

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»

зав. кафедрою СГМ

канд. техн. наук, професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

Механізація вирощування сої з удосконаленням сепаратора АСХ-5

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи АІ-21, ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Осіпов Ігор Валерійович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Нестеренко Олександр

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Катеринич Станіслав

ЗМІСТ

1. Вступ.....	5
2. Аналіз типової технології вирощування сої з визначенням шляхів її вдосконалення.....	6
3. Операційна технологія виконання очищення сої на зерноочисних машинах	22
4. Інженерна частина.....	31
5. Охорона праці.....	43
6. Висновок.....	45
Список використаної літератури.....	46
Додатки.....	48

1. Вступ

В сучасних умовах агропромислового виробництва значно зростають вимоги до збільшення ефективності вирощування сільськогосподарських культур, зокрема сої. Соя є важливою продовольчою, кормовою і технічною культурою завдяки великому вмісту білка, олії та інших поживних речовин.

В Україні посівні площі під соєю стабільно збільшуються, що зумовлює потребу впровадження сучасних технологій її вирощування і доробки. Одним із ключових факторів отримання високих і якісних врожаїв сої є вдосконалення технічних засобів, які забезпечують ефективну підготовку насіння до сівби та післязбиральну доробку врожаю [1, 2].

Значна роль у цьому процесі належить сепараційним машинам, які здійснюють очищення і калібрування насіння. Удосконалення сепараторів дозволяє збільшити якість посівного матеріалу, зменшити втрати і поліпшити енергетичні показники технологічного процесу. Зокрема, модернізація сепаратора АСХ-5 може суттєво поліпшити технологічні характеристики машини, що є актуальним для вітчизняних агропідприємств.

Метою дипломної роботи є обґрунтування і розробка конструкції сепаратора АСХ-5 для поліпшення технологічного процесу очищення насіння сої. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан технологій вирощування сої та використання сепараторів;
- провести аналіз конструкції та принципу дії сепаратора АСХ-5;
- обґрунтувати шляхи удосконалення сепаратора з урахуванням агротехнічних вимог до очищення насіння сої;
- виконати розрахунки та проектування модернізованих елементів конструкції;

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

Значення та поширення сої

Соя (*Glycine max* L.) є однією з ключових сільськогосподарських культур у світі, зумовлюючи свою значущість високим вмістом протеїну (35-40 %) та олії (18-22 %) у насінні [3]. Вона широко використовується у харчовій промисловості, тваринництві як цінний корм та як сировина для технічних потреб. Завдяки своїй багатогранності, соя займає передові позиції серед зернобобових культур.

На глобальному рівні, головними виробниками сої є США, Бразилія, Аргентина, Китай та Індія. В Україні соя також набула суттєвого розповсюдження. Основні посівні площі сконцентровані у наступних областях: Полтавська, Вінницька, Черкаська, Кіровоградська, Хмельницька, Сумська області та південні регіони України. Площі, відведені під цю культуру, неухильно збільшуються протягом останніх років, що зумовлено високою рентабельністю її вирощування та зростаючим попитом на продукцію сої як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Соя позитивно впливає на родючість ґрунтів, адже фіксує атмосферний азот завдяки симбіотичним бульбочковим бактеріям. Це дає змогу зменшити потребу у мінеральних добривах та підвищити родючість полів у сівозміні. Вирощування сої сприяє оптимізації агроландшафтів та покращенню екологічного стану ґрунтів.

Біологічні особливості культури

Соя - рослина короткого дня. При просуванні на північ зрушуються строки початку цвітіння, посилюється наростання вегетативної маси, подовжується період вегетації. Ультра скоростиглі форми північного екотипу у південніших широтах стрімко скорочують період вегетації, перетворюючись на низьковрожайні карлики.

Соя надзвичайно вимоглива до тепла. Проростання насіння починається при температурі ґрунту на глибині посіву 8 - 10°C. У фазі сходів вона витримує заморозки до 3°C. В період цвітіння - формування насіння температура повітря повинна коливатися в межах 17 - 25°C [1].

Ультра скоростиглі сорти північного еко типу більш стійкі до холоду. Цвітіння та утворення бобів у них може відбуватися при температурі 14 - 16°C. Для південних еко типів сума активних температур (10°C і вище) за вегетацію становить 2800 - 3500°C. Ультра скоростиглі північні сорти припиняють вегетацію при сумі активних температур 1700 - 2000°C, причому тривалість вегетації залежить від напруги температур в окремі міжфазні періоди [1-3].

В холодні роки ультра скоростиглі сорти можуть опинитися в групі середньостиглих і навіть середньопізніх. У зв'язку з цим більш точною характеристикою сорту за скоростиглістю є число днів від сходів до дозрівання, а сума активних температур за даний період. Цей показник обумовлений генетично і є досить стабільним.

Таблиця 2.1

Сорти	Тривалість періоду від сходів до дозрівання, днів (за Н.І. Корсаковим)	Сума активних температур, °С (за Г.С. Присипановим)
Ультраскоростиглі	80 і менше	1700 і менше
Дуже скоростиглі	81 - 90	1701 - 1900
Скоростиглі	91 - 110	1901 - 2200
Середньоскоростиглі	111 - 120	2201 - 2300
Середньостиглі	121 - 130	2301 - 2400
Середньопізні	131 - 150	2401 - 2600
Пізньостиглі	151 - 160	2601 - 3000
Дуже пізньостиглі	161 - 170	3001 - 3500
пізньостиглі	Більше 170	Більше 3500

Вологість ґрунту та повітря має важливе значення у початковий період росту, особливо під час проростання насіння та формування бульбочок. Вимоги до вологи знижуються на фазах цвітіння та дозрівання. Соя є відносно посухостійкою культурою завдяки розвиненій кореневій системі.

До ґрунтів соя менш вимоглива, проте найкращі врожаї отримують на чорноземах, сірих лісових та легких суглинкових ґрунтах з нейтральною реакцією середовища (рН 6,0-7,0). Важливою умовою є добра структура ґрунту, висока проникність для повітря та вологи.

Для сої властиве значне осипання квіток (від 14 до 90%), а також абортівність бобів та насіння (до 40%), що веде до істотного зменшення врожайності. Осипання бобів може спостерігатися під час сильної посухи, нестачі деяких поживних речовин і тривалого світлового дня [1-3].

Абортівність насіння залежить від умов вирощування та генетичного складу сорту. В однакових умовах у різних сортів вона може коливатися від 15% до 34% [1-3].

Для належного формування бульбочкових бактерій насіння сої інокулюють штамми *Bradyrhizobium japonicum*. Це сприяє поліпшенню азотного живлення рослин та підвищенню врожайності.

Морфологічні ознаки сої

Соя - трависта рослина, усі культивовані форми однорічні кущові. Коренева система стрижнева. У верхній частині, в шарі ґрунту 0 - 10 см та в радіусі 6 - 10 см від головного кореня, формується симбіотичний апарат. Клубочки кулясті, діаметром 2 - 4 мм, можуть сягати і 8 мм.

Сім'ядолі виносяться на поверхню ґрунту. Гіпокотиль зелений або з фіолетовим відтінком. Зелений колір його асоціюється з білим забарвленням квіток, фіолетовий – з фіолетовим.

Висота стебла варіює від 20 см у карликових форм до 200 см у високорослих. Більшість сортів мають стебло висотою 60-110 см [1-3].

За характером росту стебла, форми сої діляться на дві групи: 1) недетермінантного типу, в яких верхівкова брунька ростова, і за

сприятливих умов стебло довго продовжує рости та утворювати нові генеративні органи; 2) детермінантного типу, в яких стебло закінчується квітковою волоттю, ріст стебла припиняється, як тільки сформувалася верхівкова китиця, вони дружніше, ніж перші, ростуть та плодоносять, є більш скоростиглими. У світовій практиці робиться спроба переведення існуючих сортів сої на детермінантний тип росту.

Стебло, гілки та черешки листків у більшості форм сої мають бурувате, жовте або сіре опушення. Забарвлення залежить від генотипу.

Квітки дрібненькі, майже не пахнуть (тому комахи їх відвідують надзвичайно рідко), зібрані у волоть, розташовані в пазухах листків. Зав'язь одногніздова, з одним плодолистиком, на якому формується кілька насінневих зачатків. Стовпчик невеликий, легко зігнутий. Приймочка маточки розширена, пласка та клейка.

