечення післязбиральної обробки

Матеріально-технічна база післязбиральної обробки повинна забезпечувати безперервне приймання зернової маси від комбайнів, її попереднє очищення, тимчасове накопичення, сушіння та основне очищення. Прийнятий комплект обладнання наведено в таблиці 3.2.

| Назва і марка обладнання               | Технологічна операція     | Продуктивність або місткість | Кількість, шт. | Прийняте значення для розрахунку |
|----------------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------|----------------------------------|
| Комплекс ЗАВ-20                        | Попереднє очищення        | 20 т/год                     | 1              | 20 т/год                         |
| Бункери активного вентилявання ОБВ-160 | Тимчасова консервація     | 160 т                        | 2              | 320 т                            |
| Сушарка шахтна «Петкус»                | Сушіння                   | 4 т/год                      | 1              | 4 т/год                          |
| Зерноочисна машина А1-БМС-6            | Первинно-фінішне очищення | 7 т/год                      | 1              | 7 т/год                          |

Місткість двох бункерів ОБВ-160 становить 320 т, що перевищує валовий збір сої у господарстві. Отже, прийнята місткість бункерів забезпечує резерв для накопичення вороху перед сушінням або очищенням у випадку нерівномірного надходження матеріалу від комбайна.

### 3.3 Визначення валового збору насіння сої

Валовий збір насіння сої визначаємо за площею посіву та плановою урожайністю [12]:

$$M_0 = F \cdot Y, \text{ т}$$

де  $M_0$  - загальна маса вороху, т;  $F$  - площа посіву, га;  $Y$  - урожайність, т/га.

$$M_0 = 80 \cdot 2,8 = 224 \text{ т}$$

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 16   |

Отже, на післязбиральну обробку надходить 224 т зернової суміші сої. Цей показник використовується для визначення тривалості роботи обладнання, місткості накопичувальних ємностей та потреби в енергетичних ресурсах.

### 3.4 Розрахунок надходження вороху на комплекс

Збирання сої виконується одним зернозбиральним комбайном Claas Lexion 560. Змінну добову продуктивність комбайна приймаємо 20 га/добу. Кількість діб, необхідних для збирання площі 80 га, визначаємо за формулою:

$$D_{зб} = F / (n_k \cdot P_k), \text{діб}$$

де  $D_{зб}$  - тривалість збирання, діб;

$n_k$  - кількість комбайнів, шт.;

$P_k$  - добова продуктивність одного комбайна, га/добу.

$$D_{зб} = 80 / (1 \cdot 20) = 4 \text{ доби}$$

Добове надходження вороху на комплекс становить:

$$M_{доб} = n_k \cdot P_k \cdot Y, \text{т/добу}$$

$$M_{доб} = 1 \cdot 20 \cdot 2,8 = 56 \text{ т/добу}$$

Отже, протягом періоду збирання на комплекс післязбиральної обробки щодоби надходитиме близько 56 т вороху сої. Прийнята продуктивність обладнання повинна забезпечувати обробку цього обсягу без накопичення надлишкових залишків матеріалу.

### 3.5 Визначення маси домішок і повноцінного зерна у воросі

Маса домішок у початковій зерновій суміші визначається за сумарним вмістом смітних і зернових домішок [12]:

$$m_{дом0} = M_0 \cdot d_0 / 100, \text{т}$$

де  $m_{дом0}$  - маса домішок у початковому воросі, т;

$d_0$  - сумарний вміст домішок, %.

$$d_0 = 8 + 6 = 14 \%$$

$$m_{дом0} = 224 \cdot 14 / 100 = 31,36 \text{ т}$$

Маса повноцінного зерна у початковому воросі дорівнює:

$$m_{зер0} = M_0 - m_{дом0}, \text{т}$$

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

$$m_{\text{зер}0} = 224 - 31,36 = 192,64 \text{ т}$$

Таким чином, у початковій зерновій масі міститься 31,36 т домішок та 192,64 т повноцінного насіння сої.

### 3.6 Розрахунок попереднього очищення на комплексі ЗАВ-20

Попереднє очищення призначене для видалення грубих рослинних решток, частин стебел, листя, пилу та інших сторонніх включень, які погіршують умови сушіння і зберігання. Для комплексу ЗАВ-20 паспортну продуктивність приймаємо 20 т/год. Експлуатаційну продуктивність визначаємо з урахуванням коефіцієнта особливостей культури, вологості та засміченості:

$$P_e = P_n \cdot K_e \cdot K_w \cdot K_d, \text{ т/год}$$

де  $P_e$  - експлуатаційна продуктивність, т/год;

$P_n$  - паспортна продуктивність, т/год;

$K_e$  - коефіцієнт, що враховує особливості культури;

$K_w$  - коефіцієнт вологості;

$K_d$  - коефіцієнт засміченості.

$$P_e = 20 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,86 = 12,04 \text{ т/год}$$

Тривалість попереднього очищення всієї маси вороху визначаємо за формулою:

$$t_{\text{по}} = M_0 / (P_e \cdot K_{\text{ч}}), \text{ год}$$

де  $K_{\text{ч}}$  - коефіцієнт використання робочого часу, приймаємо  $K_{\text{ч}} = 0,8$ .

$$t_{\text{по}} = 224 / (12,04 \cdot 0,8) = 23,26 \text{ год}$$

За добового надходження 56 т тривалість попереднього очищення добової партії становитиме:

$$t_{\text{по.доб}} = 56 / (12,04 \cdot 0,8) = 5,81 \text{ год}$$

Отже, комплекс ЗАВ-20 має достатню продуктивність для обробки добового надходження вороху сої.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

### 3.7 Зміна маси після попереднього очищення

Під час попереднього очищення приймаємо видалення 50 % домішок від їх початкової кількості. Втрати повноцінного зерна у відходи приймаємо 2 % від маси повноцінного зерна, що відповідає допустимому рівню втрат для попереднього очищення.

$$m_{\text{дом.по}} = m_{\text{дом0}} \cdot 0,50, \text{ т}$$

$$m_{\text{дом.по}} = 31,36 \cdot 0,50 = 15,68 \text{ т}$$

$$m_{\text{втр.по}} = m_{\text{зер0}} \cdot 0,02, \text{ т}$$

$$m_{\text{втр.по}} = 192,64 \cdot 0,02 = 3,85 \text{ т}$$

Маса зернової суміші після попереднього очищення:

$$M1 = M0 - m_{\text{дом.по}} - m_{\text{втр.по}}, \text{ т}$$

$$M1 = 224 - 15,68 - 3,85 = 204,47 \text{ т}$$

Після попереднього очищення у матеріалі залишається така кількість домішок:

$$m_{\text{дом1}} = 31,36 - 15,68 = 15,68 \text{ т}$$

Для визначення вологості після попереднього очищення виконуємо матеріальний баланс за водою. Вологість домішок приймаємо 40 %, оскільки рослинні рештки та зелені частини рослин мають підвищений вміст води.

$$W1 = ((M0 \cdot W0 / 100 - m_{\text{дом.по}} \cdot W_{\text{дом}} / 100 - m_{\text{втр.по}} \cdot W0 / 100) / M1) \cdot 100, \%$$

$$W1 = ((224 \cdot 16 / 100 - 15,68 \cdot 40 / 100 - 3,85 \cdot 16 / 100) / 204,47) \cdot 100 = 14,16 \%$$

Отже, після попереднього очищення маса матеріалу становить 204,47 т, а його орієнтовна вологість знижується до 14,16 % за рахунок видалення вологих домішок.

