Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“___“ _____2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Удосконалення конструкції зерноочисної машини А1-БЛС із дослідженням параметрів решета"

Виконав здобувач вищої освіти__II__курсу,
групи ГМ-22М-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Липа Андрій Сергійович
«____»_____2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Володимир ОНОПА
«_____»_____2024 р.
Рецензент Вадим БРЕДИХІН
_____

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
_____ Сергій ЛЕЩЕНКО
«___» _____ 2024 року

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

_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

_____

_____

_____

_____

2. Керівник роботи (проекту)

_____

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту)_____

_____

_____

_____

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання
«____» _____20___ р.
Підпис керівника

_____ _____
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«____» _____20___ р.

Підпис здобувача _____ _____
(прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ 6
2. Інженерна частина 7
3. Наукова частина 46
4. Охорона праці 61
5. Економічна частина 64
6. Висновок 66
Список використаної літератури 68
Додатки 71

1. ВСТУП

В нашій державі щорічно вирощується близько 40 млн. тон різних зернових культур. Зібраний врожай зернових, після того як надходить на токи та склади господарств, потребує післязбиральної обробки, адже разом із повноцінним зерном під час прямого комбайнування в зібране збіжжя потрапляють різні домішки, що загалом забезпечують зниження ціни готового врожаю та сприяють пліснявінню і псуванню зібраної продукції, що погіршує умови зберігання урожаю. Очищенню підлягає і те зерно, що потрапляє на переробку, адже дуже важливим є показник наявності у зерні домішок, значна кількість яких призводить до погіршення якості готової продукції, а наявність окремих домішок може ще й пошкоджувати робочі органи машин і обладнання переробних підприємств.

В більшості фермерських господарств традиційною є проведення операцій попереднього очищення зібраного врожаю зернових. Більш передові та крупні господарства, які мають значні потужності для зберігання врожаю, реалізують ще й первинне очищення. Для обох видів операцій післязбирального очищення (попереднє, первинне) використовують повітряні, решітні чи повітряно-решітні зерноочисні машини. Варто заначити, що найбільш масового використання через свої якісні показники роботи та універсальність знайшли повітряно-решітні зерноочисні машини (ЗОМ). Однак, досить часто під час операцій післязбирального очищення зернових, має місце неузгодженість роботи повітряної та решітної частин, забивання та погіршення просіювання матеріалу на каскаді решіт, пульсація та погіршення роботи повітряної системи ЗОМ тощо.

Виходячи з цього метою даної роботи є удосконалення конструкції повітряно-решітної ЗОМ А1-БЛС із дослідженням параметрів решітної частини.

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Конструкція, робочий процес та напрямки вдосконалення зерноочисної машини А1-БЛС

Сьогодні фермерські господарства України та підприємства, що проводять підготовку зібраного врожаю сільськогосподарських культур до зберігання чи переробки зіштовхнулися із проблемою відсутності чи застарілості машин і обладнання для післязбиральної обробки. Якщо вести мову про доведення зібраного зерна та насіння до продовольчих чи посівних кондицій найбільш часто сипкий матеріал від сторонніх домішок очищають на стаціонарних зерноочисних комплексах, машинах чи елеваторах із подальшим сушінням чи активним вентилюванням зібраного збіжжя. У фермерському господарстві, що було базою для проходження науково-дослідної практики для проведення очисних операцій використовували стаціонарну зерноочисну машину типу А1-БЛС (рис. 1). Такі зерноочисні агрегати виконують попереднє чи первинне очищення насіння сільськогосподарських культур із можливістю виділення із зібраного врожаю домішок та включень, що відрізняються від очищуваного насіння за розмірними характеристиками та аеродинамічними властивостями. Аеродинамічно легкі домішки із загального вороху видаляються у пневмосистемі агрегату А1-БЛС, а домішки за розмірами розділяються в межах решітного блоку (кузова) зерноочисної машини.

А1-БЛС є стаціонарним зерноочисним агрегатом, робочі органи якого приводяться в дію від трифазного електродвигуна. Однією із функціональних особливостей цього зерноочисного агрегату, що може бути як його перевагою так і суттєвим недоліком є те, що повітряний потік в зону очищення насіння подається від централізованої пневмомагістралі, а серійний агрегат не обладнується додатковими елементами вентиляторами чи іншими повітредуйками, що б забезпечували автономну роботу зерноочисної машини

без пневмомагістралі підприємства. Це з однієї сторони знижує вартість зерноочисного агрегату а з іншої унеможливлює його мобільне використання.



Рис. 1. Загальний вигляд зерноочисного агрегату А1-БЛС

Зерноочисні агрегати типу А1-БЛС найбільш часто зустрічаються на складах і токах господарств, а також є складовими елементами потокових технологічних ліній переробних підприємств насіння і зерна сільськогосподарських культур та насіннєвих станцій. Достатньо часто такі зерноочисні машини є складовими млинів, олієнь та круп'яних заводів. Згідно із даними виробників зерноочисні агрегати А1-БЛС можуть працювати як у приміщеннях із достатньою вентиляцією так і на відкритих майданчиках. Під час роботи зерноочисної машини в приміщенні зниження запилення в районі роботи агрегату досягається шляхом використання різних за конструкціями осадових пристроїв, ущільнювачів, протипідсосних клапанів тощо.

Після проведення огляду відгуків користувачів та фермерів, що тривалий час у господарствах використовують зерноочисні агрегати типу А1-БЛС, можна зробити висновок, що до найбільш гострих проблем, які виникають під час експлуатації цього зерноочисного обладнання є необхідність мати у господарстві продуктивну і потужну централізовану пневмосистему, та слабка ефективність роботи решітної частини через забивання отворів решіт і проходження прохідних фракцій по перемичкам, що в сукупності призводить до зниження ефективності просіювання прохідних часток крізь робочу поверхню решіт. Отже, метою даної роботи є вдосконалення конструкції решітної частини зерноочисної машини А1-БЛС та розробка конструкції автономного вентилятора для підвищення мобільності зерноочисного агрегату та усунення необхідності роботи машини у господарствах, яких є розвинена і продуктивна централізована пневмосистема. Всі основні техніко-економічні показники зерноочисної машини А1-БЛС-100 зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

Зведені основні техніко-економічні показники зерноочисної машини А1-БЛС-100

№	Показник	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4
1	Встановлена продуктивність ЗОМ, до	т/год	100
2	Ефективність очищення від домішок, не менше	%	60
3	Вага агрегату (без пилоочисного обладнання)	кг	1670±5
4	Частота коливання решіт	об/хв	360±20
5	Загальний аеродинамічний опір пневмосистеми зерноочисного агрегату	Па	500
6	Витрати повітря на повітряне очищення зерна	$м^3$/год	8500

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
7	Габаритні розміри зерноочисного агрегату: - довжина ЗОМ - ширина ЗОМ - висота ЗОМ	мм	 2600 2520 1510
8	Номінальна потужність двигунів ЗОМ	кВт	1,9
9	Встановлена потужність двигуна приводу решітного стану	кВт	1,5
10	Потужність двигуна електровібраторів	кВт	0,36
11	Сумарна потужність електроосвітлення	кВт	0,04
12	Потужність, що затрачається на створення повітряного потоку		не врахована
13	Сумарна кількість робочих пневмоканалів	шт	1
14	Кількість обслуговуючого персоналу, що обслуговує ЗОМ під час очищення зерна	чол	1
15	Прогнозований термін експлуатації ЗОМ	років	10
16	Коефіцієнт готовності зерноочисного агрегату		0,92

Загальна будова і принцип роботи зерноочисної машини А1-БЛС-100 пояснюється за допомогою схеми, яка наведена на рис. 2.

Загалом для зручності введення в експлуатацію та роботи із зерноочисною машиною А1-БЛС у господарства агрегат поставляється у максимально зібраному вигляді одним комплектом решітної частини і повітряного сепаратора із очисним пристроєм. Для того, щоб зерноочисний агрегат можна було легко під'єднати до централізованої пневмосистеми підприємства, повітряна система закінчується перехідним коліном пневмоканалу 40. А з метою того, щоб очищене зерно могло спрямовуватися на наступні етапи технологічного процесу чи закладатися на зберігання на

виході із зерноочисного агрегату монтується приймальний патрубок очищеного збіжжя 41.

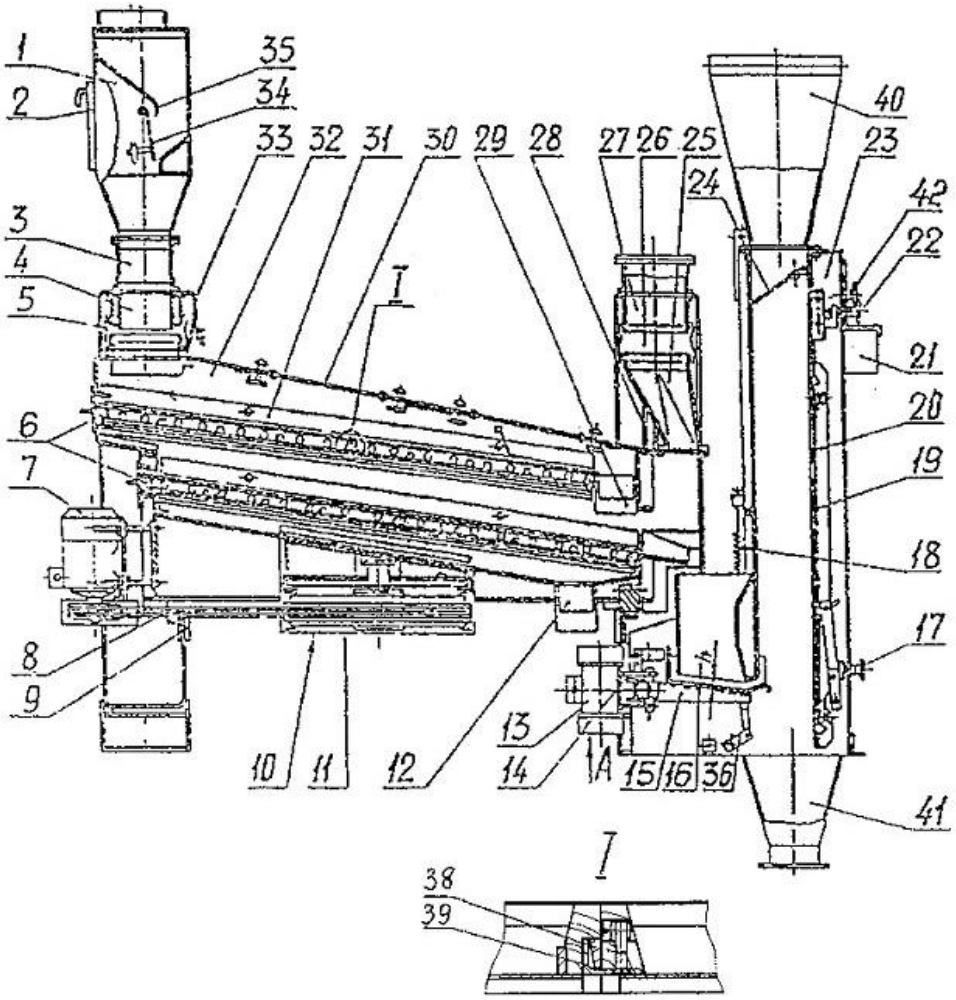


Рис. 2. Функціональна схема зерноочисної машини А1-БЛС-100:

1 – розподільний пристрій; 2 – клапан; 3 – рукав; 4 – приймальне вікно; 5 – рукав; 6 – решітний кузов; 7 – електродвигун решітного стану; 8 – механізм приводу решіт (пасова передача); 9 – стабілізатор; 10 – захисна огорожа; 11 – ведений шків механізму приводу решіт; 12 – лоток дрібних домішок; 13 – двигун віброзбудника; 14 – механізм підвісу (гумовий); 15 – лоток із віброповерхнею; 16 – корпус; 17 – механізм (рукоятка) регулювання глибини ПСК; 18 – притискна пружина; 19 – вікно огляду; 20 – задня стінка ПСК; 21 – світильник; 22 – верхня ручка; 23 – пневмосепаруючий канал (ПСК); 24 – дросель; 25 – патрубок аспірації; 26 – рукав ; 27 – патрубок підведення повітря; 28 – підвіс верхній; 29 – лоток крупних домішок; 30 – кришка решітного стану; 31 – зажим; 32 – кузов плоских коливальних решіт; 33 – станина; 34 – клапан герметизуючий; 35 – напрямна; 36 – підпір; 38 – стрічка; 39 – кутик; 40 – перехідне коліно пневмоканалу; 41 – лоток очищеного матеріалу; 42 – ручка регулювальна

За своєю конструкцією решітна частина зерноочисного агрегату має кузов плоских коливальних решіт 32 який є повністю закритим та монтується на жорсткій станині 33 через гнучкий верхній підвіс 28. Зерноочисний агрегат є двосекційним і фактично є машиною, що працює одночасно двома симетричним решітними кузовами 6 а до кожного із каскадів решіт входять висувні решітні рамки. Обидва решітних кузова 6 зерноочисної машини мають пару решітних рамок, які пристосуванням зчіпу, що складається із кутиків 39 та стрічок 38, з'єднуються в одну робочу решітну секцію. Рамки решіт ЗОМ за рахунок брусів, що бувають поздовжніми і поперечними, розділяються на окремі комірки. До кожної із сформованих комірок поміщають гумові кульки, що мають діаметр близький 35 мм, які під час роботи решітного стану забезпечують очищення отворів решіт від забивань домішками та частинками зернівок чи іншими фракціями, що можуть перекривати прохідний отвір решета. Внизу кожної рамки решітного стану фіксуються опорні сітки.

Попереду зерноочисного агрегату на рамці встановлюється електродвигун решітного стану 7, на валу якого встановлено шків приводу клинопасової передачі, що дозволяє пасом 8 передати обертання на ведений шків механізму приводу решіт 11. На веденому шківу механізму приводу решітного стану закріплено вантаж дисбалансний, що в своїй сукупності забезпечує поступальний коловий рух всіх решітних станів зерноочисного агрегату.

Вгорі над решітними станами зерноочисного агрегату А1-БЛС встановлюється приймальний рукав 3, який дозволяє здійснювати візуальний контроль за процесом завантаження зернового матеріалу на очищення. В цій же верхній зоні ЗОМ монтується розподільний пристрій 1, який і забезпечує підведення матеріалу на очищення до решіт. На лоток-приймальник зернового матеріалу решітного стану фіксують рукав 5, який виготовляють герметичним із щільної матерії та вшитими в цей рукав гумовими кільцями ущільнювачами. З протилежної сторони решітного кузову у верхній частині зерноочисного

агрегату встановлюють патрубок аспірації 25, який подвійним патрубком підведення повітря 27 з'єднано із приймальним рукавом 26.

Зважаючи на те, що зерноочисна машина А1-БЛС має решітний кузов, що здійснює під час робочого процесу циклічні коливання можуть спостерігатися удари механізмів агрегату по станині, що в більшості випадків спостерігається на етапах ввімкнення зерноочисної машини в роботу та під час її зупинки. Для усунення проявів динамічних навантажень на елементи ЗОМ в нижній зоні станини встановлюється стабілізатор 9, що виготовляється зі спеціальними амортизаційними втулками, виготовленими із гуми.

Повітряна система зерноочисної машини А1-БЛС реалізована у вигляді пневмосепаруючого каналу (ПСК) 23, в якому відбувається виділення із насіння чи зерна основної культури домішок, що за своїми аеродинамічними властивостями відрізняються від основної культури. Слід зазначити, що матеріал до ПСК подається після проведення його очищення в решітній частині машини. Зерновий матеріал в робочу зону пневмоканалу 23 потрапляє самоплином по похилому корпусу 16, який здійснює коливання за рахунок лотка із віброповерхнею 15, що гумовими підвісами 14 і притискними пружинами 18 зафіксовано до стінок пневмосепаруючого каналу. Джерелом коливальних рухів у живильному механізмі ПСК є електровібратор (двигун віброзбудника) 13, який створює коливання у горизонтальній площині. З ціллю забезпечення широкого діапазону регулювання ефективності роботи пневмосистеми ЗОМ задню стінку 20 ПСК агрегату виготовляють рухомою, а зміна її положення дозволяє регулювати швидкість повітряного потоку в робочій зоні очищення зернового матеріалу. Положення задньої стінки змінюють шляхом обертання механізму (рукоятки) регулювання глибини ПСК 17 та верхньої ручки 22.

Основне регулювання швидкості повітряного потоку в робочій зоні ПСК відбувається за рахунок дроселя 24, положення якого змінюється шляхом обертання ручки регулювальної 42. Для можливості візуального контролю за

процесом повітряного розділення зерносумішей задня рухома стінка ПСК 20 має оглядове вікно 19, що виготовлене із оргскла та обладнане світильником 21.

З метою усунення негативного впливу пилу в робочій зоні зерноочисного агрегату А1-БЛС передбачено комплектацію машини пилоочисників у вигляді циклонів. Такі циклони дозволяють зменшити швидкість та осадити легкі домішки із повітря, що виділяється переважно під час розділення компонентів у пневмосистемі зерноочисної машини.

