Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

"Допущено до захисту"
Зав. кафедрою СГМ
д.т.н., професор
_____Микола СВІРЕНЬ
"___" _____20 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Механізація вирощування сої з дослідженням та вдосконаленням очищення врожаю зерноочисною машиною»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи AI-20M(1,4)-1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____Горяной Анатолій Анатолійович
«____»_____20 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
«_____»_____20 р.
Рецензент _____
_____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти_____

Галузь знань _____

Спеціальність_____

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма

_____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Микола СВІРЕНЬ

«___» _____ 2021 року

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

_____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

_____

_____

_____

_____

2. Керівник роботи (проекту)

_____

_____

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту)_____

_____

_____

_____

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання
«____» _____20___ р.
Підпис керівника

_____ _____
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«____» _____20___ р.

Підпис здобувача _____ _____
(прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ 6
2. Технологічна частина 8
3. Наукова частина 29
4. Охорона праці 55
5. Економічна частина 57
6. Висновок 59
Список використаної літератури 60
Додатки 64

1. Вступ

Сьогодення розвинених країн пов'язане із пошуком альтернативних джерел енергії, біоенергетики, енергії сонячного проміння тощо. Аграрна галузь України, в тому числі і рослинництво теж може вирішити, іноді хоч частково, певні питання альтернативної енергетики, а деякі культури рослинницької продукції, чи їх відходи, є цінною сировиною з точки зору виробництва біодизеля, біогазу, паливних пілетів тощо. Тому, керуючись енергетичною безпекою держави, питання стабільного вирощування продукції рослинництва, що є сировиною для альтернативної енергетики є дуже актуальним і таким, що має великі перспективи в майбутньому та здатним істотно підвищити економічну ефективність аграрної галузі. Серед таких культур чільне місце займає ріпак, соя, соняшник, кукурудза, деякі інші зернові та технічні культури.

З іншої точки зору, для нашої аграрної держави актуальним залишаються питання вирощування продовольчої та кормової продукції, хлібів різних ґруп, технічних і олійних культур, коренебульбоплодів тощо. Варто мати на увазі, що саме виробництво продукції рослинництва є найбільш продуктивною і бюджетонаповнюючою галуззю більшості регіонів України у сільському господарстві, а якщо забезпечити переробку продукції рослинництва, то й загалом у промисловості. Крім того, ми маємо значний потенціал територій, трудових ресурсів, родючі чорноземи, гарні ґрунтово-кліматичні умови вирощування, які сприяють отриманню стабільних, високих і якісних врожаїв.

З врахуванням вище сказаного, питання інтенсифікації технологічних процесів вирощування рослинницької продукції, вдосконалення окремих етапів технологічних процесів, використання більш надійних і продуктивних машин і агрегатів для кожної із ланок технологій, проведення вдосконалення

машин із ціллю покращення якісних і енергетичних показників їх роботи є доцільним та має велика народногосподарське значення.

Аналізуючи показники роботи базового господарства, встановлено, що досить значимою культурою за останні роки стала соя, оскільки вона є гарною культурою з точки зору планування та забезпечення сівозміни, а її врожай користується популярністю і має стабільну вартість на ринку готової продукції. Поряд з тим, аналіз існуючої технології вирощування сої в господарстві дозволяє відмітити, що складною ланкою залишається один із останніх етапів технологічного процесу – очищення зібраного врожаю, оскільки зерноочисні машини, які для цього використовувалися часто не в повній мірі проводили виділення домішок, а їх робочі органи суттєво пошкоджували насіння сої. Це прискорювало псування зібраного врожаю, його пліснявіння і зігрівання, а отже – якщо не повну втрату, то суттєве зменшення вартості збіжжя при його реалізації чи неможливість якісної переробки.

З врахуванням наведеної інформації, вдосконалення технологічного процесу вирощування сої в господарських умовах в цілому, та вдосконалення етапу післязбирального очищення зібраного врожаю із дослідженням та обґрунтуванням параметрів роботи зерноочисної машини, що для цього використовується і стало метою даної кваліфікаційної роботи.

2. Технологічна частина

2.1. Народногосподарське значення сої та аналіз технології її вирощування в господарських умовах

Соя останнім часом стає однією із сільськогосподарських культур, посіви і валовий збір якої демонструє стрімку динаміку до їх збільшення. Збільшення посівів сої та нарощування загальних обсягів її виробництва можна легко пояснити тим, що крім її продовольчої, кормової та лікарської цінності останнім часом цю культуру і побічні продукти її вирощування почали активно використовувати у альтернативній енергетиці, крім того соя є дуже цінною культурою сівозміни і гарним попередником до вирощування інших сільськогосподарських культур. Поступово соя і на теренах України стала стратегічно важливою сільськогосподарською культурою рослинництва, оскільки вона набула надзвичайно важливого значення у виробництві оліє екстрактної продукції, виготовленні продуктів харчування насичених білком, медицині, кормовиробництві, виробництві біодизеля та у виготовленні широкого спектра продукції харчової і переробної промисловості. Сою широко застосовують для виготовлення більше ніж 200 продуктів і виробів харчової промисловості. Сьогодні соя є основою рослинного білка і олії у світі [1].

Своє поширення світом соя почала із Китаю, Кореї та Індонезії, саме в перелічених країнах наприкінці XIX початку XX століття вирощувалося близько 90% світового виробництва сої. Поступово спостерігалася тенденція поширення цієї культури і на інші країни, тому сьогодні соя вирощується більше ніж у 80 країнах по всьому світу. Загальні обсяги вирощування товарної сої знаходяться на рівні 60 млн. га., що в сумарному об'ємі становить до 5% загальних орних угідь, проте середня врожайність сої залишається відносно низькою та не перевищує 20 ц/га. Країною, яка являється лідером по вирощуванні сої стали Сполучені Штати Америки, і протягом останніх 10

років лідерство США з вирощування сої є незаперечним, а щорічний валовий збір сої, що вирощується тут перевищує 55 млн. т.

В Україні сою почали активно культивувати із початку 90-х років XX століття, і вже наприкінці 90-х загальні площу посіву сої в нашій державі доходили до 42,3 тис. га. Із початком нового століття спостерігалося ще більше поширення цієї культури по господарствам і вже в 2010 році площі, які були засіяні соєю дорівнювали 232,7 тис. га., приблизно такі ж площі із незначними коливаннями в одну чи іншу сторону задіяні під виробництво сої і донині. Варто зазначити, що незважаючи на родючі ґрунти більшої частини територій України, середня врожайність сої є нижчою за середньосвітову і складає близько 13…14 ц/га, а це на 25% нижче ніж загалом по світу. Така низька врожайність пояснюється недосконалістю технологічних процесів вирощування цієї культури, значними проблемами із технічним забезпеченням галузі, низькою якістю посівного матеріалу та агрохімії, загальним низьким рівнем культури землеробства.

Особливістю сої (рис. 1) з точки зору біології є те, що рослини мають широкий діапазон висоти стебел, яка коливається від 40 см до 100 см, на яких в довільних місцях розміщується різна кількість бобів сої, яких може бути від 3…8 шт. до кількох десятків. Висота стебел і кількість бобів на них визначається сортом, ґрунтово-кліматичними умовами і технологією вирощування, що реалізується у господарстві. Найбільш цінними вважаються сорти сої, що на генному рівні забезпечують високе розміщення бобів над поверхнею поля, хоча в більшості рослин суцвіття нижніх бобів ростуть на відстані 7…12 см від поверхні поля, що ускладнює їх збирання навіть на вирівняних і якісно підготовлених під посів ґрунтах. Значна віддаль бобів одного від іншого і довільне їх розміщення на рослині під час росту і розвитку, створює умови, коли ці боби дозрівають у різний період, що теж ускладнює їх збирання із поля, оскільки пересушені боби швидко розлускуються при контакті із робочими органами збиральних машин і врожай втрачається, а у

випадку збирання недозрівших бобів, вони погано розлускуються і зернівки сої пошкоджуються і розминаються робочими органами.

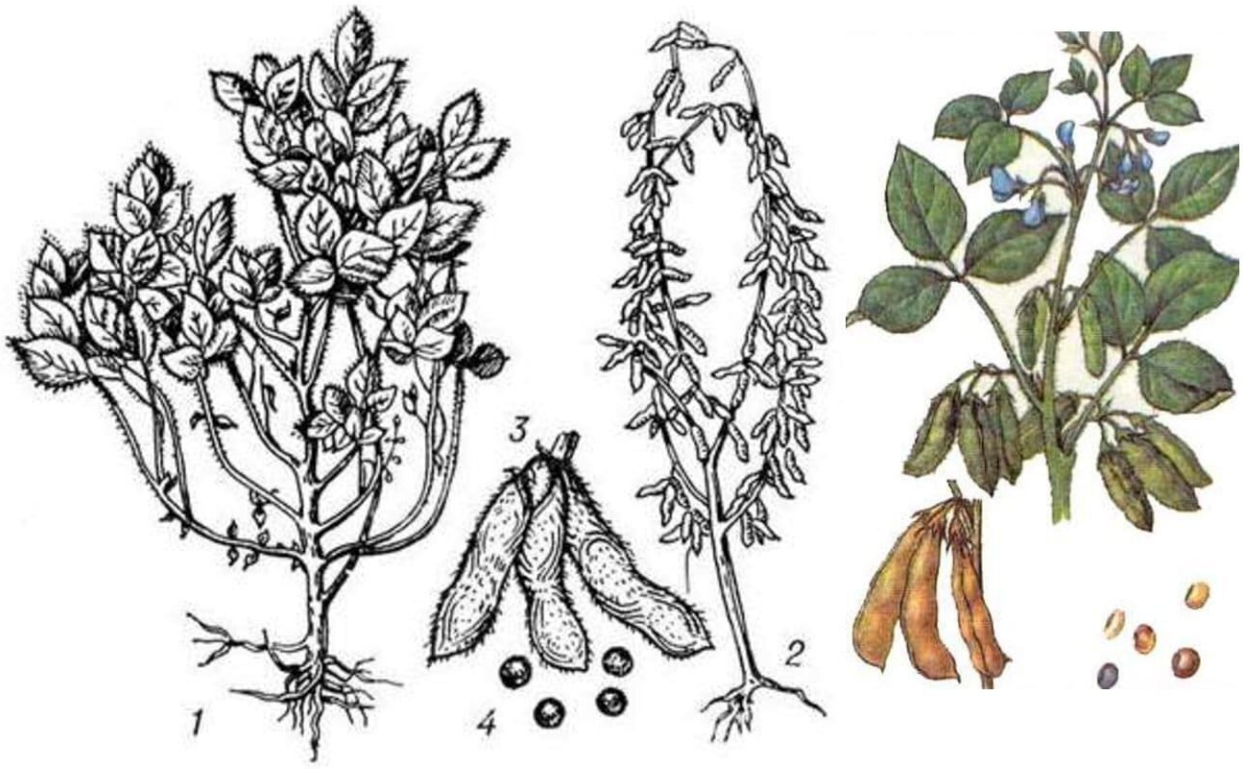


Рис. 1. Рослина соя, боби і зерно сої під час її вирощування:
1 – рослина під час її росту в полі, 2 – рослина на етапі її дозрівання, 3 – боби сої; 4 – насіння (зернівки) сої

Соя (Glycine) є бобовою культурою, і зважаючи на її властивості як сільськогосподарської культури, вона є дуже добрим попередником для багатьох інших сільськогосподарських культур у сівозмінах. Вирощування сої в господарських умовах позитивно впливає фізичні властивості ґрунтів, збагачує умови живлення наступних рослин, що будуть вирощуватися після сої, забезпечує покращення інфільтраційних властивостей, за рахунок створення сприятливих умов для проникнення вологи в нижні горизонти, сприяє очищенню полів від карантинних бур'янів і шкідників. Аналогічно, як і для інших бобових культур, під час вегетації а кореневій систем сої живе велика кількість бульбашкових бактерій, і саме вони забезпечують притягнення із атмосфери азоту, а в подальшому роблять цей азот доступним

у ґрунті для наступних культур сівозміни. Як наслідок вирощування сої на полі є те, що в ґрунті залишається значна кількість поживних речовин, що в перерахунку на гектар приблизно дорівнює 15 т. органічних добрив, що зважаючи на сучасні проблеми із органікою є більш ніж високими показниками. Така значна кількість факторів, що здатні позитивно впливати на врожайність наступних культур сівозміни дозволяє, наприклад підвищити врожайність зернових після сої на 5…6 ц/га [1].

Однією із характерних біологічних особливостей сої є її висока вимогливість до температури повітря, що є особливо актуальним на етапі цвітіння рослини та формування плодів сої. Найбільш сприятливим режимом на цих етапах вегетаційного періоду для сої – температура повітря в межах 20…24ºС. Варто мати на увазі, що зниження температури повітря до 10…14ºС може взагалі призупинити ріст і розвиток рослин. Соя є відносно посухостійкою рослиною, але стійкість до посухи є не дуже тривалою і складає до 10…15 днів. Дуже важливим фактором отримання якісного і високого врожаю є достатня кількість вологи наприкінці вегетаційного розвитку сої, адже саме в цей період спостерігається формування бобів, їх ріст і розвиток та формуються і набухають зернівки [1, 2, 7].

На якість майбутнього врожаю та його величину прямий вплив має і правильний вибір сорту, що має враховувати умови вирощування, тривалість світового дня ті ще цілий ряд інших вихідних факторів. Незалежно від інших ознак, тривалість періоду вегетації рослин дозволяє розділити всі сорти сої на чотири характерні групи: *середньостиглі*, до яких відносяться Успіх, Агат, Хардін 91, Феміда, Сонячна та ін.; *скоростиглі*, до них належать Одеська 150, Приморська 529, Берегиня, Аванс та ін.; *дуже скоростиглі*, серед яких виділяються Романтика, Васильківська, Ізумрудна, Фаетон та ін.; *ультракороткостиглі*, наприклад Устя, Медея, Юг-30, Єлена тощо. В реальних умовах Кіровоградської області гарно себе зарекомендували скоростиглі та дуже скоростиглі сорти, які незважаючи на мінливі і часто

ускладнені умови в весняно-літній період забезпечують формування стабільних врожаїв. В базовому господарстві вирощують сорти сої Одеська-150, Ізумрудна, Альтаїр, причому посівний матеріал лише закуповується, обов'язково перевіряються і контролюються його показники як по схожості так і по сортовій чистоті, силі росту та потенційною врожайністю, що для кожного із перелічених сортів в умовах Кіровоградщини дорівнює 25…30 ц/га.

Для того, щоб отримувати стабільні і високі врожаї сої, і цим самим забезпечити високу економічну ефективність її вирощування, в господарстві потрібно ретельно підійти до розробки і реалізації технології вирощування. Проектуючи та реалізуючи технологію вирощування сої в цілому, та окремих етапів і технологічних операцій, потрібно максимально ефективно завантажувати і використовувати сучасну та ефективну техніку, періодично оновлювати та вдосконалювати матеріально-технічну базу господарств, підвищувати кваліфікацію і вміння механізаторів. Для досягнення високих економічних показників вирощування сої, доведено, що в межах одного господарства вирощувати її слід не менше ніж на 150…200 га. [3…5]. Такі площі її вирощування підвищують конкурентоздатність сої, дозволяють знизити її собівартість та підвищити продуктивність праці та сільськогосподарських агрегатів під час реалізації технологій комплексно.

Деякі фізико-механічні властивості сої, її характерні ознаки, що є важливими під час її вирощування [1] зведені до таблиці 1.

Для вирощування сої придатні майже всі типи ґрунтів, окрім болотистих ґрунтів і солончаків. Доведено, що найбільш сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу сої забезпечуються на сірих лісових ґрунтах та звичайних чорноземах. Аналіз ґрунтів та кліматичних умов Кіровоградщини дозволяє констатувати, що більшість території нашої області є дуже сприятливими для вирощування сої, і навіть не зважаючи на певні проблеми із вологозабезпеченням у період вегетації рослин потенційно можна отримувати стабільні врожаї на всіх орних угіддях регіону.

Таблиця 1

Деякі фізико-механічні властивості і характерні ознаки сої

Культура	Розміри насіння, мм						Швидкість витання, м/с		Питома вага, г/см^3	
	Товщина		Ширина		Довжина					
	від	до	від	до	від	до	від	до	від	до
Соя Glicine hispida	4,0	7,0	4,5	8,0	5,0	10,5	9,0	20,2	1,05	1,3

Культура	Насипна вага, т/м^3		Абсолютна вага 1000 шт, г		Коефіцієнт тертя ковзання				Форма насіння
					Внутрішнє тертя		Зовнішнє тертя по сталі		
	від	до	від	до	від	до	від	до	
Соя Glicine hispida	0,72	0,88	30	520	0,73		0,05	0,26	Кулевидна, овальна, до подовжено-бруньковидної

Існують значні складності із вирощуванням сої на перезволожених ґрунтах, а піщані ґрунти та виснажені і пересушені вважаються для вирощування сої малопридатними.

Базова технологія вирощування сої в господарстві та напрямки її вдосконалення

Місце сої в сівозміні

Для вирощування сої в господарстві, найбільш доцільними є поля чисті від бур'янів. Гарними попередниками, що гарантують отримання стабільних врожаїв сої є озимі чи ярі зернові, картопля, буряки, кукурудза, зокрема на зелений корм і силос тощо. Поганими попередниками, через ідентичні хвороби та карантинні шкідники вважаються бобові культури та соняшник. Як вже зазначалося вище, вирощування сої, як однієї із бобових культур, створює сприятливі умови для резервування у ґрунті азоту, якого накопичується на рівні 60…80 кг/га. Саме цей азот в подальшому може легко засвоюватися корінням рослин наступників і суттєво підвищувати загальну родючість ґрунту. Соя, через свої особливості вирощування, є найбільш бажаним попередником для майже всіх зернових і овочевих культур, більшості

технічних і кормових, саме тому її можна вважати дуже універсальною і доцільною культурою забезпечення сівозміни.