Боби коротенькі - 2,5 - 6 см завдовжки. Ширина їх від 0,5 до 1,5 см. У бобі міститься дві-три насінини, зрідка одна або чотири [1-3]. Висота прикріплення нижніх бобів від 2 - 3 см, у більшості сортів вона становить 12 - 17 см. Нижче прикріплення призводить до втрат урожаю під час збирання, а вище - до недобору біологічного врожаю.

Форма зерна варіюється від кулеподібної до опукло-плоскої. Забарвлення сім'ядолей жовте, зрідка зелене, а забарвлення насінневої оболонки бурштинове, жовте, зеленувате, чорне, коричневе або крапчасте, поверхня блискуча або матова. Рубчик великий, опуклий, зрідка лінійної форми. Забарвлення його у темнонасінневих форм подібне до забарвлення насінневої оболонки, а у світлонасінневих - темніше.

Соя демонструє добре розвинену стрижневу кореневу систему, що здатна заглиблюватись у ґрунт на глибину від 1,5 до 2 метрів [1-3]. На центральному корені та бічних корінцях формуються бульбочки - місця симбіотичного співіснування з азот фіксуючими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum*.

Коренева система	Стебло
 <p data-bbox="309 539 740 689">Стрижнева коренева система з бульбочками рожевого або червонуватого кольору</p>	 <p data-bbox="820 577 1187 651">Трійчасті, темно-зелені, опушені</p>
Листки	Суцвіття і квітки
 <p data-bbox="309 972 708 1046">Трійчасті, темно-зелені, опушені</p>	 <p data-bbox="820 920 1267 994">Китиця, квітки неправильні, метеликового тилу</p>

Рис 2.1 Морфологічні ознаки рослини сої

2.1 Існуюча технологія вирощування сої в господарстві, перспективи її вдосконалення

Місце сої у сівозміні

Правильний підбір попередника та місця сої в сівозміні є одним з ключових факторів, що гарантують високу врожайність та якість продукції. Завдяки здатності до симбіотичної фіксації атмосферного азоту, соя значно збагачує ґрунт азотом, що сприяє підвищенню родючості поля та формує сприятливе середовище для наступних культур.

Соя слугує відмінним попередником для зернових колосових культур (озимої пшениці, ячменю), кукурудзи, проса. Вона залишає по собі розвинену кореневу систему та велику кількість поживних решток, котрі легко розкладаються та поліпшують структуру ґрунту.

Для самої сої найбільш прийнятними попередниками є озимі зернові (озима пшениця, озиме жито), кукурудза на силос, картопля, овочеві культури,

однорічні трави, а також зернові колосові. Ці культури залишають поле чистим від бур'янів та з оптимальним запасом вологи.

Не можна висівати сою після культур, які мають спільних шкідників або хвороби (горох, квасоля, люпин, соняшник). Це може призводити до накопичення фітопатогенів та зниження урожаю.

Рекомендований період вирощування сої на одному й тому ж полі - не частіше ніж 1 раз на 3-4 роки [1-3].

Типова сівозміна може мати такий вигляд:

Озима пшениця → Соя → Кукурудза на зерно → Соняшник → Осима пшениця

Правильне місце сої в сівозміні дозволяє забезпечити:

- Підвищення ефективності використання поживних речовин;
- Покращення структури і біологічної активності ґрунту;
- Зниження ризику ураження хворобами і шкідниками;
- Оптимізацію водного режиму.

Приклад сівозміни із включенням сої

Таблиця 2.2

Поле	Попередник	Культура основна	Технологічна операція після збирання
1	Озима пшениця	Соя	Лущення стерні, зяблева оранка
2	Соя	Кукурудза на зерно	Лущення стерні, оранка
3	Кукурудза на зерно	Соняшник	Лущення стерні, оранка
4	Соняшник	Озима пшениця	Лущення стерні, дискування

У сівозміні сою розташовують після озимої пшениці, яка є ідеальним попередником, гарантуючи чистоту поля та наявність достатньої вологи. Після сої раціонально сіяти кукурудзу, адже соя збагачує ґрунт біологічним азотом у кількості до 60–80 кг/га, що надзвичайно позитивно впливає на кукурудзу. Далі висівають соняшник, а цикл завершується озимою пшеницею.

Обробіток ґрунту

Ґрунтообробка для сої значною мірою залежить від культури-попередника та типу ґрунту. Основним завданням є забезпечення вологи в ґрунті, енергозбереження та захист від ерозії. Цього досягають шляхом мульчування поверхні рослинними рештками, зменшення глибини обробки землі, оптимізації кількості технологічних операцій та використання комбінованої техніки [11].

Соя у сівозміні зазвичай займає місце після стернових культур та кукурудзи, при цьому її частка не повинна перевищувати 15-20% загальної площі сівозміни. Специфіка технології основного обробітку ґрунту значною мірою залежить від попередників та кількості післяжнивних рослинних решток. Зокрема, після кукурудзи, а також у випадках наявності валків зернових та великої кількості соломи, перед початком обробки ґрунту необхідне подрібнення рослинних решток за допомогою подрібнювачів типу Leopard, ПН-2,0 з подальшим якісним дискуванням ґрунту.



Рисунок 2.2 Подрібнювач Leopard 280



Рисунок 2.3 Подрібнювач типу ПН-2,0

Однією з ключових задач під час підготовки ґрунту для сої є його максимальне звільнення від бур'янів, зокрема від тих, що розмножуються кореневищами (пирій) та кореневими паростками (осот рожевий, березка польова). Якщо ці бур'яни присутні, лущення ґрунту рекомендовано виконувати у два проходи, на глибину від 10 до 16 см. В умовах мінімального обробітку ґрунту повторне лущення може бути базовим заходом з подальшим передпосівним обробітком навесні.

В умовах різноманітних ґрунтово-кліматичних зон України осінню підготовку ґрунту під сою рекомендується варіювати, враховуючи як глибину, так і методи обробітку. Це передбачає вибір між оранкою на глибину 20-22 см або використанням безполицевого розпушування ґрунту, зокрема, чизелювання (20-22 см), плоскорезо-розпушування (16-18 см), або дискування (14-16 см) та інші способи [13]. Для сої, подібно до інших ярих культур, проведення весняного обробітку ґрунту не є доцільним, оскільки така дія призводить до втрати вологи в орному шарі та його пересихання на глибину обробки. Це також негативно впливає на агрофізичні властивості ґрунту, особливо в степових регіонах, що в результаті значно знижує врожайність зерна цієї бобової культури.

Для сої найсприятливішими є чорноземи, що мають слабкокислу або нейтральну реакцію. Завданням обробітку ґрунту є накопичення й збереження вологи, ліквідація бур'янів, створення оптимальної структури ґрунту для розвитку кореневої системи.

Основні етапи обробки ґрунту:

1. Луцнення стерні (відразу по збиранню врожаю, глибина - 6-10 см; знаряддя для обробітку: дискові луцильники ЛДГ-10, ЛДГ-15 або дискові борони БДН-3,0)



Рисунок 2.4 Дискова борона БДН-3,0

2. Основний обробіток (зяблева оранка, глибина - 25-28 см; знаряддя для обробітку: плуги ПЛН-5-35, ПЛН-6-35 в агрегаті з тракторами класу 3 т (МТЗ-1221, ХТЗ-150К))

3. Передпосівна культивуація (глибина - 5-7 см; знаряддя для обробітку: культиватори КШП-8, КПС-4 в агрегаті з тракторами МТЗ-82)

Таблиця 2.3

Операція	Глибина, см	Машини та агрегати
Луцнення стерні	6-10	ЛДГ-10 + МТЗ-1221
Зяблева оранка	25-28	ПЛН-5-35 + ХТЗ-150К
Передпосівна культивуація	5-7	КШП-8 + МТЗ-82

Біологічна вразливість сої зумовлює її нездатність протистояти бур'янам, наслідком чого є зменшення врожайності на 30-50%. Щоб уникнути таких втрат, якщо перед посівом спостерігається велика кількість коренепаросткових (осот рожевий) та кореневищних (пирій повзучий)

бур'янів, особливо за умов «нульової технології», рекомендується використовувати загально винищувальні гербіциди на основі гліфосату (Раундап та ін.) - 2,5-3,0 л/га.

Система удобрення під час вирощування сої

Серед культур, що відносяться до родини зернобобових, соя виділяється як один з найсильніших біологічних фіксаторів азоту з атмосфери, поступаючись тільки багаторічним бобовим травам (люцерні, конюшині тощо) – її посіви можуть акумулювати від 160 до 200 кг азоту на гектар. В результаті симбіотичного процесу, соя, згідно з висновками науковців, може забезпечити до 65–80% власних потреб в азоті, при цьому більше 30% фіксованого азоту лишається в ґрунті після збору врожаю у вигляді пожнивних решток та коріння, що робить її одним з найкращих варіантів для попередньої культури у сівозміні.