### 3.8 Тимчасова консервація у бункерах ОБВ-160

Після попереднього очищення зернова маса може тимчасово накопичуватись у бункерах активного вентилявання ОБВ-160. Загальна місткість двох бункерів становить:

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

$$VOBB = nб \cdot Vб, т$$

$$VOBB = 2 \cdot 160 = 320 т$$

Оскільки загальна маса вороху після попереднього очищення становить 204,47 т, прийняті бункери забезпечують повне розміщення матеріалу. Активне вентилювання дозволяє стабілізувати стан зернової маси, запобігти самозігріванню та організувати рівномірну подачу матеріалу на сушіння або очищення.

### 3.9 Розрахунок сушіння насіння сої

Після попереднього очищення вологість насіння становить 14,16 %. Для безпечного зберігання насіння сої приймаємо кінцеву вологість 12 %. Сушіння виконується у шахтній сушарці «Петкус» продуктивністю 4 т/год. Тривалість сушіння визначається за формулою:

$$tс = M1 / (Pс \cdot Kч), год$$

$$tс = 204,47 / (4 \cdot 0,8) = 63,90 год$$

Масу матеріалу після сушіння визначаємо за формулою матеріального балансу сухої речовини:

$$M2 = M1 \cdot (100 - W1) / (100 - W2), т$$

$$M2 = 204,47 \cdot (100 - 14,16) / (100 - 12) = 199,41 т$$

Отже, внаслідок сушіння маса зернового матеріалу зменшується на:

$$\Delta Mс = M1 - M2 = 204,47 - 199,41 = 5,06 т$$

Сушіння є тривалою операцією, тому бункери активного вентилювання виконують важливу роль у вирівнюванні потоку матеріалу між збиранням, очищенням та сушінням.

### 3.10 Розрахунок очищення на сепараторі А1-БМС-6

Після сушіння матеріал надходить на повітряно-решітний сепаратор А1-БМС-6. У роботі прийнято, що модернізація приводу решітного стану, що забезпечує бігармонічний режим коливань, завдяки чому продуктивність машини під час очищення сої підвищується до 7 т/год. Експлуатаційну продуктивність сепаратора визначаємо з урахуванням коефіцієнтів використання продуктивності:

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

$$P_{e.A1} = P_{п.A1} \cdot KW \cdot K_d, \text{т/год}$$

$$P_{e.A1} = 7 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 6,51 \text{ т/год}$$

Тривалість очищення всієї партії після сушіння становить:

$$t_{A1} = M_2 / (P_{e.A1} \cdot K_{ч.A1}), \text{год}$$

де  $K_{ч.A1}$  - коефіцієнт використання робочого часу сепаратора, приймаємо 0,74.

$$t_{A1} = 199,41 / (6,51 \cdot 0,74) = 41,40 \text{ год}$$

Після сушіння у матеріалі залишається пропорційно перерахована маса домішок:

$$m_{дом2} = m_{дом1} \cdot (100 - W_1) / (100 - W_2), \text{т}$$

$$m_{дом2} = 15,68 \cdot (100 - 14,16) / (100 - 12) = 15,29 \text{ т}$$

Маса повноцінного зерна перед очищенням на А1-БМС-6:

$$m_{зер2} = M_2 - m_{дом2} = 199,41 - 15,29 = 184,12 \text{ т}$$

Під час очищення на сепараторі приймаємо видалення 80 % домішок, що залишилися, та втрати повноцінного зерна 1 %. Зменшення втрат повноцінного зерна порівняно з традиційними режимами пояснюється більш інтенсивним і рівномірним переміщенням матеріалу по решетах.

$$m_{дом.A1} = m_{дом2} \cdot 0,80 = 15,29 \cdot 0,80 = 12,23 \text{ т}$$

$$m_{втр.A1} = m_{зер2} \cdot 0,01 = 184,12 \cdot 0,01 = 1,84 \text{ т}$$

Маса очищеного насіння після сепаратора А1-БМС-6:

$$M_3 = M_2 - m_{дом.A1} - m_{втр.A1}, \text{т}$$

$$M_3 = 199,41 - 12,23 - 1,84 = 185,34 \text{ т}$$

Кількість домішок, що залишилась після очищення:

$$m_{дом3} = m_{дом2} - m_{дом.A1} = 15,29 - 12,23 = 3,06 \text{ т}$$

Чистота отриманого матеріалу становить:

$$C = ((M_3 - m_{дом3}) / M_3) \cdot 100, \%$$

$$C = ((185,34 - 3,06) / 185,34) \cdot 100 = 98,35 \%$$

Загальна ефективність видалення домішок від їх початкової кількості:

$$E = (1 - m_{дом3} / m_{дом0}) \cdot 100, \%$$

$$E = (1 - 3,06 / 31,36) \cdot 100 = 90,24 \%$$

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

### 3.11 Зведений матеріальний баланс процесу

Зведені результати зміни маси зернової суміші після виконання основних технологічних операцій наведено в таблиці 3.3.

| Операція             | Маса до обробки, т | Зменшення маси, т | у т.ч. видалення домішок, т | у т.ч. втрати зерна, т | Маса після обробки, т |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Попереднє очищення   | 224,00             | 19,53             | 15,68                       | 3,85                   | 204,47                |
| Сушіння              | 204,47             | 5,02              | -                           | -                      | 199,45                |
| Очищення на А1-БМС-6 | 199,45             | 14,08             | 12,24                       | 1,84                   | 185,37                |

За результатами матеріального балансу після повного циклу післязбиральної обробки з 224 т початкового вороху отримуємо 185,37 т очищеного насіння сої з чистотою 98,35 %. Основне зменшення маси відбувається за рахунок видалення домішок та часткового видалення вологи під час сушіння.