Існує і значний ризик пошкодження як посівів так і самих рослин шкідниками, зокрема – карантинними. Для того, щоб таких негативних моментів не спостерігалося, практикують вирощування сої на відстані не менше 500 м. від полів на яких вирощуються багаторічні трави і інші бобові культури та на аналогічній відстані від акацієвих посадок. Якщо в сівозміні є соя, то можна з цієї сівозміни виключити пар, як чорний так і зелений, та, як зазначалося вище, вирощування на полях сої дозволяє забезпечити на полях достатню кількість рослинних решток, що в еквіваленті відповідає 15…20 т/га органічних добрив.

Удобрення при вирощуванні сої

Соя хоч і є дуже цінною культурою сівозміни, яка насичує ґрунт азотом та сприяє накопиченню органіки, сама рослина є достатньо вимогливою до умов свого мінерального живлення. Це підтверджується тим, що для отримання 100 кг повноцінного і якісного насіння сої із ґрунтового середовища рослина споживає 7,5…10,0 кг азоту, не менше 7…8 кг кальцію, до 5,5 кг магнію, 4…4,5 кг сірки, близько 4,5 кг калію, скільки ж фосфору та крім перелічених ще цілий ряд інших речовин та мікроелементів, таких як залізо, цинк, мідь, бор та багато інших [1]. В польових умовах наявність відповідних сполук у ґрунті забезпечується раціонально підібраною сівозміною та правильною системою удобрення. Якщо ж наявність у ґрунті деяких сполук у доступному для рослин виді забезпечити складно чи неможливо практикують їх дозоване цілеспрямоване внесення або ж обробку ними насіння, що забезпечує не тільки отримання стабільного врожаю, а й бажані розмірні характеристики майбутнього врожаю.

На першому етапі системи удобрення вносять обґрунтовану норму мінеральних добрив під основний обробіток ґрунту, що дозволяє забезпечити приріст врожайності сої га рівні 3…5 ц/га. Якщо ж спостерігається

понаднормове внесення азотних добрив, це не має позитивного впливу на збільшення врожаю, а лише призводить до полягання рослин, що ускладнює операції збирання, а у випадку великої кількості опадів у ці строки – до псування бобів сої. Внесення добрив під основний обробіток проводять способом поверхневого розкидання мінеральних сполук розкидачами МВУ-12, МВУ-8Б, РУ-1000, РДУ-3 та іншими, що є в наявності у господарстві. Останнім часом базове господарство почало для відцентрового розкидання добрив використовувати машини закордонного виробництва, такі як «KUHN», «CASE», «AMAZONE», «SIPMA» та ін.

Поля, які не були удобрені під зяблеву оранку потрібно підживити шляхом внесення стартової дози мінеральних добрив весною, до проведення посівних операцій. Допускається припосівне внесення добрив під час посіву, при цьому реалізується локальний спосіб внесення добрив на глибину 10…12 см із нормами $N_{20}P_{30}$ або ж P_{30}, для цих цілей переважно рекомендується використовувати комплексні мінеральні добрива, такі як нітроамофос, амфос, суперфосфат чи інші подібні хімікати [3].

Основний обробіток ґрунту

Варто зазначити, що загальна підготовка ґрунту під реалізацію технології вирощування сої загалом є типовою і не відрізняється від підготовки ґрунту під посів більшості польових культур.

Технології обробітку ґрунту передбачають послідовне виконання таких основних операцій, як дискування (лущення) стерні попередника, глибока традиційна полицева оранка, яка при вирощуванні сої має проводитися на глибину 23…25 см, та кількоразова суцільна культивація з метою якісного вирівнювання поверхні, утворення дрібнокомкуватої структури оброблюваного горизонту і підрізання бур'янів на етапі підготовки поля під посів.

Лущення стерні на полях у господарстві проводять дисковими лущильниками ЛДГ-5, ЛДГ-10А, ЛДГ-15. Такі лущильники повинні

працювати на глибину не менше 6…8 см. Якщо, зважаючи на стан поля і попередника, потрібно проводити дискування поверхні поля, для цього використовуються важкі дискові борони БДТ-7,0А, БДВ-10 чи будь-які інші дискатори закордонного виробництва, причому глибина роботи таких важких борін повинна бути 10…12 см [4].

Оранку під час вирощування сої після зернових колосових проводять на 25…27 см, якщо ж на полі вирощувалася кукурудза, то глибина оранки повинна бути більшою і складає 25…30 см. Для означкених операцій у господарстві використовуються класичні плуги загального призначення ПЛН-5-35, ПЛН-8-35 в агрегаті з тракторами Т-150К, К-700, ХТЗ-17021. Якщо обробляються поля із надлишком рослинних решток, то краще використовувати оборотні плуги ППО-5-40, ППО-7-40 чи ярусні ПНЯ-6-42.

За встановленими агротехнічними вимогами до оранки – допустиме відхилення дійсної глибини обробітку від заданої не повинно перевищувати ± 1 см, за умови повного обертання скиби ґрунту та заробки до 98% добрив і рослинних решток та бур'янів. Допустима швидкість руху агрегату, за умови досягнення заданих якісних показників повинна становити 7…10 км/год.

Передпосівний обробіток ґрунту під час технології вирощування сої

Якісне і своєчасне проведення передпосівного обробітку ґрунту може створити сприятливі умови для проведення подальших посівних операцій, і як наслідок – є одним із важливих процесів, що є запорукою отримання високого врожаю.

Культивацію зябу проводять культиваторами для суцільного обробітку на глибину 6…8 см., а проводять її з метою вирівнювання поверхні поля, руйнування поверхневої кірки та капілярів, що прискорюють випаровування вологи і знищення бур'янів та сходів рослин-попередника на початкових етапах їх росту. Другу культивацію, що називається передпосівною, проводять за кілька днів до посіву з метою остаточного вирівнювання поверхні поля, зменшення випаровування вологи, знищення бур'янів на стадії білої нитки та

утворення ущільненого насіннєвого ложе, а тому глибина проведення цього виду робіт повинна бути 8…10 см, а позаду культиватора часто встановлюють легкі та середні зубові борони для найбільш ефективного вирівнювання поверхні поля і вичісування коріння бур'янів. За встановленими агротехнічними вимогами, відхилення від заданої глибини обробітку при культивації повинно бути в межах ± 1 см.; в результаті проведених робіт поле має бути максимально вирівняним із гребенями чи западинами не більшими за 4 см; повинно забезпечуватися повне підрізання бур'янів, а якщо поверхневим способом вносилися добрива, то після культивації вони теж мають бути повністю заробленими, а на поверхні може залишитися не більше 2% гранул; на поверхню поля не допускається винесення нижніх вологих горизонтів, що сприяє недопущенню випаровуванню вологи та ін.

Під час проведення кожного з видів культивацій намагаються проводити роботи із порівняно високими швидкостями – до 9 км/год, що дозволяє більш якісно заробити бур'яни та ефективно вирівняти поверхню поля. Для означених операцій у базовому господарстві доцільно використовувати культиватори для суцільного обробітку КПС-4М, КПСП-4, КШУ-8, КШУ-12. Останніми роками для проведення передпосівної культивації в господарстві почали використовувати комбіновані передпосівні агрегати АПК-6, АКГ-6 та інші подібні за призначенням. Високу якість проведених робіт забезпечують багатофункціональні агрегати типу Європак, а тому вони теж рекомендуються для проведення таких робіт. Саме використання багатоопераційних комбінованих агрегатів на операціях суцільної культивації, дозволяє скоротити кількість проходів ґрунтообробних агрегатів по полю, знизити загальну енергоємність підготовки ґрунту під посів до 35%, знизити випаровування вологи, забезпечити утворення бажаної дрібнокомкуватої структури ґрунту в оброблюваному горизонті тощо.

При підготовці до роботи агрегаті для передпосівного обробітку ґрунту потрібно перевірити і забезпечити гостроту лап, якщо ж товщина лез

культиваторних лап є більшою за 0,5 мм, то такі лапи потрібно загострити чи замінити. Регулюють глибину роботи культиваторних агрегатів за стандартною методикою на регулювальних майданчиках, підкладаючи під опорні колеса культиваторів бруски, що дорівнюють бажаній глибині обробки.

Застосування гербіцидів при вирощуванні сої

Останнім часом, важливим агротехнічним прийомом, який потрібно проводити при реалізації в господарстві технологічного процесу вирощування сої є знищення бур'янів хімією. Використання гербіцидів дозволяє ефективно боротися з бур'янами та забезпечує сприятливі умови для росту і розвитку рослин сої, без їх забивання і виснаження бур'янами. Проте, варто мати на увазі, що використання гербіцидів, поряд із корисним ефектом, несе і загрози, що пов'язані із накопиченням у вирощеній сої шкідливих речовин, забруднює ґрунт на наступні роки вирощування продукції рослинництва, що в кінцевому варіанті унеможливлює вирощування екологічно чистої продукції. У випадку вирощування органічної сої, яку зокрема використовують для виробництва продукції харчування, необхідно намагатися боротися із бур'янами агротехнічними методами. До таких прийомів під час вирощування сої відносяться досходове та післясходове боронування її посівів, міжрядний обробіток сої, а за потреби і прополювання в ручну бур'янів у рядках.

За умови високої забур'яненості як полів тік і посівів сої боряться із бур'янами лише внесенням гербіцидів. Такі операції переважно проводять під час допосівного обробітку ґрунту, поєднують внесення гербіцидів із посівними операціями та проводять обприскування посівів після сходження рослин, рухаючись агрегатами по технологічним коліям.

В господарстві, вирощуючи сою, застосовують такі гербіциди, як Ураган, Вулкан та Раундап із нормами внесення 4…4,5 л/га, Харнес – з нормами внесення 1,5…3,0 л/га та інші, подібні наведеним за своєю дією. Використання перелічених гербіцидів практично дозволяє знищити близько 95% бур'янів. Для внесення гербіцидів на полях господарства відбувається

штанговими оприскувачами ОП-2000, ОНШ-600, ОСШ-2000 та ін. Добре себе показали на операціях внесення гербіцидів закордонні оприскувачі виробників «Amazone», «Bomet», «Case» та ін.

Для агрегатування обприскувачів вітчизняного виробництва із енергетичними засобами, потрібно використовувати трактори тягового класу 1,4. Якщо соя, як і в нашому випадку, вирощується із міжряддям 15 см, то за таких умов, під час посіву потрібно забезпечити формування технологічних колій, які призначені для руху оприскувачів після сходження рослин, для чого перекривають під час посіву конкретні висівні апарати, а за рахунок проведення посіву цими апаратами формуються ці технологічні колії. Крім того, для проведення операцій обприскування посівів на задні колеса енергетичних засобів потрібно встановлювати вузькі шини, що призначені для подібних робіт.

Сівба сої в господарстві

Сівба сої, як і інших культур, є однією із найбільш відповідальних операцій, що формує майбутній врожай. Важливо для якісного виконання операцій сівби, дотримання заданих норм висіву як насіння так і добрив, якщо вони вносяться разом із сівбою, забезпечувати стійку задану глибину заробки насіння, чітко і рівномірно розміщувати насіння по довжині рядку, забезпечувати стикові міжряддя тощо. В Україні культивується найбільша кількість сортів сої серед Європейських сортів, яких налічується більше 60 сортів, причому ці сорти мають значні розбіжності в тривалості вегетаційного періоду від 70 і до 130 днів [1]. Для успішного вирощування сої в господарстві прийнято вирощувати від трьох до п’яти сортів сої різного терміну дозрівання (скоростиглості), що дозволяє отримати гарантований врожай за різних умов та знизити навантаження на машинно-тракторний парк під час операцій збирання врожаю.

Сіяти сою потрібно якісним, попередньо підготовленим матеріалом зі схожістю не менше 90%, масою 1000 насінин приблизно 130…170 гр,

близьким за розміром, попередньо протруєним насінням. Операції посіву сої проводяться після доброго прогрівання ґрунту на глибині посіву сої до 12…14ºС. За досвідом попередніх років на полях Кіровоградщини вказані температурні режими досягаються наприкінці квітня чи на початку травня місяця, а тому це і є орієнтовними термінами посіву сої. Спочатку сіються найбільш пізньостиглі сорти, що вирощуються в господарських умовах, а завершують посів найбільш ранньостиглими сортами.

В багатьох господарствах сою вирощують із міжряддям 450 мм, якщо ж поле є добре підготовлене, чисте від бур'янів то ефективною являється технологія вирощування із міжряддям 150 мм. Якщо на полі достатня кількість вологи, то глибина посадки сої дорівнює 2,5…4 см, при пересушеному поверхневому шарі – глибину посіву збільшують до 5…6 см. Для отримання дружніх сходів і забезпечення умов дружнього дозрівання сої та визначення із термінами збирання в межах одного поля слід проводити посівні операції за один два дні.

Для посіву сої використовуються, в залежності від міжряддя її вирощування, сівалки вітчизняного виробництва СЗ-3,6А, СЗ-5,4, ССТ-12В, УПС-12, СО-4,2 і інші. Поряд із вітчизняними сівалками застосовуються і закордонні машини, такі як «KINZE», «Great Plains», «John Deere» та інші.

Після проведення посівних робіт до появи сходів практикують внесення ґрунтових гербіцидів, таких як Трефлан 480 – із нормами внесення 2…5 л/га, Харнес – норми внесення якого 1,5…2,0 л/га, Зенкер – із нормами внесення 0,5…1,4 л/га та інших.

Догляд за посівами сої

Операції догляду за посівами сої в господарських умовах передбачають реалізацію агротехнічних засобів для боротьби із бур'янами, збереження вологості ґрунту за рахунок розпушування та руйнування капіляр і ущільненої поверхневої кірки та внесення хімікатів, що дозволяють підживити культуру під час її росту і розвитку та боротьби зі шкідниками і хворобами. Доведено,

що найефективніше для боротьби із бур'янами на посівах сої може бути поєднання хімічного та агротехнічного методів боротьби.

Боронування сходів до проростання сої проводять у господарстві зубовими боронами типу БЗСС-1,0. Такі боронувальні агрегати комплектуються широкозахватними, використовуючи зчіпки, та працюють вони на полях через кілька днів після посівних операцій, причому виконують робочі ходи упоперек до розміщення рядків зі швидкістю до 6 км/год. Регламентується агротехнічними вимогами і пошкодження культурних рослин, так при досходової культивації цей показник не повинен бути більшим за 1%.

Проводять в господарстві і післясходове боронування сої, призначення якої теж знищення бур'янів у стадії білої нитки та руйнування поверхневої кірки. Для цих видів робіт у господарстві використовують зубові борони ЗОР-0,7 або ж пружинні борони БПУ-0,8, причому швидкість робіт не повинна перевищувати 4,5…5 км/год. Проводячи післясходове боронування повинно знищуватися як мінімум 95% бур'янів, а пошкодження сходів сої не повинно бути більше 5,5%.

Доглядаючи за посівами сої передбачено проведення однієї чи двох культивацій міжрядь, для чого використовують просапні культиватори КОР-4,2, КОН-4,2, КРН-4,2, КРН-5,6, УСМК-5,4, УСМК-8,1 та інші. Варто забезпечувати глибину першої міжрядної культивації близько 5…6 см із забезпеченням заданої захисної зони рядка, якщо ж проводиться друга міжрядна культивація, то її глибина є дещо більшою, і становить 7…8 см.

Збирання врожаю сої

Технологічний процес збирання сої є не лише найбільш енергозатратним у всій технології вирощування, а й найбільш відповідальним з точки зору отримання якісного врожаю з мінімальними втратами. Основною проблемою якісної реалізації операцій збирання є значне відхилення у термінах дозрівання рослин в межах одного поля, що ускладнює обмолот і

очищення сої і може призвести або ж до підвищених втрат врожаю або ж до підвищеного рівня травмування насіння під час обмолоту та очистки комбайном.

У базовому господарстві сою збирають методом прямого комбайнування, для чого використовують зернозбиральні комбайни «Славутич», «Дон-1500», а останнім часом, значно краще з точки зору втрат і пошкоджень зернівок зарекомендували себе закордонні комбайни фірм «New Holland», «CLAAS», «CASE», «John Deere», «Massey Ferguson» та інші.

З метою мінімалізації втрат сої під час її прямого комбайнування потрібно якомога нижче зрізати рослини, як мінімум на висоті 4… 6 см. Це продиктовано тим, що на висоті 5 см росте близько 2 % врожаю сої, а на висоті 9 см – вже до 10% [1]. Для забезпечення максимально низького зрізання сої жниварку комбайна опускають максимально низько, якнайнижче встановлюють і копіювальні башмаки, рівномірно натягують та фіксують блоки врівноважуючих пружин. У закордонних комбайнах забезпечити низьке зрізання рослин значно легше, оскільки в таких машинах забезпечується автоматичне копіювання поверхні поля за допомогою спеціальних сенсорних датчиків та гідросистеми комбайнів.

Післязбиральне очищення сої

Післязбиральне очищення сої потрібно проводити у максимально швидкі терміни, оскільки зібраний методом прямого комбайнування врожай часто містить значну кількість домішок різноманітного походження, які майже завжди значно вологіші за основне зерно сої, а отже сприяють швидкому псуванню і втраті посівних і продовольчих кондицій, та й вартість такого збіжжя різко знижується. За існуючими агротехнічними вимогами насіння сої має бути чистим із вмістом зерна основної культури понад 95%, регламентується і кількість насіння бур'янів та інших культур, цей показник має не перевищувати 5 насінин на кілограм сої. Проводячи післязбиральне

очищення сої, не допускаються втрати зерна у відходи понад 2%, а при очистці продовольчої сої даний показник допустимий до 10%.

В дійсних господарських умовах, сою очищають як в зерноочисних агрегатах, так і в окремих зерноочисних машинах загального призначення. Очищення зерна у поєднанні із його сушінням проводять на агрегатах ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗС-40, «Нива»-25, ЗВС-20А та ін. На току господарства попереднє очищення проводять зерноочисними машинами загального призначення ОВС-25, ОВП-20А, ОЗП-20, АСХ-5 та ін.