Оптимальне живлення – запорука високого врожаю сої. Технологія вирощування цієї культури обов'язково передбачає внесення добрив, що забезпечують рослини необхідними макро- та мікроелементами, а також інокуляцію насіння азотфіксуючими бактеріями для ефективного засвоєння азоту з повітря.

Соя є вибагливою рослиною, яка потребує значної кількості поживних речовин, особливо під час розвитку генеративних органів та формування насіння. Для отримання 1 тонни зерна разом з відповідною кількістю побічної продукції, соя забирає з ґрунту в середньому [17]:

- 70-80 кг азоту,
- 15-25 кг фосфору (P_2O_5),
- 23-40 кг калію (K_2O),
- 43 кг сірки (S),
- 22-27 кг кальцію (Ca).

Через симбіотичну фіксацію азоту, яку здійснюють бульбочкові бактерії (*Bradyrhizobium japonicum*) [10], певна частина потреби в азоті

задовольняється природним чином. Проте, для ефективної роботи бульбочок важливо забезпечити рослину сприятливими умовами живлення.

Найбільш результативними для отримання врожаю сої є застосування добрив $N_{30}P_{60}$ та $N_{30}P_{90}$ [10]. Саме на цих ділянках спостерігалось найбільше формування насіння.

Для внесення добрив у ґрунт доцільно використовувати комплексні розкидачі добрив типу РМГ-4, МВУ-5, у агрегаті з тракторами МТЗ-82 або ЮМЗ-6. Рідкі добрива або мікроелементи можливо вносити через обприскувачі ОПШ-2000, ОП-200 та інші.



Рисунок 2.5 Розкидач мінеральних добрив РМГ-4



Рисунок 2.6 Обприскувач ОПШ-2000

Підготовка насіння до сівби сої, сівба

Серед технологічних складових вирощування сої, які відіграють ключову роль у гарантуванні щільності рослин, проходження фаз розвитку, рівномірності дозрівання, найкращої реалізації її біологічного та генетичного потенціалу, слід виділити строк сівби. Згідно з визначенням до оптимальних умов вирощування сої, головним критерієм вибору строку сівби є стале прогрівання посівного шару ґрунту, оскільки дослідження показали, що мінімальна температура для сходів сої становить приблизно 10°C за умови подальшого підвищення температури ґрунту. Прогрівання посівного шару до 12-14°C гарантує дружне проростання насіння за наявності вологи.

Для сівби використовують насіння належної кондиції, з високими посівними якостями – не нижче II класу відповідно до ДСТУ 2240-93 [14].

Посівні якості насіння повинні відповідати певним вимогам: схожість щонайменше 85 %; маса 1000 насінин - 120-250 г (залежно від сорту); вологість - 10-12 %.

Сою сіють звичайним рядковим або широкорядним способом з шириною міжрядь 15-45 см або 45-70 см. Норма висіву сої при дотриманні рядкового способу сівби має бути 80-120 кг/га (600-800 тис. насінин/га). Сіяти сою потрібно на глибині близько 3-5 см. В господарстві використовується сівалка СЗ-3,6 в агрегаті з трактором МТЗ-82 [7].



Рисунок 2.6 сівалка СЗ-3,6 в агрегаті з трактором МТЗ-82

Технологія сівби сої насамперед передбачає декілька важливих факторів, які мають прямий вплив на врожай, а саме:

- Найкращі терміни для сівби: Коли ґрунт на глибині 5-7 см прогрівається до +12...+14 °С (зазвичай II-III декада квітня - початок травня). Занадто ранній або пізній посів може спричинити зріджені сходи та втрати врожаю.

- Спосіб сівби. Звичайний рядковий (15-45 см між рядками) або широкорядний (45-70 см).

- Норма висіву: 600-800 тис. схожих насінин на 1 гектар (80-120 кг/га, залежно від фракції насіння та зони вирощування).

- Глибина загортання насіння: 3-5 см (на важких ґрунтах краще 3-4 см; на легких – 4-5 см).

Догляд за посівами сої

Догляд за посівами сої має на меті створити найкращі умови для розвитку рослин, знищити небажану траву, утримати вологу в ґрунті та захистити від шкідників і хвороб. Ключовими технологічними заходами є боронування, обробка хімічними засобами та міжрядна культивування.

Боронування. Боронування сприяє руйнації кірки ґрунту, ліквідації ниткоподібних паростків бур'янів та аерації ґрунту. Виконується агрегатами БЗСС-1,0 + МТЗ-82 [11]. Потребує лише одного обробітку для отримання дійсного результату.

Передпосівне боронування виконується легкими боронами БЗСС-1,0 в агрегаті з трактором МТЗ-82.

Боронування посівів на стадії сходів (у фазі "шильця") проводиться, коли рослини досягають висоти 5-7 см, з метою знищення бур'янів.

Хімічний захист (захист від бур'янів). Соя вразлива до забур'яненості, особливо на початкових фазах розвитку. Застосування гербіцидів дозволяє забезпечити чистоту поля.

Таблиця 2.4

Вид обробки	Препарати	Норма витрати	Строки застосування
До сівби (гербициди ґрунтової дії)	Харнес, Дуал Голд, Примекстра	2-4 л/га	До сівби або до сходів
Післясходові (проти злакових бур'янів)	Фюзілад Форте, Тарга Супер	1-2 л/га	У фазу 2-4 листків сої
Післясходові (проти дводольних бур'янів)	Базагран, Бентазон	1,5-2 л/га	У фазу 3-6 листків сої

Міжрядна культивуація. Застосовується для винищення бур'янів та розпушування міжрядь. Глибина обробітку при міжрядній культивуації має сягати близько 6-10 см. Для цього використовуємо культиватори-рослинопідживлювачі КРН-5,6, агреговані з тракторами МТЗ-82. Оброблювати ґрунт потрібно 2-3 рази (у фазах 2-4 рази) [11].

Захист від шкідників та хвороб. Основними шкідниками сої є: вогнівка акацієва, кліщ павутинний та трипси. Хвороби, якими можуть хворіти насіння сої: бактеріоз, аскохітоз, фузаріоз, септоріоз.

Що менше часу соя відсутня в сівозміні, то більшої уваги потребує захист посівів у господарстві.

Точну кількість обробок та використані препарати визначаються з огляду на поточну погоду і стан рослин на полі.

Збирання врожаю сої

Збирання сої - це фінальний етап, який надзвичайно важливий, адже впливає на кінцевий об'єм зібраного врожаю та його показники якості. Невірний вибір часу для збирання або некоректне налаштування техніки може стати причиною великих втрат насіння.

Збирання потрібно проводити тоді, коли вологість зерна знижується до 14-16%, 75-85% бобів набули бурого коліру, а його насіння стало твердим. Оптимальний рівень вологості зерна знаходиться в діапазоні 13-14%.

Проте, ретельне комбайнування дає змогу успішно збирати боби з вищою вологістю. Візуальні ознаки, за якими можна визначити дозрівання сої, включають: пожовтіння стручків, стебла та бобів. Приблизно через 4-9 діб всі стручки на рослині набувають коричневого кольору. Вологість насіння в цей період становить приблизно 33%. Якщо погода суха та сприятлива, боби будуть готові до збирання приблизно через 4-5 днів після цього. Затримка зі збиранням спричиняє розтріскування бобів та осипання зерна, через що втрати врожаю можуть сягати до 20%.

Для збирання сої використовують пряме комбайнування або роздільний метод (у разі нерівномірного дозрівання). Висота зрізу має сягати 5-7 см(чим менше - тим краще). Швидкість руху комбайна має бути близько 5-6км/год. Допустимі втрати при збиранні - не більше 3%. Пряме комбайнування здійснюється зернозбиральними комбайнами (New Holland CX6080, John Deere W540, Claas Lexion 570, ДОН-1500Б) з соєвими жатками (ПЗС-8, ПЗС-12) чи спеціальними приставками для низького зрізу (гнучкі жатки Flex). Роздільний спосіб передбачає скошування рослин у валки жатками ЖВП-4,9 або ДОН-1500Б, а після їх підсихання - підбирання комбайнами. Проводять його через нерівномірне досягання насіння під час його збирання.