Порядок роботи зерноочисної машини А1-БЛС

Відомо, та й в огляді вище відмічено, що зерноочисна машина А1-БЛС-100 є двосекційним агрегатом, що працює двома ідентичними за конструкцією і перебігом технологічного процесу секціями, а тому надалі наведено опис роботи однієї секції ЗОМ. Зібраний врожай зерна, що подається на післязбиральне очищення самоплином спрямовується одним чи двома потоками до розподільного пристрою 1 (рис. 2), які встановлені у приймальних вікнах машини 4. Безпосередньо на цьому етапі розділення збіжжя зерновий матеріал розділяється на два ідентичних потоки, що направляють зерно на очищення у кожну із секцій решітних кузовів зерноочисного агрегату.

Зернова суміш, після проходження приймального вікна надходить до розподільчого короба, що дозволяє розподілити суміш за всією шириною робочої поверхні решітного кузова. В цій же зоні монтують і додатковий фартух, який дозволяє суттєво знизити ймовірність потрапляння у відходи повноцінних зернівок основної культури. На верхньому решеті кузова зерноочисного агрегату відбувається виділення із основної культури крупних домішок, які потрапляють до лотка крупних домішок 29, а все зерно, що пройшло на прохід цього решета потрапляє до нижнього підсівного решета. Нижнє підсівне решето розділяє зернову суміш на дві фракції і прохідною фракцією на цьому етапі є дрібні домішки, що спрямовуються на лоток

дрібних домішок 12, а східною із решета фракцією є повноцінне зерно основної культури.

Матеріал основної культури після того, як очистився на решітному кузові від крупних та дрібних домішок спрямовується до лотка із віброповерхнею 15, у якому за рахунок створених віброзбудником вібрацій відбувається рівномірне розподілення матеріалу по площу живильника та подальше струшування і введення збіжжя на очищення в активну зону пневмосепараційного каналу 23. Щоб відрегулювати висоту зернового матеріалу, який буде спрямовуватися на очищення повітряним потоком, у зерноочисній машині А1-БЛС-100 використовується притискна пружина 18, ступінь стискання якої фактично і керує зерновим навантаженням в зоні пневмосепарації. Зі сторони реалізації технологічного процесу очищення зерна важливу роль відіграє підпирання матеріалу, який подається на очищення, в приймальному лотку, що дозволяє створити сприятливі умови для розподілу зерна по всій ширині пневмоканалу. Крім цього, саме підпирання зерна у лотку дозволяє уникнути підсосу повітря в зоні введення зерна на очищення потоком повітря. При русі зерна в зерноочисній машині після його очищенням на кузовах решіт самоплином між приймальною камерою і пневмолотком утворюється щілина, якою матеріал і потрапляє в зону очищення від домішок повітряним потоком.

Після того, як зерновий матеріал потрапляє в зону очищення повітряним потоком, зернова суміш розділяється на компоненти, які відмінні один від іншого за аеродинамічними ознаками. За умови, якщо швидкість повітряного потоку в зоні очищення зерносуміші буде правильно відрегульована відбувається винесення повітрям легких домішок та інших легких компонентів суміші у верхню частину пневмоканалу та їх подальше винесення та зупинку в осадовому пристрої. У більшості варіантів виконання зерноочисних агрегатів А1-БЛС-100 осадові пристрої реалізовані у вигляді різних за конструкцією циклонів, що забезпечують зниження швидкості руху

компонентів легких домішок аж до повної їх зупинки, а це в свою чергу дозволяє повністю очистити повітряний потік від різних включень (аеродинамічно легких домішок та пилу). За своєю природою дії циклони працюють таким чином, що використовуючи сили інерції відбувається сповільнення швидкості руху часток, що рухаються в потоці повітря, що загалом приводить до їх повного сповільнення і виділення із повітряного потоку.

З метою регулювання робочої швидкості повітряного потоку в зоні очищення матеріалу від домішок задню стінку пневмосепаруючого каналу 20 виготовляють рухомою, а зміну положення цієї стінки забезпечують обертаючи регулювальну рукоятку 17. Щоб змінювати дійсні витрати повітря крізь робочу повітряну систему зерноочисної машини служить дросель 24, який монтується у верхній частині пневмосепаруючого каналу.

Після того, як зерно основної культури очистилося у решітній та повітряній частині від домішок, очищений матеріал самоплином через лоток очищеного зерна 41 може направлятися на наступні етапи технологій або ж може закладатися на зберігання. Щоб зменшити дійсне запилення периметру, в якому працює зерноочисний агрегат, в тій зоні де очищене зерно виводиться після очищення, встановлюють спеціальні патрубки, які з’єднуються між собою за допомогою спеціальних рукавів, які мають значну гнучкість. Така конструкція сприяє повному відведенню пилу, що може виділятися під час руху зернового матеріалу, а виділений пил направляється до пневмосистеми зерноочисної машини чи в пневмосистему агропідприємства, де в подальшому відбувається очищення повітря від пилу.

Вже неодноразово було зазначено, що значна кількість споживачів та підприємств різних форм власності відмічали, що одним із недоліків зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 є його неможливість працювати окремо, без використання централізовано пневмосистеми, що сьогодні є далеко не на кожному фермерському господарстві чи мінізаводі із переробки продукції

рослинництва. Крім переліченого це суттєво знижує показники мобільності базового зерноочисного агрегату. Враховуючи наведену інформацію, під час надання інформації виробниками і менеджерами із продажу даної зерноочисної машини щодо витрат енергії на очищення зерна, показники роботи агрегату не враховують енерговитрати на створення повітряного потоку, а тому оцінка загальної енергоємності процесу очищення зібраного збіжжя є неповним і ускладненим.

З метою вдосконалення зерноочисної машини А1-БЛС-100, інтенсифікації роботи цього зерноочисного агрегату та зниження витрат енергії і підвищення якості очищення зернових сумішей, на першому етапі порівняємо показники і конструкцію базового агрегату із аналогічними за призначеннями зерноочисними машинами. Можна відмітити, що конструктивно і за своїм призначенням зерноочисна машина А1-БЛС-100 відноситься до зерноочисних машини типу БЛС чи БІС, найбільш характерними представниками цього сімейства машин, окрім базового агрегату, є зерноочисні машини А1-БЛС-16 та А1-БЛС-12. Наведені зерноочисні машини є близькими за конструкцією, мають аналогічне призначення а перебіг технологічного процесу очищення зерна від домішок та регулювання основних робочих параметрів агрегатів є майже ідентичними. Враховуючи наведену інформацію, представимо у вигляді таблиці основні техніко-економічні характеристики зазначених зерноочисних агрегатів.

Таблиця 2

Основна технічна характеристика зерноочисних агрегатів А1-БЛС

Показник, од. виміру	А1-БЛС-100	А1-БЛС-16	А1-БЛС-12
1	2	3	4
Встановлена продуктивність, т/год, до	100	16	12
Якість очистки (ефективність виділення домішок), %, не менше	40	75	80

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Сумарна потужність електродвигунів без врахування ПСК, кВт	1,9	1,5	1,3
Частота коливання решітних станів, об/хв	360	325	325
Витрати повітря через ПСК та на аспірацію, $м^3$/год	8500	8000	4500
Загальна маса машини, кг	1670	1550	1025
Сумарний аеродинамічний опір повітряної системи, Па	500	480	360
Габаритні розміри ЗОМ, мм - довжина - ширина - висота	 2600 2520 1510	 2090 2520 1510	 2600 1365 1510
Обслуговуючий персонал, осіб	1	1	1

2.2. Рекомендації по вдосконаленню зерноочисної машини А1-БЛС-100

Якщо проаналізувати будову і принцип роботи зерноочисних машин типу БЛС чи БІС, можна зробити висновок, що ці агрегати явно відносяться до зерноочисних машин повітряно-решітного типу, що на сьогоднішній день є найбільш поширеними типовими зерноочисними агрегатами. Перелічені зерноочисні агрегати поставляються до кінцевих споживачів заводами-виробниками без осадових пристроїв, однак експлуатувати машини без подібних пристосувань заборонено. За протоколами із досліджень зерноочисних машин та відгукам по їх експлуатації в умовах господарств, зазначається ще кілька найбільш характерних особливостей цих зерноочисних агрегатів. Однією із характерних ознак є те, що у механізмі приводу в дію решіт, використовується шків приводу, що поєднаний із балансиром, а таке поєднання дозволяє суттєво зменшити висоту приводу та загальну висоту зерноочисного агрегату та до того ж значно спростити обслуговування машини та зробити це обслуговування більш безпечним. Крім наведеного, у

кожної із наведених зерноочисних машин задня стінка пневмоканалу виготовляється регульованою, а зміна її положення дозволяє забезпечити зміну робочої швидкості повітряного потоку в зоні очищення збіжжя в достатньо широкому діапазоні значень швидкостей. Таке регулювання дає змогу поліпшити виділення аеродинамічно легких домішок та дозволяє розширити сферу використання подібних зерноочисних агрегатів, зробивши їх більш універсальними і призначеними до очищення майже всіх сипких сільськогосподарських та деяких інших матеріалів.

Якщо порівняти зерноочисну машину А1-БІС-12 (рис. 3) із базовим агрегатом А1-БЛС-100, то вона має аналогічно решітний кузов, який складається із двох секцій.

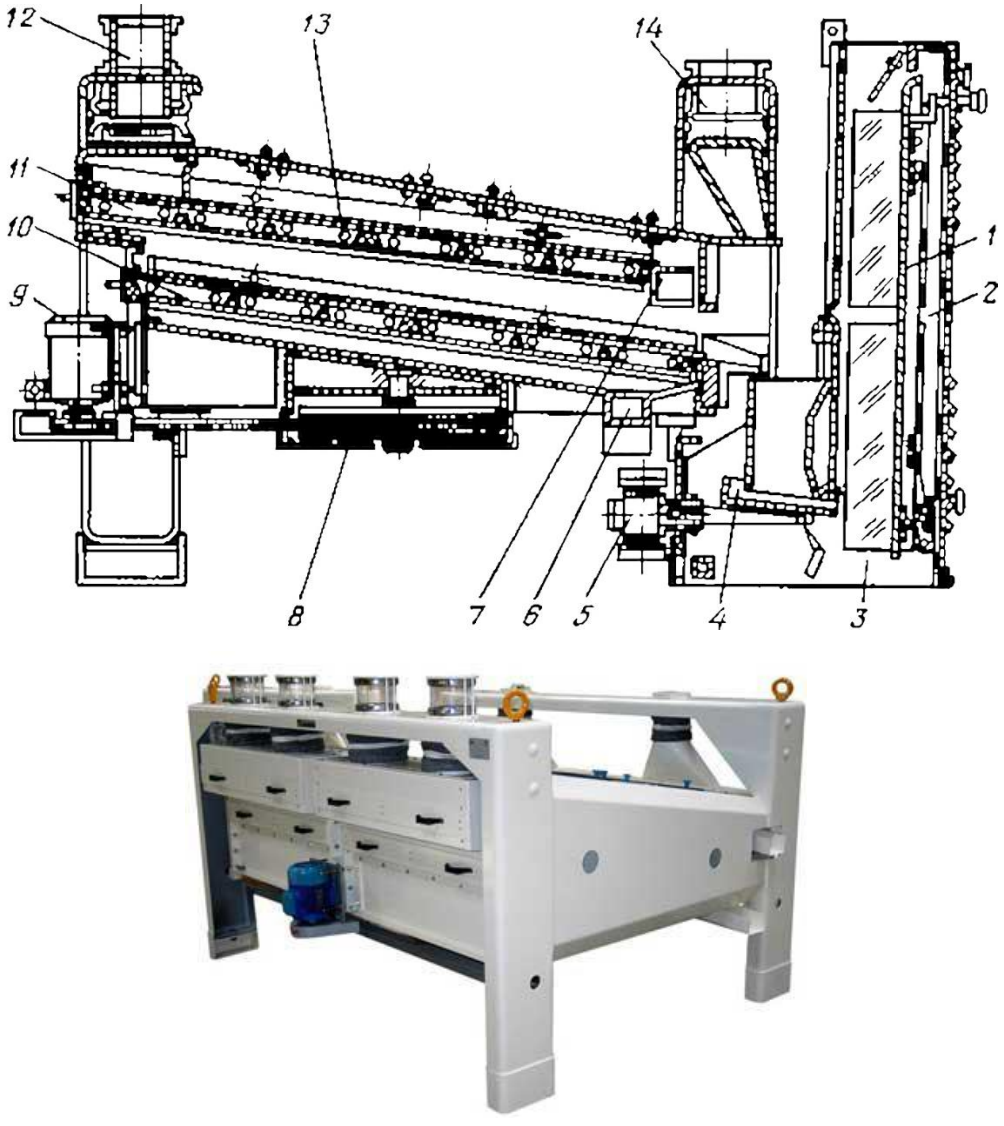


Рис. 3. Загальний вигляд та функціональна схема агрегату А1-БІС-12:

1 – задня стінка пневмосепаруючого каналу (рухома); 2 – канал пневмосепаруючий (ПСК); 3 – лоток очищеного матеріалу; 4 –вібролоток; 5 – віброзбудник; 6 – приймальник дрібних домішок суміші; 7 – приймальник крупних домішок зерносуміші; 8 – приводний шків решіт; 9 – електродвигун приводу решітного стану; 10 – плоске підсівне решето; 11 – плоске сортувальне решето; 12 – завантажувальний патрубок; 13 – кульки гумові для очищення решіт від забивання; 14 – патрубок аспірації корпусу зерноочисної машини

Решітний кузов машини А1-БІС встановлюється за допомогою гнучких підвісів на станині агрегату а до решітної частини прикріплено повітряну систему ЗОМ. У кожному із кузовів решітного стану монтуються підсівні 10 та сортувальні 11 решета. Кожен із решіт фіксуються ексцентриками. Кожна із решітних рамок розділяється поздовжніми і поперечними брусами на окремі робочі зони, у кожній із виділених робочих рамок решіт поміщають пару гумових кульок 13, які під час роботи забезпечують очищення отворів решіт від забивання застрявших у отворах часток. Нижче решітних рамок закріплюються сітки, які забезпечують зниження втрат зернової суміші.

Попереду зерноочисного агрегату на рамі решітного кузову встановлено електродвигун приводу решіт 9, який забезпечує передачу крутного моменту до шківа 8 приводу решіт клиновим пасом. Вгорі кузова зерноочисної машини виконано завантажувальний патрубок 12, через який і відбувається введення неочищеного зерна до робочих органів агрегату, а з протилежного боку решітного стану агрегату, теж у верхній частині машини встановлено патрубок аспірації корпусу зерноочисної машини 14. При підключенні патрубку аспірації до пневмосистеми забезпечується суттєве зниження виділення пилу та дрібних домішок в повітря робочої зони. В нижній частині станини агрегату, після проходження всіх етапів очищення (решітне та повітряне очищення) зерновий матеріал потрапляє до лотка очищеного зерна 3, за допомогою якого очищене збіжжя може направлятися на наступні

етапи технологічних операцій післязбирального очищення чи первинної переробки врожаю, або ж може закладатися на зберігання.

Безпосередньо у решітно-повітряному блоці зерноочисної машини, ті домішки, що виділені із загального зернового матеріалу як крупні домішки – направляються до приймальника крупних домішок зерносуміші 7, аналогічно дрібні домішки, що пройшли до самого низу решітного блоку, направляються до приймальника дрібних домішок суміші 6. Основний зерновий матеріал, після його очищення на решетах, направляється до пневмосепаруючого каналу 2 по вібролотку 4, що і забезпечує безперервне та рівномірне введення матеріалу в зону очищення потоком повітря.

Для проведення регулювання якості роботи повітряного очищення зернової суміші існує кілька варіантів дій:

- по перше – кількість зернового матеріалу, що подається в активну зону пневмосепарації регулюється зміною амплітуди вібролотка, який і виступає живильником;
- по друге – зону введення матеріалу в активний повітряний потік змінюють шляхом зміни вильоту живильного вібролотка по відношенню до перерізу пневмосепаруючого каналу;
- по третє – кількість матеріалу, що потрапляє на очищення в ПСК змінюють висотою живильної щілини, яка у поєднанні із вібролотком забезпечує подачу зернового матеріалу на очищення;
- по четверте – забезпечується регулювання швидкості повітряного потоку в зоні очищення зерна від аеродинамічно легких домішок, що досягається двома способами або ж за рахунок зміщення задньої рухомої стінки пенвмосепаруючого каналу та загальної зміни перерізу ПСК в зоні розділення, або ж за рахунок регулювання витрат повітря крізь всб пневмосистему зерноочисного агрегату.