Для організації потокової роботи комплексу необхідно встановити операцію, яка обмежує продуктивність усієї технологічної лінії. Порівняємо тривалість основних операцій для обробки всієї партії матеріалу.

| Операція             | Маса матеріалу, т | Експлуатаційна продуктивність з урахуванням часу, т/год | Тривалість, год |
|----------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|-----------------|
| Попереднє очищення   | 224,00            | 9,63                                                    | 23,26           |
| Сушіння              | 204,47            | 3,20                                                    | 63,90           |
| Очищення на А1-БМС-6 | 199,45            | 4,82                                                    | 41,40           |

Найбільшу тривалість має операція сушіння, яка становить 63,90 год. Отже, у прийнятій технологічній схемі лімітуючим процесом є сушіння насіння сої. Попереднє очищення і очищення на сепараторі А1-БМС-6 мають достатній запас продуктивності для обробки добового надходження вороху від комбайна.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 22   |

### 3.12 Енергетичний розрахунок післязбирального очищення

Енергетичний розрахунок виконуємо для визначення орієнтовної потреби в електроенергії на виконання післязбиральної обробки. Розрахунок проводимо за встановленою потужністю електродвигунів обладнання та тривалістю виконання операцій. Прийняті значення потужності є орієнтовними і можуть уточнюватися за паспортами конкретних машин.

| Обладнання         | Прийнята потужність, кВт | Тривалість роботи, год | Коефіцієнт завантаження |
|--------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| Комплекс ЗАВ-20    | 22,0                     | 23,26                  | 0,85                    |
| ОБВ-160, 2 шт.     | 22,0                     | 20,00                  | 0,85                    |
| Сушарка «Петкус»   | 15,0                     | 63,90                  | 0,85                    |
| Сепаратор А1-БМС-6 | 5,5                      | 41,40                  | 0,85                    |

Витрати електроенергії на окрему операцію визначаємо за формулою [ 12]:

$$E_i = N_i \cdot t_i \cdot K_z, \text{кВт} \cdot \text{год}$$

де  $E_i$  - витрати електроенергії на операцію, кВт·год;

$N_i$  - встановлена потужність обладнання, кВт;

$t_i$  - тривалість роботи обладнання, год;

$K_z$  - коефіцієнт завантаження.

$$E_{ЗАВ} = 22,0 \cdot 23,26 \cdot 0,85 = 434,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$E_{ОБВ} = 22,0 \cdot 20,0 \cdot 0,85 = 374,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$E_c = 15,0 \cdot 63,90 \cdot 0,85 = 814,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$E_{A1} = 5,5 \cdot 41,40 \cdot 0,85 = 193,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Загальні витрати електроенергії становлять:

$$E_{заг} = E_{ЗАВ} + E_{ОБВ} + E_c + E_{A1}, \text{кВт} \cdot \text{год}$$

$$E_{заг} = 434,9 + 374,0 + 814,7 + 193,6 = 1817,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Питомі витрати електроенергії на 1 т очищеного насіння:

$$e = E_{заг} / M_3, \text{кВт} \cdot \text{год/т}$$

$$e = 1817,1 / 185,37 = 9,80 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 23   |

Розраховані питомі витрати характеризують електричну складову енерговитрат. Теплова енергія на сушіння у цьому розрахунку не враховується, оскільки для її визначення необхідно знати тип палива, температуру агента сушіння, фактичну витрату палива сушаркою та початкову температуру зернової маси.

### **Висновки до розділу**

У результаті розрахунку операційної технології післязбирального очищення насіння сої встановлено, що при площі посіву 80 га і урожайності 2,8 т/га на післязбиральну обробку надходить 224 т вороху. Добове надходження матеріалу при роботі одного комбайна Claas Lexion 560 становить 56 т/добу.

Прийняте матеріально-технічне забезпечення у складі комплексу ЗАВ-20, двох бункерів активного вентилявання ОБВ-160, шахтної сушарки «Петкус» та сепаратора А1-БМС-6 забезпечує виконання всіх необхідних операцій післязбиральної обробки. Загальна місткість бункерів ОБВ-160 становить 320 т, що достатньо для тимчасового накопичення всієї партії матеріалу.

Після попереднього очищення маса зернової суміші зменшується з 224,00 до 204,47 т, а після сушіння до вологості 12 % - до 199,45 т. Після очищення на сепараторі А1-БМС-6 отримуємо 185,37 т очищеного насіння сої з чистотою 98,35 %. Загальна ефективність видалення домішок становить 90,24 % від їх початкової кількості.

Лімітуючою операцією в технологічному процесі є сушіння, тривалість якого становить 63,90 год. Очищення на модернізованому сепараторі А1-БМС-6 триває 41,40 год, що підтверджує доцільність підвищення його продуктивності до 7 т/год за рахунок удосконалення приводу решітного стану. Орієнтовні питомі витрати електроенергії становлять 9,80 кВт·год/т очищеного насіння.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

## 4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

### 4.1. Опис пневмосепаратора А1-БМС-6 та обґрунтування напрямків його удосконалення

Для виконання операції первинного очищення насіння сої в технологічній лінії післязбиральної обробки використовується повітряно-решітний сепаратор А1-БМС-6. (рис. 4.1) [11]. Машина призначена для очищення та сортування зернових, зернобобових, олійних і технічних культур від домішок, які відрізняються від основного матеріалу аеродинамічними властивостями та геометричними розмірами. Сепаратор може використовуватись як у складі зерноочисних комплексів, так і в самостійних технологічних лініях післязбиральної обробки зерна.



4.1. Сепаратор А1-БМС-6 [11]

Принцип роботи машини базується на послідовному поєднанні двох способів сепарації: пневматичного та решітного. Завдяки цьому забезпечується видалення легких, крупних і дрібних домішок із зернової суміші за один технологічний цикл. Технічна характеристика сепаратора приведена в таблиці 4.1.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 | 25   |

# Технічна характеристика сепаратора А1 БМС-6

Таблиця 4.1.

| НАЙМЕНУВАННЯ ПАРАМЕТРА                                                                                                                                                               | ЗНАЧЕННЯ             |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                                                      | БСХ-3-1              | А1-БМС-6             |
| 1.* Продуктивність технічна, т/год:<br>попередня очистка (елеваторний режим);<br>остаточна очистка (млиновий режим) для пшениці вологістю до 15% і вмістом засмічених домішок до 3%. | 12<br>3              | 25<br>6              |
| 2. Ефективність очищення від засмічених домішок, %, не менше:<br>- попереднє очищення;<br>- остаточне очищення для пшениці вологістю до 15% і вмістом засмічених домішок до 3%       | 20<br>80             | 20<br>75             |
| 3. Встановлена потужність, кВт, не більше                                                                                                                                            | 2,95                 | 3,75                 |
| 4. Витрата повітря, м³/год, не більше:                                                                                                                                               | 2600                 | 3200                 |
| 5. Частота кругових коливань решітного кузова (кол/хв)                                                                                                                               | 325                  |                      |
| 6. Радіус кругових коливань кузова, мм, не більше                                                                                                                                    | 9±2                  |                      |
| 7. Габаритні розміри мм, не більше, сепаратора (без циклона):<br>- довжина;<br>- ширина;<br>- висота                                                                                 | 1839<br>1284<br>1898 | 1889<br>1540<br>2024 |
| Маса кг, не більше                                                                                                                                                                   | 810                  | 965                  |
| Термін служби, років                                                                                                                                                                 | 8                    |                      |

Для очищення насіння сої така схема є особливо ефективною, оскільки дозволяє зменшити кількість перевантажень матеріалу та знизити рівень його травмування.