Проводячи сушіння сої, варто дуже обережно підходити як до агенту і температури сушіння так і до теплових режимів виконання операцій, тому, що соя така специфічна культура, у якої при сушінні дуже швидко висихає і лускає поверхнева оболонка, а саме ядро залишається ще вологим. Розтріскування оболонки призводить до загибелі зародка і суттєвого погіршення умов зберігання. При вологості сої на рівні 25…30%, температура носія, яка не допускає розлущування оболонки дорівнює 30°С, при вологості сої на рівні 16…18%, теплоносій не повинен нагріватися вище 40°С. Крім того, варто мати на увазі, що вологоз'єм зібраного врожаю сої за один цикл сушіння має бути не більшим за 4% а перерва між проведеною операцією сушіння до наступного сушіння (стабілізація вологості вороху) повинна бути не меншою за 5 годин. Сушать сою здебільшого в шахтних зерносушарках СУШ-16, СУШ-8, ЖСП-30, ДС-10 та ін.

Позитивний ефект має розміщення очищеного врожаю сої в бункерах активного вентилювання, таких як БВ-12,5, БВ-25, ОБВ-100, ОБВ-160, що суттєво покращує умови зберігання і швидко стабілізує стан врожаю за показниками вологості.

Після очисних операцій сою рекомендується зберігати насипом у буртах із товщиною матеріалу до 1,5, за умови її загальної вологості не вище 12…14%. Також добре зберігається врожай сої в окремих мішках, які можна складати один на один на висоту до 2,5 м.

2.2. Обґрунтування технологічного процесу очищення сої

Розрахунок показників вдосконаленого прямоточного очищення

Обґрунтовуючи операції післязбирального очищення зібраного врожаю, потрібно виходити із продуктивності операцій збирання сої в полі. В господарських умовах збирання сої відбувається одним комбайном «ДОН-1500Б». Для знаходження загальної продуктивності цього комбайна в полі під час збирання сої варто використати співвідношення:

$$W_к = 0,01 \cdot B_{ж} \cdot V_к \cdot A \cdot \tau_0,$$

де $B_{ж}$ – ширина захвату збирального агрегату, комбайн «ДОН-1500Б» при збиранні сої працює з жаткою шириною захвату $B_{ж} = 6$ м;

$V_к$ – робоча швидкість комбайна при прямому комбайнуванні сої, км/год, $V_к = 8$ км/год;

A – розрахункова врожайність сої на полі, т/га $A = 1,55$ т/га;

τ_0 – під час збирання врожаю на полі значення коефіцієнту технологічного обслуговування комбайну

$$\tau_0 = t_0 \Big/ \left(t_0 + t_p\right),$$

t_0 – час виконання робочого ходу при прямому комбайнуванні сої, год, $t_0 = 17$ год;

t_p – час, протягом якого відбувається розвантаження сої в транспортний засіб із зупинкою збирального агрегату, год, $t_p = 1,4$ год

$$\tau_0 = 17 \Big/ \left(17 + 1,4\right) = 0,924.$$

$$W_к = 0,01 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 1,55 \cdot 0,924 = 0,69 \text{ т/год}$$

З врахуванням того, що в полі одночасно може працювати два комбайна «ДОН-1500Б», які і є в господарстві, сумарна продуктивність операції збирання двома комбайнами дорівнює $W = 0,69 \cdot 2 = 1,38$ т/год. Тоді й

загальна продуктивність зерноочисної машини, якої буде достатньо для очищення зібраного збіжжя без його скупчення буде $Q_{год} = 2$ т/год.

Розрахуємо змінну продуктивність запропонованої очисної машини, що можна провести за відомою формулою:

$$Q_{зм} = Q_{год} \cdot T_{зм},$$

де $T_{зм}$ – тривалість часу зміни, протягом якого соя очищається на току, $T_{зм} = 7$ год.

$$Q_{зм} = 2 \cdot 7 = 14 \text{ т/зм.}$$

Знайдемо час, який потрібен для того, щоб провести очищення всієї зібраної сої. Зважаючи на площу поля, на якому вирощується соя в господарстві і її врожайність, зібрано в поточному році на цьому полі $B_з = 3875$ ц = 387,5 т, а час для її очищення знаходиться за формулою:

$$T = \frac{B_з}{Q_{год}} = \frac{387,5}{2} = 193,75 \text{ год} \approx 194 \text{ год.}$$

Тоді, для того, щоб провести післязбиральне очищення всього врожаю зібраної сої потрібно

$$Д = \frac{T}{7} = \frac{194}{7} = 27,7 = 28 \text{ нормо-змін.}$$

Під час жнив зерноочисне відділення в базовому господарстві, як і в багатьох інших господарствах, працює в дві зміни, а тому, враховуючи розрахункове значення нормозмін та роботу агрегату в дві зміни весь врожай сої можна очистити за 14 днів, що не перевищує регламентні строки для проведення операцій попереднього очищення зібраного врожаю, і дорівнює 10…15 днів.

Визначити кількість рекомендованих зерноочисних машин, які потрібно мати на току господарства для очищення зібраної сої можна за рівністю:

$$n = \frac{Д}{З \cdot A_c},$$

де $З$ – кількість змін, протягом яких в період жнив проводяться операції очищення зібраного врожаю, $З = 2$ зміни;

A_c – допустимі агротехнічні строки проведення очищення зібраного з одного поля врожаю сої $A_c = 15$ днів.

$n = \frac{28}{2 \cdot 15} = 0,93$, а значить, для цих операцій цілком достатньо $n = 1$ машини.

Проведемо розрахунок потужності N_c, яка потрібна для роботи електродвигуна прямоточної зерноочисної машини, яка знаходиться за формулою:

$$N_c = \frac{N}{\eta \cdot \cos\varphi},$$

де N –загальна потужність електродвигуна, яка потрібна для роботи прямоточної зерноочисної машини, $N = 1,1$ кВт;

η – ККД електродвигуна під час очисних операцій, $\eta = 0,8...0,94$;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності електродвигуна, $\cos\varphi = 0,8...0,9$.

Враховуючи наведені значення отримаємо:

$$N_c = \frac{1,1}{0,9 \cdot 0,85} = 1,44 \text{ кВт.}$$

За стандартною методикою можемо знайти і реальне значення сили струму, яку споживатиме трьохфазний двигун при його роботі із мережі змінного струму, що має символьний вираз

$$I = 1000 \cdot \frac{N_c}{U \cdot \sqrt{3}},$$

де U – напруга струму в мережі, від якої працює прямоточна зерноочисна машина, В.

$$I = 1000 \cdot \frac{1,44}{380 \cdot \sqrt{3}} = 2,19 \text{ А.}$$

Знайдемо і витрати праці, які затрачаються на очищення сої, що виражається у одиницях виконання роботи

$$З_п^о = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ люд.-год./т.}$$

З врахуванням проведених розрахунків, загальні витрати праці на проведення зерноочисних операцій по очищенню всього врожаю сої дорівнює:

$$З_п = В_з \cdot З_п^о,$$

$$З_п = 387,5 \cdot 0,5 = 193,75 \text{ люд.-год.}$$

Підготовка прямоточної зерноочисної машини та робочого місця до роботи

Прямоточна зерноочисна машина типу ІПС, якою рекомендується в господарських умовах проводити попереднє очищення сої, є стаціонарною зерноочисною машиною загального призначення, для завантаження якої потрібно використовувати завантажувачі зерна будь-якого типу, наприклад ковшові, шнекові завантажувачі, або ж можна проводити завантаження машини із норій.

Перед початком проведення зерноочисних операцій із прямоточною зерноочисною машиною потрібно провести наступні роботи:

- провести контроль наявності, придатності до робіт і технічного стану необхідного інструменту, додаткового обладнання та пристосувань і пристроїв, що використовуються для роботи, налаштувань, контролю за якістю робіт і технічного обслуговування зерноочисної машини;
- провести усунення виявлених перешкод, що ускладнюють чи заважають реалізувати процес очищення сої, та забезпечити заходи, які б не допускали потрапляння будь-яких перешкод під час роботи зерноочисної машини;
- проконтролювати і перевірити технічний стан зерноочисного обладнання, його справність та продуктивність;
- провести повне технологічне та технічне обслуговування зерноочисної машини, перевірити якість виконання робіт після обслуговування.

Для того, щоб зробити роботу із прямоточною зерноочисною машиною безпечною для операторів варто провести перевірку:

- наявності, справності та надійності заземлення і занулення зерноочисної машини;
- цілісності, справності і технічного стану пульту управління, вимикачів, дротів, пристроїв світлової і звукової сигналізації;
- фактичного стану, легкості обертання, достатнього змащування механізму приводу, наявності та правильності встановлення захисних кожухів і написів на них;
- наявності, повного комплекту та справного технічного стану засобів пожежогасіння.

Після проведення усіх контрольних операцій і необхідних робіт, машину запускають в роботу та очищають певну партію насіння сої, ретельно контролюючи якісні показники процесу, за потреби проводять додаткові регулювання та заново перевіряють загальні показники процесу.

Контроль якості післязбирального очищення сої прямоточною зерноочисною машиною

Якісні показники зерноочисних операцій є ідентичними для всіх робіт по очищенню зібраного збіжжя. Під час проведення зерноочисних операцій з точки зору якості регламентується два взаємнообернені показники – це ефект очистки чи повнота виділення домішок і чіткість сепарації. Окремо контролюється травмування повноцінного зерна сої робочими органами зерноочисної машини і враховується загальна продуктивність реалізації операцій очищення врожаю.

Оцінка якості роботи зерноочисної машини за якісними показниками відбувається за стандартною методикою [20, 24…28], а розрахунок ефекту очистки та чіткості сепарації відбувається наступним чином:

$$\varepsilon = \frac{A - B}{Б} \cdot 100\%,$$

$$z = \frac{B}{A} \cdot 100\%,$$

де A – масовий еквівалент домішок, які виділяються із вихідного матеріалу, кг;

$Б$ – загальна кількість домішок у матеріалі, що потрапляє на очищення кг;

B – вміст повноцінного зерна сої, що потрапило у відходи, кг.

Ефект очистки, який регламентується стандартом для попереднього очищення сої повинен бути не меншим за 60%, чіткість сепарації насіння сої не повинен перевищувати 5% [20, 23]. Додатково перевіряється травмування поверхневої оболонки сої робочими органами і елементами конструкцій зерноочисної машини, що відбувається із використанням лупи. За потреби, цілісність оболонки та ендосперму контролюють з допомогою мікроскопу. Незважаючи на методи контролю пошкодження зерна сої, воно не допускається.

Якщо в процесі операцій контролю за якістю виконання робіт встановлено, що хоча б один із параметрів не забезпечено, а агротехнічні вимоги не виконуються, в цьому випадку потрібно зупинити процес очищення сої, провести відповідні налаштування чи зміни і лише після усунення виявлених недоліків і проблем можна продовжувати операції попереднього очищення врожаю.

3. Наукова частина

3.1. Опис запропонованої прямоточної зерноочисної машини

Зерноочисна машина прямоточоного типу ІПС (рис. 2) є стаціонарною машиною, яка конструктивно виконана у вигляді двох паралельних з'єднаних між собою стінок, що утворюють всередині машини порожнинні канали, а самі стінки встановлені стаціонарно на стійких ніжках. Між двома боковими стінками зерноочисної машини розміщуються всі основні елементи, машини, а саме: пневмосепаруючі канали, щіточний барабан (вентилятор), пруткове

решето, ежектор, напрямники та відбивачі, осадові камери, приймачі домішок, сектори, клапани та інші елементи. Зерноочисна машина ІПС є повітряно-решітною машиною, на якій соя очищається від домішок як на решетах, на яких відбувається виділення крупних і дрібних домішок, так і повітряним потоком, що забезпечує видалення легких домішок, пилу, щуплого, битого і пошкодженого насіння, зернівок бур'янів і інших культур, які відрізняються за своїми аеродинамічними показниками від основного насіння сої.

Джерелом повітряного потоку у прямоточній зерноочисній машині виступає щіточний барабан, який крім створення потоку повітря, що циркулюючи по пневмосистемі очищає зерно сої повітряним потоком, забезпечує рух очищеного від аеродинаміно легких домішок зерна по прутках підсівного решета, розтягуючи шар очищуваного матеріалу та проводячи очищення врожаю від дрібних домішок, після та під час проходження пруткового решета, відбувається захоплення повноцінного зерна сої щітками барабана, що забезпечує за рахунок інерційних сил відвантаження очищеного збіжжя із машини в приймальний рукав очищеного зерна.

Обертання щіточного барабану відбувається за рахунок його розміщення на валу електровигуна, який встановлюється на закріпленій на боковині зерноочисної машини рамці. Канал, що підводить очищену повітряним потоком сою, з однієї сторони звужується напрямником а з іншої обмежується прутками підсівного решета. З протилежного краю пруткового решета встановлено пустотілий короб, який служить для відведення очищеної сої із машини за рахунок використання інерційної сили щіток. З цієї ж сторони внизу пруткового підсівного решета встановлюється спеціальний сектор, зміщення якого дозволяє регулювати зазори для проходу між прутками, що є основним регулювання решітної частини для очищення різних фракцій та видів зерна і насіння. Принципову схему будови зерноочисної машини прямоточного типу наведено на рис. 2.

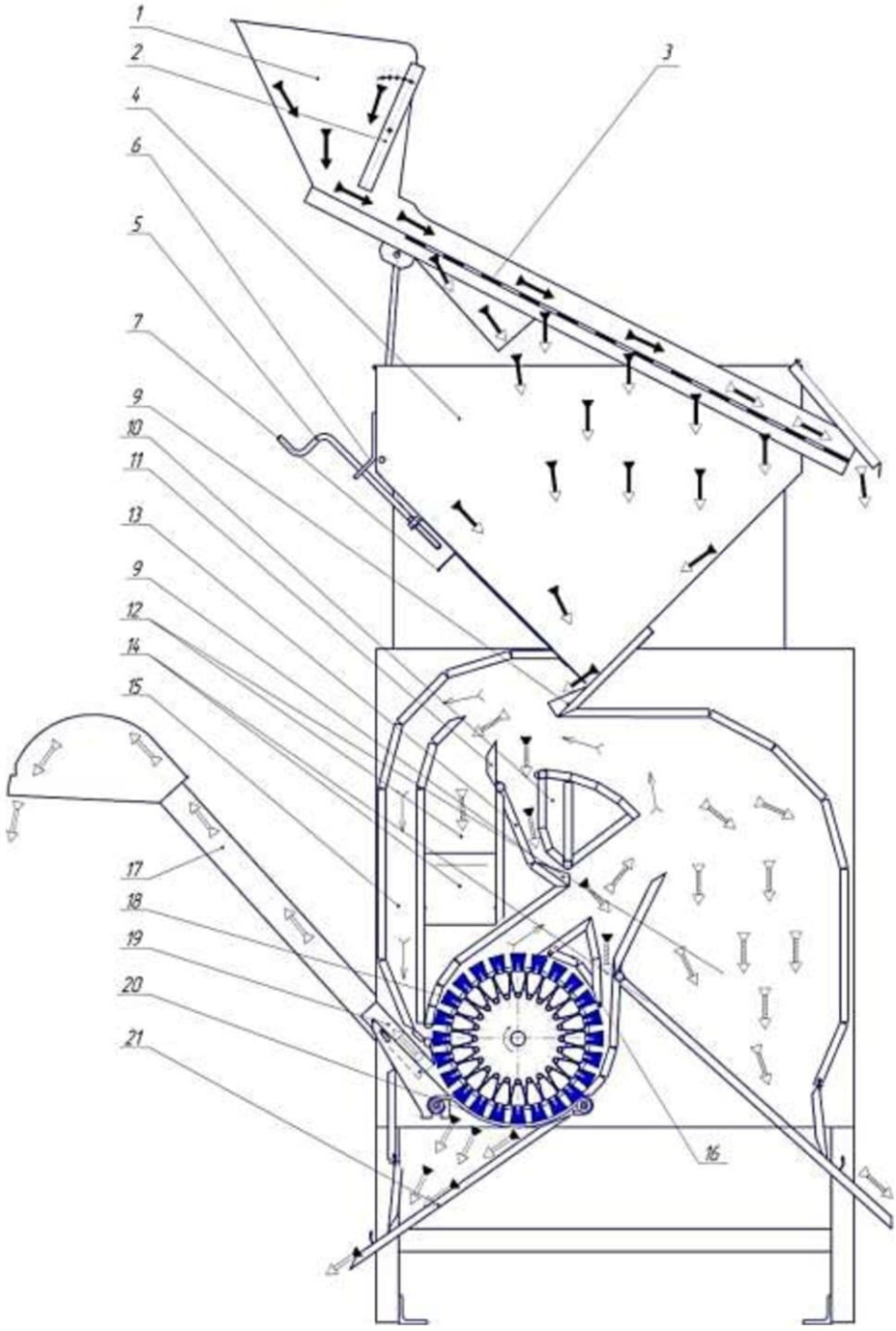


Рис. 2. Принципова схема прямоточної зерноочисної машини ІПС-2:
1 – бункер-приймальник зерна, що подається на очищення; 2 – заслінка регулювання подачі матеріалу на очистку; 3 – колосова решітка крупних домішок; 4 – бункер вихідного матеріалу; 5 – важіль регулювання подачі; 6 – фіксатор; 7 – заслінка подачі матеріалу на очистку в зерноочисну машину; 8 – інтенсифікатор введення матеріалу в повітряний канал; 9 – похилий пневмосепаруючий канал; 10 – центральний рухомий сектор пневмосистеми; 11 – заслінка регулювання якості виділення домішок;

12 – осадові камери аеродинамічних домішок; 13 – спрямовувач зерна; 14 – приймальний лоток легких домішок; 15 – ежекційний канал; 16 –сектор нижній повітровідділяючий; 17 – рукав-приймальник очищеного зерна; 18 – щіточний барабан; 19 – короб відділення очищеного зерна; 20 – пруткове решето; 21 – приймальник дрібних домішок

Під час очищення сої прямоточна зерноочисна машина працює так. Зерно сої, яке надходить на очистку похилим шнековим завантажувачем направляє зерно на колосову решітку крупних домішок 3, причому матеріал на очистку подається через бункер-приймальник зерна 1, та заслінку 2, яка регулює подачу сої і вирівнює потік зернівок на решітці 3. На цьому етапі відбувається виділення крупних домішок, які відразу виводяться самоплином за межі машини, а основний зерновий матеріал проходить на прохід до бункера вихідного матеріалу 4. В цьому бункері соя, яку потрібно очищати накопичується та через дозуючу заслінку подається до пневмосистеми зерноочисної машини. В пневмосистемі прямоточної зерноочисної машини відбувається виділення аеродинамічно легких домішок, причому пневмосистема має два послідовно задіяних в роботу активних пневмосепаруючих канали. Спочатку соя продувається похилим повітряним потоком в пневмосепаруючому каналі першої аспірації 9, із якого легкі домішки виводяться повітряним потоком в осадову камеру 12 та виводяться із машини через приймальний лоток 14. Очищена в першому похилому каналі соя спрямовувачем зерна 13 направляється до другого пневмосепаруючого каналу, де соя продувається вертикальним повітряним потоком, а аеродинамічно легкі домішки виносяться в осадову камеру легких домішок 12 із протилежної сторони машини. Якість і повнота виділення домішок повітряним потоком регулюється шляхом зміни швидкості руху повітря в робочих перерізах каналу, що забезпечується регулювальними заслінками 11.