Загальний принцип реалізації технологічного процесу очищення зернових як агрегатами типу А1-БЛС так і А1-БІС є майже ідентичним, за

виключенням конструктивних особливостей пневмосистеми зазначених зерноочисних агрегатів. Відомо, що в зерноочисних агрегатах типу А1-БЛС для виготовлення задньої регульованої стінки каналу використовують тришарове скло, що дозволяє цю ж прозору стінку використовувати у якості оглядової зони чи вікна для візуального спостереження за процесом виділення домішок повітрям. Щоб візуальний контроль за процесом розділення зерна зробити більш зручним вгорі пневмоканалу встановлюють освітлювальний прилад із відбивачем, який налаштовано таким чином, що повітряний потік здатен освітлити ПСК на всю його довжину. Саме за допомогою такого повного візуального спостереження за процесом очищення зерносуміші можна оперативно та гнучко вносити корективи в режими роботи повітряного очищення та поліпшити ефект очистки чи ж вплинути на чіткість сепарації. Крім переліченого, можна відмітити, що серед даних класів зерноочисних агрегатів лише машина А1-БЛС-12 односекційна, тоді як А1-БЛС-16, А1-БЛС-100 і А1-БЛС-150 це двосекційні агрегати, які все ж за потреби можуть працювати однією секцією.

Серед іншого зазначимо, що менш продуктивні зерноочисні агрегати А1-БЛС-16 та А1-БЛС-12 у своїх технологічних схемах передбачають направлення зерна на спеціальне днище відразу після приймального патрубка, і саме це спеціальне днище сприяє розподілу компонентів зерносуміші за всією шириною робочої поверхні сортувального решета. Тоді як у зерноочисних агрегатів більш продуктивних, на кшталт А1-БЛС-100 та ін., зерновий матеріал після приймальника спрямовується на сортувальне решето, яке і призначене для рівномірного розподілу компонентів зерносуміші по ширині решітного стану, що в конструкціях таких машин реалізується клапаном, а виконаний далі фартух дозволяє знизити ймовірність потрапляння повноцінного зерна у відходи та дозволяє значно підвищити чіткість сепарації.

Варто пам’ятати, що зерноочисні агрегати такого типу різко знижують якісні показники очищення при недотриманні рекомендованих навантажень.

Доведено, що добра якість проведення операцій очищення зерносумішей може досягатися лише за умови подачі зерна на очищення із максимальною рівномірністю. Крім рівномірності подачі матеріалу на очищення на якісні показники технологічного процесу мають вплив рівномірність розподілу зернового матеріалу по всій площі решіт; плавність і рівномірність здійснення коливань решітного стану зерноочисного агрегату; умови руху та й загальні умови роботи живильників, що забезпечують введення зернового матеріалу на очищення до повітряного потоку; умови, з якими зерно вводиться в активну зону очищення від домішок потоком повітря; загальна структура і рівномірність швидкісного поля в зоні розділення компонентів зерносуміші; параметри, що визначають швидкість повітряного потоку в зоні ПСК тощо.

На етапі узагальнення конструкції та перебігу технологічного процесу зерноочисним агрегатом А1-БЛС-100 з ціллю вдосконалення та пошуку нових рішень, що дозволять інтенсифікувати процес та поліпшити окремі елементи конструкції, проведений огляд дозволяє відмітити наступні особливості:

- зерноочисні агрегати такого типу поставляються до кінцевого споживача комплектом, до якого не входять очисні пристрої та джерело потоку повітря, що дозволяє знизити вартість готової машини, а функції створення повітряного потоку та виділення із повітря домішок перекласти на пневмосистему агропідприємства;
- рамки решітних станів фіксуються до решітного кузова за допомогою ексцентрикових затискачів, які дозволяють створити сприятливі умови для обслуговування і експлуатації решітного очищення та дозволяють регулювати кінематичні режими роботи решіт;
- для того, щоб зменшити масу зерноочисного агрегату під час виконання конструктивних елементів максимальну їх кількість виготовляють із гнутих тонкостінних профілів (коробів);
- під час роботи агрегату з метою суттєвого зниження динамічних знакозмінних навантажень та боротьби із можливими залишковими

коливаннями решітного стану в зерноочисній машині передбачено використання амортизаторів гумових;

- виготовлення прозорою регульованої задньої стінки пневмосепаруючого каналу чи оглядового вікна разом із ефективною підсвіткою робочої зони розділення зерносуміші потоком повітря дозволяє комплексно візуально контролювати весь технологічний процес розділення та дозволяє вносити корективи та проводити додаткові регулювання безпосередньо під час реалізації очисних операцій;
- робота вібролотка перед введенням зернового матеріалу в зону очищення зерна потоком повітря дозволяє максимально ефективно розділити зерно по ширині каналу і створити більш-менш рівні умови введення компонентів суміші на очищення, що дозволяє уникнути негативному перерозподілу швидкісного поля по перерізу ПСК.

Взагалі встановлено, що до самих головних проблем, що супроводжують роботу зерноочисної машини А1-БЛС-100 відноситься висока частота забивання отворів решіт та сумарна низька продуктивність повітряного очищення зерносуміші. Ще проблемним моментом, що за певних умов може виступати як негативом так і позитивом є відсутність у комплекті ЗОМ вентилятора, який би дозволяв забезпечити автономність роботи агрегату та відсутність у комплекті осадових пристроїв. Останні негативи роблять неможливою роботу зерноочисних машин типу А1-БЛС-100 у підприємствах, в яких немає повноцінної продуктивної централізованої пневмосистеми (пневмоцентралі) із якісними очисниками повітря, що загалом призводить до зниження сфер використання подібних зерноочисних агрегатів. Таким чином, враховуючи наведену інформацію в даній роботі робиться спроба частково усунути виявлені недоліки шляхом вдосконалення та обґрунтування параметрів і робочих режимів роботи вдосконаленої повітряно-решітної зерноочисної машини А1-БЛС-100.

2.3. Конструкторські розрахунки

2.3.1. Обґрунтування умов введення зернового матеріалу на очищення

У зерноочисних агрегатах А1-БЛС-100 зерновий матеріал на очищення потрапляє через живильник (приймальник) і подається далі самоплином по похилій площині. Загальна товщина зернової суміші, що подається на очищення до каскаду решіт визначається загальною подачею матеріалу на похилу площину живильника і середньою швидкістю руху зернового матеріалу по цій площині. У формульному вигляді товщину введення зернового матеріалу h можна виразити співвідношенням:

$$h = \frac{Q}{B \cdot V_з \cdot \rho_з},$$

де h – середня товщина шару матеріалу , що утворюється при подачі зерна на очищення при його русі по похилому живильнику (площині), м;

Q – фактична подача збіжжя на очищення до зерноочисного агрегату, кг/с;

B – фактична (робоча) корисна ширина решіт агрегату, м;

$V_з$ – середня швидкість переміщення зернового матеріалу по живильнику, м/с;

$\rho_з$ – значення питомої вага суміші зерна, що очищається, для розрахунків приймемо, що для зерна пшениці $\rho_з \approx 1450$ кг/м^3.

За допомогою пакету прикладних програм Mathcad 15 проведено побудову графіку який показує зміну товщини введення зернового матеріалу в залежності від швидкості переміщення збіжжя по площині, що розміщена із нахилом під певним кутом до лінії горизонту. Даний графік побудовано на основі наведеної вище залежності і представлено на рис. 4.

За наявними результатами випробувань зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 та відгуків користувачів відомо, що дійсна товщина шару частинок, які потрапляють на решета для виділення домішок, має знаходитися в межах 10…15 мм. Аналізуючи графічне відображення наведеної залежності для визначення товщини шару матеріалу (рис. 4), що подається на очищення стає

очевидним, що найбільш бажана товщина введення зерносуміші досягається за умови, що зерновий матеріал рухається по площині живильника зі швидкістю $V_з = 0,55...0,85$ м/с. Для того, щоб технологічна продуктивність зерноочисного агрегату була забезпечена приймаємо, що швидкість переміщення зернової суміші під час її подачі по похилому живильнику дорівнює $V_з = 0,8$ м/с.

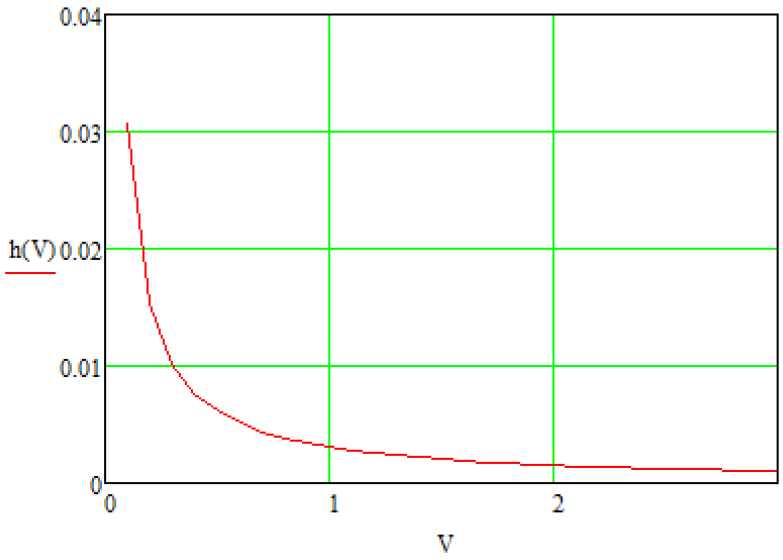


Рис. 4. Графік зміни товщини шару матеріалу зернової суміші в залежності від швидкості руху збіжжя по поверхні живильника

Цілком логічно, що для того, щоб задані швидкісні режими подачі матеріалу на очищення були забезпечені варто обрати раціональний кут нахилу до горизонту живильного лотка (похилої площини) та необхідну довжину розгінної ділянки (довжина лотка). Для проведення наступного етапу розрахунків необхідних параметрів живильного лотка для введення зерносуміші на очищення до решітної частини побудуємо схему до розрахунку параметрів похилої скатної дошки (рис. 5). Щоб забезпечити постійний рух компонентів зерносуміші по похилій площині без зупинок і забивань, виходячи із фізико-механічних властивостей сипких зернових матеріалів, значення цього кута може перебувати в діапазоні значень $\beta = 35...45^{\circ}$. Для ЗОМ А1-БЛС-100 приймаємо $\beta = 40^{\circ}$.

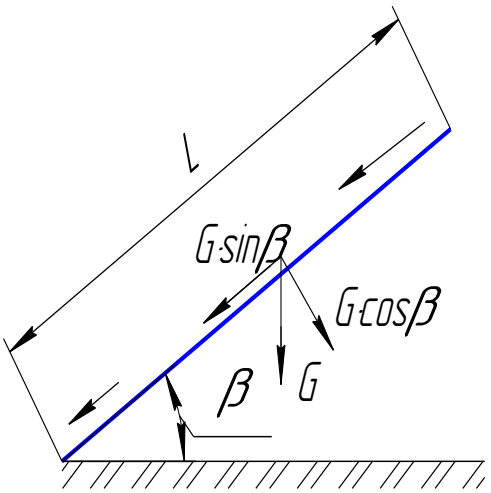


Рис. 5. Схема до розрахунку параметрів живильного лотка зерноочисної машини А1-БЛС-100

Щоб визначити розрахункове значення швидкості введення матеріалу на решітне очищення маємо використати відому формулу [5]:

$$V_{cx} = \sqrt{2 \cdot g \cdot L \cdot (\sin\beta - \varepsilon \cdot f \cdot \cos\beta) + V_0^2},$$

де V_{cx} – розрахункова швидкість сходження компонентів зерносумуші із похилого живильника (лотка), м/с;

L – довжина похилої частини живильного лотка, м;

β – фактичний кут нахилу похилої поверхні живильника, $\beta = 40^{\circ}$;

ε – коефіцієнт внутрішнього тертя окремих частин зерносуміші, що очищується. Для розрахунків приймемо, що зерноочисний агрегат проводить очищення зерна пшениці, а отже, $\varepsilon = 1,5$;

f – коефіцієнт тертя зерносумуші по живильному лотку, що враховує матеріал із якого цей лоток виготовляється, враховуючи, що лоток виготовляється із металу, для розрахунків приймемо $f = 0,36$;

V_0 – початкова швидкість, з якою зерновий матеріал, що потрапляє на очищення починає рух по поверхні живильного лотка, приймемо $V_0 = 0$ м/с.

Аналогічно, як і для залежності вище, що враховувала товщину руху шару матеріалу по поверхні живильного лотка, змоделюємо в програмі

Mathcad 15 графічну залежність впливу довжини розгінної поверхні живильника на швидкість сходу матеріалу з нього. Цю побудову проведено для залежності, що описана формулою вище і її наведено на рис. 6.

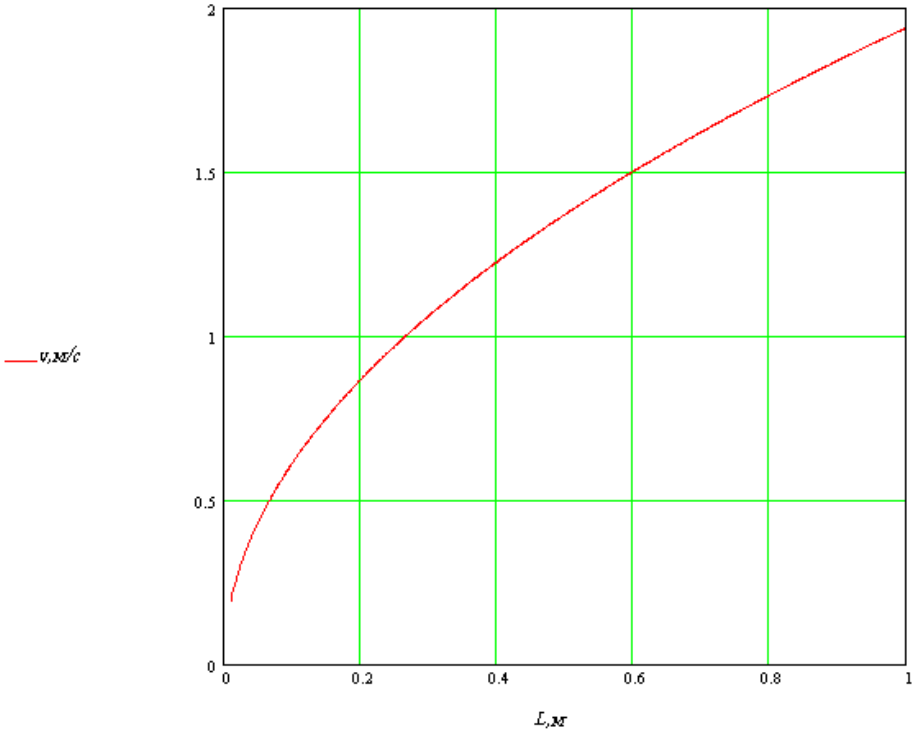


Рис. 6. Графік оцінки впливу довжини живильного лотка на швидкість сходження часток компонентів зерносуміші з нього

Якщо комплексно провести аналіз отриманого графічного відображення впливу довжини живильника на швидкість сходження часток зерносумуші (рис. 6), можна констатувати, що обрана раціональна швидкість введення зерна на очищення на рівні $V_з = V_{сх} = 0,8$ м/с може досягатися за умови, що довжина живильного лотка $L = 0,2...0,22$ м.

Отже, для забезпечення безперервної роботи і заданої продуктивності очищення зерна зерноочисний агрегат А1-БЛС-100 на етапі введення зерна на решітне очищення повинен мати нахил живильного лотка $\beta = 40^{\circ}$ за умови, що загальна довжина цього живильного лотка становить $L = 0,2...0,22$ м. Якщо наведені конструктивні параметри будуть забезпечені, то за таких умов розрахункова швидкість введення компонентів зерносуміші на очищення до решітного стану буде $V_з = 0,8$, а продуктивність ЗОМ буде забезпечена.

2.3.2. Розрахунок і обґрунтування решітного очищення зерносумішей агрегатом А1-БЛС-100

Вже було описано в р. 2.1., що зерноочисний агрегат А1-БЛС-100 має два аналогічні за конструкцією та роботою симетричні решітні блоки (секції), які крім будови і працюють синхронні і ідентично (рис. 3). Ідентична робота та коливання у противагу один до одного решітних станів дозволяє забезпечити зрівноваження всього зерноочисного агрегату від коливань решітних станів. Одним із варіантів поліпшення роботи решітного очищення є заміна в решітних кузовах звичайних плоских пробивних решіт на плоске решето із прямокутними отворами за [6], у якому ряди отворів нахилені на 3…5º відносно поздовжньої осі решета, і нахили лівий та правий кожного із рядів отворів змінюють один одного (рис. 7). Таке решето під час руху по ньому зерносуміші забезпечує гарантоване потрапляння часток до отворів в процесі переміщення компонентів по довжині решета і суттєво знижує ймовірність непросівання крізь отвори часток, що до отворів не потрапили. Це загалом забезпечує значно кращі показники роботи якості решітного очищення та дозволяє збільшити фактичне зернове навантаження, оскільки часу на просіювання прохідних часток затрачається значно менше.

Для визначення ширини решітних полотен кузова зерноочисного агрегату можемо скористатися відомою залежністю:

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

де B – розрахункове значення ширини решета зерноочисної машини, дм;

Q – прогнозована продуктивність ефективного очищення зерна на решетах, для вдосконаленого плоского решета, на основі попередніх досліджень приймаємо для кожної із секцій $Q = 50000$ кг/год;

q_B – встановлене питоме навантаження на одиницю ширини решіт, враховуючи проведені вдосконалення решітного стану, приймемо $q_B = 1000$ кг/дм×год.