Конструктивно сепаратор складається із станини, решітного стану, двох пневмосепараційних каналів, вентилятора, системи осаджувальних камер, механізму приводу решіт та системи видалення відходів. Основними робочими органами машини є пневмосепараційна система та решітний стан.

Решітний стан встановлений на окремій рамі та підвішений до станини за допомогою чотирьох тросових підвісок. У його складі передбачено три послідовно розташовані решітні поверхні: приймальне, сортувальне та підсівне решета. Залежно від культури та поставлених технологічних завдань решета можуть замінюватися на інші типорозміри, що забезпечує універсальність використання машини. Для запобігання забиванню отворів застосовується система очищення решіт за допомогою гумових кульок.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 26   |

Подача зернової суміші здійснюється через приймальний пристрій, обладнаний автоматичним регулятором рівня.

Така конструкція дозволяє підтримувати стабільне завантаження машини незалежно від коливань подачі матеріалу. Після надходження до першого пневмосепараційного каналу зернова суміш взаємодіє з висхідним повітряним потоком, під дією якого відокремлюються легкі домішки, пил та щупле зерно.

Після первинної аспірації матеріал надходить на приймальне решето, де видаляються крупні домішки. Далі зернова суміш переміщується по сортувальному та підсівному решетах, на яких здійснюється розділення компонентів за геометричними розмірами. У результаті проходження через решітну систему видаляються великі рослинні залишки, дрібні домішки, насіння бур'янів та пошкоджене зерно. Очищений матеріал надходить до другого пневмосепараційного каналу, де відбувається остаточне видалення легких домішок та пилу. Після цього очищене зерно вивантажується з машини.

Перевагами сепаратора А1-БМС-6 є відносно проста конструкція, можливість роботи з різними культурами, висока надійність, наявність двоступеневої аспірації та зручність технічного обслуговування.

Машина забезпечує якісне очищення зернового матеріалу при засміченості до 15 % та вологості до 20 %, що дозволяє ефективно використовувати її в умовах післязбиральної обробки сої.

#### **4.1.1 Запропоноване удосконалення сепаратора А1 БМС-6**

Разом із тим аналіз конструкції сепаратора та практики його експлуатації показує наявність певних резервів підвищення ефективності роботи. Найбільш відповідальним етапом технологічного процесу є решітна сепарація, від якої залежить повнота виділення крупних і дрібних домішок. Ефективність роботи решіт значною мірою визначається характером коливального руху решітного стану. У базовій конструкції використовується ексцентриковий привід, який формує переважно гармонічний режим коливань. За збільшення подачі зернового матеріалу товщина шару на решетах зростає, погіршуються умови

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

його розпушення та самосортування, внаслідок чого зменшується інтенсивність проходження дрібних частинок через отвори решіт.

Особливо помітно зазначений недолік проявляється під час очищення насіння сої, яке характеризується підвищеною масою насінин та значною різницею між аеродинамічними властивостями основної культури і домішок. При цьому частина дрібних домішок залишається у сходовій фракції, що негативно впливає на якість очищення та обмежує можливість збільшення продуктивності машини.

З метою усунення виявлених недоліків у даній роботі пропонується модернізація приводу решітного стану шляхом реалізації бігармонічного режиму коливань (рис. 4.2).

Принцип роботи модернізованого приводу ґрунтується на поєднанні двох гармонічних складових руху різної частоти та амплітуди. У результаті забезпечується більш інтенсивне перемішування зернового шару, покращується процес самосортування матеріалу та збільшується ймовірність проходження дрібних часток через отвори решета.

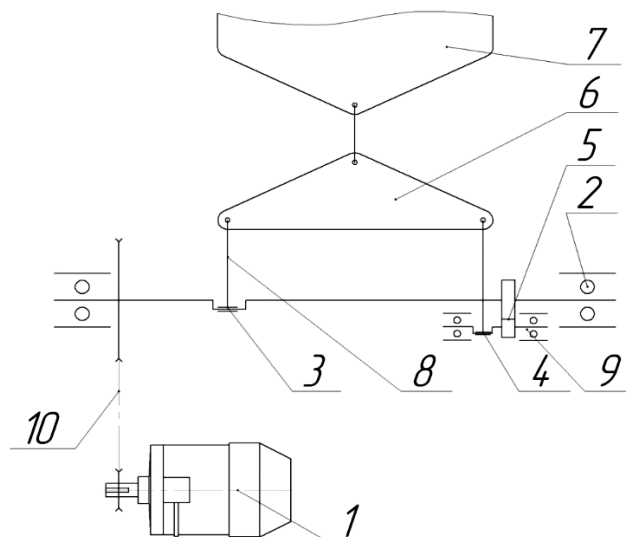


Рис. 4.2 Схема приводу вдосконаленого решітного стану сепаратора А1 БМС-6 :

1. Електродвигів; 2. Підшипник привідного валу; 3,4. Ексцентрик привідного механізму; 5. шестерні; 6. З'єднувальний ланцюг; 7. Решітний стан; 8. Шатун решітного стану; 9. Підшипник привідного валу; 10. Пасова передача.

Очікується, що впровадження бігармонічного режиму коливань дозволить підвищити інтенсивність решітної сепарації, покращити якість очищення насіння сої, зменшити втрати повноцінного зерна у відходи та збільшити продуктивність сепаратора з 6 до 7 т/год без внесення змін до інших основних вузлів машини.

Запропоноване технічне рішення характеризується простотою реалізації, не потребує суттєвої зміни конструкції сепаратора та може бути впроваджене під час модернізації існуючих машин у виробничих умовах.

## 4.2. Технологічні розрахунки

Початковими даними для розрахунків прийнято продуктивність сепаратора після модернізації 7 т/год, насипну густину насіння сої 720 кг/м<sup>3</sup>, ширину завантажувального транспортера 0,4 м, швидкість руху стрічки 1,1 м/с, довжину транспортера 3,5 м, кут нахилу транспортера 20 град., масу рухомого решітного стану 200 кг, амплітуду основної гармоніки 4 мм, амплітуду додаткової гармоніки 2 мм та частоту коливань решітного стану 450 хв<sup>-1</sup>.

### 4.2.1 Визначення режимів завантажувального транспортера зерна

Стабільність подачі є важливою умовою роботи пневмосепараційних каналів і решітного стану, оскільки при нерівномірному завантаженні погіршується розподіл матеріалу по ширині решіт та знижується ефективність сепарації.