Джерелом створення повітряного потоку є щіточний барабан 18, який є багатофункціональним робочим органом, так як не тільки створює під час

обертання барабану щітками повітряний потік, а й захоплює цими ж щітками сою, розтягує її потік в одну зернину та пересуває по прутковому підсівному решету 20. Під час пересування сої по підсівному решету 20 щітками барабану 18 відбувається виділення дрібних домішок, які просипаючись потрапляють в приймальник дрібних домішок 21. Зазори між прутками підсівного решета 20 регулюються сектором в нижній лівій частині машини, тим самим змінюючи розміри прохідних фракцій. Ще одну функцію, яку виконує щіточний барабан, це захоплення зерна сої під час його пересування по нижньому решету, та за рахунок прискорення зернівок і виникаючих інерційних сил, відвантаження очищеної сої в короб відділення очищеного зерна 19, із наступним транспортуванням повітряним потоком очищеної сої до рукава-приймальника очищеного зерна 17.

Варто наголосити, що прямоточна зерноочисна машина працює за принципом замкненої схеми циркуляції повітряного потоку, що в загальній схемі машини, крім обох робочих пневмосепаруючих каналів і інших повітрепроводів забезпечує рециркуляційний ежекційний канал 15. Принцип роботи цієї замкненої схеми полягає в тому, що за рахунок різниці тисків, відпрацьоване в пневмосистемі повітря ежектором спрямовує його до щіток барабану, який обертаючись знову захоплює це повітря і спрямовує в робочу зону пневмосепаруючих каналів.

Загальну подачу сої на очищення регулюють заслінкою 7 в бункері-накопичувачу 4. Для поліпшення умов введення сої на очистку в активну зону пневмосепаруючих каналів в якості інтенсифікаторів введення матеріалу 8 застосовують пасивні ділильники, що дозволяють вводити сою окремими струменями.

Зерноочисна машина прямоточного типу ІПС використовується в господарських умовах для попереднього та первинного очищення усіх зернових та круп'яних культур, можна очищувати і технічні культури, так як соняшник,

соя, ріпак, обмолочена кукурудза та ін. Після очищення збіжжя можна розвантажувати у бурти або ж відразу завантажувати у мішки.

3.2. Конструкторські розрахунки прямоточної зерноочисної машини ІПС-2

Розрахунок повітряної системи зерноочисної машини

Зерноочисна машина прямоточного типу ІПЧ-2 очищає сою від крупних, легких та дрібних домішок. Очищення сої від легких домішок, тобто розділення матеріалу за аеродинамічними властивостями проходить послідовно в двох пневмосепаруючих каналах, які працюють взаємопов'язано між собою в пневмосистемі машини замкненого типу. Працюючи в межах повітряної системи, повітряний потік працює за законами нерозривності потоку, а з врахуванням ще й закону збереження енергії можемо для будь-якого перерізу замкненої повітряної системи зерноочисної машини записати:

$$W_1 = W_2 = ... = W_n = W,$$

або

$$S_1V_1 = S_2V_2 = ... = S_nV_n = SV,$$

де W, W_1, W_2, W_n – витрати повітря по конкретним перерізам повітряної системи зерноочисної машини замкненого типу, м^3/год, за даних умов приймемо, що W – дійсні витрати повітряного потоку в початковій зоні замкненої пневмосистеми, яка фактично знаходиться біля виходу із щіточного барабану, W_1 – дійсні витрати повітряного потоку в пневмосепаруючому робочому каналі другої очистки, W_2 – дійсні витрати повітряного потоку в пневмосепаруючому робочому каналі першої очистки;

S, – площа поперечного перерізу в кожній із робочій зони повітряної системи машини, причому індекс вказує площу якої зони слід враховувати, м^2;

V – середня швидкість повітряного потоку в конкретному робочому перерізі повітряної системи зерноочисної машини, м/с.

З метою якісної і стабільної роботи пневмосистеми зерноочисної машини, для виділення аеродинамічно легких домішок потрібно за рахунок конструктивних параметрів каналу необхідно забезпечити робочу швидкість повітря, яка враховує середню швидкість витання основного зерна, в даному випадку – сої:

$$V_1 = 0,7 \cdot V_{вит},$$

де $V_{вит}$ – швидкість витання, м/с, для зерна сої за таблицею 1 приймемо $V_{вит} = 15$ м/с.

$$V_1 = 0,7 \cdot 15 = 10,5 \text{ м/с}.$$

Необхідну робочу швидкість для ефективного видалення домішок в пневмосепаруючому каналі другої аспірації знайдемо аналогічно:

$$V_2 = 0,9 \cdot V_{вит} \text{ або } V_2 = 0,9 \cdot 15 = 13,5 \text{ м/с}.$$

З врахуванням того, що повітряна частина прямоточної зерноочисної машини працює разом із решітною частиною, то потрібно прийняти з конструктивних міркувань, що ширина обох пневмосепаруючих каналів дорівнює ширині пруткового решета $B = 100$ мм.

Для обґрунтування глибини робочих перерізів пневмосепаруючих каналів потрібно скористатися наступною залежністю [23]:

$$C = \frac{q_b + 1350 \cdot \eta - 1135}{22,7 - 27 \cdot \eta},$$

де q_b – питоме зернове навантаження насіння сої при її очищенні на одиницю ширини пневмосепаруючого каналу, кг/дм·год;

η – повнота виділення легких домішок із вихідної суміші, яка потрапляє на очищення, що приймається виходячи із того який вид очищення зерна проводиться, для попереднього очищення сої, за агровимогами $\eta = 0,6...0,7$ [20].

Розрахункове значення питомого зернового навантаження при попередньому очищенні сої враховує загальну продуктивність зерноочисної машини, та може бути розраховане таким чином [28]:

$$q_b = \frac{Q}{B \cdot i} = \frac{2000}{1 \cdot 2} = 1000 \text{ кг/дм·год},$$

де Q – встановлена за інструкцією із експлуатації годинна продуктивність зерноочисної машини, кг/год;

i – кількість робочих пневмосепаруючих каналів, що послідовно працюють в замкненій пневмосистемі однієї зерноочисної машини.

Проведені дослідження рядом науковців і практичні рекомендації використання повітряного очищення зернових сумішей [20…28] дозволяють визначитися, що в нормально працюючій пневмосистемі зерноочисної машини, що якісно працює на очищенні більшості зернових культур, в тому числі і сої, максимальне питоме зернове навантаження не повинно перевищувати 1500 кг/дм·год. Співставлення розрахованого значення питомого зернового навантаження в прямоточній зерноочисній машині із максимально допустимим дозволяє зробити висновок, що дійсне зернове навантаження не перевищує максимально встановлене, а отже машина є працездатною, а умови розділення суміші повітряним потоком є сприятливими.

Після проведених вище розрахунків і припущень, розрахункове значення глибини пневмосепаруючого каналу:

$$C = \frac{1000 + 1350 \cdot 0,7 - 1135}{22,7 - 27 \cdot 0,7} = 213 \text{ мм}.$$

Для більш зручного компонування повітряної системи із іншими елементами зерноочисної машини, дійсну глибину каналу приймаємо дещо більшою за розрахункову, $C = 215$ мм.

Зважаючи на те, що даною прямоточною зерноочисною машиною можна очищати широкий спектр сільськогосподарських культур, повітряна система машини повинна забезпечувати значний діапазон регулювання швидкостей повітря в робочій зоні каналів, виходячи з чого потрібно задню стінку пневмосепаруючого каналі виготовляти із можливістю регулювати

глибину цього каналу, що можна реалізувати за рахунок її шарнірного виконання.

Після розрахунку робочої швидкості повітряного потоку в пневмосистемі та параметрів каналів можна розрахувати загальні витрати повітря

$$W_1 = 3600 \cdot B \cdot C \cdot V_1 .$$

$$W_1 = 3600 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}215 \cdot 10{,}5 = 812{,}7 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Так як повітряна система працює за умов нерозривності повітряного потоку і з врахуванням закону збереження енергії знайдемо параметри пневмосепаруючого каналу другої аспірації, але маємо на увазі, що розрахункова робоча швидкість в ньому повинна дорівнювати $V_2 = 13{,}5$ м/с, а отже

$$W_1 = W_2 = S_1 V_1 = S_2 V_2 = 3600 \cdot B_1 C_1 V_1 = 3600 \cdot B_2 C_2 V_2$$

Тоді провівши перетворення попереднього рівняння маємо:

$$W_1 = 3600 \cdot B_2 C_2 V_2 \rightarrow C_2 = \frac{W_1}{3600 \cdot B_2 V_2} = \frac{812{,}7}{3600 \cdot 0{,}1 \cdot 13{,}5} = 0{,}167 \text{ м.} \approx 170 \text{мм}$$

Отже, на основі проведених розрахунків можна встановити деякі бажані конструктивно-технологічні параметри замкненої двохступеневої пневмосистеми прямоточної зерноочисної машини, а саме:

- пневмосепаруючий канал першого очищення (аспірації) повинен мати розміри 100 мм × 215 мм;
- пневмосепаруючий канал другого очищення (аспірації) має переріз 100 мм × 170 мм;
- питоме зернове навантаження під час очищення сої – 1000 кг/дм·год;
- ефект очистки сої повітряною системою зерноочисної машини – не менше 70%;
- швидкість повітряного потоку під час очищення сої в пневмосепаруючому каналі першої аспірації – $V_1 = 10{,}5$ м/с.;

- швидкість повітряного потоку під час очищення сої в пневмосепаруючому каналі другої аспірації – $V_2 = 13,5$ м/с.;
- загальні витрати повітря через пневмосистему зерноочисної машини – $W = 812,7$ м^3/год.

Технологічний розрахунок вентилятора (щіточного барабану)

Повітряний потік у прямоточній зерноочисній машині створює щіточний барабан 18 (рис. 2), який як багатофункціональний робочий орган ще забезпечує пересування сої по підсівному прутковому решету та її очищення від дрібних домішок та захоплення очищених зернівок і їх інерційне вивантаження за межі зерноочисної машини. Тому, розраховуючи параметри щіточного барабану потрібно враховувати всі перелічені функції, які він виконує в межах однієї зерноочисної машини.

Як джерело повітряного потоку (вентилятор) барабан повинен нагнітати в пневмосистему достатню кількість повітря із його рівномірною структурою. Масу повітря, що її витісняє щіточний барабан щітками при його обертанні може бути знайдена за формулою [23]:

$$m_n = \gamma \cdot S_{лп} \cdot i \cdot V_л,$$

де γ – щільність повітря, так як машина працює за нормальних атмосферних умов, можемо наближено прийняти, що $\gamma = 1,2$ кг/м^3;

$S_{лп}$ – робоча площа перерізу щітки щіточного барабану, яким повітря нагнітається, м^2;

i – кількість щіток на барабані, що створюють потік повітря, шт.;

$V_л$ – лінійна швидкість центру лобової поверхні щіток барабану, м/с.

З метою розрахунку параметрів однієї щітки (рис. 3) барабану, розрахуємо її площу перетину:

$$S_{лп} = a \cdot b,$$

де a – дійсна довжина щіток барабану, м, яка фактично є загальною довжиною барабану, а значить дорівнює ширині пневмосепаруючого каналу.

$$a = B = 0{,}1 \text{ м}$$

b – висота щіток щіточного барабану, м, що вибирається конструктивно, з врахуванням умови забезпечення якісної роботи решітної частини зерноочисної машини. За даними, які отримані дослідниками раніше [22], та елементарними геометричними розрахунками рис. 3, $b = 0{,}05$ м.

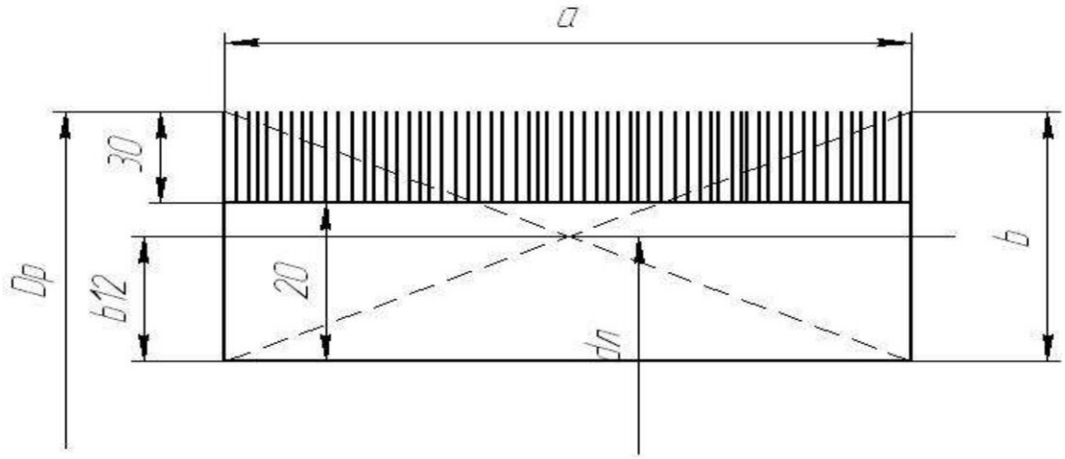


Рис. 3. Конструктивні параметри однієї щітки щіточного барабану

А отже,

$$S_{лп} = 0{,}1 \cdot 0{,}05 = 0{,}005 \text{ м}^2.$$

Щоб якісно працювало на виділення дрібних домішок пруткове підсівне решето, забезпечувалися достатні інерційні сили для відвантаження очищеної сої із машини, та забезпечувалася достатня рівномірність швидкісного поля на виході в зону пневмосепарації, достатня кількість щіток на барабані $i = 24$ шт. [27].

Щоб отримати значення швидкісних параметрів повітря, яке нагнітається щітками барабану знайдемо його кутову частоту обертання

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 1400}{30} = 146{,}5 \text{ рад/с}$$

Розрахуємо і значення радіусу лобової площини щіток барабану (рис. 3):

$$r_л = \frac{d_л}{2} = \frac{1}{2} \cdot \left(D_p - b \right) = \frac{1}{2} \cdot \left(0{,}25 - 0{,}05 \right) = 0{,}1 \text{ м}$$

Значить лінійна швидкість центру лобової площини щіток барабану рівна:

$$V_л = \omega_р \cdot r_л = 146,5 \cdot 0,1 = 14,65 \text{ м/с}$$

З врахуванням проведених розрахунків можемо знайти масу повітря, що його будуть витісняти щітки щіткового барабану при його рівномірному обертанні:

$$m_п = 1,2 \cdot 0,005 \cdot 24 \cdot 14,65 = 2,11 \text{ кг.}$$

Для того, щоб барабан працюючи забезпечував усталений режим руху повітряного потоку розрахуємо кінематичний режим роботи щіточного барабану [28]

$$K = \frac{\omega^2 \cdot R_р}{g} = \frac{146,5^2 \cdot 0,125}{9,81} = 273,5$$

Дійсна швидкість руху повітря в пневмосистемі після його нагнітання щітками барабану має прямий зв'язок із швидкістю руху щітко барабану, що виражається залежністю:

$$V_{пов} = \xi \cdot V_л,$$

де ξ – експериментальний коефіцієнт пропорційності, який пов'язаний із показником кінематичного режиму барабану та сумарної кількості щіток, що створюють повітряний потік. Встановлено, що для $K = 273,5$ та $i = 24$ шт., цей показник становить $\xi = 0,92$ [22].

Тоді маємо:

$$V_{пов} = 0,92 \cdot 14,65 = 13,5 \text{ м/с}$$

Таким чином, проведені розрахунки окремих конструктивно-технологічних параметрів щіточного барабану, які доводять, що при діаметрі барабану на рівні 250 мм, кількості щіток на ньому 24 шт та робочій частоті обертання 1400 об/хв., цей робочий орган здатен створити повітряний потік, який на виході в поневмосистему зерноочисної машини має швидкість 13,5 м/с, якої є цілком достатньо для очищення сої повітряним потоком, адже

$V_{пов} = V_2 > V_1$. Це значить, що щіточний барабан із щітками висотою 50 мм та довжиною 100 мм здатен забезпечувати роботу пневмосистеми зерноочисної машини.