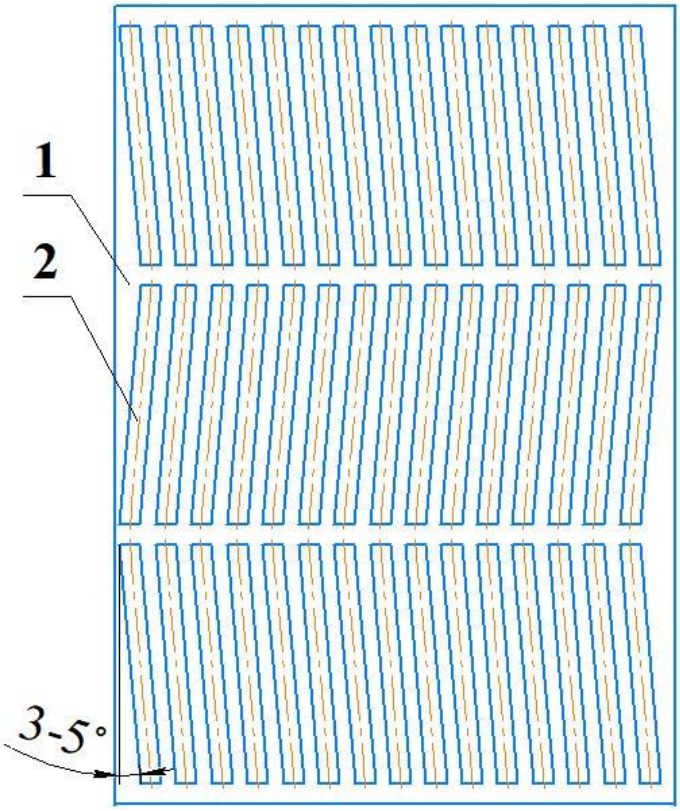


Рис. 7. Функціональна схема плоского решета із отворами, що орієнтуються під різними кутами по відношенню до поздовжньої осі:
1 – поверхня решітки; 2 – прохідні отвори

Підставимо значення і розрахуємо ширину решітної частини зерноочисного агрегату

$$B = \frac{50000}{1000} = 50 \text{ дм.}$$

З врахуванням необхідності стандартизації конструкції приймемо зі стандартного розмірного ряду ширину решіт, яка становить $B = 50$ дм.

Враховуючи той факт, що в зерноочисному агрегаті А1-БЛС-100 кожна секція має по два підсівних решета, які є однакові за конструкцією і своїм розмірам, знайдемо сумарну ширину решіт за залежністю:

$$B_{\Sigma} = B \cdot i ,$$

де B_{Σ} – фактична (загальна) ширина в зерноочисному агрегаті решіт, які виконують функцію підсівних дм;

i – число даного типу решіт, в конкретному випадку – підсівних в кожній секції агрегату, од.

Після підстановки розрахуємо,

$$B_{\Sigma} = 50 \cdot 2 = 100 \text{ дм.}$$

Таким чином, можемо провести перевірку отриманих значень зернового навантаження виходячи із продуктивності агрегату на одиницю ширини підсівного решета. Маємо:

$$q_B = \frac{Q}{B_{\Sigma}};$$

$$q_B = \frac{50000}{100} = 500 \text{ кг/дм×год.}$$

За відомою залежністю [7] можемо розрахувати і питоме зернове навантаження, що припадає на одиницю площі підсівного решета:

$$q_F = 12{,}5 \cdot (0{,}95 - \varepsilon) \cdot (105 - \delta),$$

де q_F – розрахункова величина питомого зернового навантаження на площу решітного стану, кг/дм^2·год;

ε – якість розділення компонентів зерносуміші на решеті (повнота виділення), так як у даній роботі проводиться розрахунок роботи агрегату під час попереднього очищення зерна, приймемо $\varepsilon = 0{,}6$;

δ – напрямок коливань решіт зерноочисного агрегату, що визначається кутом коливань, для агрегату А1-БЛС-100 приймемо $\delta = 15°$.

Підставивши наведені величини у вище наведену залежність отримаємо розрахункове значення питомого навантаження на площу решітного очищення:

$$q_F = 12{,}5 \cdot (0{,}95 - 0{,}6) \cdot (105 - 15) = 39{,}4 \text{ кг/дм}^2\text{×год.}$$

Виходячи із розрахованих питомих навантажень на одиницю довжини і площі решіт за відомою залежністю [5] розрахуємо потрібну довжину підсівного решета ЗОМ. Маємо:

$$l = \frac{q_B}{q_F} = \frac{500}{39,4} = 12,69 \text{ дм.}$$

Варто врахувати, що за будовою в зерноочисному агрегаті на кожній із решітних секцій встановлено по два решітних стани, враховуючи це мінімальна розрахункова відстань довжини решіт дорівнює:

$$l_p = \frac{l}{z} = \frac{12,7}{2} = 6,35 \text{ дм.,}$$

де k – число решіт у кожній із очисних секцій зерноочисного агрегату А1-БЛС-100.

Щоб гарантовано забезпечити проходження часток крізь отвори решіт та поліпшити загальну якість процесу розділення на решетах підвищимо дещо загальну довжину решітного полотна у порівнянні із розрахунковою та за стандартним рядом приймемо цю довжину решета рівною $l_1 = 1600$ мм.

За загальноприйнятою методикою приймемо ширину колосових решіт ідентичною до ширини підсівних, а отже $B = 1000$ мм.

Знайдемо розрахункове значення питомого зернового навантаження, яке припадає на площу колосового решета зерноочисної машини за відомою формулою [7]

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

де a – робочий діаметр прохідного отвору решета колосового, що встановлено на зерноочисній машині А1-БЛС-100 мм;

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

Виходячи з знайденого питомого зернового навантаження значення мінімальної довжини колосових решіт у даному зерноочисному агрегаті складає:

$$l_k = \frac{Q}{q_F \cdot B} = \frac{50000}{60 \cdot 100} = 8,3 \text{ дм.}$$

Щоб на етапі проведення операцій очищення зерносуміші поліпшити просіювання часток крізь робочі отвори решіт та суттєво підвищити час

перебування матеріалу, який очищається на решітному полотні ще й додатково виходячи із конструктивних міркувань приймемо довжину колосових решіт зерноочисного агрегату $l_k = 900$ мм.

На етапі розрахунку заданого кінематичного режиму роботи решітної очистки зерноочисної машини попередньо задамо, що амплітуда коливань складає $A = 10$ мм. Тоді загальний кінематичний режим роботи решітної частини можна описати залежністю [8]:

$$n^{1,65} = \frac{200 \cdot q_B + 120 \cdot 10^3}{A} = \frac{200 \cdot 500 + 120 \cdot 10^3}{10} = 22000.$$

Використовуючи попередню залежність можемо визначити мінімальне розрахункове значення коливань решіт зерноочисного агрегату з міркувань якісного та надійного забезпечення переміщення зернового матеріалу по робочому полотну решета та просіювання прохідних часток крізь отвори

$$n = \sqrt[1,65]{22000} = 445 \text{ коливань/хв.}$$

Таким чином, якщо використати розраховане значення коливань решітного стану можна знайти прискорення решітного стану, що має місце під час роботи зерноочисного агрегату

$$j = \frac{n^2 \cdot A \cdot 10^{-3}}{90} = \frac{445^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{90} = 22 \text{ м/с}^2.$$

Щоб решітний стан зерноочисного агрегату працював із заданим режимом роботи знайдемо необхідний для цього ексцентриситет [8]

$$e = \frac{A}{c},$$

де A – фактичне значення амплітуди коливання решітного полотна, мм;

c – коефіцієнт, що враховує загальну сумарну амплітуду коливання решітного стану та кузова зерноочисного агрегату. Із довідникових даних приймемо [9], що якщо прискорення руху решета складає $j = 20...25$ м/с^2, значення наведеного коефіцієнту буде $c = 1,2$.

$$e = \frac{10}{1,2} = 8,3 \text{ мм.}$$

Таким чином, проведені розрахунки дозволяють отримати основні режими роботи та конструктивні параметри зерноочисної машини А1-БЛС-100.

2.3.3. Обґрунтування повітряної очистки та альтернативного джерела потоку повітря

Як зазначалося вище, зерноочисний агрегат А1-БЛС-100 є двосекційною машиною, а отже і повітряна система теж працює на дві секції. Таким чином, під час розрахунку повітряного очищення зерносуміші проводитимемо розрахунок на половину встановленої продуктивності агрегату. Щоб повітряна система машини добре комплектувалася із решітною, проведемо узгодження ширини пневмосепаруючого каналу із шириною решітної частини агрегату та приймемо, що ПСК має ширину $B = 1500$ мм. Наведемо розрахункову схему ПСК зерноочисного агрегату А1-БЛС-100, який має прямокутну форму поперечного перерізу (рис. 8).

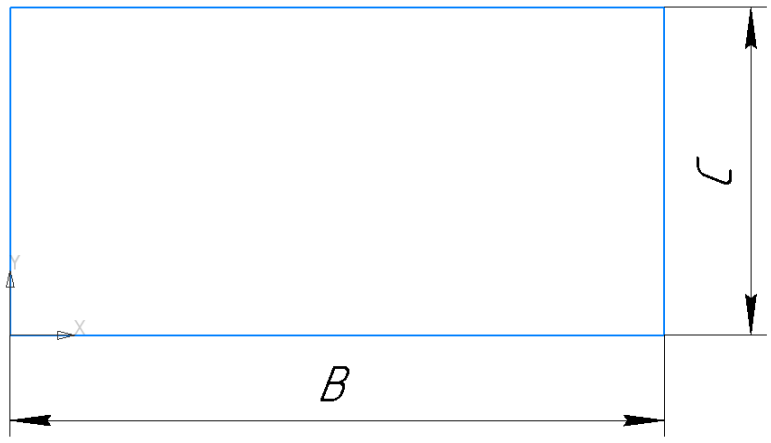


Рис. 8. Схема до розрахунку поперечного перерізу пневмоканалу зерноочисного агрегату А1-БЛС-100

За аналогією із існуючими розрахунками [9], можемо з певним наближенням прийняти, що робоча глибина пневмоканалу описується такою емпіричною формулою:

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

де q_B – розрахункове питоме зернове навантаження, що припадає на одиницю ширини пневмоканалу, кг/дм×год;

η – якісний показник очищення зерносуміші в повітряному потоці (повнота розділення компонентів в повітряному потоці), для проведення попереднього очищення зерна за чинними нормативами приймемо $\eta = 0,7$.

Для розрахунку значення питомого зернового навантаження скористаємося відомою формулою:

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

де Q – паспортна продуктивність зерноочисного агрегату, кг/год;

z – дійсне число ПСК в зерноочисному агрегаті, шт.

Після підстановки даних отримаємо розрахункове значення питомого зернового навантаження, що складає:

$$q_B = \frac{50000}{15 \cdot 2} = 1667 \text{ кг/дм×год.}$$

Підставимо розраховане значення питомого зернового навнтаження у вираз для визначення глибини пневмоканалу та отримаємо:

$$C = \frac{1667 + 1350 \cdot 0,7 - 1135}{22,7 - 27 \cdot 0,7} = \frac{1477}{3,8} = 388,7 \text{ мм.}$$

Округлюючи розраховане значення приймемо глибину пневмоканалу, яка дорівнює $C = 4$ дм.

Розрахуємо корисну площу пневмосепаруючого каналу зерноочисного агрегату

$$S = B \cdot C = 15 \cdot 4 = 60 \text{ дм}^2.$$

Враховуючи знайдену площу пневмоканалу знайдемо питоме зернове навантаження одиниці площі пневмосепаруючого каналу. Отримаємо:

$$q_F = \frac{q_B}{S} = \frac{1667}{60} = 278 \text{ кг/дм}^2\times\text{год.}$$

Розрахуємо загальні витрати повітря, яке проходить крізь робочий переріз пневмоканалу за відомою формулою:

$$U = 36 \cdot V \cdot B \cdot C \cdot z,$$

де V – значення швидкості потоку повітря в робочому перерізі пневмоканалу, яка залежить від критичної швидкості компонентів зерносуміші і становить

$$V = 0,7...0,8 \cdot V_{кр},$$

$V_{кр}$ – довідникове значення критичної швидкості витання компонентів конкретної зернової суміші, яку потрібно очистити повітряним потоком, приймемо на основі даних [8], $V_{кр} \approx 9$ м/с.

Враховуючи наведені дані отримаємо:

$$V = 0,8 \cdot 9 = 7,2 \text{ м/с.}$$

Розрахуємо значення сумарних витрат повітря, що припадає на повітряну систему зерноочисного агрегату:

$$U = 36 \cdot 7,2 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 2 = 20736 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Знайдемо розрахункові витрати тиску в пневмоканалі зерноочисного агрегату за емпіричною залежністю [7]:

$$P_k = \left(0,1 + 0,00013 \cdot q_F\right) \cdot V^2 = \left(0,1 + 0,00013 \cdot 278\right) \cdot 7,2^2 = 7,06 \text{ кг/м}^2.$$

Однією із необхідних умов роботи зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 є наявність і ефективна робота разом із зерноочисною машиною продуктивного очисного пристрою для повітря. У якості пилоочисного пристрою разом із зазначеним зерноочисним агрегатом на багатьох агроформуваннях застосовують жалюзійні інерційні пилоочисні пристрої (рис. 9). Для того, щоб розрахувати окремі робочі параметри жалюзійного пилоочисника розрахуємо за відомою формулою опір цього пилоочисного пристрою:

$$P_{жц} = \xi \cdot \frac{\rho_п \cdot V_{вх}^2}{2 \cdot g},$$

де ξ – коефіцієнт опору пилоочисника жалюзійного, що приймається за довідниковими даними, так згідно із [8] $\xi = 1,8$;

$\rho_п$ – фактична щільність потоку повітря, що виконує функцію розділення зерносуміші на компоненти в пневмоканалі, $\rho_п = 1,2$ кг/м^3;

$V_{вх}$ – вхідна швидкість потоку повітря до жалюзійного пилоочисного пристрою, так відомо [5], що за умови коли забезпечується ефективність очищення повітряного потоку на рівні 75…95%, дійсна швидкість повітря має становити $V_{вх} = 15...25$ м/с.

$$P_{жц} = 1,8 \cdot \frac{1,2 \cdot 20^2}{2 \cdot 9,81} = 1,8 \cdot \frac{480}{19,62} = 44 \text{ кг/м}^2.$$

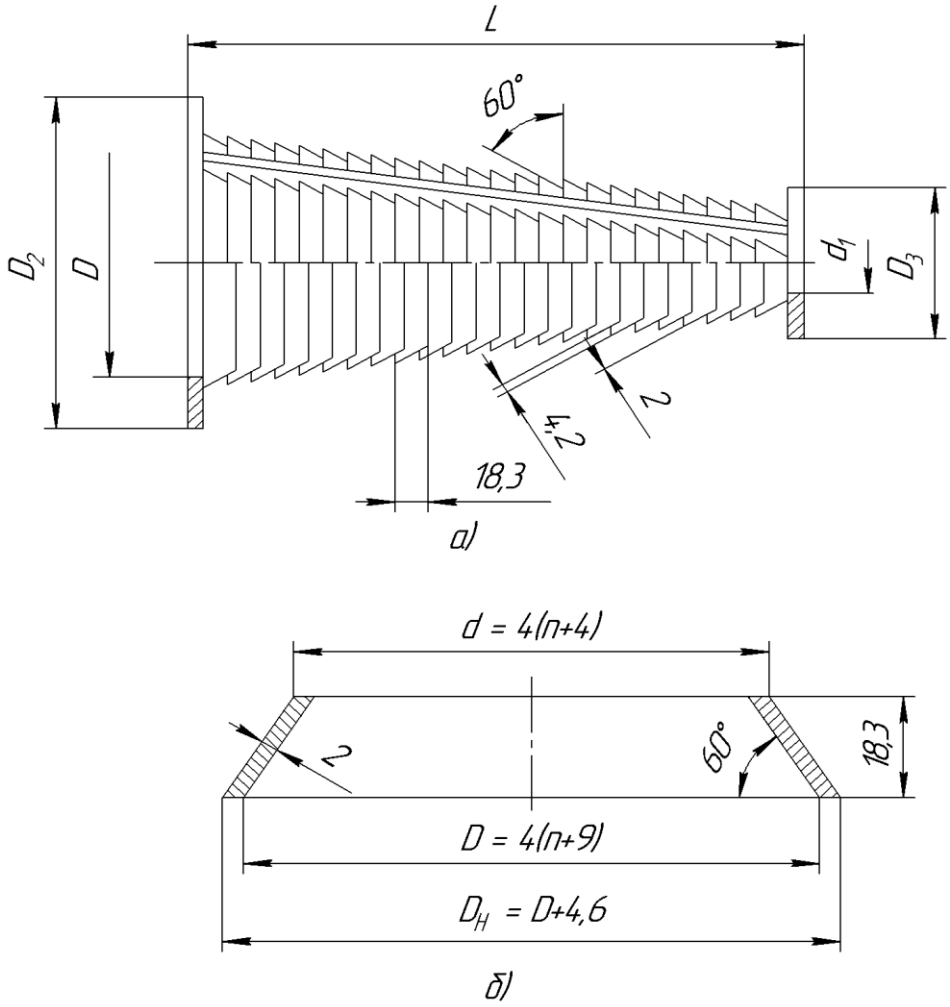


Рис. 9. Розрахункова схема жалюзійного пилоочисного пристрою ЗОМ

Щоб зерноочисний агрегат можна було якісно скомпонувати із пилоочисником знайдемо розрахункове значення діаметру вхідного отвору цього пилоочисника, використовуючи залежність:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot U}{3600 \cdot \pi \cdot V_{вх}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20736}{3600 \cdot 3{,}14 \cdot 20}} = \sqrt{\frac{110944}{226080}} = 0{,}5 \text{ м.}$$

де U – значення продуктивності пилоочисника, що фактично визначається загальним витратам повітря через пневмосистему зерноочисного агрегату.