Зібране насіння спочатку очищають, потім висушують, поки вологість не досягне 12-14%. Після цього його доводять до необхідних кондиційних норм. Очищення проводять за допомогою сепаратора типу АСХ-5. Сушіння проводять через шахтні сушарки СК-24, С-30; температурний режим - не вище 40-45 °С. Під час збирання врожаю критично важливо правильно відрегулювати швидкість мотовила, розміри зазорів молотильного барабана та налаштування вентиляторів комбайна. Це необхідно для максимального зниження втрат і уникнення пошкодження зерна.

Пропозиції по вдосконаленню технології вирощування насіння сої в господарстві.

На основі здійсненого аналізу актуальних технологій культивування сої, можна сформулювати такі пропозиції для їх покращення, враховуючи особливості конкретного господарства, а саме: впровадження енергоощадної обробки ґрунту. Здійснювати поступовий перехід від звичайної оранки до мінімального або нульового обробітку ґрунту (дискування, чизелювання).

Такий підхід сприятиме зниженню споживання енергії, зменшенню ущільнення ґрунту, покращенню збереження вологи та активізації біологічних процесів; застосування мікроелементів, таких як молібден, бор і кобальт, разом з ключовими макроелементами (NPK) збільшує ефективність взаємодії з бульбочковими бактеріями, що, у свою чергу, сприятливо позначається на якості зерна.

Одним із не менш важливих пропозицій можна вважати вдосконалення посівної технології. Рекомендується застосовувати сівалки точного висіву з регулюванням глибини, на кшталт ВЕСТА-8 чи УПС-8, в комбінації з тракторами моделі МТЗ-82. Це дасть змогу гарантувати однорідну щільність стояння рослин, зменшити явище пересівання та підвищити загальну врожайність.

Покращення якості післязбирального очищення пропонуємо шляхом модернізації пневмосистеми повітряного сепаратора АСХ-5, додавши струнне решето в додатковий канал для підготовки зернового матеріалу перед введенням.

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ОЧИЩЕННЯ СОЇ НА ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИНАХ

Умови виконання операції очищення сої

Одразу після збирання сої комбайнами John Deere, отримане насіння потребує очищення від домішок, таких як бур'яни, пил та пошкоджені зерна.

Цей процес здійснюється на зерноочисних майданчиках господарств або на спеціалізованих післязбиральних комплексах. Важливо, щоб температура повітря під час очищення була не нижче +5 °С, а відносна вологість не перевищувала 75%.

Операцію з очищення соєвого насіння проводять на току, або на зерновому складі, або на елеваторі. Ефективність цього технологічного процесу значною мірою визначається дотриманням оптимальних параметрів, таких як вологість насіння, температурний режим, технічний стан обладнання для очищення зерна та організація всього процесу.

Основні чинники, що впливають на якість очищення:

Вологість зерна: Для ефективного очищення, вологість сої має бути в межах 14–16 %. Якщо вологість вища за 17 %, зерно очищується гірше, злипається та швидко пошкоджується [14].

Температурний діапазон: Рекомендована температура повітря в приміщенні – не менше +5 °С. Занадто низька температура повітря може негативно вплинути на пневмосепарацію.

Потужність електромережі та стан обладнання: При вмісті домішок понад 15-20 % збільшується навантаження на ситові та вентиляторні блоки, що погіршує якість фракціонування.

Потужність електромережі та стан обладнання: Машина АСХ-5 працює від електроприводу; стабільна напруга (380 В) необхідна для безперебійної роботи всіх елементів. Не дозволяється використовувати машини з люфтами, зношеними ситами або пошкодженими вентиляторами.

Дотримання правил техніки безпеки: Очищення проводиться у спеціально обладнаних та провітрюваних приміщеннях з твердим, рівним покриттям.

Обслуговування обладнання допускається тільки після повного відключення від електромережі.

Агротехнічні вимоги до очищення сої

Агротехнічні вимоги - це сукупність стандартів та характеристик, які повинна гарантувати зерноочисна машина в процесі технологічної операції. Вони визначаються з урахуванням біологічних особливостей культури, поставлених агротехнічних задач та критеріїв до якості посівного матеріалу.

Насіння сої потребує сушіння таким чином, щоб швидкість втрати вологи з поверхні зерна не перевищувала швидкість її переміщення з середини зерна до його краю. В іншому випадку, нерівномірне висихання різних частин зернини стане причиною їх нерівномірного стискання, що, у свою чергу, призведе до розтріскування зерна. Сою, як і кожен іншу зернову бобову культуру, безсумнівно, слід просувати з етапом вилежування.

Основні агротехнічні вимоги до процесу очищення сої мають включати у собі наступні етапи, а саме:

Якість очищення: Видалення щонайменше 98 % сміттєвих домішок з насінини сої, вміст насіння бур'янів - не більше 0,2 %, припустимі пошкодження насіння - не більше 2 %, вміст щуплого, битого чи зламаного зерна - не повинно перевищувати більше ніж 3 %.

Збереження посівних властивостей: Зниження енергії проростання через травмування – не дозволяється, температура насіння після обробки - не має перевищувати показник, вищий за температуру навколишнього середовища більш ніж на 5-6 °С; Вологість насіння - на виході не повинна бути більше 14 %.

Рівномірність калібрування: Відокремлення фракцій насіння повинно відповідати щонайменше 90 % точності, Дозволена нерівномірність фракцій - ± 5 %.

Продуктивність агрегату: При запланованій продуктивності 5 т/год - машина має забезпечити стабільне очищення з мінімальними втратами та перевантаженнями, припустимі втрати кондиційного насіння у відходи - не перевищують 1 %.

Адаптація до особливостей сої: Соя має округлу форму, слизьку поверхню та легко травмується, Решета мають відповідати розмірам насіння (4,5-8,0 мм), Повітряні потоки потрібно регулювати з урахуванням низької маси насіння.

Основні агровимоги до роботи сепаратора АСХ-5 при очищенні сої

Таблиця 3.1

Показник	Норма
Якість очищення	$\geq 98 \%$
Вміст пошкодженого зерна	$\leq 2 \%$
Вміст насіння бур'янів	$\leq 0,2 \%$
Втрати кондиційного насіння	$\leq 1 \%$
Продуктивність агрегату	5 т/год
Температура насіння після обробки	Не більше ніж на 5 °С

Ключовою вимогою на завершальному етапі сушіння є охолодження насіння. Температура насіння має бути не більше ніж на 10 °С вище за температуру повітря навкруги.

Комплектування і підготовка агрегату до роботи

Для здійснення процесу очищення насіння сої використовуємо сепаратор АСХ-5.

Сепаратор типу АСХ - це аспіраційний сепаратор, який функціонує за принципом комбінованого очищення: попереднє очищення повітряним потоком.

Сепаратори марки АСХ із замкненим циклом повітря та з діаметральним вентилятором розроблені для сортування продуктів обрушення круп'яних

культур (вилучення лушпиння та борошняної пилу, контролю лушпиння, контролю готової продукції), а також для очищення зерна сої від аеродинамічно легких домішок.

Сепаратори використовуються у обрушувальних відділеннях круп'яних заводів і у зерноочисних відділеннях млинів та для попереднього та первинного очищення зернових, зернобобових та олійних культур, у тому числі й сої.

Зернова маса спрямовується у потік повітря, де відбувається розподіл на фракції, що базується на їхній питомій вазі. Легкі домішки переносяться потоком повітря в циклон чи систему пиловловлювання, а очищене зерно опускається вниз та спрямовується на вихід.

Під час післязбиральної обробки сої критично важливо позбутися полови, пошкодженого зерна, пилових часток. АСХ-5 забезпечує результативне виконання цього завдання без шкоди товарній якості насіння.

Особливо корисним є застосування сепаратора на етапі попередньої очистки перед зберіганням чи сушінням.

Підготовчі дії агрегата до роботи виконуються у такий спосіб:

Огляд зовні та очищення обладнання: Виявлення та видалення зайвих об'єктів, очищення каналів вентиляторів.

Технічне обслуговування: Контроль змащення підшипників (відповідно до технічної документації), додаткове затягування різьбових з'єднань, перевірка ступеня натягу приводних ременів.

Налаштування параметрів очищення: регулювання повітряного потоку (в залежності від вологості та щільності насіння).

Перевірка запуску: Короткочасне включення агрегату без навантаження, діагностика сторонніх шумів, вібрацій, перекосів.

По завершенню підготовчих заходів, обладнання АСХ-5 визнається придатним до використання. Оператор зобов'язаний пройти навчання та суворо дотримуватися правил техніки безпеки протягом усього робочого процесу.