Розрахунок потужності яка потрібна для створення повітряного потоку та сумарної потужності двигуна зерноочисної машини

Для ефективної роботи щіточного барабану необхідна потужність, що розраховується за формулою:

$$N = N_1 + N_2,$$

де N_1 – потужність, яка потрібна на створення потоку повітря та необхідна для подолання шкідливих опорів замкненої повітряної системи;

N_2 – потужність, яка витрачається на рух сої по підсівному прутковому решету і вивантаження очищеного зерна сої за рахунок сил інерції назовню;

В свою чергу, потужність на створення повітряного потоку та подолання шкідливих опорів в системі може бути знайденою наступним чином:

$$N_1 = A \cdot \omega + B \cdot \omega^3.$$

В наведеній вище формулі $A \cdot \omega$ і є потужністю, яка витрачається на подолання шкідливих опорів пневмосепаруючої системи, а складова $B \cdot \omega^3$ – відповідно потужність, що потрібна для створення робочого повітряного потоку.

Знайдемо, чому дорівнює коефіцієнт A, що можна зробити за відомою формулою:

$$A = R \cdot \psi \cdot \rho,$$

де R – сума реакцій в опорах щіточного барабану, Н;

ρ – розмір радіусу цапфи барабану, м;

ψ – коефіцієнт тертя.

Опорами щіточного барабану в даній конструкції зерноочисної машини виступають підшипники кочення, враховуючи це, можемо прийніти $\rho \cdot \psi = 0{,}00015$ м., крім того сума реакцій R, з певними наближеннями, але достатніми для вірних розрахунків складає $R = 400$ Н. Враховуючи наведене

$$A = 0{,}00015 \cdot 400 = 0{,}06 \text{ Н·м.}$$

Можемо розрахувати і коефіцієнт B, який пов'язаний із характеристиками повітряного потоку та параметрами щіточного барабану, що виражається співвідношенням:

$$B = \frac{\gamma_П \cdot F \cdot i \cdot \varepsilon^2 \cdot r_л^{\,3}}{2g} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}055 \cdot 24 \cdot 0{,}58^2 \cdot 0{,}1^3}{2 \cdot 9{,}81} = 2{,}7 \cdot 10^{-5}$$

Враховуючи проведені розрахунки і обґрунтування, перший доданок сумарної потужності дорівнює:

$$N_1 = 0{,}06 \cdot 146{,}5 + 2{,}7 \cdot 10^{-5} \cdot 146{,}5^3 = 94 \text{ Вт.}$$

Потужність N_2, яка витрачається на пересування сої під час її очищення на прутковому решеті та інерційного вивантаження очищеної сої за межі зерноочисної машини визначали експериментально [20], а її значення для розрахунків прийнято із попередніх досліджень [21, 22]. Обґрунтовано, що у випадку, якщо пневмосепаруючий канал має $L = 100$ мм, при питомому зерновому навантаженні сої $q = 1000$ кг/дм·год та кінематичному режимі барабану $K = 273{,}5$ необхідна потужність $N_2 = 830$ Вт.

Значить загальна потужність для приводу щіточного барабану

$$N = N_1 + N_2 = 94 + 830 = 924 \text{ Вт} = 0{,}924 \text{ кВт.}$$

Конструктивно у прямоточній зерноочисній машині забезпечується встановлення щіточного барабану на вал електродвигуна, що дозволяє уникнути додаткових витрат потужності на механізм приводу. Вибираючи двигун для приводу щіточного барабану зерноочисної машини скористаємося стандартною методикою та виберемо трьохфазний асинхронний двигун

закритого виконання, який має серію 4А ГОСТ 19523-81. Підбір двигуна проводимо за номінальною і потрібною потужністю:

$$N_{ДВ} \geq N_H .$$

Отже, обираємо двигун 4А80В4У3 [31], потужність якого $N_{ДВ} = 1{,}1$ кВт асинхронна частота обертання $n_C = 1500$ об/хв., враховуючи ковзання $S = 3\%$, номінальна частота обертання двигуна $n_H = 1420$ об/хв.

Таким чином, на основі проведених розрахунків визначені деякі параметри пневмосистеми прямоточної зерноочисної машини, проведено обґрунтування принципу роботи та розрахунок щіточного барабану, визначені основні режими роботи замкненої двохступеневої пневмосистеми та підібрано двигун, який за своїми характеристиками є достатнім для роботи зерноочисної машини за своєю потужністю.

Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання

За своєю конструкцією джерело повітряного потоку, яким є щіточний барабан в прямоточній зерноочисній машині ІПС-2 встановлюється встановлюється безпосередньо на вал електродвигуна. Барабан на валу двигуна закріплений на шпонковому з'єднанні (рис. 3), а для забезпечення працездатності цього з'єднання потрібно провести розрахунки його міцності на зріз і зминання.

Умова міцності шпонкового з'єднання при зминанні наступна [30, 31]:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma_{зм}],$$

де T – крутний момент на валу, Н·мм;

d – діаметр вала, мм, для електродвигуна 4А80А4У3, цей показник $d = 22$ мм [31];

l_p – довжина шпонки (робоча), мм

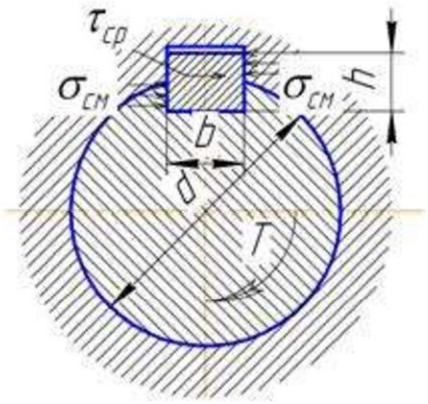


Рис. 3. Схема до розрахунку шпонкового з'єднання

$$l_p = l - b,$$

де l – інтервал довжин шпонки, мм, який лежить в межах 14…70 мм [30], з врахуванням довжини валу обраного двигуна 50 мм, оберемо довжину шпонки $l = 36$ мм;

b – ширина шпонки, $b = 6$ мм [30];

h – висота шпонки, $h = 6$ мм [30];

t_1 – глибина шпонкового пазу, $t_1 = 3{,}5$ мм.;

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження на зминання, яке враховує матеріал виготовлення шпонки $[\sigma_{зм}] = 80...150$ МПа [30].

Крутний момент на валу електродвигуна визначається за відомою формулою [31]:

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_{ДВ}}{n_H} = 9550 \cdot \frac{1{,}1}{1420} = 7{,}4 \text{ Н·м.}$$

Знаходимо і робочу довжину шпонки, яка дорівнює:

$$l_p = 36 - 6 = 30 \text{ мм}$$

Після підстановки отриманих розрахункових даних в умову міцності шпонкового з'єднання на зминання маємо:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 7{,}4 \cdot 10^3}{22 \cdot 30 \cdot (6 - 3{,}5)} = 9 \ МПа \le 80 \ МПа,$$

це доводить, що умова міцності на зминання забезпечується.

З іншої сторони, умови міцності шпонки на зрізання записується наступним чином [31]:

$$\tau_{зр} = \frac{2T}{(d + h - t_1) \cdot l \cdot b} \leq \left[\tau_{зр}\right],$$

де $\left[\tau_{зр}\right]$ – допустиме напруження шпонки на зрізання, $\left[\tau_{зр}\right] = 60$ МПа.

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 7,4 \cdot 10^3}{(22 + 6 - 3,5) \cdot 36 \cdot 6} = 2,79\ МПа \leq 60\ МПа,$$

це теж означає, що і умова міцності на зрізання теж виконується.

Таким чином проведені розрахунки на міцність шпонкового з'єднання доводять, що для передачі крутного моменту від електродвигуна до щіточного барабану інерційної зерноочисної машини достатньо стандартної шпонки із наступними параметрами: довжина шпонки 36 мм, ширина та висота – по 6 мм, а ця шпонка має встановлюватися на вал електродвигуна діаметром 22 мм.

3.3. Загальна характеристика наукових досліджень

З метою отримання якісного і повноцінного врожаю сільськогосподарських культур, потрібно вчасно, із мінімальними затратами та ефективно виділити зі зібраного збіжжя максимальну кількість домішок, незалежно від їх походження і природи. Варто розуміти, що через свою різницю у фізико-механічних властивостях, комплексно та швидко виділити домішки із зернового вороху дуже важко, а тому для більш якісного проведення зерноочисних операцій в межах однієї машини поєднують розділення матеріалів за різними принципами – за розмірами зерна розділяють на решітних частинах зерноочисних машин, та за аеродинамічними властивостями компонентів зернової суміші, що реалізують в пневмосистемах зерноочисних машин.

Якщо певна кількість питань із решітного очищення сої є достатньо вивченими, а параметри такого розділення є достатньо обґрунтованими, то питання повітряного очищення зернових сумішей, зокрема і сої вимагає як

теоретичних так і експериментальних досліджень для інтенсифікації процесу вцілому та оптимізації енерговитрат на очищення.

Досліджень аналітичного характеру, які присвячені очищенню зернових сумішей повітряним потоком – небагато, а таким, що дозволяють обґрунтувати параметри пневмосистеми та частково оцінити теоретично якість процесу майже немає. Виходячи з цього ***метою роботи*** є підвищення ефективності функціонування повітряної системи прямоточної зерноочисної машини шляхом її вдосконалення та аналітичного обґрунтування окремих параметрів та режимів роботи пневмосистеми при очищенні сої.

Задача досліджень полягає в теоретичному обґрунтуванні окремих параметрів і режимів роботи пневмосистеми вдосконаленої прямоточної зерноочисної машини.

3.4. Аналітичні дослідження пневмосепараційного процесу в замкненому повітряному потоці

Якість процесу очищення зернових матеріалів, як для решітних, так і для повітряних частин описується теоретично рівнянням кінетики сепарації, яке за [23] зводиться до вигляду:

$$\eta = 1 - \exp(-\int_0^t p_s dt),$$

де η – ефективність виділяння компонентів із вихідної суміші, в долях від одиниці;

$p_s = f(t)$ – функція, яка враховує час t, протягом якого процес очищення відбувається. Саме ця функція тривалості процесу очищення є визначальною для оцінки інтенсивності зерноочисних операцій і залежить від режиму роботи зерноочисної машини, її конструкції та фізичних властивостей компонентів суміші.

Якщо врахувати, що p_s за умов невисоких навантажень та відносній стабільності складу зернового матеріалу, що потрапляє на очищення, не

залежить від часу і фактично є постійною величиною $p_s = k$, рівняння кінетики сепарації зміниться і набуде такого вигляду:

$$\eta = 1 - e^{-kt}.$$

Ретельний аналіз останнього рівняння вказує на асимптотичність процесу розділення зернових сумішей, а отже повне виділення домішок можливе при умові, коли час обробки зерна є нескінченим $t \to \infty$. В дійсних умовах, сепараційний процес є нетривалим, і в середньому фактичний час перебування зернового матеріалу в активній зоні машини (зоні сепарації), не перевищує кількох секунд, а тому досягнути повного виділення домішок із вихідного вороху неможливо. Саме з міркувань подовження перебування сої, як і інших зернових матеріалів, в активній зоні очищення повітряним потоком, інерційна зерноочисна машина передбачає проведення послідовного двохкратного очищення зерна каналами першої та другої аспірації.

Ще однією складовою, виходячи із рівняння кінетики сепарації зернової суміші, яка має прямий вплив на якість пневмосепараційного процесу на рівні із часом t перебігу процесу очищення є коефіцієнт k. Слід зауважити, що коефіцієнт k залежить від цілого ряду факторів, які впливають на процес очищення, а вплив деяких із них на сепарацію зерносуміші є взаємопов'язаний. Тому теоретично, класичними методами оцінити вплив цих факторів на якість процесу очищення зерна дуже складно. Є змога, керуючись результатами експериментальних досліджень, з метою скорочення їх кількості і узагальнення кінцевого результату використовувати теорію подібності.

Практично в зерноочистці це можна реалізувати застосувавши Теорему Букінгама (π – теорему) [22], яка дозволяє провести кількісну оцінку факторів, що впливають на коефіцієнт k для обох послідовних пневмосепаруючих каналів прямоточної зерноочисної машини. У математичному вигляді це можна виразити так:

$$f(x_1, x_2, ..., x_n) = 0,$$

де x_1, $x_2,\ldots,x_n$ – вхідні фактори процесу розділення сої, що є змінними величинами;

n – кількість впливових змінних факторів на пневмосепараційний процес.

За запропонованою π – теоремою Букінгама, основне її рівняння стає таким:

$$F(\pi_1,\pi_2,\ldots,\pi_{n-m})=0,$$

де π_1, $\pi_2,\ldots,\pi_{n-m}$ – безрозмірні комплекси впливових на процес розділення факторів;

m – розмірність основних величин, які мають найвагоміший вплив на зерноочистку повітрям.

Традиційно для пневмосепараційного процесу [21] розмірність $m=3$, а фактичні розмірності величин наступні: довжина L і маса M окремих компонентів вихідного збіжжя сої та час перебування зерна в зоні сепарації T

Подальша робота передбачає врахування кожного із безрозмірних комплексів π_i, який складається із $m+1$ величин і ці ж комплекси входять до вихідного рівняння кінетики сепарації та є функцією чотирьох множників. Визначити безрозмірні комплекси можна за системою рівнянь:

$$\begin{cases}\pi_1 = x_1^{\varepsilon_{11}} x_2^{\varepsilon_{12}} x_3^{\varepsilon_{13}} x_4^{\varepsilon_{14}},\\ \pi_2 = x_1^{\varepsilon_{21}} x_2^{\varepsilon_{22}} x_3^{\varepsilon_{23}} x_4^{\varepsilon_{24}},\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ \pi_{n-3} = x_1^{\varepsilon_{(n-3)1}} x_2^{\varepsilon_{(n-3)2}} x_3^{\varepsilon_{(n-3)3}} x_4^{\varepsilon_{(n-3)4}}.\end{cases}$$

Перші три складові x_1, x_2, x_3 є однаковими для усіх комплексів, а четверта величина – змінна. Ще варто пам'ятати, що показники степеня четвертого множника ε_{14}, $\varepsilon_{24},\ldots,\varepsilon_{(n-3)4}$ має дорівнювати одиниці. Важливо забезпечити, щоб показники степені перших трьох величин визначався так, щоб кожен відповідний комплекс π_i був безрозмірним.

При повітряному очищенні сої у критеріальне рівняння сепарації включають змінні, які характеризують властивості вихідного зернового

матеріалу, кількісні і якісні показники потоку повітря, конструктивні параметри повітряного каналу, де відбувається очищенні і умови введення зерна в активну зону пневмосепаруючого каналу. З врахуванням чого, теорема Букінгама є функцією цілої купи вхідних факторів:

$$f(U, q, З, V_Д, F, V_0, \alpha, \beta, \Delta U, в, H_1, H_2, y),$$

де U – дійсна швидкість повітряного потоку в зоні очищення зерна, м/с;

q – питоме зернове навантаження пневмосепаруючого каналу, кг/дм·год;

$З$ – вихідна засміченість матеріалу, який потрапляє на очищення, %;

$V_Д$ – швидкість витання домішок в зоні очищення, м/с;

F – площа поперечного перерізу пневмосепаруючого каналу в зоні очищення зерна повітряним потоком, м^2;

V_0 – початкова швидкість введення матеріалу в канал, м/с;

α – нахил подачі матеріалу в канал, град;

β – кут нахилу потоку повітря до горизонту в зоні очищення сої, град;

ΔU – ступінь нерівномірності поля швидкостей за перерізом пневмосепаруючого каналу, %;

$в$ – ширина потоку, яким зерновий матеріал вводиться на очищення, м;

H_1, H_2 – висота верхньої і нижньої частини каналу, що визначає місце введення сої відносно характерних поворотних ділянок (для очищення сої похилим потоком повітря – ширина зони повітряного очищення і відстань до поділяючої заслінки яка відділяє повноцінне зерно від домішок);

y – сумарна ефективність очищення зерна повітряним потоком.