Отже, враховуючи розрахунки, що проведені вище, та використовуючи дані, наведені в [2] для роботи зерноочисного агрегату приймемо конічний кільцевий пилевідділювач НП-9-515, який має діаметр вхідного отвору $D = 515$ мм; діаметр вихідного отвору $d_1 = 86$ мм; кількість кілець в пилевідділювачі – 101 шт; діаметр великого фланця $D_2 = 597$ мм; діаметр малого фланця $D_3 = 193$ мм; загальна довжина інерційного жалюзійного пилоочисника $L = 1615$ мм; номери кілець n – 21-121.

З тією метою, щоб зерноочисний агрегат міг працювати без централізованої пневмосистеми господарства розрахуємо параметри вентилятора, що здатний забезпечити автономну роботу машини А1-БЛС-100. Щоб провести вірний підбір джерела повітряного потоку за класичною методикою використаємо номограму для підбору і визначення основних параметрів вентиляторів [2]. Ця методика визначення параметрів передбачає, що вихідними параметрами джерела потоку повітря є втрати повного тиску і сумарні витрати повітря крізь пневмосистему зерноочисного агрегату. Відомо, що як перший так і другий параметр повинні враховувати сумарні витрати повітряного потоку у пневмоканалах і пристроях очищення повітря від пилу, що виражається відомою формулою:

$$P_c = P_k + P_{жц} = 42{,}2 + 44 = 86{,}2 \text{ кг/м}^2.$$

Згідно із проведеними обґрунтуваннями та розрахунками щодо витрат повітря і повного тиску пневмосистемою за типовою номограмою [2] для

забезпечення автономності зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 виберемо у якості джерела повітряного потоку вентилятор серії ВРН, який характеризується тим, що діаметр його крильчатки становить $D = 560$ мм (рис. 10). Наведена стандартна номограма дозволяє обрати задану частоту обертання крильчатки вентилятора, яка має становити $n = 1400$ об/хв і за таких умов роботи запланований коефіцієнт корисної дії такого джерела повітряного потоку знаходиться на рівні $\eta \approx 65...70$ %.

Враховуючи те, що серійних вентиляторів із діаметром крильчатки 560 мм не існує а за серійних розмірів крильчатки найближчим до цього вентилятора є вентилятор, що має робочий розмір крильчатки $D = 600$ мм приймемо для роботи повітряної системи зерноочисного агрегату саме такий вентилятор. Використання такого джерела повітряного потоку з однієї сторони призведе до зростання загальної ваги вентилятора та його розмірів, а з іншої – забезпечить гарантовано задану робочу швидкість повітряного потоку із певним запасом. Для розробки конструкції вентилятора скористаємося стандартними співвідношенням розмірів його конструктивних елементів [2], що представлено на рис. 10.

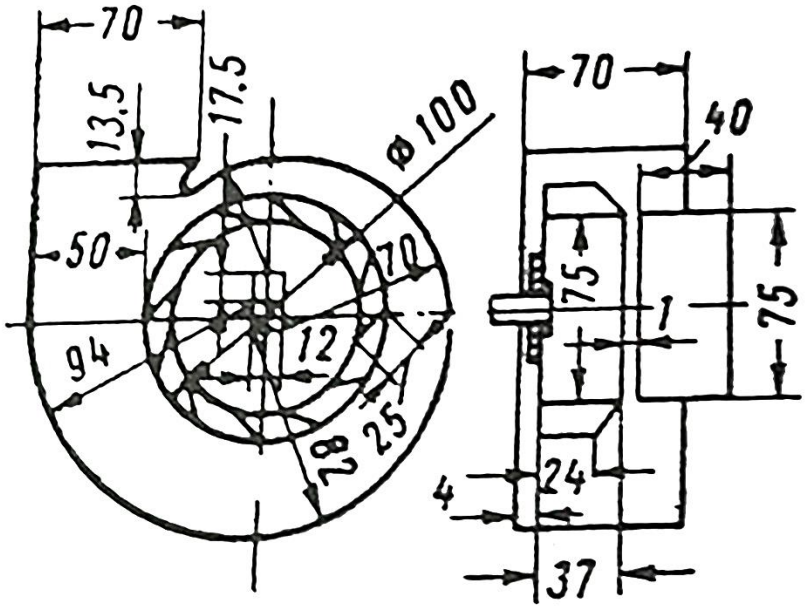


Рис. 10. Схема до визначення основних конструктивних параметрів джерела повітряного потоку (розміри в % від діаметру крильчатки)

Наступний етап виконання роботи – проведення проектного розрахунку обраного джерела повітряного потоку, для цього використаємо стандартну методику, яку наведено в [2].

Щоб знайти фактичне значення ширини вихідного патрубка вентилятора (рис. 10) використаємо відому формулу:

$$B_п = 0,7 \cdot D = 0,7 \cdot 560 = 392 \text{ мм.}$$

Для визначення висоти вихідного патрубка джерела повітряного потоку існує формула

$$H_п = 0,135 \cdot D = 0,135 \cdot 560 = 75,6 \text{ мм.}$$

Фактична ширина кожуха вентилятора та діаметр перебувають в наступній залежності:

$$B_к = 0,7 \cdot D = 0,7 \cdot 560 = 392 \text{ мм.}$$

Щоб розрахувати діаметр основи крильчатки джерела потоку повітря маємо залежність

$$D_о = 0,75 \cdot D = 0,75 \cdot 560 = 420 \text{ мм.}$$

Тоді відповідно можемо визначити і довжину вхідного вікна, яка дорівнює

$$B_в = 0,4 \cdot D = 0,4 \cdot 560 = 224 \text{ мм.}$$

Діаметр вхідного вікна повітряного потоку має прямий зв’язок із дійсним діаметром крильчатки вентилятора, що описано формулою:

$$D_в = 0,75 \cdot D = 0,75 \cdot 560 = 420 \text{ мм.}$$

Знайдемо значення ширини крильчатки джерела потоку повітря

$$B_{кр} = 0,37 \cdot D = 0,37 \cdot 560 = 207,2 \text{ мм.}$$

Крім цього, визначимо ширину основи крильчатки джерела потоку повітря за формулою:

$$B_о = 0,24 \cdot D = 0,24 \cdot 560 = 134,4 \text{ мм.}$$

Для визначення необхідного зазору між крильчаткою джерела повітряного потоку і кожухом запропонованого вентилятора використаємо залежність:

$$\Delta_{кк} = 0,04 \cdot D = 0,04 \cdot 560 = 22,4 \text{ мм.}$$

Визначимо зазор між лопатками джерела потоку повітря і вікном цього вентилятора

$$\Delta_{лв} = 0,01 \cdot D = 0,01 \cdot 560 = 5,6 \text{ мм.}$$

Визначення довжини крильчатки джерела потоку повітря можемо провести за залежністю:

$$L = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 560 = 140 \text{ мм.}$$

Проведемо розрахунок розміру сторони квадрату, що знаходиться в зоні розміщення основи кожуха спіралі вентилятора за формулою:

$$B_{ц} = 0,12 \cdot D = 0,12 \cdot 560 = 67,2 \text{ мм.}$$

Достатньо просто можна розрахувати значення радіусів спіралі вентилятора та отримаємо:

$$R_1 = 0,7 \cdot D = 0,7 \cdot 560 = 392 \text{ мм.;}$$

$$R_2 = 0,82 \cdot D = 0,82 \cdot 560 = 459,2 \text{ мм.;}$$

$$R_3 = 0,94 \cdot D = 0,94 \cdot 560 = 526,4 \text{ мм.}$$

І на завершення, розрахункове значення відстані від колеса джерела повітряного потоку (вентилятора) до кралі спіралі його кожуха стновить:

$$B_{c} = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 560 = 280 \text{ мм.}$$

Таким чином, в ході проведених розрахунків отримані основні проектні розміри джерела потоку повітря (вентилятора), що може використовуватися разом із зерноочисним агрегатом А1-БЛС-100.

2.3.4. Розрахунок механізму приводу джерела потоку повітря

Проведемо визначення потужності, що потрібна для приведення в дію джерела потоку повітря за відомою формулою [8]:

$$N_в = \frac{U \cdot P_c}{3600 \cdot 102 \cdot \eta},$$

де U – знайдені вище загальні витрати повітря в повітряній системі зерноочисного агрегату, $U = 20736$ м^3/год;

P_c – розраховані значення втрат тиску повітряного потоку, що має місце як у пневмоканалі так і в осадових пристроях, що за розрахунками вище становить $P_c = 86,2$ кг/м^2;

η – нормативний ККД вентилятора, а з врахуванням того, що дане джерело потоку повітря відноситься до відцентрових вентиляторів за [8] ККД такого робочого органу дорівнює $\eta = 0,7$.

Отже, після підстановки цифрових значень отримаємо розрахункове значення потужності для приводу вентилятора

$$N_в = \frac{20736 \cdot 86,2}{3600 \cdot 102 \cdot 0,7} = \frac{1787443,2}{257040} = 6,9 \text{ кВт.}$$

З ціллю забезпечення певного запасу потужності приймемо для приводу джерела потоку повітря зерноочисного агрегату електродвигун потужністю $N_д = 7$ кВт. Враховуючи те, що компоновка механіму приводу має бути зручною і не обмежувати чи ускладнювати обслуговування цього механізму приймемо для приводу вентилятора клинопасову передачу із передаточним відношенням, яке дорівнює $i = 1$. Частоту обертання джерела повітряного потоку обираємо виходячи із можливості просковзування пасу механізму приводу і приймаємо $n_2 = 1430$ об/хв. Конструкція і принцип роботи механізму приводу має забезпечувати можливість використовувати зерноочисний агрегат у дві чи три зміни. Схему до визначення основних параметрів механізму приводу наведено на рис. 11, а сам розрахунок проводився за стандартизованою методикою, що викладено в [12].

За наведеною методикою крутний момент на швидкохідному валу механізму приводу визначається за формулою:

$$T_ш = \frac{9550 \cdot N_д}{n_1} = \frac{9550 \cdot 4}{1430} = 26,7 \text{ Н×м.}$$

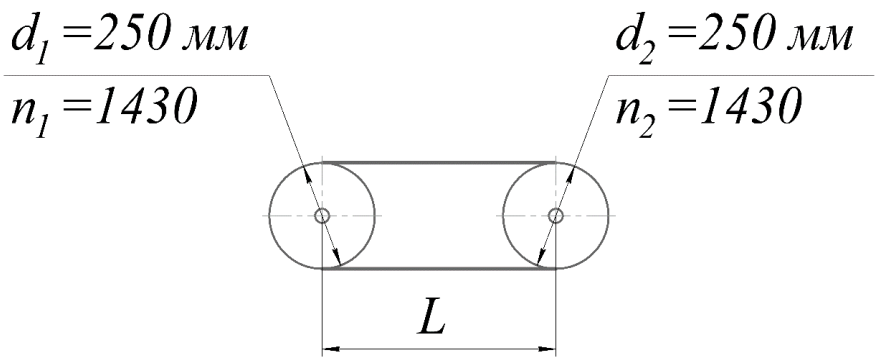


Рис. 11. Схема до визначення механізму приводу (клинопасової передачі) джерела повітряного потоку

Для роботи вентилятора приймемо стандартний переріз пасу «Б» [13] (рис. 12), який має такі розміри: $b_p = 14$ мм; $b_0 = 1,7$ мм; $h = 10,5$ мм; $g_n = 0,18$ кг/м; $y_0 = 4,0$ мм; $F_1 = 1,38$ см^2;

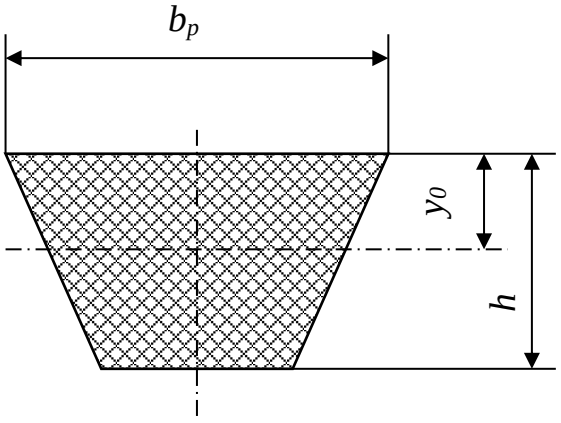


Рис. 12. Розміри паса клинопасової передачі механізму привода

Визначимо значення розрахункової швидкості пасу механізму приводу

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 1430}{60 \cdot 1000} = \frac{1122550}{60000} = 18,7 \text{ м/с.}$$

Для забезпечення можливості роботи клинопасової передачі знайдемо мінімальну міжосьову відстань за формулою:

$$a \geq 0,95 \cdot d_2 = 0,95 \cdot 250 = 237,5 \text{ мм.}$$

На етапі проектування і зручного монтажу та обслуговування механізму приводу по відношенню до інших робочих органів і рами зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 оберемо фактичну міжосьову відстань пасової передачі $a = 450$ мм.

Після вибору міжосьової відстані знайдемо необхідну довжину пасу для нормальної роботи передачі, що зробимо за формулою:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot \left(d_1 + d_2\right) + \frac{\left(d_2 - d_1\right)^2}{4 \cdot a} = 2 \cdot 450 + \frac{3{,}14}{2} \cdot \left(250 + 250\right) = 900 + 785 = 1685$$

Керуючись стандартним рядом розмірів [13] для роботи передачі виберемо пас, що має довжину $L = 1700$ мм.

Далі маючи значення стандартизованої довжини клинового пасу можемо уточнити дійсну міжосьову відстань механізму передач. Отримаємо:

$$a = \frac{2 \cdot L - \pi \cdot \left(d_1 + d_2\right) + \sqrt{\left(2 \cdot L - \pi \cdot \left(d_1 + d_2\right)\right)^2 - 8 \cdot \left(d_2 - d_1\right)^2}}{8} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1700 - 3{,}14 \cdot \left(250 + 250\right) + \sqrt{\left(2 \cdot 1700 - 3{,}14 \cdot \left(250 + 250\right)\right)^2}}{8} =$$

$$= \frac{3400 - 1570 + 1830}{8} = \frac{3660}{8} = 457{,}5 \ \textit{мм.}$$

Розрахуємо кут обхвату шківа механізму передач:

$$\alpha_1^{\circ} = 180^{\circ} - 60^{\circ} \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^{\circ} - 60^{\circ} \cdot \frac{250 - 250}{457{,}5} = 180^{\circ}.$$

Виберемо використовуючи [13] значення вихідної довжини пасу $L_0 = 2040$ мм.

Розрахуємо значення відносної довжини пасу:

$$\frac{L}{L_0} = \frac{1700}{2040} \approx 0{,}8.$$

Отже, коефіцієнт довжини пасу, використовуючи [12] становить $C_1 = 0{,}975$.

Значення вихідної потужності, що може передаватися пасовою передачею (клинопасовою), враховуючи те що $d_1 = 250$ мм і $V = 18,7$ м/с використовуючи [13] знаходиться на рівні $N_0 = 7,5$ кВт.

Виберемо, на основі [13] коефіцієнт кута обхвату на рівні $C_\alpha = 1$.

За стандартною методикою [13] встановимо поправку до крутного моменту для обраного передаточного відношення, яке становить $\Delta T = 1,8$ Н×м.

Визначимо поправку до потужності, що можемо зробити за залежністю

$$\Delta N = 0,0001 \cdot \Delta T \cdot n_1 = 0,0001 \cdot 1,8 \cdot 1430 = 0,26 \text{ кВт.}$$

Довідникове значення коефіцієнту режиму роботи клинопасової передачі [13] знаходиться на рівні $C_p = 0,73$.

Враховуючи проведені розрахунки і обґрунтування можемо отримати значення допустимої потужності, що може припадати на один пас передачі. Ця допустима потужність визначається наступним чином:

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_1 + \Delta N) \cdot C_p = (6,5 \cdot 1 \cdot 0,975 + 0,26) \cdot 0,73 = 4,82 \text{ кВт.}$$

Визначимо розрахункове значення кількості пасів, які здатні повністю забезпечити роботу клинопасової передачі в заданому режимі і з необхідним навантаженням

$$Z = \frac{N}{[N]} = \frac{4,0}{4,82} = 0,83.$$

Отже, в ході останніх розрахунків встановлено, що клинопасова передача повністю забезпечує показники своєї працездатності при її роботи із одним пасом, що є підставою для достатності одного пасу для забезпечення роботи механізму приводу. Приймаємо $Z = 1$ пас.