Масова подача зернового матеріалу визначається за заданою продуктивністю сепаратора:

$$q_m = Q \cdot 1000 / 3600, \text{кг/с} \quad (4.1)$$

де  $Q$  – продуктивність сепаратора, т/год.

$$q_m = 7.0 \cdot 1000 / 3600 = 1,94 \text{ кг/с}$$

Об'ємна подача зернової суміші визначається з урахуванням її насипної густини:

$$qv = q_m / \gamma, \text{м}^3/\text{с} \quad (4.2)$$

$$qv = 1,94 / 720 = 0,00270 \text{ м}^3/\text{с}$$

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Необхідна площа поперечного перерізу потоку матеріалу на стрічці транспортера становить:

$$Fp = qv / v, \text{м}^2 \quad (4.3)$$

$$Fp = 0,00270 / 1,10 = 0,00246 \text{ м}^2$$

Для стрічкового транспортера з шириною стрічки  $B = 0,4 \text{ м}$  і коефіцієнтом заповнення  $p_{hi} = 0,75$  висота шару зернового матеріалу на стрічці за виразом:

$$h = Fp / (B \cdot \varphi \cdot \cos \alpha), \text{м} \quad (4.4)$$

$$h = 0,00246 / (0,40 \cdot 0,75 \cdot \cos 20^\circ) = 0,0087 \text{ м}$$

Отримане значення відповідає приблизно 9 мм. З урахуванням нерівномірності подачі та можливих коливань вологості зернової суміші доцільно прийняти розрахункову висоту шару на стрічці 10 мм. Перевіримо фактичну продуктивність транспортера при прийнятому режимі:

$$Qt = 3600 \cdot \gamma \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \varphi \cdot \cos \alpha / 1000, \text{т/год} \quad (4.5)$$

$$Qt = 3600 \cdot 720 \cdot 0,40 \cdot 0,0087 \cdot 1,10 \cdot 0,75 \cdot \cos 20^\circ / 1000 \\ = 7,00 \text{ т/год}$$

Таким чином, прийняті режими завантажувального транспортера забезпечують подачу зернової суміші, достатню для роботи модернізованого сепаратора з продуктивністю 7 т/год. Для практичного регулювання подачі необхідно встановити заслінку або живильний пристрій так, щоб висота шару матеріалу на стрічці становила близько 10 мм.

#### 4.2.2 Розрахунок продуктивності сепаратора А1-БМС-6

У базовій комплектації сепаратор А1-БМС-6 забезпечує продуктивність близько 6 т/год під час очищення зернових матеріалів. Для насіння сої, яке має більшу масу насінин і потребує делікатного очищення, важливим резервом підвищення пропускної здатності є інтенсифікація роботи решітного стану.

Проектна продуктивність модернізованого сепаратора визначається через коефіцієнт інтенсифікації процесу сепарації:

$$Qt = Qb \cdot ki, \text{т/год} \quad (4.6)$$

де  $Qb$  – базова продуктивність сепаратора, т/год;

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$k_i$  – коефіцієнт інтенсифікації решітної сепарації після модернізації приводу.

$$Q_m = 6.0 \cdot 1,17 = 7,02 \text{ т/год}$$

Отримане значення округлюємо до 7 т/год, що відповідає прийнятій у роботі проектній продуктивності сепаратора. Підвищення продуктивності досягається не за рахунок збільшення габаритів або площі решіт, а завдяки зміні характеру коливального руху решітного стану.

Додатково оцінимо питоме навантаження на решітну поверхню. Для повітряно-решітних машин цей показник характеризує кількість матеріалу, що припадає на 1 м<sup>2</sup> робочої площі решіт за годину роботи. Приймаємо сумарну ефективну площу решіт  $Fr = 2,8 \text{ м}^2$ .

$$q_r = Q / Fr, \text{ т/(год} \cdot \text{м}^2) \quad (4.11)$$

$$q_r = 7,0 / 2,8 = 2,50 \text{ т/(год} \cdot \text{м}^2)$$

Отримане питоме навантаження є прийнятним для первинного очищення насіння сої, оскільки бігармонічний режим коливань сприяє активному переміщенню шару по решітній поверхні і запобігає його ущільненню. У порівнянні з базовим режимом при  $Q = 6 \text{ т/год}$  питоме навантаження зростає з 2,14 до 2,50 т/(год·м<sup>2</sup>), однак це підвищення компенсується інтенсифікацією коливального руху.

#### 4.2.3 Розрахунок потужності машини та вибір електродвигуна

Потужність, необхідна для роботи модернізованого сепаратора, складається з потужності на привод решітного стану, привід завантажувального транспортера, роботу вентиляційної системи та подолання механічних втрат у передачах і підшипниках. Оскільки в роботі змінюється лише привід решітного стану, вибір електродвигуна виконуємо з урахуванням додаткових динамічних навантажень.

Потужність на привід транспортера визначимо за залежністю:

$$N_t = q_m \cdot g \cdot L \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha) / (1000 \cdot \theta), \text{ кВт} \quad (4.9)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору руху матеріалу по стрічці;

$\theta$  – коефіцієнт корисної дії транспортера.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

$$Nt = 1,94 \cdot 9,81 \cdot 3,5 \cdot (\sin 20^\circ + 0,04 \cdot \cos 20^\circ) / (1000 \cdot 0,75) \\ = 0,034 \text{ кВт}$$

Отримане значення є невеликим, тому з урахуванням пускових опорів і запасу приймаємо потужність на завантажувальний транспортер  $Nt = 0,12 \text{ кВт}$ .

Середня потужність, яка витрачається на забезпечення коливального руху решітного стану, орієнтовно визначається через масу рухомих частин, кутову швидкість і амплітуди складових бігармонічного руху:

$$Nr = m \cdot \omega^3 \cdot (A_1^2 + 4A_2^2) / (2 \cdot \eta), \text{ кВт} \quad (4.10)$$

де  $m$  – маса решітного стану, кг;

$\omega$  – кутова швидкість, рад/с;

$A_1$  і  $A_2$  – амплітуди першої та другої гармонік, м;

$\eta$  – загальний ККД передачі.

$$m = 2 \cdot \pi \cdot n / 60 = 2 \cdot \pi \cdot 450 / 60 = 47,12 \text{ рад/с}$$

$$Nr = 200 \cdot 47,12^3 \cdot (0,004^2 + 4 \cdot 0,002^2) / (2 \cdot 0,89) = 0,375 \text{ кВт}$$

Розрахункова середня потужність на підтримання коливань не враховує повністю пускові навантаження, втрати на тертя в підшипникових вузлах і зміну опору шару зерна на решетах. Тому при компонованні приводу доцільно прийняти підвищений запас потужності. Орієнтовно приймаємо потужність на решітний стан  $Nr = 0,55 \text{ кВт}$ .