В наведеному функціональному рівнянні $n = 13$, $m = 3$ а значить $n - m = 10$. З врахуванням кількості факторів і безрозмірних комплексів вихідне рівняння π – теореми стає таким:

$$F(\pi_1, \pi_2, ..., \pi_{10}) = 0.$$

Загальна система кожного π_i фактора, що на наш погляд мають суттєве значення процес очищення сої повітряним потоком має вигляд системи:

$$\begin{cases} \pi_1 = U^{\varepsilon_{11}} \cdot q^{\varepsilon_{12}} \cdot З^{\varepsilon_{13}} \cdot V_Д, \\ \pi_2 = U^{\varepsilon_{21}} \cdot q^{\varepsilon_{22}} \cdot З^{\varepsilon_{23}} \cdot F, \\ \pi_3 = U^{\varepsilon_{31}} \cdot q^{\varepsilon_{32}} \cdot З^{\varepsilon_{33}} \cdot V_0, \\ \pi_4 = U^{\varepsilon_{41}} \cdot q^{\varepsilon_{42}} \cdot З^{\varepsilon_{43}} \cdot \alpha, \\ \pi_5 = U^{\varepsilon_{51}} \cdot q^{\varepsilon_{52}} \cdot З^{\varepsilon_{53}} \cdot \beta, \\ \pi_6 = U^{\varepsilon_{61}} \cdot q^{\varepsilon_{62}} \cdot З^{\varepsilon_{63}} \cdot \Delta U, \\ \pi_7 = U^{\varepsilon_{71}} \cdot q^{\varepsilon_{72}} \cdot З^{\varepsilon_{73}} \cdot в, \\ \pi_8 = U^{\varepsilon_{81}} \cdot q^{\varepsilon_{82}} \cdot З^{\varepsilon_{83}} \cdot H_1, \\ \pi_9 = U^{\varepsilon_{91}} \cdot q^{\varepsilon_{92}} \cdot З^{\varepsilon_{93}} \cdot H_2, \\ \pi_{10} = U^{\varepsilon_{101}} \cdot q^{\varepsilon_{102}} \cdot З^{\varepsilon_{103}} \cdot y. \end{cases}$$

Наступний етап – це необхідність для кожного комплексу π_i знайти числові показники степеня ε_{ij}, що проводиться за рахунок заміни вхідних змінних їх розмірностями:

$$\left[L^o M^o T^o\right] = \left[\left(\frac{L}{T}\right)^{\varepsilon_{11}} \left(\frac{M}{L}\right)^{\varepsilon_{12}} \left(\frac{M}{L^3}\right)^{\varepsilon_{13}} \left(\frac{L}{T}\right)\right],$$

в іншому, більш зручному вигляді

$$L^o M^o T^o = L^{\varepsilon_{11}-\varepsilon_{12}-3\varepsilon_{13}+1} M^{\varepsilon_{12}+\varepsilon_{13}} T^{-\varepsilon_{11}-1}.$$

Порівняння розмірностей лівих та правих частин останнього рівнянь можна отримати систему:

$$\begin{cases} \varepsilon_{11} - \varepsilon_{12} - 3\varepsilon_{13} = -1, \\ \varepsilon_{12} + \varepsilon_{13} = 0, \\ -\varepsilon_{11} - 1 = 0. \end{cases}$$

Розв'язування цієї системи дозволяє знайти, що $\varepsilon_{11} = -1$, $\varepsilon_{12} = 0$, $\varepsilon_{13} = 0$, тоді фактично:

$$\pi_1 = \frac{V_Д}{U}.$$

Аналогічно можемо знайти безрозмірний комплекс π_2

$$\left[L^o M^o T^o\right]=\left[\left(\frac{L}{T}\right)^{\varepsilon_{21}}\left(\frac{M}{L}\right)^{\varepsilon_{22}}\left(\frac{M}{L^3}\right)^{\varepsilon_{23}} L^2\right].$$

Вихідна система рівнянь, яку слід розв'язати для пошуку безрозмірного комплексу π_2 має вигляд:

$$\begin{cases}\varepsilon_{21}-\varepsilon_{22}-3\varepsilon_{23}=-2,\\ \varepsilon_{22}+\varepsilon_{23}=0,\\ -\varepsilon_{21}-1=0.\end{cases}$$

Розв'язування останньої системи дозволяє отримати $\varepsilon_{21}=0$, $\varepsilon_{22}=-1$, ε_{23}=1, а це значить, що

$$\pi_2=\frac{3\cdot F}{q}.$$

Аналогічно із проведеними вище розрахунками знаходимо безрозмірний комплекс π_3, який в кінцевому варіанті дорівнює:

$$\pi_3=\frac{3}{q}\cdot V_0^2.$$

Далі потрібно мати на увазі, що кути α і β мають нульові розмірності, а отже наступні безрозмірні комплекси дорівнюють $\pi_4=\alpha$, $\pi_5=\beta$.

Для π_6 безрозмірний комплекс має такий запис:

$$\left[L^o M^o T^o\right]=\left[\left(\frac{L}{T}\right)^{\varepsilon_{61}}\left(\frac{M}{L}\right)^{\varepsilon_{62}}\left(\frac{M}{L^3}\right)^{\varepsilon_{63}}\left(\frac{L}{T}\right)\right],$$

а система для пошуку цього безрозмірного комплексу є подібною до приведених вище, а сам комплекс дорівнює:

$$\pi_6=\frac{\Delta U}{U}.$$

Для безрозмірного комплексу π_7 запишемо

$$\left[L^o M^o T^o\right]=\left[\left(\frac{L}{T}\right)^{\varepsilon_{71}}\left(\frac{M}{L}\right)^{\varepsilon_{72}}\left(\frac{M}{L^3}\right)^{\varepsilon_{73}} L\right].$$

Отже, система для розв'язку має вигляд

$$\begin{cases} \varepsilon_{71} - \varepsilon_{72} - 3\varepsilon_{73} + 1 = 0, \\ \varepsilon_{72} + \varepsilon_{73} = 0, \\ -\varepsilon_{71} = 0. \end{cases}$$

Після розв'язування останньої системи рівнянь отримаємо $\varepsilon_{71} = 0$, $\varepsilon_{72} = -\frac{1}{2}$, $\varepsilon_{73} = \frac{1}{2}$, виходячи з чого, наступний безрозмірний комплекс

$$\pi_7 = \frac{З}{q} \cdot в^2 .$$

За аналогією знаходяться і комплекси π_8 та π_9:

$$\pi_8 = \frac{З}{q} \cdot H_1^2 ; \ \pi_9 = \frac{З}{q} \cdot H_2^2 .$$

Враховуючи безрозмірність величини y, останній комплекс має вигляд:

$$\pi_{10} = y .$$

З врахуванням розрахованих безрозмірних комплексів критеріальне рівняння набуває вигляду:

$$F\left(\frac{V_Д}{U}; \frac{З \cdot F}{q}; \frac{З}{q} \cdot V_0^2; \alpha; \beta; \frac{\Delta U}{U}; \frac{З}{q} \cdot в^2; \frac{З}{q} \cdot H_1^2; \frac{З}{q} \cdot H_2^2; y\right) = 0.$$

У більш зручному для сприйняття вигляді можемо записати його так:

$$y = f\left(\frac{V_Д}{U}; \frac{З \cdot F}{q}; \frac{З}{q} \cdot V_0^2; \alpha; \beta; \frac{\Delta U}{U}; \frac{З}{q} \cdot в^2; \frac{З}{q} \cdot H_1^2; \frac{З}{q} \cdot H_2^2\right).$$

Шляхом підстановки знайдених безрозмірних комплексів можна отримати регресійну модель, яка найкращим чином поєднує залежну змінну із вхідними факторами. Для цього найзручніше використовувати нелінійні моделі, наприклад мультиплікативні:

$$y = \varepsilon_0 \left[\frac{V_Д}{U}\right]^{\varepsilon_1} \left[\frac{З \cdot F}{q}\right]^{\varepsilon_2} \left[\frac{З}{q} \cdot V_0^2\right]^{\varepsilon_3} \alpha^{\varepsilon_4} \beta^{\varepsilon_5} \left[\frac{\Delta U}{U}\right]^{\varepsilon_6} \left[\frac{З}{q} \cdot в^2\right]^{\varepsilon_7} \left[\frac{З}{q} \cdot H_1^2\right]^{\varepsilon_8} \left[\frac{З}{q} \cdot H_2^2\right]^{\varepsilon_9} .$$

Доволі зручно практично використовувати експоненційну регресійну модель, яка має вигляд:

$$e^{y} = \varepsilon_0 + \varepsilon_1\left[\frac{V_Д}{U}\right] + \varepsilon_2\left[\frac{3\cdot F}{q}\right] + \varepsilon_3\left[\frac{3}{q}\cdot V_0^2\right] + \varepsilon_4\alpha + \varepsilon_5\beta + \varepsilon_6\left[\frac{\Delta U}{U}\right] + \varepsilon_7\left[\frac{3}{q}\cdot в^2\right] +$$
$$+\varepsilon_8\left[\frac{3}{q}\cdot H_1^2\right] + \varepsilon_9\left[\frac{3}{q}\cdot H_2^2\right].$$

Статистична обробка конкретних результатів нелінійних моделей, що наведені вище, дозволяє за рахунок перетворення залежних та незалежних змінних привести їх до лінійних моделей.

Після позначення в експоненційній регресійній моделі виразів в дужках через z_i'; $y' = \ln y = e^{y}$; $\varepsilon_0' = \ln \varepsilon$ можемо привести це рівняння до лінійного вигляду:

$$y' = \varepsilon_0' + \varepsilon_1 z_1' + \varepsilon_2 z_2' + \varepsilon_3 z_3' + \varepsilon_4 z_4' + \varepsilon_5 z_5' + \varepsilon_6 z_6' + \varepsilon_7 z_7' + \varepsilon_8 z_8' + \varepsilon_9 z_9'.$$

В наведеній лінійній моделі розрахувати значення коефіцієнтів рівняння регресії можна виходячи із умови мінімалізації суми квадратів відхилень, що математично описується у вигляді:

$$S = \sum_i \left(y_i' - \varepsilon_0' - \varepsilon_1 z_1' - \ldots - \varepsilon_9 z_9'\right)^2 = \min.$$

Прирівнявши до нуля частинні похідні від суми S для $i = N$ дослідів одержимо систему нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} n\varepsilon_0' + \varepsilon_1\sum_i z_{i1}' + \ldots + \varepsilon_9\sum_i z_{i9}' = \sum_i y_i', \\ \varepsilon_0'\sum_i z_{i1}' + \varepsilon_1\sum_i z_{i1}'^2 + \ldots + \varepsilon_9\sum_i z_{i9}' = \sum z_{i1}' y_i', \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \varepsilon_0'\sum_i z_{i9}' + \varepsilon_1\sum_i z_{i1}' z_{i5}' + \ldots + \varepsilon_9\sum_i z_{i9}'^2 = \sum z_{i9}' y_i'. \end{cases}$$

Конкретні значення коефіцієнтів рівняння регресії, що описують процес розділення сої повітряним потоком потрібно знаходити, розв'язавши останню систему рівнянь.

Отже, застосування π- теореми Букінгама до теоретичного дослідження процесу розділення зернових матеріалів повітряним потоком дозволяє згрупувати вхідні перемінні в безрозмірні комплекси. Аналіз отриманих безрозмірних комплексів дозволяє більш повно, ніж при звичайному критеріальному описанні процесу сепарації, встановити вплив факторів та їх взаємний зв'язок, на якість очищення збіжжя повітряним потоком що в подальшому дозволить визначитися з напрямком вдосконалення процесу повітряного очищення сільськогосподарських матеріалів.

Ще одним позитивним результатом використання запропонованих безрозмірних комплексів є те, що використання таких моделей дозволить суттєво зменшити кількість вхідних перемінних, що впливають на процес, та, як наслідок скоротити кількість домішок. Крім цього, це ж дозволяє зменшити похибку при дослідженні процесу виділення домішок повітряним потоком.

Експоненційна та мультиплікативна регресійні моделі розділення зернових сумішей повітряним потоком, які отримані користуючись π-теоремою, дозволяють максимально врахувати впливові на процес очистки фактори, серед яких геометричні параметри пневмосепаруючих каналів, умови введення зерна на очищення, рівномірність та структуру поля швидкостей тощо. Такі моделі процесу очищення зернових сумішей, дозволяють швидше інтенсифікувати процес пневмосепарації, виходячи із показників якості.

Короткі висновки по розділу

Отже, в результаті проведених робіт проаналізовано конструкцію та технологічний процес роботи прямоточної зерноочисної машини із замкненою схемою циркуляції повітряного потоку. Проведені відповідні конструкторські розрахунки, які дозволяють обґрунтувати як послідовне двоступеневе очищення сої в межах замкненої пневмосистеми так і параметри багатофункціонального робочого органу – щіточного барабану.

Наукові дослідження роботи полягають у пошуку аналітичним методом напрямків вдосконалення повітряної сепарації зерна сої. В результаті проведених робіт, отримані на основі теорії подібності і π- теореми критеріальні рівняння сепарації, що значно спрощують вдосконалення повітряних систем зерноочисних машин та знижують похибку під час моделювання процесів очищення зерносумішей.

4. Охорона праці

Під час очищення зернових культур від домішок на токах господарства може виникати велика кількість шкідливих і небезпечних виробничих чинників, серед яких найчастіше виникають наступні:

- окремі рухомі елементи зерноочисного обладнання;
- високий рівень запилення та загазованості робочої зони біля зерноочисного обладнання;
- понижена чи підвищена температура повітря робочої зони або ж поверхонь та окремих елементів зерноочисних машин;
- високий рівень шуму чи вібрацій, що перевищують нормативні показники;
- підвищена чи знижена вологість в робочій зоні зерноочисного обладнання, зависока швидкість руху повітря біля зерноочисних машин;
- висока робоча напруга зерноочисних машин, що може без правильно виконаного заземлення чи занулення призводить до ураження працюючих струмом;
- занадто висока статична електрики зерноочисних машин на току господарства;
- недостатня природня освітленість операційної зони під час роботи в сумерках, похмуру погоду чи в темну пору доби;
- підвищений рівень яскравості природнього світла чи штучного освітлення, що призводить до прямого засліплення чи засліплення

працюючих від відбиваючих світло поверхонь зерноочисного обладнання;

- гострі краї, машин та елементів конструкцій зерноочисного обладнання, задирки, підвищена шорсткість на поверхнях машин і обладнання;
- окремі робочі місця і місця для обслуговування зерноочисного обладнання знаходяться високо над поверхнею горизонту.

На обслуговуючий персонал зерноочисного обладнання діють певний вплив і психофізіологічні небезпечні та шкідливі чинники, серед яких виділяються:

- фізичні надмірні перевантаження, що бувають динамічними і статичними;
- перевантаження нервово-психічні, такі як монотонність праці, нервове напруження тощо.

Працюючи із зерноочисними машинами, робітники повинні забезпечуватися засобами індивідуального засобу, серед яких спецодяг, засоби захисту органів дихання від запилення, наприклад респіратор У-2К, спеціальні захисні окуляри тощо. Якщо зерноочисна машина працює у закритому приміщенні, наприклад складі, то це приміщення має бути обладнане працюючою продуктивною системою вентиляції.

Для усунення зайвих шумів і вібрацій зерноочисні машини повинні змащуватися, встановлюються на окремі елементи обладнання пружні протишумні прокладки, деякі елементи конструкцій машин обклеюються шумопоглинаючими матеріалами та ін. Якщо надлишковий шум усунути не можливо, а в робочій зоні машини він перевищує 80 дБ, то ці зони позначаються знаками попередження, а працювати за таких умов можна лише в спеціальних навушниках чи берушах.

На кожухах і кришках щіточного ротора та електродвигуна прямоточної зерноочисної машини наносяться стрілки, що вказують напрямки

обертання. Загальне зусилля на важелях управління зерноочисного обладнання не має бути більшим за 60 Н.

До комплекту зерноочисної машини повинні входити всі інструменти, що потрібні для обслуговування агрегату та його налаштувань. У випадку проведення ручного очищення робочих органів потрібно працювати спеціальними чистиками, які виключають можливості травмування людини.

У видимій частині корпусу прямоточної зерноочисної машини, закріплюються відповідні написи та таблички-інструкції, що попереджають про можливі аварійні ситуації, необхідні налаштування та порядок дії обслуговуючого персоналу.

Висуваються до машин для очищення зерна жорсткі вимоги й до пожежної безпеки, такі агрегати мають відповідати встановленим вимогам і бути в межах ДСТУ ISO 3864-1:2005, ДСТУ ISO 6309:2007.

5. Економічна частина

Аналіз існуючої у господарстві технології вирощування сої, дозволяє відмітити, що своєчасне і якісне очищення зібраного збіжжя від різного виду домішок дозволяє підвищити класність зерна, а отже і його ринкову вартість. Економічна ефективність запропонованих вдосконалень базується на підвищенні якості очищення зібраного збіжжя за умов зниження енерговитрат на процес.

У якості машини, якою пропонується проводити очищення сої є прямоточна зерноочисна машина ІПС-2, яка є повітряно-решітною зерноочисною машиною із двома послідовними каналами для очищення збіжжя та решітним очищенням сої від дрібних домішок щіточним ротором. Ця зерноочисна машина проводить операції попереднього та первинного очищення зерна на току господарства за умов зниження енерговитрат та зменшеного травмування сої. Варто зазначити, що під час проведення вдосконалення цієї зерноочисної машини, обґрунтовано параметри пневмосистеми та послідовного двохетапного очищення сої повітряним

потоком. Розрахунок показників економічної ефективності розробок, запропонованих в даній кваліфікаційній роботі, проведено за стандартною методикою, а їх результати зведені в таблицю 2.

Таблиця 2

Техніко-економічні показники ефективності вдосконалення технології вирощування сої із використанням прямоточної зерноочисної машини

Показник	Од. вим.	Технології		Відхилення	
		Проектна	Базова	+, -	%
1	2	3	4	5	6
Продуктивність прямоточної зерноочисної машини	т/год	2	2		
Обсяги виробництва сої на одному полі	т	280	280	-	-
Собівартість очисних операцій всього врожаю сої	грн.	3287,06	8423,78	-2463,28	-29,2
Питома собівартість виконання робіт	грн./т	18,26	46,79	-28,53	-60,9
Річна економія витрат	грн.		5135,4		
Річний економічний ефект від впровадження технології у виробництво	грн.		4357,62		
Додатковий дохід від підвищення якості сої після її очищення	грн.		267300		

Таким чином, розрахунок економічної ефективності вдосконалень підтверджує доцільність впровадження оновленої технології у виробництво. Під час вирощування в господарських умовах сої, із її післязбиральним очищенням прямоточною зерноочисною машиною, досягається річна

економія витрат на рівні 5135,4 грн, крім того отримується і позитивний економічний ефект від впровадження технології у виробництво, який складає 4357,6 грн.

6. Висновок

Під час виконання кваліфікаційної роботи проведено детальний аналіз технологічного процесу виробництва сої в за базовою технологією в господарських умовах. Проведено розрахунок технологічного процесу та обґрунтування засобів механізації, які використовуються в процесі виробництва сої. Доведена важливість здійснення очищення сої повітряним потоком та запропоновано вдосконалення існуючої технології шляхом проведення очисних операцій прямоточною зерноочисною машиною ІПС-2.

В результаті вдосконалення конструкції прямоточної зерноочисної машин було вдосконалено функціональну схему повітряної системи, а саме обґрунтовано раціональні параметри послідовної дворазової сепарації насіння сої замкненим повітряним потоком. Це дало змогу знизити металоємність та енергоємність машини, при цьому суттєво поліпшити якісні показники очищення збіжжя.

Під час реалізації наукових досліджень аналітично доведені основні напрямки ефективного застосування та вдосконалення повітряних систем зерноочисних машин, серед них: застосування замкнутих систем циркуляції повітряного потоку, використання послідовного кількаразового очищення зерносумішей тощо. На основі π-теореми Букінгама отримані регресійні моделі процесу повітряної сепарації зерна та насіння в замкненій пневмосистемі зерноочисної машини.