2.4. Висновки по розділу

За результатами виконання інженерної частини проаналізовано конструкцію, особливості, переваги і недоліки зерноочисного агрегату А1-

БЛС-100 та подібних за будовою і призначенням машин. Значну увагу сконцентровано на інтенсифікації роботи решітного очищення зерноочисного агрегату та підвищення мобільності і компактності зерноочисної машини за рахунок використання автономного джерела повітряного потоку у вигляді відцентрового вентилятора.

Під час виконання конструкторських розрахунків визначені основні параметри і режими роботи зерноочисної машини вцілому та її решітної і повітряної частин, вибрані раціональні умови подачі зернового матеріалу на очищення, доведена доцільність вдосконалення решітної частини шляхом використання в решітних кузовах плоских пробивних решіт із певною орієнтацію отворів решіт по відношенню до осі самого решета та визначені раціональні параметри режими роботи і обґрунтована необхідна компоновка відцентрового вентилятора і механізму його приводу.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Загальна характеристика досліджень

Все зібране збіжжя зернових, що потрапляє після збирання із поля перед його зберіганням чи подальшою обробкою повинно пройти всі операції післязбирального очищення. Такі технологічні операції дозволяють виділити із вороху основного зернового матеріалу домішки різноманітного походження, механічні включення, збоїну і частинки інших рослин, щупле бите і пошкоджене зерно за необхідності тощо. Потреба у вчасному, швидкому і ефективному видаленні із врожаю сільськогосподарських культур домішок обумовлюється насамперед тим, що саме ці домішки, що характеризуються підвищеною вологістю і достатньо часто містять велику кількість шкідливих мікроорганізмів та бактерій, в більшості випадків, є основним джерелом псування врожаю. Для проведення операцій очищення врожаю в господарствах використовуються зерноочисні агрегати, а конкретно для вказаних цілей найкраще підходять зерноочисні машини загального

призначення. Дослідники і фермери, що проводять дослідження і очищення зернового збіжжя в своїх господарствах відмічають, що для етапів попереднього і первинного очищення зерна та насіння найкраще використовувати зерноочисні машини загального призначення повітряно-решітного типу, а отже якість і ефективність роботи таких агрегатів буде залежати від узгодження продуктивностей повітряної і решітної частин.

Сьогодні велика кількість науково-дослідних робіт, що була проведена в напрямку поліпшення будови і роботи зерноочисних агрегатів, присвячена теоретичному опису процесів, раціональному перебігу і послідовності проведення очищення, введення додаткових інтенсифікаторів як до решітних так і до повітряних частин агрегатів, вдосконаленню подачі матеріалу на очищення тощо [14…19]. Варто відмітити, що ряд робіт дали змогу визначитися як із загальним напрямками вдосконалення зерноочисних машин так і з конкретними раціональними параметрами і режимами роботи повітряної і решітної частини. Проте, до цих пір залишається відкритим тип решета, що має використовуватися у каскаді решітних станів зерноочисних машин загального призначення, адже існують суттєві проблеми, що призводять до погіршення просіювання прохідних часток у тому випадку, якщо частка під час свого руху по поверхні решета буде потрапляти на перетинку і може фактично оминути отвір решета. Робилися спроби [14, 15] для усунення вказаних недоліків використовувати різні орієнтатори зернової суміші, напрямники, плоске решето замінювали на решета із різою формою гофр і граблин, однак дана проблема залишається відкритою і потребує ефективного практичного вирішення.

Таким чином, базуючись на наведеній вище інформації, доцільності проведення експериментальних розробок в напрямку поліпшення роботи решітного очищення були сформовані мета, задачі, предмет та об’єкт досліджень даної роботи. **Метою даної роботи** є вдосконалення конструкції

плоского коливального решета зерноочисної машини для поліпшення просіювання крізь отвори прохідних часток зерносуміші.

Об'єкт досліджень – технологічний процес розділення зерна на плоских пробивних решетах із вдосконаленою формою отворів.

Предмет досліджень – експериментальні закономірності, що дозволяють описати конструктивно-технологічні параметри і режими роботи плоских пробивних решіт із вдосконаленою формою отворів, що використовуються в решітних кузовах зерноочисних машин загального призначення.

На основі пошукових досліджень, патентного огляду та протоколів випробування зерноочисних агрегатів загального призначення можна представити задачі досліджень, які будуть вирішуватися під час проведення наукової роботи. Основні задачі досліджень полягають у наступному:

- провести огляд, аналіз та визначитися із напрямком вдосконалення роботи та інтенсифікацією просіювання прохідних часток у плоских пробивних коливальних решіт, що використовуються в решітних частинах зерноочисних агрегатів загального призначення;
- визначити основні параметри і режими роботи розробленого пробивного решета із орієнтованими певним чином нахилом поздовжніх отворів по відношенню до напрямку руху основної зернової маси;
- за результатами проведених експериментів визначитися із раціональними параметрами і режимами роботи та надати діапазони рекомендованих значень досліджуваних параметрів решітних частин зерноочисних агрегатів загального призначення.

3.2. Огляд та аналіз повітряних систем зерноочисних машин загального призначення

Всі сільськогосподарські зернові чи насіннєві культури, а саме – кожна зернівка характеризується трьома основними розмірами – довжиною l, шириною b та товщиною h [2, 13, 16]. Варто відмітити, що за розмірами насінини сільськогосподарських культур мають суттєві відмінності між собою, і саме на цій розмірній особливості і базується принцип розподілу зернових матеріалів на решітних поверхнях. Відомо, що на решетах зерновий матеріал розділяється за шириною і товщиною (рис. 13 а), крім цього саме на решетах відокремлюються від зерно основної культури дрібні та крупні домішки. Найбільш часто решета виготовляють із оцинкованих листів різного розміру, що мають отвори певних розмірів, причому ці отвори можуть мати круглу, продовгувату, трикутну чи іншу форми (рис. 13 б, в, г). останнім часом зустрічаються решітні стани, в яких робоча поверхня виготовляється із дроту чи струн та ткані (рис. 13 д, е).

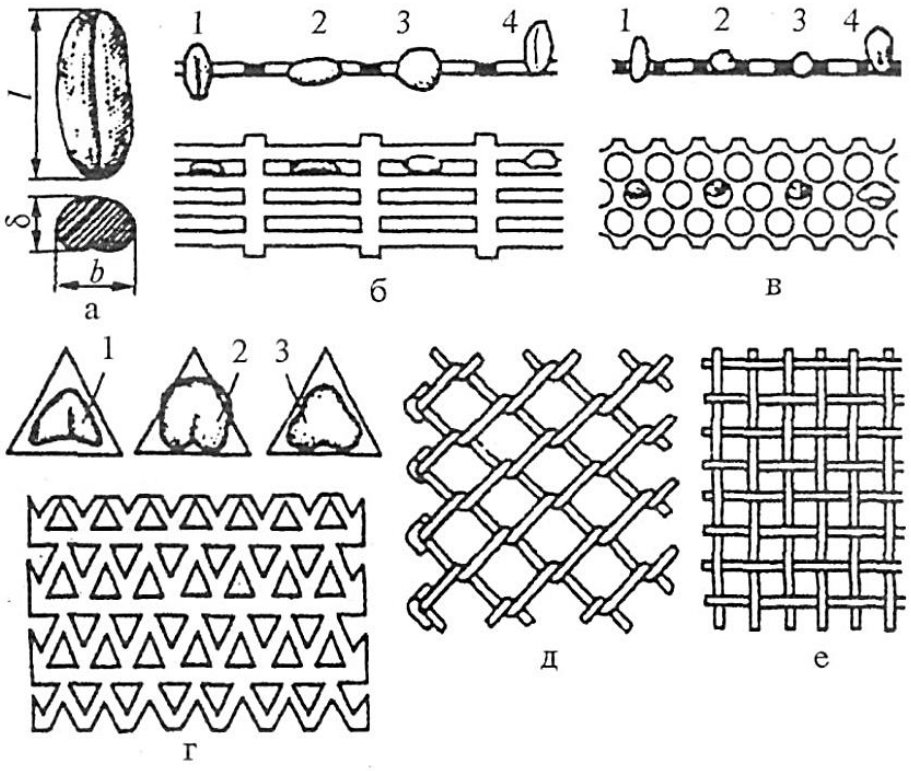


Рис. 13. Найбільш поширені поверхні решіт та розміри насінини:

а – характерні розміри зернівки; б та в – решета для розподілу зернового матеріалу за товщиною і шириною, що мають прямокутні і круглі отвори: 1, 2, 3 – частинка проходить крізь отвір; 4 – частка не проходить крізь отвір; г – розподіл матеріалу за шириною і товщиною на решітних поверхнях, що мають отвори трикутної форми:
1, 3 – частка проходить крізь трикутний отвір; 2 – частка не проходить крізь отвір;
д, е – плетені решета та ткані решета

Розділення зернового вороху за товщиною. Якщо решітна поверхня має отвори продовгуватої форми, то крізь ці отвори проходять лише частки із товщиною h меншою за ширину щілини цього отвору. За таких умов роботи решітного полотна, абсолютно не має значення довжина часток (зернівок), адже вона є завжди меншою за довжину продовгуватого отвору решета. Крім цього, відомо, що ширина зернівки є завжди більшою за її товщину, а значить, що за умови, що якщо зернівка не проходить крізь продовгуватий отвір за товщиною, вона гарантовано не пройде крізь цей отвір і за шириною. Таким чином, розділення зернових матеріалів за товщиною може відбуватися виключно на решетах, які мають довгі отвори. У таких решіт отвори роблять видовженими і за розмірами у кілька разів (2…3 рази) довшими за зернівки, що розділяються. При цьому на поверхні решіт отвори розміщують таким чином, щоб довжина отвору була зорієнтована вздовж напрямку руху матеріалу.

Розділення зернового матеріалу за шириною. Просіятися крізь отвір круглої форми може частка тільки тоді, коли її ширина b менша за діаметр цього круглого отвору. За таких умов роботи решета, ні довжина ні ширина зернівки не можуть завадити просіюванню частки крізь круглий отвір. Таким чином, розділення зернових матеріалів за шириною може відбуватися тільки на решетах, які мають отвори круглої форми. Всі решета маркуються шляхом вибивання номеру на торці, який показує робочий розмір отвору решета, що помножено на десять.

Відмітимо, що за твердженнями дослідників [14…18], решета із отворами, що мають продовгувату форму використовують на зерноочисних агрегатах значно частіше, ніж будь-яких інших. Це пояснюється тим, що площа отворів у таких решіт є суттєво більшою, а отже і сама решітна поверхня буде працювати значно ефективніше, тим більше, найбільш ясно залежність між масою часток, які очищуються від домішок і їх геометричними розмірами визначається за таким параметром, як товщина зернівок.

Відомими та найбільш близькими за технічною сутністю та досягнутому результату до запропонованого винаходу є плоскі решета, такі як встановлюються на зерноочисні машини, наприклад на машини ОВС-25, СВУ-10, СМ-4А [1…3] та ін. В більшості зерноочисних машин, для розділення зерна та насіння використовуються плоскі решета в яких прямокутні отвори розташовані рядами, із орієнтацією довгої сторони отвору відносно повздовжньої осі.

Відомим недоліком решіт, які найчастіше використовуються у зерноочисних машинах загального призначення із прямокутними отворами продовгуватої форми, що розміщуються рядами та орієнтовані довгою стороною вздовж напрямку руху зернового матеріалу є порівняно невисока якість просіювання часток прохідних розмірів [6]. Це має місце тому, що прохідні частки, що знаходяться над повздовжніми перетинками решета із високою ймовірністю під час руху можуть уникнути контакту із отворами, через відсутності сил, які могли б діяти в поперечному напрямку та направляли зернівки до отворів.

У якості технічного рішення для підвищення ефективності та якості просіювання зернівок прохідних розмірів крізь отвори решета має стати конструкція, яка б підвищила ймовірність підведення часток до отворів, розміщених на решітній поверхні, незалежно від того за якою траєкторією буде рухатися матеріал по решітному полотні.

Що вирішити дану задачу було запропоновано конструкцію решета [6], яке на відміну від існуючих характеризується тим, що продовгуваті прямокутні отвори на поверхні розташовуються рядами та орієнтуються довгою стороною отвору відносно поздовжньої осі і напрямку руху зернового матеріалу, а кожен наступний ряд отворів нахилений на 3…5º відносно поздовжньої осі, а напрямки нахилу отворів чергуються у шаховій послідовності (лівий змінюється на правий).

Така конструкція решітної поверхні має усунути виявлені раніше недоліки плоского решета із продовгуватими отворами за рахунок того, що частка під час руху по поверхні решета, навіть при незмінній прямолінійній траєкторії руху по полотну донизу гарантовано потрапить до отвору решітки через збільшення нерівномірності розміщених на решітному полотну перемичок, а отже і зростання корисної площі решета.

Запропоновані до використання на зерноочисних агрегатах загального призначення плоскі решета (рис. 7), складаються із робочої поверхні 1 із розміщеними на цій поверхні отворами 2, які розміщені рядами причому ці ряди займають всю корисну площу решітного полотна, а розміщені отвори довшою стороною відносно поздовжньої осі решета (напрямку руху). Безпосередньо кожен ряд отворів розміщено на решеті із нахилом вліво чи право від поздовжньої осі на 3…5º, а кут нахилу рядів чергуються зі сторони в сторону у шаховому порядку.

Вдосконалене плоске решето із запропонованими рядами розміщення отворів працює так: рухаючись по площині плоского пробивного решета 1, частинки зернової суміші, що за розмірами можуть просіюватися потрапляють до отворів 2 та просипаються крізь них (йдуть на прохід). Разом із тим, використання вдосконаленого решета дозволяє тим прохідним часткам, що рухаються по поверхні решета та не контактують протягом всього часу руху із отворами гарантовано потрапити до отворів під час подальшого

прямолінійного переміщення через те, що отвори мають нахил до поздовжньої осі із змінним чергуванням кутів цього нахилу в шаховому порядку.

Як наслідок, запропоноване технічне рішення забезпечує значне підвищення ймовірності потрапляння прохідних часто до отворів решета та сприяє вирішення завдання підвищення ефективності розділення компонентів зерносумішей на решітних частинах зерноочисних машин загального призначення.

3.3. Послідовність реалізації та результати проведення експериментів

Експериментальні дослідження по вивченню впливу параметрів решіт на якість очищення проводили на базовому зерноочисному агрегаті А1-БЛС-100, при цьому в кузов решітного стану почергово встановлювали решета із різними параметрами а режими роботи повітряного очищення не змінювали. Досліди були проведені на току базового господарства за класичною методикою. Під час експериментів вивчали вплив подачі збіжжя на очищення $x_1(Q)$, кг/дм×год; кута нахилу продовгуватих отворів відносно осі решета $x_2(\Delta)$, град; ексцентриситету решета $x_3(e)$, мм та частоти коливання плоского решета $x_4(n)$, кол/хв на якість виділення прохідних часток крізь отвори Y, %.

До конструкції базової зерноочисної машини А1-БЛС-100 внесені зміни, які дозволяють швидко і у широкому діапазоні значень змінювати зазначені вище параметри решітної очистки і режими її роботи. Всі дослідження проводилися керуючись методикою планування класичного багатофакторного експерименту, що описано в [15].

Щоб дослідження були якомога інформативнішими і точними експерименти проводили із повторністю у п’ять разів і приймали для подальшої обробки середнє значення отриманих результатів. Всю обробку та розрахунок проводили після очищення зерноочисним агрегатом навіски 5 тон зернового матеріалу. Подачу зернової маси на очищення змінювали

завантажувальною заслінкою та встановлювали керуючись загальною годинною продуктивністю агрегату. Кут нахилу отворів решіт змінювали шляхом встановлення в кузов решітного стану виготовлених пробивних решіт із різним кутом нахилу отворів до напрямку руху зернового матеріалу по робочій площині решета. Крім того, на решітний стан встановлювали ексцентрики із різними параметрами та за рахунок зміни обертів механізму приводу регулювали частоту коливання решітного стану. Після зміни всіх параметрів та забезпечення можливості регулювання зазначених факторів, до таблиці заносили їх рівні, значення та інтервали варіювання (табл. 3).

Таблиця 3

Фактори та їх інтервали варіювання під час дослідження ефективності роботи решітного очищення зерноочисним агрегатом А1-БЛС-100

№	Найменування фактора	Позначення	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
			Нижній (-)	Нуловий (0)	Верхній (+)	
1	Подача збіжжя на очищення Q, кг/дм×год	x_1	300	500	700	200
2	Кут нахилу продовгуватих отворів відносно осі решета Δ, град	x_2	0	3	6	3
3	Ексцентриситет решета e, мм	x_3	4	8	12	4
4	Частота коливання плоского решета n, кол/хв	x_4	250	450	650	200

Весь процес обробки отриманих в ході експериментів досліджень реалізували в пакеті програм STATISTICA 12 а результати обробки та візуальне відображення вікон персонального комп'ютера під час процедури побудови статистичної моделі і її оцінки представлено нижче.