*Розробка операційно-технологічної карти на повітряне очищення
насіння сої*

Визначасмо кількість працівників, що потрібні для обслуговування сепаратора АСХ за допомогою наступних розрахунків:

Знайдемо час циклу, необхідний на обробку однієї порції насіння сої:

$$t_{\mu} = \frac{P_{\mu}}{Q_c}$$

де, t_{μ} - час тривалості одного циклу очищення партії насіння сої, т/год;

P_{μ} - вага одного мішка насіння сої, $P_{\mu}=50$ кг;

Q_c - продуктивність агрегату т/год, $Q_{\text{баз}} = \frac{5000}{3600} \approx 1,39 \text{ кг} / \text{с}$;

$$Q_{\text{мод}} = \frac{5500}{3600} \approx 1,53 \text{ кг} / \text{с}.$$

Обчислимо тривалість циклу обробки порції матеріалу сої:

- для базового сепаратора

$$t_{\text{баз}} = \frac{50}{1,39} \approx 35,9 \text{ с}$$

- для модернізованого сепаратора

$$t_{\text{мод}} = \frac{50}{1,53} \approx 32,7 \text{ с}$$

Знайдемо час, який треба витратити на обслуговування повітряного сепаратора АСХ:

$$t_{\text{об}} = t_{\text{зав}} + t_{\text{від}} + t_{\text{скл}}$$

де, $t_{\text{об}}$ - час, який витрачається на обслуговування сепаратора АСХ, с;

$t_{\text{зав}}$ - час, котрий необхідно витратити на завантаження, очищення насіння сої в сепаратор, с;

$t_{\text{від}}$ - час, що витрачається на розвантаження та компонування домішок після очищення сої, с;

$t_{\text{скл}}$ - час, що витрачається на транспортування очищеної сої з сепаратора та організацію зберігання очищеного насіння.

Отже, тривалість обслуговування сепаратора АСХ під час очищення сої, беручи до уваги нормативні показники часу, що використовує господарство, дорівнює:

$$t_{\text{обсл}} = 9 + 5 + 5 = 19 \text{с}$$

Визначимо необхідну кількість робітників, які потрібні для обслуговування сепаратора, використовуючи формулу:

$$K_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{обсл}}}{t_{\mu}}$$

Тоді,

- для умов роботи із базовим сепаратором

$$K_{\text{пр.баз}} = \frac{19}{35,9} = 0,52$$

- для умов роботи із модернізованим сепаратором

$$K_{\text{пр.мод}} = \frac{19}{32,7} = 0,58$$

Тобто, для роботи з базовим або модернізованим сепаратором на очищення сої цілком достатньо одного працівника.

Визначимо витрати праці, які необхідні для проведення операції післязбирального очищення сої у господарських умовах за допомогою наступної формули:

$$T_n = \frac{W_p}{H_g} \cdot t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{пр}}$$

де, T_n - витрати праці для здійснення очищення насіння сої для кожної з відповідних технологій, люд·год;

W_p - загальний обсяг запланованих робіт з очищення насіння сої,

$$W_p = 1,2 \cdot 50 = 60;$$

H_g - норма на очищення сої за одну зміну, т/зм;

$t_{\text{зм}}$ - тривалість робочого періоду при очищенні сої, год;

$K_{\text{пр}}$ - кількість співробітників, які обслуговують сепаратор, чол.

- витрати праці під час очищення насіння сої базовим сепаратором

$$T_{н.б} = \frac{60}{40} \cdot 8 \cdot 1 = 12 \text{ люд} \cdot \text{год}$$

- витрати праці під час очищення насіння сої модернізованим сепаратором

$$T_{н.м} = \frac{60}{44} \cdot 8 \cdot 1 = 10 \text{ люд} \cdot \text{год}$$

Визначення витрат електроенергії на очищення насіння сої

Загальні втрати електроенергії у фермерського господарства під час процесу очищення насіння сої від різних домішок визначаються наступним співвідношенням:

$$B_{заг} = B_m \cdot W_p$$

де, $B_{заг}$ - витрати енергії, потрібні для здійснення повного циклу очищення насіння сої, кВт;

B_m - витрати електроенергії, необхідні для здійснення процесу очищення 1 тонни насіння сої, кВт;

W_p - загальний обсяг роботи з очищення насіння сої, т.

Тобто, витрати на очищення 1 т насіння сої зумовлені загальними енергозатратами машини та її потужністю, а саме:

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

де, N - загальна витрата енергії, що споживається повітряним сепаратором, якщо врахувати процеси завантаження та розвантаження, упродовж однієї години його безперебійної роботи, кВт/год;

Q – продуктивність повітряного сепаратора, згідно його паспортних даних, при роботі з насінням сої, т/год.

Обчислимо відповідні енерговитрати для очищення 1 т насіння сої, застосовуючи базовий і модернізований сепаратори:

- енерговитрати на 1 т продукції для базового сепаратора

$$B_{м.б} = \frac{5}{5} = 1 \text{ кВт} / \text{т}$$

- енерговитрати на 1 т продукції для модернізованого сепаратора

$$V_{m.б} = \frac{2,24}{5,5} = 0,4кВт / т$$

Виконаємо обчислення енергетичних витрат для загального обсягу запланованих робіт з очищення насіння сої:

- витрати енергії на увесь обсяг робіт під час роботи базовим сепаратором

$$V_{заг.б} = 1 \cdot 60 = 60кВт$$

- витрати енергії на увесь обсяг робіт під час роботи модернізованим сепаратором

$$V_{m.мод} = 0,4 \cdot 60 = 24кВт$$

Виходячи з розрахунків, можемо знайти кількість енергії, яку можна зменшити за допомогою модернізованої машини. Для цього скористаємося наступною формулою:

$$E = V_{заг.б} - V_{заг.м} = 60 - 24 = 36кВт$$

Контроль якості роботи

Ефект очистки насіння сої після її очищення повинен вміщати в собі не більше 2% частки смітних домішок. Частка бур'янів і насіння, що не відповідає стандартам - не більше 0,2%. Цілісність насіння має становити близько 98%. Очищена соя не повинна вміщати в собі травмоване або пошкоджене насіння. Насіння мусить бути однорідним за розміром та масою, аби гарантувати рівномірний висів. калібрування потребує точності ≥ 90 %. Допустимі втрати зерна при відходах мають сягати не більше 1%.

Контроль за якістю очищення реалізується шляхом відбирання зразків після проходження зерна через сепаратор. Зразки підлягають лабораторному дослідженню з метою визначення домішок, вологості та цілісності.

В процесі роботи фіксується журнал контролю якості очищення, де реєструються номер партії та загальний об'єм очищеного насіння, ключові параметри згідно з результатами перевірок та виявлені невідповідності та прийняті коригувальні дії.

Таблиця 3.2 - Методи контролю очищення сої

Показник	Метод контролю	Періодичність
Вміст смітних домішок	Візуальний та лабораторний аналіз	Через кожні 2-3 т
Втрати насіння	Відбір проб з відходів	Щозмінно
Стан решіт і повітряного потоку	Огляд агрегату, контроль за зсипанням фракцій	Постійно (оператор)
Вібрація, шум, рівномірність подачі	Слуховий контроль і огляд	Щодня перед запуском

У разі, якщо якісні характеристики очищення не відповідають затвердженим нормам, з'ясовують причини відхилень, здійснюють їхнє комплексне усунення та проводять повторну перевірку якості функціонування сепаратора. У разі збільшення частки сміття - потрібно замінити решета чи скоригувати їх нахил.

Якщо спостерігається підвищення травмування насіння - необхідно зменшити інтенсивність подачі або зменшити потік повітря. У випадку зниження продуктивності - варто перевірити забивання сит або заслінок.

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1 Огляд зерноочисних машин аналогічного призначення

З метою оцінки продуктивності сепаратора АСХ-5, доречно провести його порівняльний аналіз з подібними машинами, які використовуються для обробки насіння сої та інших зернобобових культур. Вивчення таких машин дасть можливість встановити технічний рівень наявних рішень, виділити їх сильні сторони, слабкі місця та аргументувати необхідність модернізації.

1. САД-5 (Сепаратора Аеродинамічний), Україна

Вид: стаціонарний аеродинамічний сепаратор.

Продуктивність: до 5 т/год.

Принцип роботи: застосування різниці аеродинамічної щільності зерна та домішок.

Ознака: відсутній решітний блок, використовує повітряні потоки різної сили.

Переваги: незначний рівень травмування, нескладна конструкція.

Недоліки: потребує надзвичайно точного налаштування та значних витрат електроенергії при очищенні сильно забруднених мас.



Рисунок 4.2 Сепаратор аеродинамічний (САД-5)

2. ІСМ-5 (Аеродинамічний зерновий сепаратор), Україна

Тип: інерційно-решітний сепаратор.