Потужність вентилятора приймаємо  $Nv = 0,75 \text{ кВт}$ , а додаткові втрати та допоміжні приводи –  $Nd = 0,25 \text{ кВт}$  [19]. Загальна встановлена потужність машини з урахуванням коефіцієнта запасу  $Kz = 1,25$  становить:

$$N = (Nr + Nt + Nv + Nd) \cdot Kz, \text{ кВт} \quad (4.11)$$

$$N = (0,55 + 0,12 + 0,75 + 0,25) \cdot 1,25 = 2,09 \text{ кВт}$$

За отриманим значенням вибираємо асинхронний електродвигун потужністю 2,2 кВт із синхронною частотою обертання 1500 хв-1 - АИР90L4 [19]. Такий двигун має достатній запас за потужністю, забезпечує стійкий пуск машини та може бути використаний у складі модернізованого приводу решітного стану.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

### 4.3 Кінематичний і силовий розрахунки

Кінематичний розрахунок виконуємо для приводу, який забезпечує коливання решітного стану з частотою 450 хв-1. Електродвигун має частоту обертання 1500 хв-1, тому необхідне загальне передаточне число приводу визначається за формулою [19]:

$$i = nd / nr \quad (4.12)$$

$$i = 1500 / 450 = 3.33$$

Загальне передаточне число доцільно реалізувати двома ступенями: клинопасовою та ланцюговою передачею. Приймаємо передаточне число пасової передачі  $i_1 = 2,5$ , а ланцюгової передачі  $i_2 = 1,33$ . Тоді:

$$i = i_1 \cdot i_2 \quad (4.13)$$

$$i = 2,50 \cdot 1,33 = 3,33$$

Отримане значення відповідає необхідному передаточному числу приводу. Для пасової передачі приймаємо діаметр ведучого шківa 100 мм, діаметр веденого шківa 250 мм. Для ланцюгової передачі приймаємо число зубців ведучої зірочки 18, а веденої – 24.

Бігармонічний закон переміщення решітного стану записуємо у вигляді:

$$x = A1 \cdot \sin(\omega t) + A2 \cdot \sin(2 \omega t), \text{ м} \quad (4.14)$$

Швидкість решітного стану визначається диференціюванням закону переміщення за часом:

$$vx = A1 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) + 2A2 \cdot \omega \cdot \cos(2 \omega t), \text{ м/с} \quad (4.15)$$

Максимальне значення швидкості наближено дорівнює:

$$vmax = \omega \cdot (A1 + 2A2), \text{ м/с} \quad (4.16)$$

$$vmax = 47.12 \cdot (0,004 + 2 \cdot 0,002) = 0,377 \text{ м/с}$$

Прискорення решітного стану визначається як друга похідна переміщення за часом:

$$ax = -A1 \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) - 4A2 \cdot \omega^2 \cdot \sin(2 \omega t), \text{ м/с}^2 \quad (4.17)$$

Максимальне значення прискорення:

$$amax = \omega^2 \cdot (A1 + 4A2), \text{ м/с}^2 \quad (4.18)$$

$$amax = 47.12^2 \cdot (0,004 + 4 \cdot 0,002) = 26,65 \text{ м/с}^2$$

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Отримане прискорення становить приблизно 2,7 g, що забезпечує активізацію переміщення зернового шару по решітній поверхні та сприяє інтенсифікації процесу сепарації. При цьому параметри коливань залишаються допустимими для конструкції сепаратора та не потребують зміни станини або решітних рам.

Максимальна інерційна сила, що діє на решітний стан, визначається за залежністю:

$$F_i = m \cdot a_{max}, \text{Н} \quad (4.19)$$

$$F_i = 200 \cdot 26,65 = 5330 \text{ Н}$$

З урахуванням динамічного коефіцієнта  $K_d = 1,2$  розрахункова сила становить:

$$F = F_i \cdot K_d, \text{Н} \quad (4.20)$$

$$F = 5330 \cdot 1,2 = 6396 \text{ Н}$$

Крутний момент на валу ексцентриків оцінюємо за добутком розрахункової сили на радіус ексцентрика, який відповідає амплітуді основної гармоніки:

$$T_e = F \cdot r, \text{Н} \cdot \text{м} \quad (4.21)$$

$$T_e = 6396 \cdot 0,004 = 25,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент, який може бути переданий вибраним електродвигуном на валу решітного стану, визначається за формулою:

$$T_d = 9550 \cdot N_d / n_r, \text{Н} \cdot \text{м} \quad (4.22)$$

$$T_d = 9550 \cdot 2,2 / 450 = 46,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Порівняння значень показує, що прийнятий електродвигун забезпечує необхідний крутний момент із достатнім запасом. Це підтверджує можливість його використання для модернізованого приводу решітного стану.

Для пасової передачі швидкість ременя становить:

$$v_p = p_i \cdot D_1 \cdot n_d / 60, \text{м/с} \quad (4.23)$$

$$v_p = p_i \cdot 0,10 \cdot 1500 / 60 = 7,85 \text{ м/с}$$

Окружна сила на ремені при передачі потужності 2,2 кВт:

$$F_t = 1000 \cdot N_d / v_p, \text{Н} \quad (4.24)$$

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

$$Ft = 1000 \cdot 2,2 / 7,85 = 280 \text{ Н}$$

Отримане значення окружної сили є допустимим для клинопасової передачі з одним або двома клиновими ременями нормального перерізу.

Для забезпечення заданого бігармонічного режиму приймаємо радіус першого ексцентрика  $r_1 = 4$  мм, що відповідає основній амплітуді  $A_1$ , та радіус другого ексцентрика  $r_2 = 2$  мм, що відповідає додатковій гармоніці  $A_2$ . Сумарний хід решітного стану при найбільш несприятливому збігу фаз можна оцінити за виразом:

$$Sx = 2 \cdot (A_1 + A_2), \text{м} \quad (4.29)$$

$$Sx = 2 \cdot (0,004 + 0,002) = 0,012 \text{ м}$$

Отже, максимальний хід решітного стану становить близько 12 мм. Такий хід є достатнім для переміщення зернової суміші по решетах і не призводить до надмірного збільшення габаритних переміщень вузла. Для зменшення впливу бічних навантажень довжину шатуна приймаємо  $l_{sh} = 250$  мм. Відношення радіуса ексцентрика до довжини шатуна становить:

$$\lambda = r_1 / l_{sh} \quad (4.30)$$

$$\lambda = 4 / 250 = 0,016$$

Мале значення  $\lambda$  свідчить про незначне відхилення шатуна від осі руху та підтверджує доцільність прийнятої схеми. Завдяки цьому зменшуються додаткові поперечні сили в підвісах решітного стану, а робота механізму стає більш пальною.

#### 4.4 Розрахунок на міцність

Розрахунок на міцність виконуємо для найбільш навантаженого елемента модернізованого приводу – вала ексцентриків. Вал сприймає дію крутного моменту від приводу та згинальний момент від інерційних сил, що виникають під час коливань решітного стану. Матеріал вала приймаємо сталь 45, для якої допустиме напруження при роботі в умовах змінного навантаження приймаємо  $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$  [19].