Початковим кроком моделювання процесу була побудова матриці експерименту, яка із врахуванням 4 факторів має вигляд $n = 2^4 = 16$. З метою побудови статистичної математичної моделі у системі STATISTICA необхідно вибрати стандартний тип моделі план Бокса-Хантера, при цьому зазначити тип плану 4/1/16 і до програми ввести рівні варіювання наведених у табл. 3

факторів. Перелічені операції дозволяють на екрані монітора отримати наступне відображення (рис. 14).

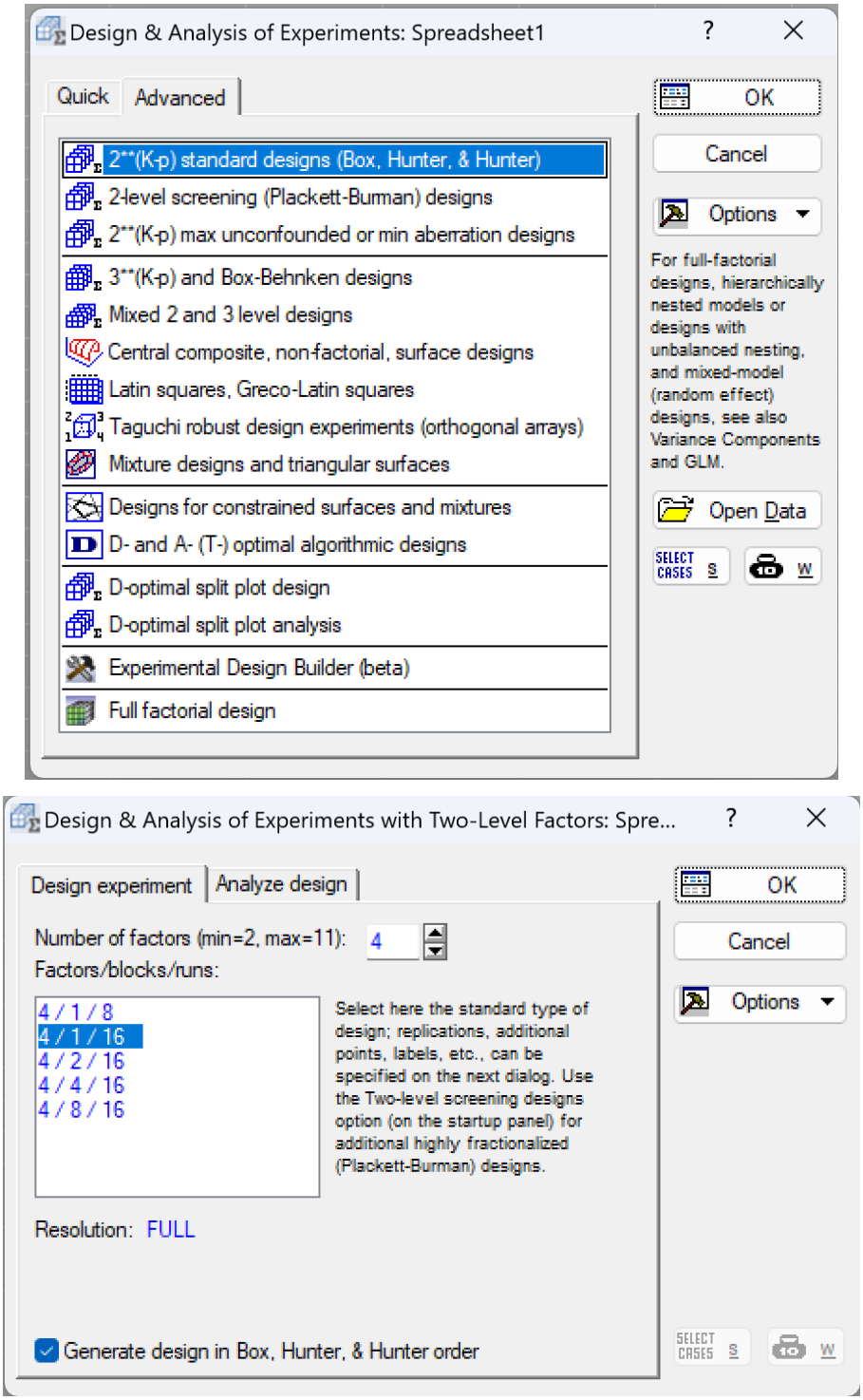


Рис. 14. Вікно планування багатофакторного експериментального дослідження тип моделі план Бокса-Хантера

Наведені операції дозволяють отримати матрицю, за якою проводяться дослідження, а саме – порядок проведення експериментальних досліджень

(рис. 15) на конкретних рівнях факторів. Щоб була можливість провести подальшу обробку одержаних результатів до отриманої матриці експерименту додається колонка до якої вводиться середнє значення якості виділення прохідних часток крізь отвори Y (рис. 15).

	1 Q, кг/дм*год	2 Δ, град	3 e, мм	4 n, кол/хв	5 Y
1	300,0	0,0	4,0	250,0	78,8
2	700,0	0,0	4,0	250,0	76,5
3	300,0	6,0	4,0	250,0	82,2
4	700,0	6,0	4,0	250,0	77,5
5	300,0	0,0	12,0	250,0	88,5
6	700,0	0,0	12,0	250,0	84,6
7	300,0	6,0	12,0	250,0	94,1
8	700,0	6,0	12,0	250,0	92,6
9	300,0	0,0	4,0	650,0	67,4
10	700,0	0,0	4,0	650,0	65,2
11	300,0	6,0	4,0	650,0	69,1
12	700,0	6,0	4,0	650,0	66,7
13	300,0	0,0	12,0	650,0	70,1
14	700,0	0,0	12,0	650,0	69,4
15	300,0	6,0	12,0	650,0	77,0
16	700,0	6,0	12,0	650,0	74,2

Рис. 15. Результати планування у табличному вигляді факторного експерименту $n = 2^4 = 16$ щодо оцінки якості виділення прохідних часток крізь отвори

В цьому ж пакеті прикладних програм STATISTICA 12 представлена вище матриця експерименту разом із середнім значенням критерію оптимізації по кожному із досліду дозволяє представити табличний результат експериментальних досліджень (рис. 16), що в своїй сукупності характеризує сумарні показники статистичної математичної моделі.

Factor	Effect Estimates; Var.:Y; R-sqr=,99708; Adj:,99124 (Spreadsheet21.sta) 2**(4-0) design; MS Residual=,741625 DV: Y Effect	Std.Err.	t(5)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	77,1188	0,215294	358,2018	0,000000	76,5653	77,6722	77,11875	0,215294	76,56532	77,67218
(1)Q, кг/дм*год	-2,5625	0,430588	-5,9512	0,001915	-3,6694	-1,4556	-1,28125	0,215294	-1,83468	-0,72782
(2)Δ, град	4,1125	0,430588	9,5509	0,000213	3,0056	5,2194	2,05625	0,215294	1,50282	2,60968
(3)e, мм	8,3875	0,430588	19,4792	0,000007	7,2806	9,4944	4,19375	0,215294	3,64032	4,74718
(4)n, кол/хв	-14,4625	0,430588	-33,5878	0,000000	-15,5694	-13,3556	-7,23125	0,215294	-7,78468	-6,67782
1 by 2	-0,2875	0,430588	-0,6677	0,533907	-1,3944	0,8194	-0,14375	0,215294	-0,69718	0,40968
1 by 3	0,3375	0,430588	0,7838	0,468636	-0,7694	1,4444	0,16875	0,215294	-0,38468	0,72218
1 by 4	0,5375	0,430588	1,2483	0,267190	-0,5694	1,6444	0,26875	0,215294	-0,28468	0,82218
2 by 3	2,2125	0,430588	5,1383	0,003650	1,1056	3,3194	1,10625	0,215294	0,55282	1,65968
2 by 4	-0,3875	0,430588	-0,8999	0,409404	-1,4944	0,7194	-0,19375	0,215294	-0,74718	0,35968
3 by 4	-2,8125	0,430588	-6,5318	0,001258	-3,9194	-1,7056	-1,40625	0,215294	-1,95968	-0,85282

Рис. 16. Результати експериментальних досліджень оцінки якості роботи решітної частини зерноочисної машини загального призначення

Представлена на рис. 16 таблиця дає змогу написати в традиційному вигляді статистичну модель та оцінити у якості рівняння регресії вплив факторів на критерій оптимізації. Дане рівняння регресії має вигляд:

$$Y(\varepsilon) = 77{,}119 - 1{,}281x_1 + 2{,}056x_2 + 4{,}194x_3 - 7{,}231x_4 -$$
$$-0{,}144x_1x_2 + 0{,}169x_1x_3 + 0{,}269x_1x_4 + 1{,}106x_2x_3 - 0{,}194x_2x_4 - 1{,}406x_3x_4.$$

Дане рівняння регресії, що описує процес очищення зерна на решеті у вигляді статистичної математичної моделі цього процесу пройшла в пакеті програм STATISTICA 12 перевірку на адекватність і відтворюваність. Коефіцієнти отриманого рівняння регресії перевірені на значимість, що відображено візуально у вигляді Парето-карти (рис. 18). У цій-же програмі побудовано графічне відображення результатів, що представлено у вигляді профілів бажаності факторів та критерію оптимізації (рис. 17) та графіку попарного впливу факторів і ліній рівного виходу (рис. 19) на якість виділення прохідних часток крізь отвори плоского коливального решета. Представлені графічні результати досліджень дозволяють визначити та оцінити вплив кожного із наведених факторів (табл. 3, рис. 15) на якість виділення прохідних часток крізь отвори плоского коливального решета, встановити області раціональних значень факторів та обрати відповідні конструктивні параметри і режими роботи решітного очищення виходячи із умови досягнення максимальної якості реалізації даного технологічного процесу.

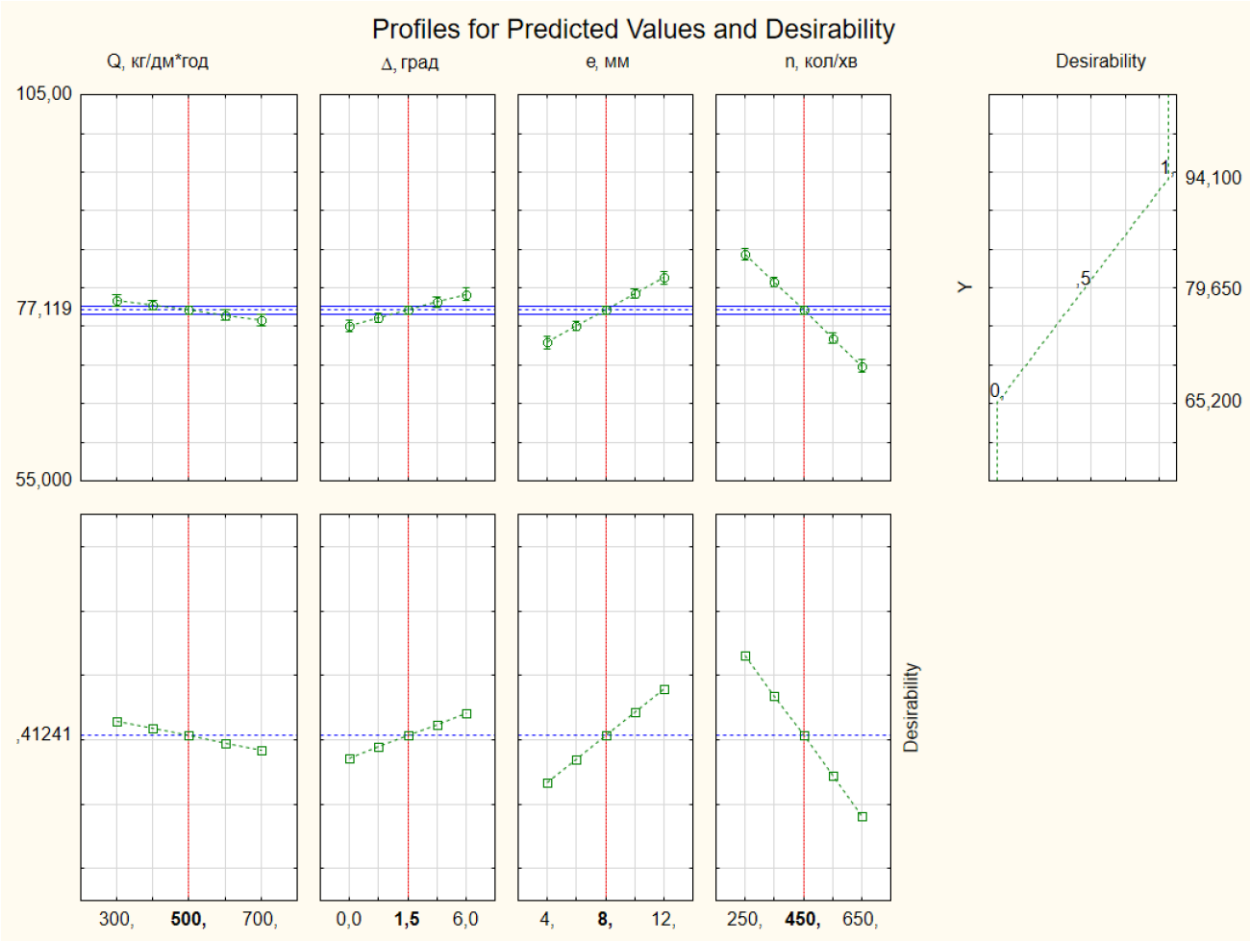


Рис. 17. Відображення профілю бажаності впливу факторів на критерій оптимізації

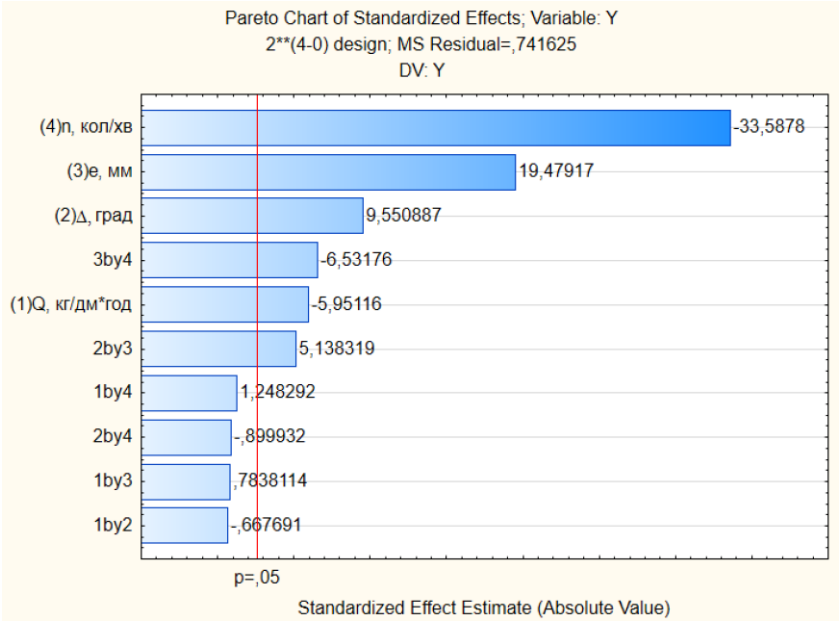


Рис. 18. Парето-карта значимості коефіцієнтів рівняння регресії

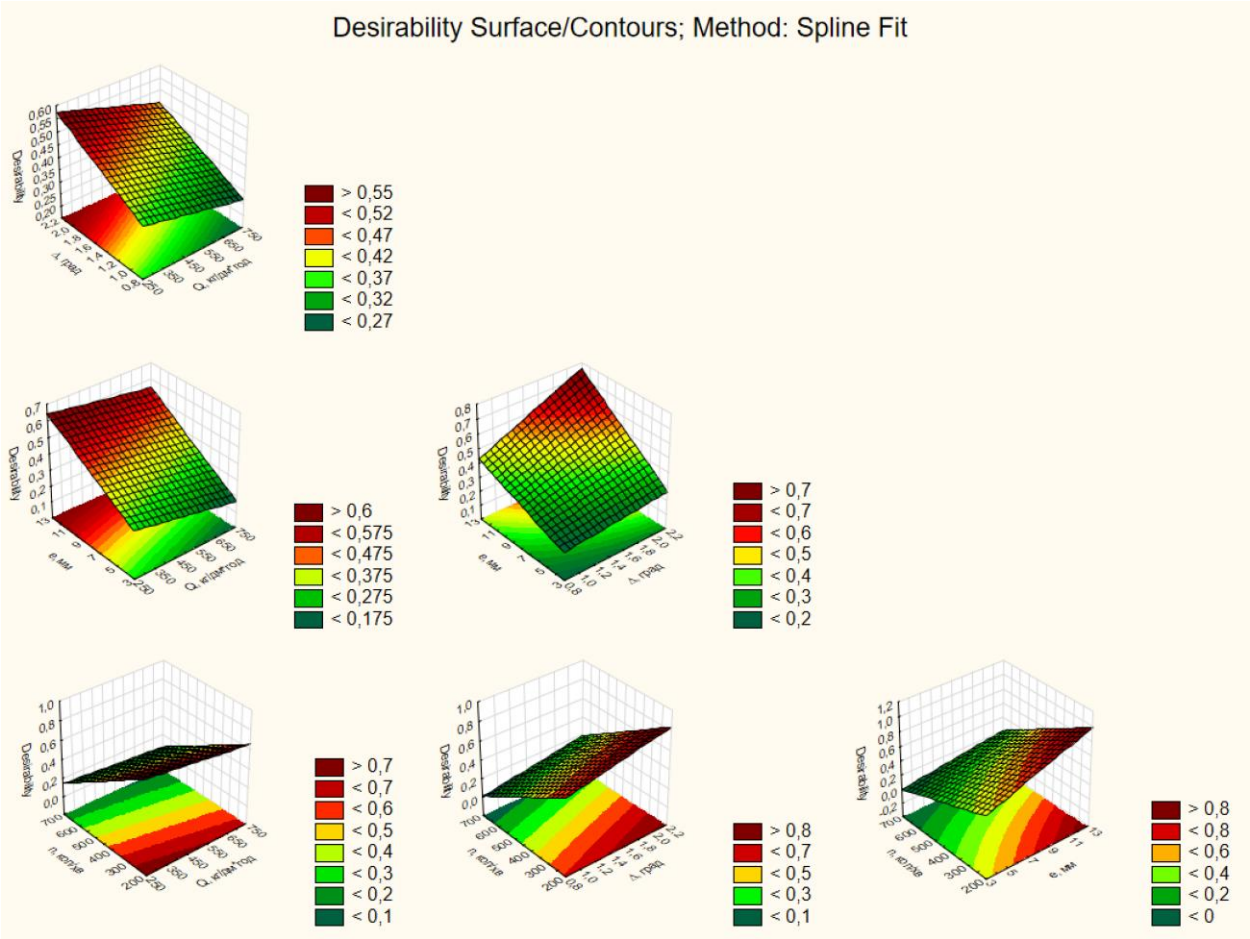


Рис. 19. Тримірні графіки та лінії рівного виходу попарного впливу факторів на якість виділення прохідних часток крізь отвори плоского коливального решета