В розділі «Охорона праці» оцінено вплив шкідливих і небезпечних факторів, що можуть виникнути при роботі зерноочисного обладнання на токах та вжиті заходи по їх усунення. Доцільність та ефективність внесених змін в технологію вирощування сої підтверджується позитивним економічним ефектом, що доводить необхідність практичного впровадження розробок.

Список використаної літератури

1. Складові технології вирощування сої: навчальний посібник / Господаренко Г., Бахмат О., Прокопчук І. та ін. – Умань, 2019. – 208 с.
2. 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.
3. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 334 с.
4. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / Бондаренко М.Г., Демещук В.А. – К.: Вища школа, 1995. – 237 с.
5. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова – Харків: Веста, 2001. – 347 с.
6. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2009. – 284 с.
7. Технические культуры / Я.В. Губанов, С.Ф. Тихвинский, Е.П. Горелов и др.; Под ред. Я.В. Губанова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 287 с.
8. Стрижова Ф.М. Растениеводство: учебное пособие / Ф.М. Стрижова, Л.Е. Царева, Ю.Н. Титов – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 219 с.
9. Єщенко В.О. Загальне землеробство. – К.: Вища освіта, 2004. – 336 с.
10. Механізація технологічних процесів в землеробстві: Навчально-методичний комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Т.Д . Іщенко та ін.. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. – 352 с.
11. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник / С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова, В.Д. Паламарчук та ін.. – Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. – 448 с.

12. Практикум із землеробства: Навчальний посібник / М.С. Кравченко, О.М. Царенко, Ю.Г. Міщенко та ін..: За ред.. М.С. Кравченка і З.М. Томашівського. – К.: Мета, 2003. – 320 с.
13. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ «Українські технології»., 2002. – 800 с.
14. 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.
15. 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.
16. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
17. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
18. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с.
19. Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін. Довідник сільського інженера / За ред. В.Д. Гречкосія. – 2-е вид., перероб. і доповнене. – К.: Урожай, 1991. – 400 с.
20. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 3. Машини та обладнання для

переробки зерна та насіння / за ред. Черновола М.І. – К.; Фенікс, 2007. – 432 с.

21. Nesterenko A.V. Analytical assessment of the pneumatic separation quality in the process of grain multilayer feeding / Аналітична оцінка якості пневмосепарації при багаторівневому введенні / Nesterenko A.V., Leshchenko S.M., Vasylkovskyi O.M., Petrenko D.I. // INMATEH – Agricultural Engineering. Sep-Dec. – Bucharest / Romania, 2017. – Vol. 53, No 3. – p. 65-70.
22. Васильковський М.І. Обґрунтування основних параметрів замкненої двохступеневої пневмосепаруючої системи ЗОМ / М.І. Васильковський, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 59 – С. 177–186.
23. Нелюбов А.И., Ветров Е.Ф. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 190 с.
24. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
25. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини// За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
26. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку/ За ред. Д.Г. Войтюка. – Суми: ВТД Університетська книга, 2006. – 480 с.
27. Розробка нової конструкції пневморешітної зерноочисної машини. Том. 1. Обґрунтування параметрів транспортера-сепаратора. Монографія / В.М. Сало, С.М. Мороз, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко – Кіровоград: Видавець Лисенко В.Ф., 2014 – 108 с.

28. Бурков А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / А.И. Бурков, Н.П. Сычугов – Киров: изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.
29. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский – М.: Наука, 1973. – 845 с.
30. Скойбеда А.Т. и др. Детали машин. Теория и расчет: Учебно-методическое пособие / А.Т. Скойбеда, В.А. Агейчик, И.Н. Кононович. – Минск: БГАТУ, 2014. – 372 с.
31. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
32. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. Охорона праці в галузі сільського господарства: Навчальний посібник. – Суми: Університетська книга, 2009. – 365 с.
33. Основи охорони праці: Підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. – Х.: Стиль-Издат, 2017. – 334 с.

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Презентація графічної частини магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

Механізація вирощування сої з дослідженням та вдосконаленням очищення врожаю зерноочисною машиною

Виконав: ст.гр. АІ-20М(1,4)-1 Горяной Анатолій Анатолійович

Керівник роботи: доц. Лещенко С.М.

Кропивницький, 2021 р.

МВСЗ 00.001 ТЧ

Операційно-технологічна карта на повітряно-прямоточну очистку сої

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Прямоточна зерноочисна машина: довжина ЗОМ – 0,65 м, висота ЗОМ – 1,2 м. Підготовка ЗОМ до роботи: 1. Провести щозмінний ТО сепаратора; 2. Перевірити стан механізму приводу; 3. Перевірити справність заземлення та надійність кріплення вузлів сепаратора	Функціональна схема прямоточної зерноочисної машини 1 – приймальний бункер, 2 – регулююча заслінка, 3 – решето крупних домішок, 4 – накопичувальний бункер, 5 – важіль, 6 – регулююча заслінка, 7 – заслінка, 8 – вагостримуючий дільник, 9 – похилий повітряний канал, 10 – верхній сектор, 11 – заслінка, 12 – осадові камери легких домішок, 13 – напрямник, 14 – лотки виводу легких домішок, 15 – рециркуляційний канал елеватора, 16 – нижній сектор, 17 – відцентрувач, 18 – лопатевий ротор, 19 – канал виводу очищеного зерна, 20 – прутковое решето, 21 – лоток дрібних домішок зерновий матеріал крупні домішки ворох очищений від крупних домішок легкі домішки ворох очищений від легких домішок дрібні домішки очищене зерно повітряний потік
Агротехнічні вимоги	1. Соя повинна відповідати вимогам ГОСТ 10467–76. 2. Вологість повинна становити 11–14 %. 3. Вміст легких домішок у матеріалі не повинен перевищувати 2,5% 4. Вміст повноцінного зерна сої у відходах не повинен первищувати 0,2%	
План робочого місця	Показники організації процесу: 1. Продуктивність за цикл – до 2,5 т 2. Тривалість циклу – 30 хв. 3. Змінна продуктивність агрегату – 14 т. 4. Кількість циклів за зміну – 14. 5. Витрати електроенергії – 1,1 кВт. 6. Витрати електроенергії за зміну – 7,7 кВт. 7. Обслуговуючий персонал – 1 чол. 8. Час на завантаження сепаратора $t_з$=7 с.; 9. Час на складування чистого насіння сої: $t_{чн}$=9 с.; 10. Час на складування легких домішок: $t_{лд}$=12 с.	Схема робочого місця 2 м 1 $t_з$ 2 4,5 м $t_{лд}$ $t_{чн}$ 4 м 4 3 4 м 1 – майданчик для складання матеріалу; 2 – прямоточна зерноочисна машина ПС–2; 3 – майданчик для складання очищеної сої; 4 – майданчик для складання легких домішок.
Контроль за якістю	Перевірку якості сепарації проводити на парусному класифікаторі. Показники якості: 1. Чистота зерна 70 %; 2. Чіткість сепарації 2 %; 3. Пошкодження оболонок зерна сої не допускається.	Схема парусного класифікатора