Продуктивність: 5-6 т/год.

Конструкція: багатоступенева система решіт із регульованими отворами та двома вентиляторами.

Оснащення: передбачає аспіраційний канал і ситову очистку.

Переваги: висока якість очищення (до 98 %), низькі втрати кондиційного зерна.

Недоліки: складна система регулювання, вища вартість у порівнянні з вітчизняними аналогами.



Рисунок 4.3 Аеродинамічний зерновий сепаратор ІСМ-5

Таблиця 4.3 Порівняльна таблиця машин аналогічного призначення

Показник	АСХ-5	САД-5	ІСМ-5
Продуктивність, т/год	5	5	5-6
Система очищення	аспірація	повітряна (аеродинаміка)	решета + подвійна аспірація
Складність регулювання	середня	висока	висока
Травмування насіння	низьке	мінімальне	мінімальне
Ціна	середня	висока	висока

4.2. Опис об'єкту розробки сепаратора АСХ-5

Сепаратор АСХ-5 (аспіраційний сепаратор) розроблено для попереднього та первинного очищення зернової сировини від крупного, легкого та дрібного сміття. Його застосовують на елеваторах, зерноскладах та насінневих підприємствах для обробки зернових, бобових і олійних культур, зокрема сої.

Зернова маса потрапляє в потік повітря, де відбувається розподіл на фракції відповідно до їхньої щільності. Легкі домішки виносяться повітрям або системами очищення від пилу, тоді як чисте зерно осідає вниз і транспортується на вихід [5].

Завдяки простоті конструкції й універсальності, АСХ-5 добре очищає насіння, зберігаючи його якість, проте має перспективу для покращення, особливо під час роботи з культурою, яка чутлива до травмування – а саме, соя.

Таблиця 4.2 - Основні технічні характеристики АСХ-5

Параметр	Значення
Продуктивність	5 т/год
Встановлена потужність	2,2-3,0 кВт
Частота обертання вентилятора	900-1200 об/хв
Глибина аспіраційного каналу	130 мм
Висота завантаження	до 2,4 м

Сепаратор АСХ-5 складається з наступних ключових частин: Завантажувальний бункер, потрібен для рівномірного надходження зерна; аспіраційний канал - виносить легкі домішки потоком повітря; шлюзовий затвор - герметично вивантажує відходи; вентилятор - забезпечує регульований потік повітря; корпус з колекторами - зберігає герметичність та відводить повітря.



Рис 4.1 Сепаратор АСХ-5

Принцип роботи сепаратора схожий із принципом роботи АСХ-2.5.

Зерно надходить до завантажувального бункера, звідки рівномірно прямує до аспіраційного каналу. У каналі легкі домішки виносяться потоком повітря в аспіраційний тракт.

Завдяки регулюванню повітряного потоку досягається стабільна якість очищення насіння сої.

Обґрунтування модернізації зерноочисного сепаратора

Модернізація обладнання передбачає встановлення струнного решета в додатковий повітряний канал, що сприятиме підвищенню ефективності розділення легких домішок перед введенням в основний канал.

Одним з ключових елементів, що впливає на ефективність очищення насіння сої у сепараторі АСХ-5, є повітряна система машини.

Саме на неї покладається завдання розділення зернової маси на фракції відповідно до розміру, а також відокремлення дрібного, пошкодженого зерна та незначних механічних домішок.

Але у стандартній конструкції сепаратора АСХ присутні певні недоліки, що знижують результативність його роботи з соєю.

У конструкції сепаратора АСХ-5 виявлено недосконалості в ефективності аспіраційного очищення при обробці сої. Зокрема, при збільшеній засміченості вороху (12-14 %) та присутності легких домішок (лушпиння, пил), наявний повітряний канал не гарантує сталого видалення цих часток без втрат кондиційного зерна.

З огляду на це, було обґрунтовано та розроблено конструктивне рішення – встановлення додаткового повітряного каналу, розміщеного перед основним каналом очищення. Це дає можливість:

- Гарантувати додаткове розділення легкої фракції;
- Підвищити якість очищення;
- Зменшити ризик травмування

Всі ці вдосконалення мають на меті збільшити ефективність очищення сої та гарантувати відповідність агротехнічним стандартам, не змінюючи загальну конструкцію машини. Завдяки цьому модернізація стає фінансово вигідною для господарств із середнім рівнем технічного забезпечення.

4.3. Технологічний розрахунок основних параметрів сепаратора

4.31 Визначення продуктивності АСХ-5

Для визначення параметрів пневмосепаруючої системи під час роботи сепаратора АСХ використаємо стандартну методику, враховуючи, що сепаратор здійснює очищення насіння сої з годинною продуктивністю $Q = 5$ т/год. Тоді секундна продуктивність удосконаленого сепаратора буде дорівнювати:

$$q = \frac{Q}{3600} = \frac{5000}{3600} = 1,39 \text{ кг/с}$$

4.32 Визначимо, яка частка домішок надходить на очищення в область впливу повітряного потоку, приймаючи до уваги, що засміченість зібраного насіння сої складає $Z = 14\%$, відповідно:

$$Q_{\text{дом}} = Q \cdot \frac{Z}{100} = 5 \cdot 0,14 = 0,7 \text{ т/год}$$

де, $Q_{\text{дом}}$ – кількість домішок у воросі, т/год;

Q – загальна маса вороху (зерна з домішками), т/год;

Z – відсотковий вміст домішок у зерні, %.

Кондиційного зерна:

$$Q_{\text{кон}} = Q - Q_{\text{дом}} = 4,3 \text{ т/год}$$

Визначення необхідної площі струнного решета:

Для вирощування сої рекомендується, щоб навантаження на кожний квадратний метр струнного решета не перевищувало 2 т/год.

$$F_{\text{реш}} = \frac{Q}{q_{\text{пит}}} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м}^2$$

Де, $F_{\text{реш}}$ – необхідна площа струнного решета, м^2 ;

Q – продуктивність агрегату, т/год;

$Q_{\text{пит}}$ – питоме навантаження на 1 м^2 решета, т/год/ м^2 (для сої ≈ 2 т/ $\text{м}^2 \cdot \text{год}$).

Необхідна загальна площа струнного решета повинна дорівнювати = 2,5 м^2 .

4.33 Розрахунок швидкості повітряного потоку в аспіраційному каналі

Враховуючи, що глибина каналу дорівнює $C=130\text{мм}$ ($=0,13\text{м}$), розрахункова швидкість повітряного потоку для сої буде становити:

$$v = \frac{Q_{\text{пов}}}{F_{\text{пов}}}$$

Приймаємо орієнтовну витрату повітря $Q_{\text{пов}} = 2500 \text{ м}^3/\text{год}$ відповідно до технічного паспорту сепаратора АСХ-5. Це відповідає $0,694 \text{ м}^3 / \text{с}$

$$Q = \frac{2500}{3600} = 0,694 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Площу перерізу каналу агрегату приймаємо $W \approx 0,3 \text{ м}$.

$$F_{\text{кан}} = C \cdot W = 0,13 \cdot 0,3 = 0,039 \text{ м}^2$$

Де, $F_{\text{кан}}$ - площа поперечного перерізу аспіраційного каналу, м^2 ;

C - глибина каналу, м (приймаємо її згідно вихідних даних $130\text{мм} = 0,13 \text{ м}$);

W - ширина каналу, м (приймаємо згідно техпаспорту $\approx 0,3 \text{ м}$).

$$v = \frac{Q_{пов}}{F_{кан}} = \frac{0,694}{0,039} \approx 17,8 \text{ м/с}$$

Де, v - швидкість повітряного потоку, м/с;

$Q_{пов}$ - витрата повітря, м³/с;

$F_{кан}$ - площа поперечного перерізу аспіраційного каналу, м².

Отримане значення відповідає швидкості на виході вентилятора, однак у робочому аспіраційному каналі швидкість повітря повинна бути в межах 6–8 м/с для ефективного поділу зерна та домішок без пошкодження культури.

Завдяки цьому досягається зниження швидкості повітря до оптимального значення.

Отже, в результаті проведених розрахунків отримано основні параметри та висновки згідно параметрів пневмосепаруючої системи сепаратора-аспіратора АСХ-5:

- Площа струнного решета повинна становити щонайменше 2,5 м²
- Швидкість повітря в аспіраційному каналі є оптимальною (8 м/с).
- Відсоток домішок за зазначеної засміченості дорівнює 14 %, що вимагає двоступеневого очищення.
- Продуктивність на виході кондиційного насіння сягає 4,3 т/год, із втратами, що не перевищують 1 %.
- Фактична конструкція передбачає встановлення додаткового каналу регулятора повітряного потоку з середньою швидкістю від 6 до 8 м/с.