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

При відстані між опорами  $l = 0,18$  м максимальний згинальний момент орієнтовно визначимо як для балки на двох опорах з центральним навантаженням:

$$M = F \cdot l / 4, \text{Н} \cdot \text{м} \quad (4.25)$$

$$M = 6396 \cdot 0,18 / 4 = 287,8 \text{Н} \cdot \text{м}$$

Для попереднього розрахунку приймаємо діаметр вала  $d = 35$  мм. Нормальне напруження від згину визначається за формулою:

$$\sigma = 32 \cdot M / (\pi \cdot d^3), \text{МПа} \quad (4.26)$$

$$\sigma = 32 \cdot 287798 / (\pi \cdot 35^3) = 68,4 \text{МПа}$$

Дотичне напруження від кручення становить:

$$\tau = 16 \cdot T / (\pi \cdot d^3), \text{МПа} \quad (4.27)$$

$$\tau = 16 \cdot 50000 / (\pi \cdot 35^3) = 5,9 \text{МПа}$$

Еквівалентне напруження за енергетичною теорією міцності:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2}, \text{МПа} \quad (4.28)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(68,4)^2 + 3 \cdot (5,9)^2} = 69,1 \text{МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності становить:

$$nz = [\sigma] / \sigma_{eq} \quad (4.29)$$

$$nz = 120 / 69,1 = 1,74$$

Оскільки коефіцієнт запасу міцності перевищує мінімально допустиме значення для машин сільськогосподарського призначення, прийнятий діаметр вала  $d = 35$  мм є достатнім.

Перевіримо шпонкове з'єднання, яке передає крутний момент від зірочки або шківа на вал. Для діаметра вала 35 мм приймаємо призматичну шпонку розміром 10x8 мм і робочою довжиною 40 мм. Напруження зрізу визначається за формулою:

$$\tau_{sh} = 2T / (d \cdot b \cdot l), \text{МПа} \quad (4.30)$$

$$\tau_{sh} = 2 \cdot 50000 / (35 \cdot 10 \cdot 40) = 7,1 \text{МПа}$$

Напруження зминання на робочій поверхні шпонки:

$$\sigma_{zm} = 4T / (d \cdot h \cdot l), \text{МПа} \quad (4.31)$$

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 36   |

$$\sigma_{zm} = 4 \cdot 50000 / (35 \cdot 8 \cdot 40) = 17,9 \text{ МПа}$$

Отримані значення напружень значно менші допустимих для сталевих шпонок, тому вибране шпонкове з'єднання забезпечує надійну передачу крутного моменту.

### **Висновки по розділу**

У розділі виконано технологічні, енергетичні, кінематичні, силові та розрахунки на міцність модернізованого сепаратора А1-БМС-6.

Обґрунтовано можливість підвищення продуктивності сепаратора з 6 до 7 т/год за рахунок реалізації бігармонічного режиму коливань решітного стану. Розраховано основні параметри коливального руху: кутова швидкість становить 47,12 рад/с, максимальна швидкість решітного стану – 0,377 м/с, максимальне прискорення – 26,6 м/с<sup>2</sup>. Такі параметри забезпечують інтенсифікацію самосортування зернового шару та покращують умови проходження домішок через отвори решіт.

Силовим розрахунком визначено максимальну інерційну силу решітного стану, а розрахунок на міцність підтвердив працездатність вала ексцентриків діаметром 35 мм зі сталі 45.

Отже, запропонована модернізація приводу решітного стану сепаратора А1-БМС-6 є технічно обґрунтованою і може бути реалізована без зміни основних вузлів машини.

Практичне значення виконаних розрахунків полягає в тому, що вони підтверджують можливість підвищення пропускної здатності сепаратора без заміни його основних робочих органів. Запропонована модернізація орієнтована на зміну режиму руху решітного стану, тому може бути реалізована шляхом доопрацювання привідного механізму та встановлення додаткових елементів передачі.

Подальше деталювання модернізованого приводу доцільно виконувати на складальному кресленні із зазначенням розміщення електродвигуна, пасової та ланцюгової передач, ексцентрикових елементів, підшипникових опор, шатуна і вузлів кріплення до решітного стану.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз небезпечних й шкідливих виробничих факторів при експлуатації сепаратора А1-БМС-6

Експлуатація повітряно-решітного сепаратора А1-БМС-6 супроводжується дією комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на обслуговуючий персонал та безпечність виконання технологічного процесу післязбирального очищення насіння сої. Основними джерелами небезпеки є рухомі робочі органи машини, електрообладнання, пилове середовище, шум, вібрація та можливість виникнення пожежо-небезпечних ситуацій [20].

Під час роботи сепаратора значну небезпеку становлять рухомі частини приводу решітного стану, пасові передачі, вали, шківни та інші елементи механічного приводу. У разі відсутності або пошкодження захисних кожухів можливе захоплення одягу працівника рухомими деталями, що може призвести до травмування. Особливо небезпечними є роботи з технічного обслуговування та очищення машини при незупиненому приводі.

Важливим шкідливим виробничим фактором є зерновий пил, який утворюється під час переміщення зернової суміші, її очищення та видалення домішок. Найбільша концентрація пилу спостерігається в зоні завантаження зерна, у місцях вивантаження відходів та поблизу аспіраційних каналів. Тривалий вплив пилу може викликати захворювання органів дихання, алергічні реакції, подразнення слизових оболонок очей та шкіри [20].

Під час роботи вентилятора, решітного стану та приводу машини виникає виробничий шум. Рівень шуму в зоні обслуговування зерноочисних машин може досягати 75–85 дБ, що при тривалому впливі спричиняє підвищену втому працівників, зниження концентрації уваги та поступове погіршення слуху.

Додатковим несприятливим фактором є вібрація, яка виникає внаслідок коливального руху решітного стану. Незважаючи на те, що машина встановлюється на амортизувальних елементах, частина коливань передається на несучі конструкції та робочий майданчик.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

Під час експлуатації сепаратора існує небезпека ураження електричним струмом. Причинами можуть бути пошкодження ізоляції кабелів, порушення цілісності електрообладнання, відсутність або несправність системи захисного заземлення. Особливу небезпеку становить експлуатація обладнання в умовах підвищеної запиленості та вологості [20].

Післязбиральна обробка зерна також характеризується підвищеною пожежною небезпекою. Джерелами займання можуть бути короткі замикання електрообладнання, перегрів підшипникових вузлів, іскроутворення при потраплянні сторонніх металевих предметів у робочі органи машини. Наявність великої кількості органічного пилу та рослинних решток сприяє швидкому поширенню вогню.

Таким чином, під час експлуатації сепаратора А1-БМС-6 основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є рухомі механізми, підвищена запиленість повітря робочої зони, виробничий шум, вібрація, електричний струм та пожежонебезпечність технологічного процесу.