МВСЗ 00.001 ТЧ

Операційно-технологічна карта на повітряно-прямоточну очистку

Лит. | Маса | Масштаб

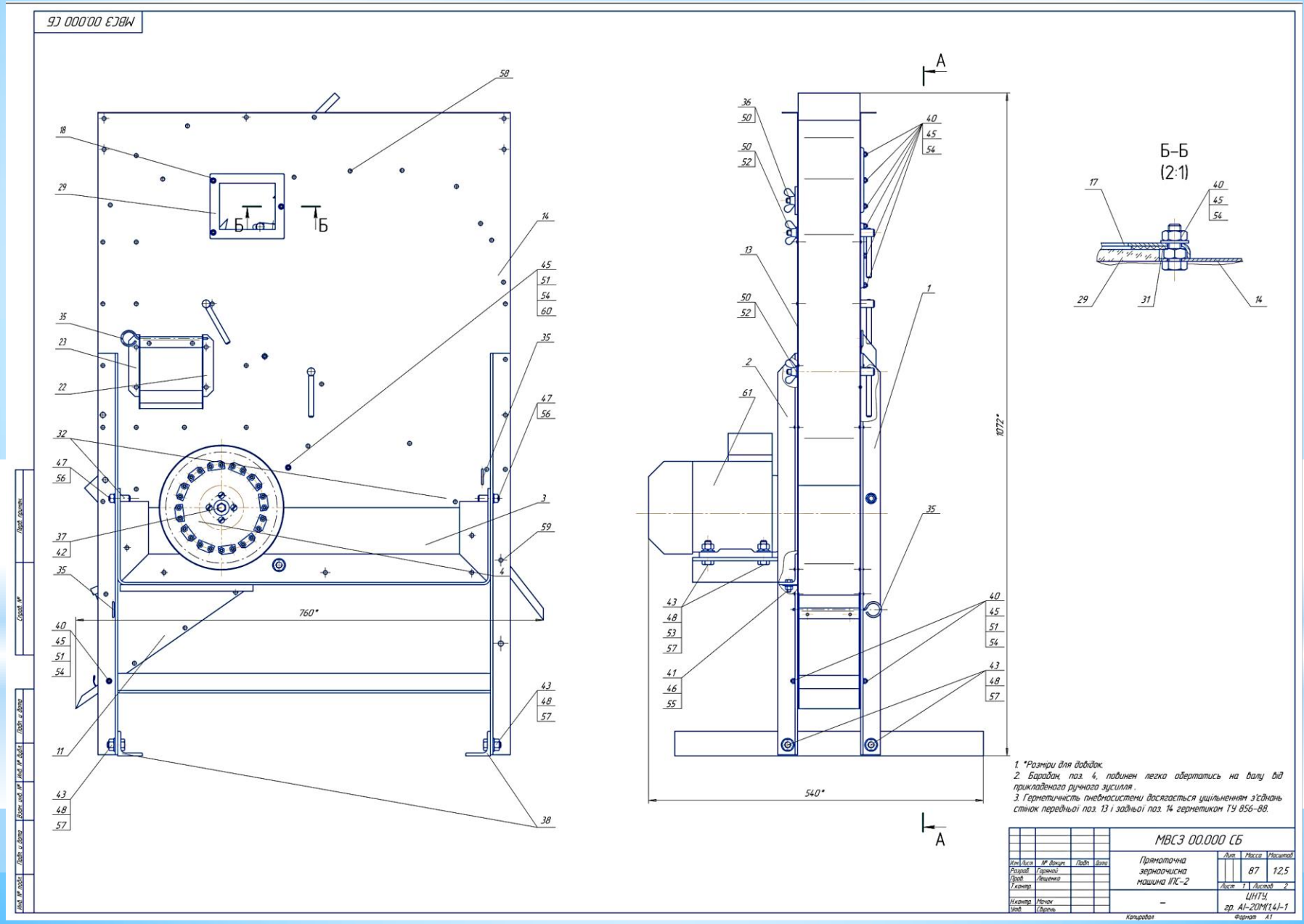
Лист | Листов

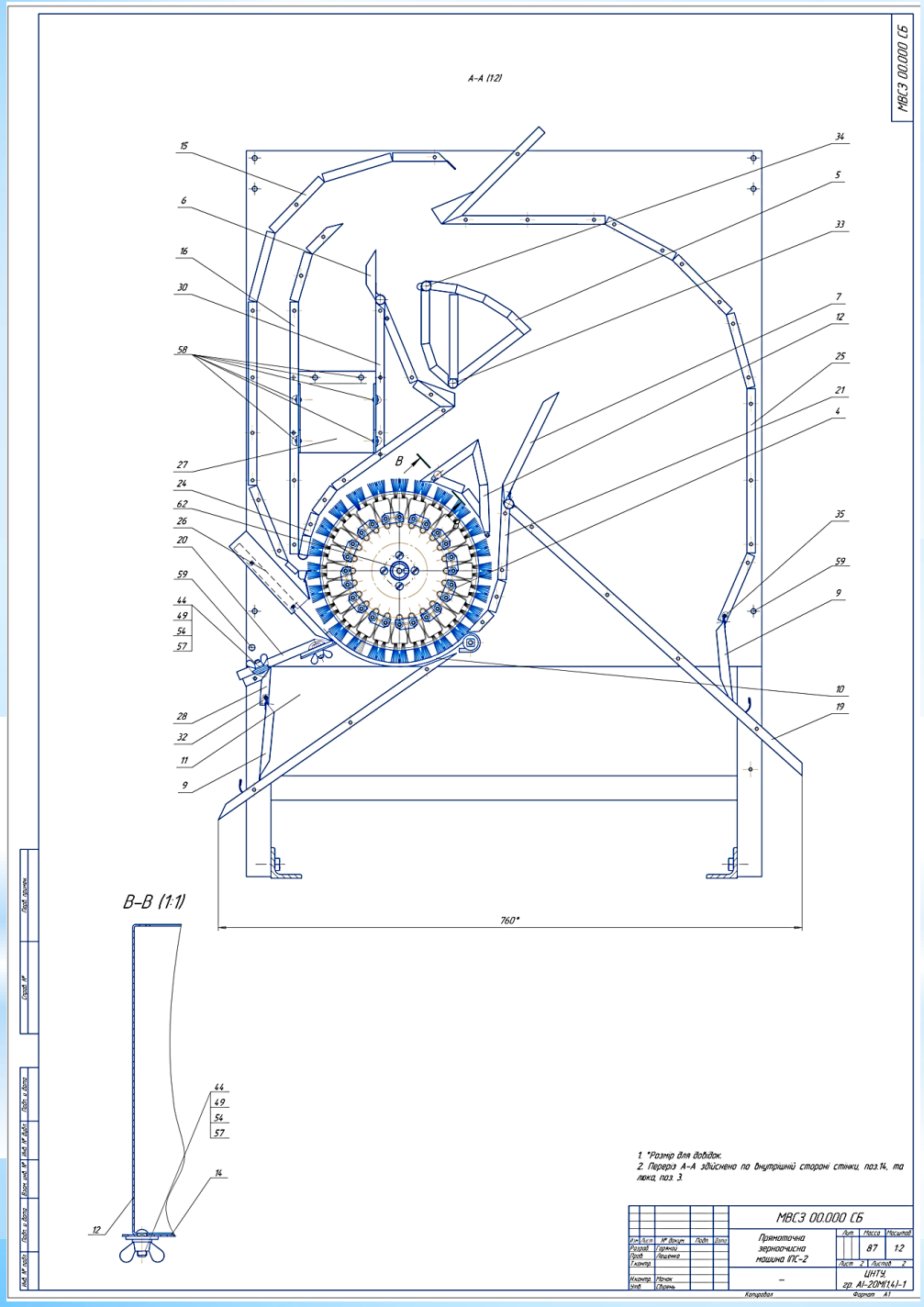
ЦНТУ
гр. АІ-20М(14)-1

Копіював | Формат А1

Операційно-технологічна карта на повітряно-прямоточну очистку сої

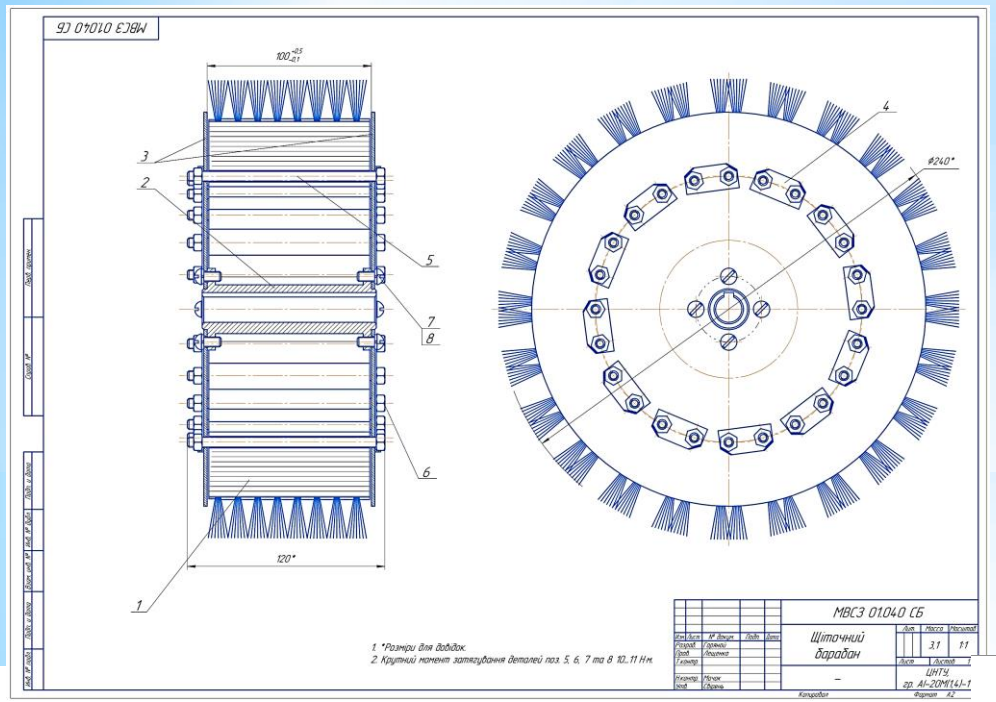
Прямоточна зерноочисна машина

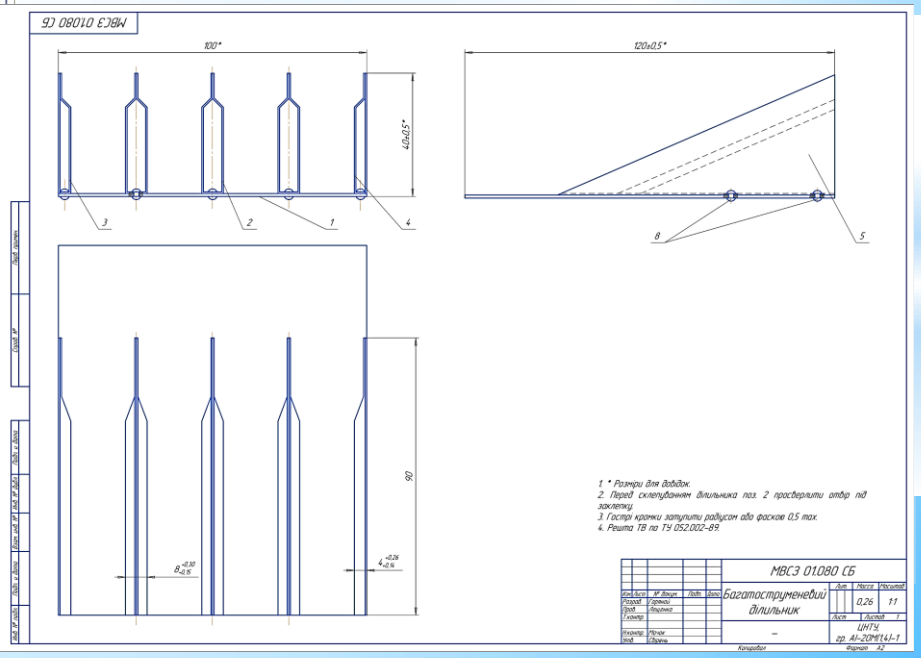




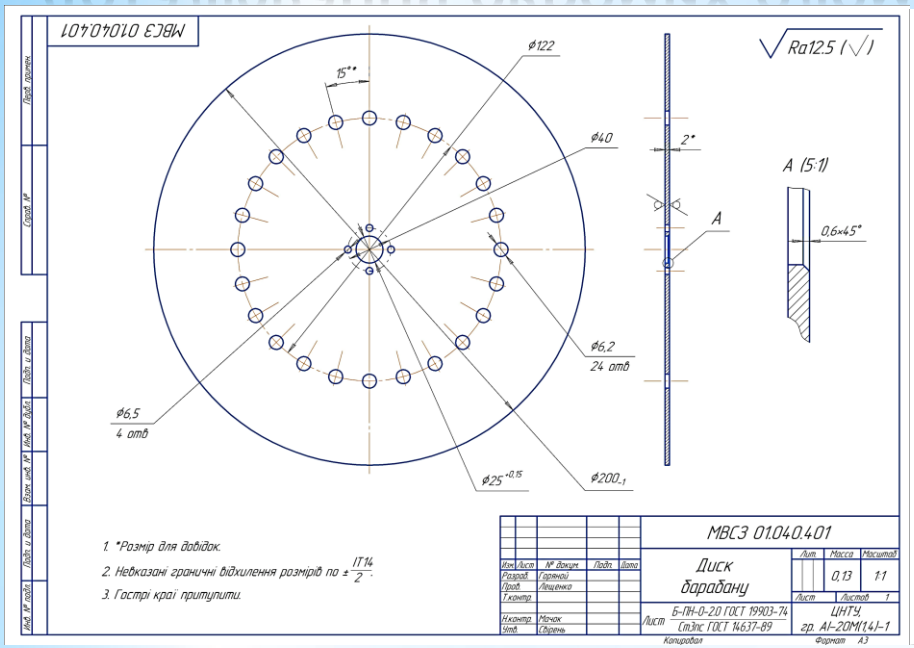
Прямоточна зерноочисна машина

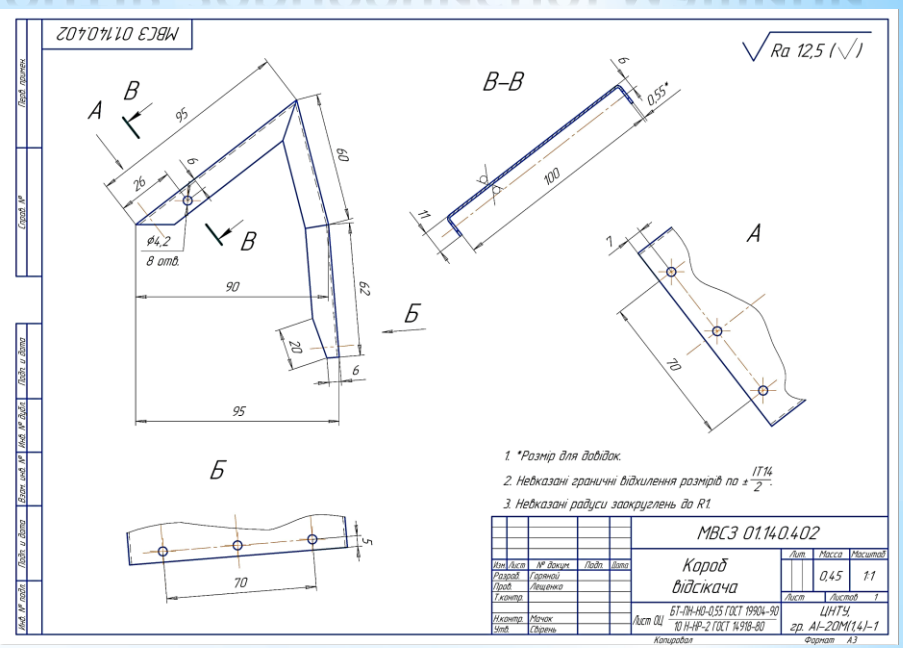
Вдосконалені елементи конструкції

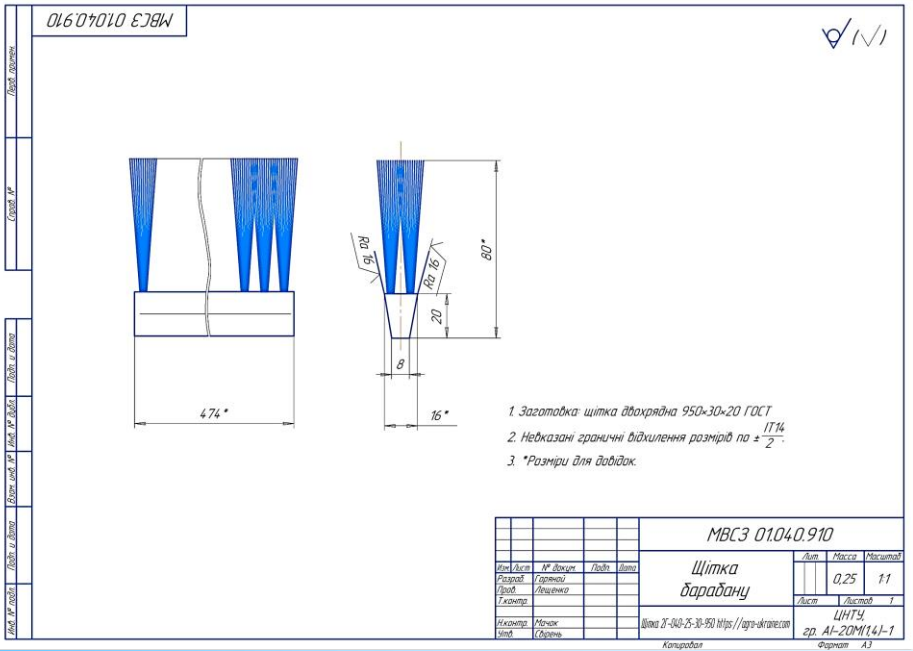


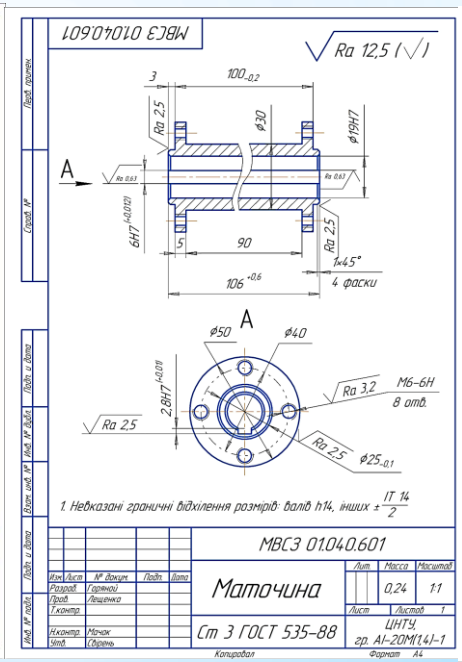


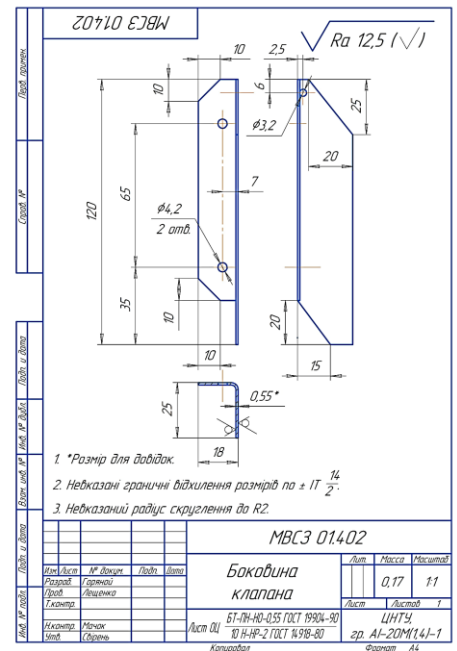
Деталювання окремих елементів зерноочисної машини











Теоретичний аналіз факторів, що впливають на пневмосепарацію

МВСЗ 00.001 НЧ

Основне рівняння кінетики сепарації маєвигляд:

$$\eta=1-e^{-kt}$$

де η - ступінь видалення відокремлюваного компоненту;

k - коефіцієнт, який враховує властивості оброблюваного матеріалу, властивості повітряного потоку та геометричні і кінематичні параметри машини

Для оцінки впливовості факторів при роботі пневмосепаратора скористаємося π - теоремою Букінгама, за якою загальне критеріальне рівняння сепарації запишеться як:

$$F(\pi_1, \pi_2,..., \pi_{n-m})=0$$

де $\pi_1, \pi_2,..., \pi_i$ - безрозмірні комплекси

Загальне критеріальне рівняння представимо у вигляді:

$$f(U, q, З, V_Д, F, V_0, \alpha, \beta, \Delta U, в, H_1, H_2, y)=0$$

Система рівнянь по визначенні безрозмірних комплексів матиме наступний вигляд:

$$\pi_1=U^{\varepsilon_{11}}\cdot q^{\varepsilon_{12}}\cdot З^{\varepsilon_{13}}\cdot V_Д$$

$$\pi_2=U^{\varepsilon_{21}}\cdot q^{\varepsilon_{22}}\cdot З^{\varepsilon_{23}}\cdot F$$

$$\pi_3=U^{\varepsilon_{31}}\cdot q^{\varepsilon_{32}}\cdot З^{\varepsilon_{33}}\cdot V_0$$

$$\pi_4=U^{\varepsilon_{41}}\cdot q^{\varepsilon_{42}}\cdot З^{\varepsilon_{43}}\cdot \alpha$$

$$\pi_5=U^{\varepsilon_{51}}\cdot q^{\varepsilon_{52}}\cdot З^{\varepsilon_{53}}\cdot \beta$$

$$\pi_6=U^{\varepsilon_{61}}\cdot q^{\varepsilon_{62}}\cdot З^{\varepsilon_{63}}\cdot \Delta U$$

$$\pi_7=U^{\varepsilon_{71}}\cdot q^{\varepsilon_{72}}\cdot З^{\varepsilon_{73}}\cdot в$$

$$\pi_8=U^{\varepsilon_{81}}\cdot q^{\varepsilon_{82}}\cdot З^{\varepsilon_{83}}\cdot H_1$$

$$\pi_9=U^{\varepsilon_{91}}\cdot q^{\varepsilon_{92}}\cdot З^{\varepsilon_{93}}\cdot H_2$$

$$\pi_{10}=U^{\varepsilon_{101}}\cdot q^{\varepsilon_{102}}\cdot З^{\varepsilon_{103}}\cdot y$$

МВСЗ 00.001 НЧ

Теоретичний аналіз факторів, що впливають на пневмосепарацію

ІНТЧ гр. АІ-20М(1ЧІ)-1

Наукова частина роботи

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
*			МВСЗ 00.000 СБ	Складальне креслення		А1×2
				Прямоточна зерноочисна		
				машина ІПС-2		
				Складальні одиниці		
		1	МВСЗ 01.010	Стояк передній	1	
		2	МВСЗ 01.020	Стояк задній	1	
		3	МВСЗ 01.030	Люк	1	
А2		4	МВСЗ 01.040	Щіточний барабан	1	
		5	МВСЗ 01.050	Сектор	1	
		6	МВСЗ 01.060	Заслінка	1	
		7	МВСЗ 01.070	Заслінка	1	
А2		8	МВСЗ 01.080	Багатоструменевий дільник	1	
		9	МВСЗ 01.090	Клапан	1	

Перед. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Горяной			
Пров.	Лещенко			
Н.контр.	Мачак			
Утв.	Сівірень			

МВСЗ 00.000

Прямоточна зерноочисна машина ІПС-2

Лит.	Лист	Листов
	1	5

ЦНТУ, гр. АІ-20М(1,4)-1

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		10	МВСЗ 01.100	Решітка	1	
		11	МВСЗ 01.110	Лоток підсіву	1	
		12	МВСЗ 01.140	Сектор	1	
				Деталі		
		13	МВСЗ 01.401	Стінка задня	1	
		14	МВСЗ 01.402	Стінка передня	1	
		15	МВСЗ 01.403	Короб	1	
		16	МВСЗ 01.404	Короб	1	
		17	МВСЗ 01.405	Рамка	1	
		18	МВСЗ 01.406	Рамка	1	
		19	МВСЗ 01.407	Лоток	1	
		20	МВСЗ 01.408	Напрямник	1	
		21	МВСЗ 01.409	Напрямник	1	
		22	МВСЗ 01.411	Боковина клапана	1	
А4		23	МВСЗ 01.412	Боковина клапана	1	
		24	МВСЗ 01.413	Напрямник	1	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВСЗ 00.000	Лист 2

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		25	МВСЗ 01.414	Кожух	1	
		26	МВСЗ 01.415	Канал	1	
		27	МВСЗ 01.416	Лоток	1	
		28	МВСЗ 01.417	Кронштейн	1	
		29	МВСЗ 01.001	Вікно	2	
		30	МВСЗ 01.419	Короб	1	
		31	МВСЗ 01.002	Прокладка	2	
		32	МВСЗ 01.601	Вісь	2	
		33	МВСЗ 01.605	Вісь	1	
		34	МВСЗ 01.606	Вісь	1	
		35	МВСЗ 01.607	Вісь	3	
		36	МВСЗ 01.421	Шайба	1	
		37	МВСЗ 01.422	Шайба	1	
		38	МВСЗ 01.701	Кутик	2	
				Стандартні вироби		
				Болти ГОСТ 7805-70		
		40		М4-6g×12.66.019	8	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВСЗ 00.000	Лист 3

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		41		М6-6g×12.66.019	2	
		42		М8-6g×12.66.019	1	
		43		М10-6g×12.66.019	8	
		44		Болт М6-6g×12.66.019 ГОСТ 7802-81	2	
				Гайки ГОСТ 5927-70		
		45		М4-7Н.019	16	
		46		М6-7Н.019	2	
		47		М8-7Н.019	2	
		48		М10-7Н.019	8	
				Гайки ГОСТ		
		49		М6-7Н.019	2	
		50		М8-7Н.019	3	
				Шайбы ГОСТ 6402-70		
		51		4.65Г.019	4	
		52		8.65Г.019	1	
		53		10.65Г.019	4	
				Шайбы ГОСТ 113-71		
		54		4.01.10.019	6	
		55		6.01.10.019	4	
		56		8.01.10.019	4	
		57		10.01.10.019	10	
				Заклепки ГОСТ 10302-80		
		58		4×8	79	
		59		4×10	14	
		60		Шпилька М4×110 ГОСТ 22032-76	1	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВС3 00.000	Лист 4

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		61		Електродвигун 4А	1	
				ГОСТ 19523-81		
		62		Шпонка 6×6 ГОСТ 10748-79	1	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВС3 00.000	Лист 5

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
А2			МВСЗ 01.040 СБ	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	МВСЗ 01.040.010	Щітка	24	
				Деталі		
А4		2	МВСЗ 01.040.601	Маточина	1	
А3		3	МВСЗ 01.040.401	Диск ротора	2	
		4	МВСЗ 01.040.402	Стопорні шайби	24	
		5	МВСЗ 01. 040. 602	Вісь	24	
				Стандартні вироби		
		6		Гайка М6-7Н.019 ГОСТ5927-70	48	
		7		Гвинт М6-6g-12 ГОСТ 1491-80	8	
		8		Шайба 6 Л ГОСТ 6402-70	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Горяной			
Пров.	Лещенко			
Н.контр.	Мачак			
Утв.	Сірень			

МВСЗ 01.040

Щіточний барабан

Лит.	Лист	Листов
		1

ЦНТУ, гр. АІ-20М(1,4)-1

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
А3			МВСЗ 01.080 СБ	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	МВСЗ 01.080.401	Основа	1	
		2	МВСЗ 01.080.402	Ділильник	3	
		3	МВСЗ 01.080.403	Ділильник зрізаний лівий	1	
		4	МВСЗ 01.080.404	Ділильник зрізаний правий	1	
		5	МВСЗ 01.080.405	Боковина зрізаного ділильника	2	
				Стандартні вироби		
		8		Заклепка 1,6 х 3 ГОСТ 10299-80	10	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Горяной			
Пров.	Лещенко			
Н.контр.	Мачак			
Утв.	Сіверень			

МВСЗ 01.080

Багатоструменевий ділильник

Лит.	Лист	Листов
		1

ЦНТУ, гр. АІ-20М(1,4)-1

Копировал

Формат А4