4.4 Кінематичний розрахунок

На основі поданих вище технологічних розрахунків, як вихідні дані для розрахунку механізму приводу, візьмемо: частота обертання вала сепаратора АСХ-5 складає $n=300$ об/хв,. Потужність, яка необхідна для приведення в роботу вентилятора становить $N=0,25$ кВт. Номінальна частота обертання валу обраного для приводу становить $n=1500$ об/хв. Загальна схема механізму передач наведена на рис. 4.

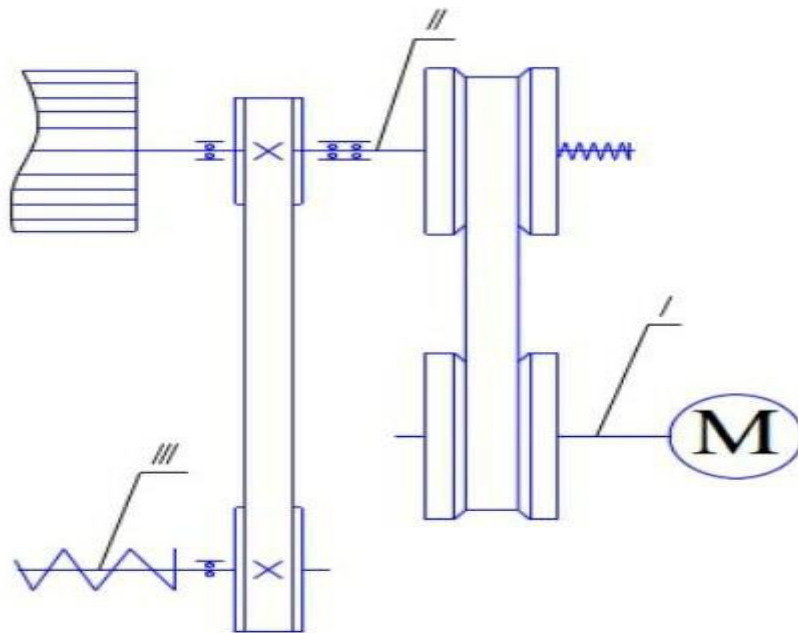


Рис. 4. Кінематична схема приводу сепаратора АСХ

Обчислимо загальний коефіцієнт передачі механізму передач приводу вентилятора, що можливо здійснити за такою формулою:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{300} = 5$$

Знайдемо кутову швидкість обертання привідного вала:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 300}{60} = 31,4 \text{ рад/с}$$

Де, ω - кутова швидкість обертання вала, рад/с;

n - частота обертання вала, об/хв;

2π - кут у радіанах одного оберту (360°).

Підбір діаметрів шківів: У практиці машинобудування найчастіше використовуються шківви з діаметром: 80, 100, 125, 160, 200 мм – згідно ГОСТ. Шків з діаметром 100 мм добре балансує оберти електродвигуна сепаратора АСХ (1500 об/хв), він не перевантажує вал двигуна та робить його більш зручним і дешевшим у використанні.

$$D_2 = i \cdot D_1 = 5 \cdot 100 = 500 \text{ мм}$$

де, D_2 – діаметр веденого шківви на ексцентриковому валі, мм;

D_1 – діаметр ведучого шківви на валу електродвигуна, мм.

Таким чином, завдяки проведеним розрахункам ми можемо бачити усі конструктивні особливості механізму приводу, а саме ремінного приводу, який здатен забезпечити усі необхідні процеси передаточних відношень для роботи сепаратора АСХ.

4.5 Обґрунтування енерговитрат на процес очищення сої

Обґрунтувати енергоефективність модернізованої конструкції сепаратора АСХ-5, який використовується для очищення насіння сої, шляхом розрахунку загальних та питомих енерговитрат на процес очищення можна за допомогою наступної формули:

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2 + N_3$$

де, N_{Σ} - Сумарні витрати енергії на процес очищення сої, кВт;

N_1 – потужність, яка витрачається на завантаження повітряного сепаратора, кВт;

N_2 – сумарна потужність, що потрібна для проведення робіт з зерноочистки, кВт;

N_3 – потужність, яка відводиться на відвантаження очищеного насіння сої після проведення зерноочистки, кВт.

Потужність електродвигуна, що приводить у рух такий транспортер, визначається за формулою:

$$N = 0,736 \cdot k \frac{N_{ш}}{\eta}$$

де, 0,736 – емпіричний коефіцієнт, що враховує перехід від механічної потужності до електричної;

k – коефіцієнт перевантаження (з урахуванням пікових моментів на старті), приймаємо $k=1,3$;

$N_{ш}$ – розрахункова потужність шнекового завантажувача (для подачі зерна) – приймаємо 0,031 кВт;

η - ККД черв'ячної передачі, приймаємо $\eta=0,85$.

Тоді,

$$N_1 = 0,736 \cdot 1,3 \cdot \frac{0,031}{0,85} = 0,033 \text{ кВт}$$

Отже, для роботи шнекового завантажувача насіння сої у повітряний сепаратор АСХ-5 рекомендується підібрати двигун АИР71А6, який має такі основні параметри [8]:

- ефективна потужність $N=0,37$ кВт;
- частота обертання $n_{дв}=1000$ об/хв;
- напруга, яка необхідна для двигуна $U=380$ В;
- кількість фаз – трьохфазний;
- тип двигуна – асинхронний.

Виконаємо обчислення для визначення потужності вентилятора, котрий формує потік повітря - ключовий фактор, що забезпечує розділення сої у пневматичній системі сепаратора. Необхідна потужність вентилятора розраховується за формулою:

$$N_2 = \frac{V \cdot p_n \cdot K_n}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_n \cdot n_m}$$

де, N_2 - потужність вентилятора під час створення потоку повітря, кВт;

V - загальний обсяг використаного повітря, що проходить через пневматичну систему сепаратора в процесі його функціонування з очищення сої, м³/год;

p_n - втрати тиску під час пневмосепараційного процесу в пневмосистемі, кгс/м²;

K_n - необхідний для коректної експлуатації вентиляційного устаткування коефіцієнт потужності в момент активації та в умовах максимального навантаження (перенавантаженнях), $K_n = 1,3$;

η_n - ККД механізму приводу вентилятора, для черв'ячної передачі складає $\eta_n = 0,85$;

n_m - коефіцієнт корисної дії, що враховує витік повітря у крильчатці вентилятора та втрати на тертя в її складових. $n_m = 0,4$.

Виконаємо обчислення, підставивши вказані параметри. В результаті отримаємо розрахункове значення потужності вентилятора:

$$N_2 = \frac{1000 \cdot 58 \cdot 1,3}{3600 \cdot 102 \cdot 0,85 \cdot 0,4} = 0,6 \text{ кВт}$$

Отже, для запуску вентилятора треба прийняти електродвигун типу АИР90L6, який має такі характеристики [8]:

- потужність двигуна $N=1,5$ кВт;
- частота обертання валу $n_{об} = 1000 \text{ об/хв}$;
- напруга живлення – трьохфазний, 220/380;
- тип двигуна – асинхронний.

Визначимо необхідну потужність двигуна, що забезпечить обертання шнека-вивантажувача очищеного насіння сої, використовуючи формулу, аналогічну до тієї, що застосовується для шнека-завантажувача:

$$N_3 = 0,736 \cdot k \frac{N_w}{\eta_n}$$

Тоді,

$$N_3 = 0,736 \cdot 1,3 \cdot \frac{0,006}{0,85} = 0,006 \text{ кВт}$$

Отже, для запуску шнека-вивантажувача домішок, обираємо двигун АИР71А6, який має наступні основні параметри [8]:

- ефективна потужність $N=0,37$ кВт;
- частота обертання $n=1000$ об/хв;
- напруга, яка необхідна для двигуна $U=380$ В;
- кількість фаз – трьохфазний;
- тип двигуна – асинхронний.

Загальна потужність, що необхідна для роботи двигунів обладнання для очищення зерна під час процесу очищення насіння сої, складає:

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2 + N_3 = 0,37 + 1,5 + 0,37 = 2,24 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна, що приводить сепаратор АСХ-5 до його вдосконалення, не враховуючи навантаження згідно з технічною документацією, дорівнює [5]:

$$N_c = 1,1 \text{ кВт}$$

Висновки по розділу. В ході виконання інженерної частини дипломної роботи запропоновано конструктивну модернізацію - додавання додаткового повітряного каналу.