## **5.2 Розробка заходів щодо забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов праці при роботі з сепаратором**

Для забезпечення безпечних умов праці під час експлуатації сепаратора А1-БМС-6 необхідно реалізувати комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на усунення або зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів [20].

З метою запобігання травмуванню персоналу всі рухомі частини приводу повинні бути закриті захисними кожухами. Проведення ремонтних і регулювальних робіт дозволяється лише після повної зупинки машини та відключення її від електромережі. Пускові пристрої необхідно обладнати попереджувальними написами і засобами блокування від випадкового ввімкнення.

Для зменшення концентрації пилу в робочій зоні сепаратор повинен експлуатуватися з підключеною аспіраційною системою. Необхідно регулярно контролювати стан повітропроводів, герметичність з'єднань та ефективність роботи пиловловлювального обладнання. При виконанні робіт з очищення

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>МПОС 00.000 ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

машини працівники повинні використовувати фільтрувальні респіратори та захисні окуляри.

Зниження рівня шуму досягається своєчасним технічним обслуговуванням обладнання, балансуванням рухомих елементів та контролем стану підшипникових вузлів. За необхідності працівники повинні використовувати протишумові навушники або вкладиші. Тривалість перебування персоналу в зоні підвищеного шуму повинна відповідати вимогам чинних нормативів [20].

Для зменшення впливу вібрації сепаратор встановлюють на амортизувальних опорах, а також здійснюють періодичний контроль технічного стану підвісок решітного стану та приводу. Особливу увагу необхідно приділяти динамічному балансуванню модернізованого механізму бігармонічних коливань.

Безпека експлуатації електрообладнання забезпечується наявністю захисного заземлення всіх металевих частин машини, які можуть опинитися під напругою. Електродвигуни, пускова апаратура та кабельні лінії повинні відповідати вимогам електробезпеки та проходити періодичні перевірки опору ізоляції.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно підтримувати чистоту робочої зони та регулярно видаляти пил і рослинні рештки з поверхонь обладнання. У приміщенні зерноочисного комплексу повинні бути встановлені порошкові вогнегасники, а також передбачені первинні засоби пожежогасіння. Забороняється використання відкритого вогню та проведення зварювальних робіт без відповідного оформлення наряду-допуску.

Важливим організаційним заходом є проведення інструктажів з охорони праці, навчання персоналу безпечним методам роботи та систематичний контроль виконання вимог виробничої безпеки.

Реалізація запропонованих технічних і організаційних заходів дозволяє забезпечити нормативні санітарно-гігієнічні умови праці під час експлуатації сепаратора А1-БМС-6, знизити ризик виробничого травматизму та створити безпечні умови роботи обслуговуючого персоналу.

|      |      |          |        |      |                 |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|      |      |          |        |      | МП ОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                 | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

## 6. Висновки

1. Проведено аналіз технології вирощування сої в умовах базового господарства за площі посіву 80 га та прогнозованої урожайності 2,8 т/га. Встановлено, що для забезпечення своєчасного виконання післязбиральних операцій та збереження якісних показників насіння необхідне застосування ефективних засобів механізації процесів очищення зернової маси.

2. Виконано розрахунок операційної технології післязбирального очищення насіння сої із застосуванням зерноочисного комплексу ЗАВ-20, бункерів активного вентилявання ОБВ-160, шахтної сушарки «Петкус» та сепаратора А1-БМС-6. Встановлено, що прийнятий комплекс обладнання забезпечує обробку валового збору насіння сої обсягом 224 т у встановлені агротехнічні строки.

3. Запропоновано модернізацію приводу решітного стану сепаратора А1-БМС-6 шляхом реалізації бігармонічного режиму коливань. Запропоноване технічне рішення забезпечує покращення умов самосортування зернової суміші на решетах, підвищення інтенсивності проходження частинок через отвори решіт та більш рівномірний розподіл матеріалу по робочій поверхні.

4. Виконані технологічні, кінематичні та силові розрахунки підтвердили працездатність модернізованої конструкції приводу. Встановлено, що прийняті параметри механізму забезпечують необхідний режим роботи решітного стану та відповідають умовам надійної експлуатації машини.

5. Розрахунки на міцність показали, що основні елементи модернізованого приводу працюють із достатнім запасом міцності, а використання конструкційної сталі 45 для виготовлення вала забезпечує його надійну та довговічну роботу в заданих умовах навантаження.

6. Очікуваним результатом впровадження модернізованого приводу є підвищення ефективності решітної сепарації, покращення якості очищення насіння сої та збільшення продуктивності сепаратора А1-БМС-6 з 6 до 7 т/год без зміни конструкції інших основних вузлів машини, що підтверджує доцільність запропонованого технічного рішення.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## Список використаної літератури

1. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні / В. Ф. Петриченко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 3. – С. 24–27.
2. Крючков А. Соя та кукурудза – оптимальна сівозміна чи виснажування ґрунту? / А. Крючков // Пропозиція. – 2017. – № 7–8. – С. 90–92.
3. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Ч.2 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 405 с.
4. Бабич А. Продуктивний потенціал сортів сої для регіонів України / А. Бабич, І. Темченко, Л. Білявська // Пропозиція. – 2000. – № 11. – С. 33–35.
5. Петров П.В. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Петров П.В., Посполітак Т.Є., Юркевич Є.О. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 268 с.
6. Вплив добрив та інокуляції насіння на урожайність сої / Т. П. Шепілова // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвідомчий тематичний наук. зб. Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. – 2011. – Вип. 13. – С. 117–123.
7. Сільськогосподарські машини : підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
8. Бендера І.М. Машини для виробництва продукції рослинництва : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
9. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Укл.: Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, В.М. Сало, О.М. Васильковський, О.В. Бевз, С.О. Магопець. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 99 с.

<https://dspace.kntu.kr.ua/items/eedef525-77bb-4dad-b450-a9b7cef948bf>

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 42   |

10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» : для студ. спец. 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. ; [ уклад. В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко та ін.]. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 170 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/8095>.
11. <https://mehzavod.com.ua/ua/catalog/separatory-zernoochistitelnye/a1-bms-6/>
12. Гевко Б.М. Машины для післязбиральної обробки зерна та насіння : навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 248 с.
13. Погорілий Л.В. Машины для післязбиральної обробки зерна. Київ : Урожай, 1997. 240 с.
14. Цимбал А.М. Основи проектування та розрахунку транспортуючих машин. Київ : Аграрна освіта, 2008. 312 с.
15. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови.
16. НПАОП 01.0-1.01-12. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві.
17. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування/Під ред. Чорновола М.І.–К.:Урожай, 2001.–382с.
18. Машины для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник / В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало/ –Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. – 220 с.
19. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
20. Цілинский В.П. Охрана праці в рослинництві / В.П. Цілинский.- К.: "Урожай", 1991.- 136 с.

|      |      |          |        |      |                |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|      |      |          |        |      | МПОС 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                | 43   |

ДОДАТКИ