На основі проведених розрахунків було визначено оптимальні параметри роботи машини. А саме: розраховано параметри додаткового повітряного каналу: площу поперечного перерізу, швидкість повітря, витрату, потужність вентилятора.

Встановлено, що необхідна витрата повітря складає $2500 \text{ м}^3/\text{год}$, робоча швидкість повинна становити $3-5 \text{ м/с}$, за якої забезпечується ефективне очищення вороху сої без втрат кондиційного насіння.

Підібрано електродвигуни для функціонування вентиляторів додаткового каналу сепаратора.

Отримані результати підтверджують доцільність запропонованої модернізації конструкції сепаратора, що дозволить покращити якість насіння, зменшити засміченість та гарантувати стабільну роботу сепаратора в умовах господарства.

5. Охорона праці

Робота із зерноочисними машинами, зокрема з сепаратором АСХ-5, містить в собі чимало загроз, серед яких: забруднення повітря пилом, шум, вібрації, обертові деталі механізмів, а також ймовірність удару електричним струмом. Отже, створення безпечних умов праці під час очищення насіння сої - це нагальна потреба для збереження здоров'я робітників та безперебійної експлуатації обладнання.

Під час експлуатації зерноочисних машин можуть виникати шкідливі фактори, зокрема: запилення повітря, шум від обертання механізмів, вібрації, обертові частини механізмів, електричний струм.

Для забезпечення безпеки праці робітників від негативного впливу пилу, що може виникати під час експлуатації сепаратора, персонал забезпечується індивідуальними засобами захисту: респіратор У-2К, згідно ТУ 1622, або марлевою пов'язкою [18]. Приміщення, де сепаратор монтується та функціонує, обов'язково оснащується ефективною та продуктивною системою вентиляції.

З метою зменшення шуму на модернізованому повітряному сепараторі АСХ необхідно вжити такі заходи:

- для зменшення шуму у робочих органах сепаратора слід провести змащення, де це можна зробити та встановити усі елементи, які створюють шуми на пружні звукоізоляційні прокладки.

- в робочих зонах, де шум перевищує 80 дБа і більше треба позначити спеціальними знаками зі стандартом безпеки згідно ГОСТ 12.4.026.

На сепараторі насіння сої обов'язково наносити надписи: «Обслуговування і ремонт виконувати при відключених рубильниках». «Відкрито» або «Закрито» та інші.

На кожухах вентиляторів, електродвигунів та варіаторів з клинопасовою передачею наносяться стрілки, котрі вказують напрям обертання. Колір фарби, якою малюють стрілки, має бути контрастний до кольору машини.

Для забезпечення легкого та безпечного очищення осадового пристрою приймального та відповідного патрубків від залишків продуктів очищення сепаратора передбачені спеціальні вікна.

Кінцевий вимикач закріплений біля подавального транспортера, гарантує, що під час відкриття сепаратора автоматично припиняється подача електроенергії. Це зупиняє зерноочисну машину, унеможливаючи травмування працівників.

Всі металеві елементи сепаратора, що проводять струм та є складовим електричного обладнання, котрі здатні під час функціонування опинитись під напругою, або через пошкодження ізоляції, або ж через механічні дефекти електричного обладнання, підлягають заземленню. З цією метою сепаратор під'єднується до заземлювального пристрою відповідно до стандартної схеми.

Для подачі звукового попередження перед запуском робочих органів сепаратора АСХ, на ньому монтують сирену СС-143 на 220 В, 50 Гц, згідно з ТУ-25-00.1044. Електрообладнання додатково захищене температурним захистом УВТЗ-5, що вимикає сепаратор у разі екстремальних температурних умов.

Щоб запобігти проникненню пилу у підшипники сепаратора з внутрішньої стінки їх корпусів, необхідно встановити гумові ущільнювачі з притискними фланцями.

Перевезення сепаратора відбувається згідно з положенням «Загальних правил перевезень вантажів автомобільним транспортом».

6. Висновки

В процесі виконання дипломної кваліфікаційної роботи було проведено аналіз технологічного процесу вирощування насіння сої, а також запропоновано пропозиції до вдосконалення технології вирощування та покращення післязбиральної обробки зерна з використанням модернізованого повітряного сепаратора АСХ-5.

В операційно-технологічному розділі здійснено розрахунок ефективності впровадження модернізованого обладнання, який підтвердив доцільність використання запропонованого удосконалення в умовах господарства.

Визначено, що недоліком існуючого сепаратора АСХ-5 є недостатньо висока ефективність очищення при збільшенні навантаження на пневмосепараційний канал. В наслідок цього відбувається виніс повноцінного зерна у відходи та зниження повноти розділення насіння сої.

Нами запропоновано встановлення додаткового повітряного каналу та струнного решета. Це дасть можливість покращити підготовку зернового матеріалу відносно його аеродинамічних властивостей. Відповідно кожна фракція буде введена в різні шари пневмосканалу та буде суттєво зменшено зіштовхування часток суміші.

В інженерній частині визначено раціональні параметри сепаратора, а саме: розраховано параметри додаткового повітряного каналу, площу поперечного перерізу, швидкість повітря, витрату, потужність вентилятора.

Встановлено, що необхідна витрата повітря складає 2500 м³/год, робоча швидкість повинна становити 3-5 м/с, за якої забезпечується ефективне очищення сої без втрат кондиційного насіння.

В розділі «охорона праці» проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі з сепаратором та запропоновано заходи щодо їх покращення.

Список використаної літератури

1. Соя: особливості вирощування культури в Україні [Електронний ресурс] // [Zemliak.com](https://zemliak.com) : аграрний інформаційний портал. - Режим доступу: <https://zemliak.com/kultury/8670-soya>
2. Соя – стратегічна культура світового землеробства: бібліогр. покажч. / Полтав. держ. аграр. акад., б-ка; [уклад. ІІ Фіненко; наук. ред. Л.Г. Білявська; відп. за вип. Л.О. Снітко]. – Полтава: ПДАА, 2017. – 100 с. :іл.
3. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) / В. В. Кириченко, С. С. Рябуха, Л. Н. Кобизєва, О. О. Посилаєва, П. В. Чернищенко; монографія / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. - Х., 2016. - 400 с.
4. Культура охорони праці: рек. покажч. літ. / уклад. А. А. Ястремська; за ред. О. Г. Пустова, Д. В. Ткаченко. - Миколаїв: МНАУ, 2019. - 80 с.
5. ТОВ "СІМО". Сепаратор повітряний АСХ-5 [Електронний ресурс] // simo.com.ua: офіційний сайт. - Режим доступу: <https://simo.com.ua/ua/obladnannya/aspiratoryi/separator-vozdushnii-ash-5>
6. Саранюк, А. С., В. Г. Міхеєв, and О. О. Міхеєва. "Насіннева продуктивність сої залежно від способів сівби." (2023).
7. Мазур, В. А., Ткачук, О. П., Панцирева, Г. В., & Купчук, І. М. (2022). Соя в інтенсивному землеробстві. Вінниця: «Нілан-ЛТД», 220 с.
8. Каталог електродвигунів AIR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrovdigatelej_air/
9. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. - К.: УкрНДНЦ, 2015.
10. Гудзь, С., et al. "Мікробіологічна активність ґрунту за вирощування сої з різними варіантами добрив." *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv/Vestnik Kievskogo Nacionalnogo Universiteta Imeni Tarasa Shevchenko* 80.1 (2020).
11. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Сало В.М., Лещенко

С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. - Х.: Мачулін, 2016. - 244 с.:
ід. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5475>.

12. ДСТУ 2240:2003. Насіння сільськогосподарських культур. Посівні якості. Технічні умови. - К.: Держспоживстандарт України, 2003. - 15 с.

13. Обробіток ґрунту під сою: важливі нюанси [Електронний ресурс] // AgroBusiness : аграрне видання. - 2023. - Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/13934-obrobitok-gruntu-pid-soiu-vazhlyvi-niuansy.html>

14. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови (61255)

15. Сівозміна сої: які культури краще вирощувати до і після сої [Електронний ресурс] // snpk.in.ua : аграрний портал. - Режим доступу: <https://snpk.in.ua/sivozmina-soyi>

16. 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. Магопечь. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. - 99 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/eedef525-77bb-4dad-b450-a9b7cef948bf>

17. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: Підруч. у 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. - К. Агроосвіта, 2012. - 434 с.

18. Основи охорони праці: Підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. - Х.: Стиль-Издат, 2017. - 334 с.

19. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. - К.: Аграрна освіта, 2010. - 617 с.

ДОДАТКИ