Аналіз отриманих досліджень дозволяє зробити висновок, що серед факторів у обраному діапазоні їх значень найбільше впливають на процес виділення прохідних часток крізь отвори плоского коливального решета мають частота коливання плоского решета $x_4(n)$, ексцентриситет решета $x_3(e)$, кут нахилу продовгуватих отворів відносно осі решета $x_2(\Delta)$, попарний вплив факторів $x_3(e)$ на $x_4(n)$, подача збіжжя на очищення $x_1(Q)$ і попарний вплив $x_2(\Delta)$ на $x_3(e)$. Проведені дослідження дозволяють відмітити, що підвищення частоти коливання плоского решета $x_4(n)$ впливає на час перебування зерна на сепаруючій поверхні і при занадто високих значеннях цього параметру зерновий матеріал дуже швидко рухається до

сходу із сепаруючої поверхні решета і якість проходження часток погіршується. Виходячи з чого, раціональні значення частоти коливання знаходяться ва діапазоні значень $x_4(n) = 425...445$ кол/хв. В той час, як ексцентриситет решета $x_3(e)$ до певних його значень позитивно впливає на якість виділення часток і лише після досягнення певних значень вплив на просіювання стає негативним, а отже рекомендовані раціональні значення цього фактору рекомендується забезпечувати на рівні $x_3(e) = 7,5...8,5$ мм. Одним із впливових факторі, як і прогнозувалось під час пошукових досліджень, у даній статистичній моделі залишається кут нахилу продовгуватих отворів відносно осі решета $x_2(\Delta)$. Теж аналогічно до ексцентриситету до певного діапазону значень зростання цього фактору має позитивний ефект, після досягнення кута нахилу більше 5º, якість просіювання прохідних часток погіршується, а отже раціональними значеннями цього параметру є $x_2(\Delta) = 3°...5°$. Та зрештою, фактор, що визначає подачу збіжжя на очищення $x_1(Q)$ має прямий зв'язок із загальною продуктивністю зерноочисного агрегату та із врахуванням конструкції і параметрів решітного стану якісне просіювання часток може відбуватися за умови, якщо $x_1(Q) = 480...500$ кг/дм×год. Попарний вплив найбільш вагомих факторів теж задовольняє якісну показники виконання технологічного процесу очищення зернових сумішей на решітному стані за умови, якщо фактори не перевищують зазначених вище діапазонів значень.

Таким чином, отримана статистична модель процесу та графічні результати експериментів в своїй сукупності доводять, що за умови, якщо фактори, які досліджувалися на зерноочисному агрегату будуть перебувати у рекомендованих діапазонах їх значень, якість виділення прохідних часток крізь отвори плоского коливального решета знаходиться на рівні $Y = 79,65...94,1\%$, що відповідає сучасним вимогам до сепарації зернових сумішей.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Працюючи із зерноочисними машинами повітряно-решітного типу, серед яких можна відмітити і агрегат А1-БЛС-100 обслуговуючий персонал та оператори перебувають в зоні дії ряду шкідливих та небезпечних виробничих чинників. Всі шкідливі і небезпечні виробничі чинники загальноприйнято [22, 23], що поділяються на фізичні, біологічні і хімічні. Серед найбільш загрозливих, що можуть супроводжувати роботу зерноочисного агрегату виділимо фізичні шкідливі і небезпечні виробничі чинники, зокрема:

- рухомі елементи конструкції та обладнання зерноочисного агрегату;
- небезпечні елементи додаткового обладнання до прикладу окремі динамічні частини транспортерів, механізми передач, запобіжні муфти тощо;
- вищий за норму рівень запилення чи загазованості робочої зони біля зерноочисного агрегату, що має місце через інтенсивний повітрообмін повітряної системи зерноочисної машини із навколишнім середовищем;
- знижена щодо нормативної чи підвищена відносно неї температура в зоні роботи зерноочисного обладнання;
- знижена чи підвищена вологість в місці роботи агрегату;
- перевищує нормативи рівень шуму під час проведення операцій очищення зібраного врожаю;
- надто висока вібрація всього агрегату чи окремих елементів конструкцій зерноочисної машин;
- надто висока швидкість руху повітряних мас в зоні роботи обладнання та вищий за нормативний обмін повітря із оточуючим середовищем;
- високий рівень напруги і струму в струмопровідних елементах зерноочисної машини та рамі агрегату, щитку управління, звуковій і світловій сигналізації та ін., що може викликати ураження електричним струмом обслуговуючий персонал при роботі;

- невірно зроблене чи повністю відсутнє заземлення чи занулення зерноочисного агрегату або ж окремих його складових;
- відсутнє чи невірно виконане штучне або ж природнє освітлення зерноочисного агрегату, окремих робочих органів чи елементів, органів керування та зупинки обладнання та ін;
- наявність недостатньо захищених та гострих окрайків окремих елементів конструкцій зерноочисної машини, наявність підвищеної шорсткості поверхонь, заусенець не тільки на зерноочисному обладнанні але і на додатковому обладнанні, інструменту та ін, що в своїй сукупності може заподіяти шкоду життю чи здоров'ю обслуговуючому персоналу.

За існуючими даними спостережень під час роботи зерноочисного обладнання найчастішими причинами аварій і нещасних випадків бувають різні ураження електричним струмом, потрапляння пилових часток і інших забруднень до органів дихання та намотування одягу, волосся, деяких частин тіла на швидкообертаючі елементи конструкцій зерноочисних машин. Щоб мінімалізувати зазначені вище причини нещасних випадків на виробництві на різних етапах проведення зерноочисних операцій варто реалізувати наступні заходи:

- всі обертаючі, вібруючі та інші рухомі елементи конструкцій зерноочисних агрегатів іншого додаткового обладнання, що використовується під час операцій очищення від домішок зерносумішей мають бути закритими надійними і якісно зафіксованими кожухами і захисними огорожами із контрастним фарбуванням таких елементів. У випадку, якщо подібні огорожі конструктивно не передбачену рекомендується дообладнати подібними конструкціями обертаючі елементи самостійно;
- для проведення налаштування, технічного обслуговування, виконання регламентних робіт та ін. слід зерноочисний агрегат зупиняти повністю,

за можливості рекомендується повністю обезструмлювати обладнання під час виконання подібних операцій;

- провести обладнання забезпечити періодичний контроль за захисним зануленням чи заземленням зерноочисної машини, при проведення технічного обслуговування і ремонту проводити регламентні роботи із усім електрообладнанням зерноочисного агрегату;
- весь обслуговуючий персонал, який працює із зерноочисною машиною в тому числі і під час ремонтних робіт та обслуговування агрегату має пройти навчання та інструктаж із поводження із агрегатом, охорони праці. Всі працюючі мають бути забезпеченими спецодягом і взуттям та засобами індивідуального захисту, як обов'язкові з врахуванням специфіки зерноочисних операцій є засоби захисту органів дихання (респіратори), захисні окуляри тощо. Забезпечити періодичний контроль за станом і вірністю використання спецодягу і засобів індивідуального захисту.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Перед проведенням оцінки економічної доцільності внесених змін, які запропоновані в розрізі даної роботи, наголосимо на тому, що вдосконалення, які представлені вище, дозволяють поліпшити просіювання під час очищення на решітній частині прохідних часток та підвищити мобільність і агрегатування зерноочисного обладнання із іншими машинами і обладнанням та адаптувати в будь-які технологічні процеси післязбирального очищення зібраного врожаю зернових культур. Дані розробки розширюють сферу використання зерноочисного агрегату А1-БЛС-100, зменшить кількість операцій по регулюванню агрегату під час роботи та й спростить зазначені регулювання, скоротить загальні габарити агрегату та необхідного допоміжного обладнання та й взагалі зробить машину універсальною та придатною до використання на всіх зернових та насіннєвих культурах. Економічну ефективність розробок і вдосконалень оцінювали за стандартною методикою [19, 20, 21], а дані занесені до таблиці 4.

Таблиця 4

Результати оцінки економічної ефективності вдосконалення конструкції зерноочисного агрегату А1-БЛС-100

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Машина	
		А1-БЛС100 (базова)	А1-БЛС100 (модерні-зована)
1	2	3	4
Спосіб агрегатування машини		Стаціонарна	
Загальна вага машини	кг	1670	1720 (включно з венти-лятором)
Вага покупних виробів	кг	140	148
Оптова ціна ЗОМ	грн.	185000	
Собівартість машини	грн.	165300	
Вартість покупних виробів	грн.	75200	76800

Продовження таблиці 4

1	2	3	4
Встановлена продуктивність ЗОМ	т/год	до 80	до 100
Сумарна потужність електродвигунів ЗОМ	кВт	2,2	1,95
Коефіцієнт використання часу зміни - експлуатаційного - робочого		 0,72 0,78	
Обслуговуючий персонал	осіб	1	1
Сумарне число оригінальних деталей, що розроблені в процесі вдосконалення	шт.		21
Середньогодинна заробітна плата - конструктора - технолога - оператора	грн.	 25,80 24,00 20,50	 25,80 24,00 20,50
Сумарна кількість найменувань деталей в ЗОМ, в тому числі: - стандартних - оригінальних	шт.	200 94 106	246 102 144
Кількість деталей в машині всього	шт.	545	578
Запланована річна програма випуску ЗОМ	шт.		50

Економічна оцінка проведених вдосконалень є стандартною, отриманий показник техніко-економічного рівнявдосконаленого зерноочисного агрегату дорівнює 1,39. Загалом підтверджено, що запропоновані зміни до конструкції зерноочисної машини дозволяють підвищити конкурентоздатність та загальний техніко-економічний рівень агрегату. Прогнозований річний економічний ефект, що може отримати виробник зерноочисного агрегату А1-БЛС-100 за умови, що річна програма випуску дорівнює 50 машин дорівнює 15970 грн на кожен вдосконалений

агрегат. Тоді як сумарний економічний ефект, що може отримати споживач вдосконаленого агрегату знаходиться на рівні 88720 грн без врахування підвищення показників мобільності і універсальності зерноочисного агрегату. Таким чином, підтверджена економічна доцільність запропонованих змін.

6. ВИСНОВОК

Отже, під час виконання магістерської роботи проаналізовано технічні засоби, технології і порядок здійснення операцій на етапі проведення післязбирального очищення зернових культур в умовах сільськогосподарських товаровиробників. Підтверджено, що на вартість вирощеної продукції рослинництва впливає своєчасність і ефективність реалізації у фермерських господарствах зібраного збіжжя, а класність зерна і умови зберігання за рахунок використання продуктивних зерноочисних агрегатів лише поліпшуються. Сьогодні у більшості фермерських господарств виробники продовжують для означених операцій використовувати застарілі і енергозатратні зерноочисні агрегати загального призначення, хоча останнім часом знаходять поширення більш продуктивні і відносно нові за конструкціями машини на кшталт повітряно-решітних зерноочисних машин А1-БЛС-100.

На основі проведеного огляду конструкцій, в тому числі і базового агрегату, визначені загальні тенденції вдосконалення зерноочисних машин загального призначення та адаптовані окремі розробки до використання на зерноочиснбому агрегаті А1-БЛС. У роботі запропоновані поліпшення як повітряної так і решітної частини даної зерноочисної машини.

На етапі інженерних розрахунків визначені основні параметри і режими роботи решітної та повітряної частин, підібрані раціональні режими подачі зерносуміші на очищення, виконаний підбір механізмів приводу активних робочих органів зерноочисного агрегату. Базуючись на загальноприйнятій методиці доведена можливість роботи повітряної частини агрегату від окремого джерела повітряного потоку – вентилятора, що суттєво

підвищить мобільність агрегату та його універсальність застосування. Проведені всі необхідні розрахунки, які дозволили забезпечити працездатність зерноочисного агрегату А1-БЛС-100.

На етапі проведення експериментальних досліджень використовуючи методику планування класичного факторного експерименту оцінили вплив подачі збіжжя на очищення $x_1(Q)$, кг/дм×год; кута нахилу продовгуватих отворів відносно осі решета $x_2(\Delta)$, град; ексцентриситету решета $x_3(e)$, мм та частоти коливання плоского решета $x_4(n)$, кол/хв на якість виділення прохідних часток крізь отвори Y, %. Отримано статистичну математичну модель та графічні відображення, що дозволяють отримати раціональні значення зазначених факторів, а саме: подача збіжжя на очищення $x_1(Q) = 480...500$ кг/дм×год, кут нахилу продовгуватих отворів відносно осі решета $x_2(\Delta) = 3°...5°$, ексцентриситет решета $x_3(e) = 7,5...8,5$ мм та частота коливання плоского решета $x_4(n) = 425...445$ кол/хв. Такі значення факторів дозволяють досягти якості виділення прохідних часток крізь отвори плоского коливального решета близько $Y = 79,65...94,1\%$.

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Васильковський О.М., Петренко Д.І., Васильковська К.В., Лещенко С.М., Мороз С.М. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 38 с.
2. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 3. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / Сисолін П.В., Петренко М.М., Свірень М.О. За ред. Черновола М.І. – К.: Фенікс, 2007. – 432 с.
3. Сільськогосподарські машини / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко, М.М. Косінов. – К.: Урожай, 1996. – 240 с.
4. 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.
5. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.
6. Патент на корисну модель (Україна) № 154304; МПК (2023.01) A01F 12/00, B07B 13/02 (2006.01), B07B 1/00. Плоске решето. / Олексієнко Д.С., Бажан І.М., Лещенко С.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І., Мороз С.М. Власник: Центральноукраїнський національний технічний університет. – № u2023 02258, заявл. 12.05.2023; опубл. 01.11.2023, бюл. № 44/2023. https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1769156/
7. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
8. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. / [Бендера І. М. та ін.] ; за ред. І. М. Бендери, А. В. Рудя, Я. В. Козія. – Кам’янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. – 640 с.

9. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В. В. Адамчука, М. І. Грицишина. – Київ : Аграрна наука, 2012. – 416 с.
10. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / [Войтюк Д. Г. та ін.]; за ред. С. С. Яцуна. – [2-ге вид., перероб. і допов.]. – Суми: Сумський нац. аграр. ун-т, 2011. – 444 с.
11. Бабенко Д.В. Механіка матеріалів і конструкцій: практикум: навчальний посібник / Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 384 с.
12. Іванчук А.В. Деталі машин: Навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
13. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
14. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування / Під ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.
15. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля. – Київ: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
16. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с.
17. Сенчук М.М. Насіннєочисні машини: навчально-методичний посібник для самостійної роботи та лабораторно-практичних занять за кредитно-модульною системою навчання студентів агробіотехнологічного факультету / Сенчук М. М., Демещук В. А. – Біла Церква, 2015. – 195 с.
18. 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.

19. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
20. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник /. В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
21. Шелюк Л.Ю. Організація і планування діяльності аграрних формувань: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 324 с.
22. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003.– 408 с.
23. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Презентація графічної частини магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

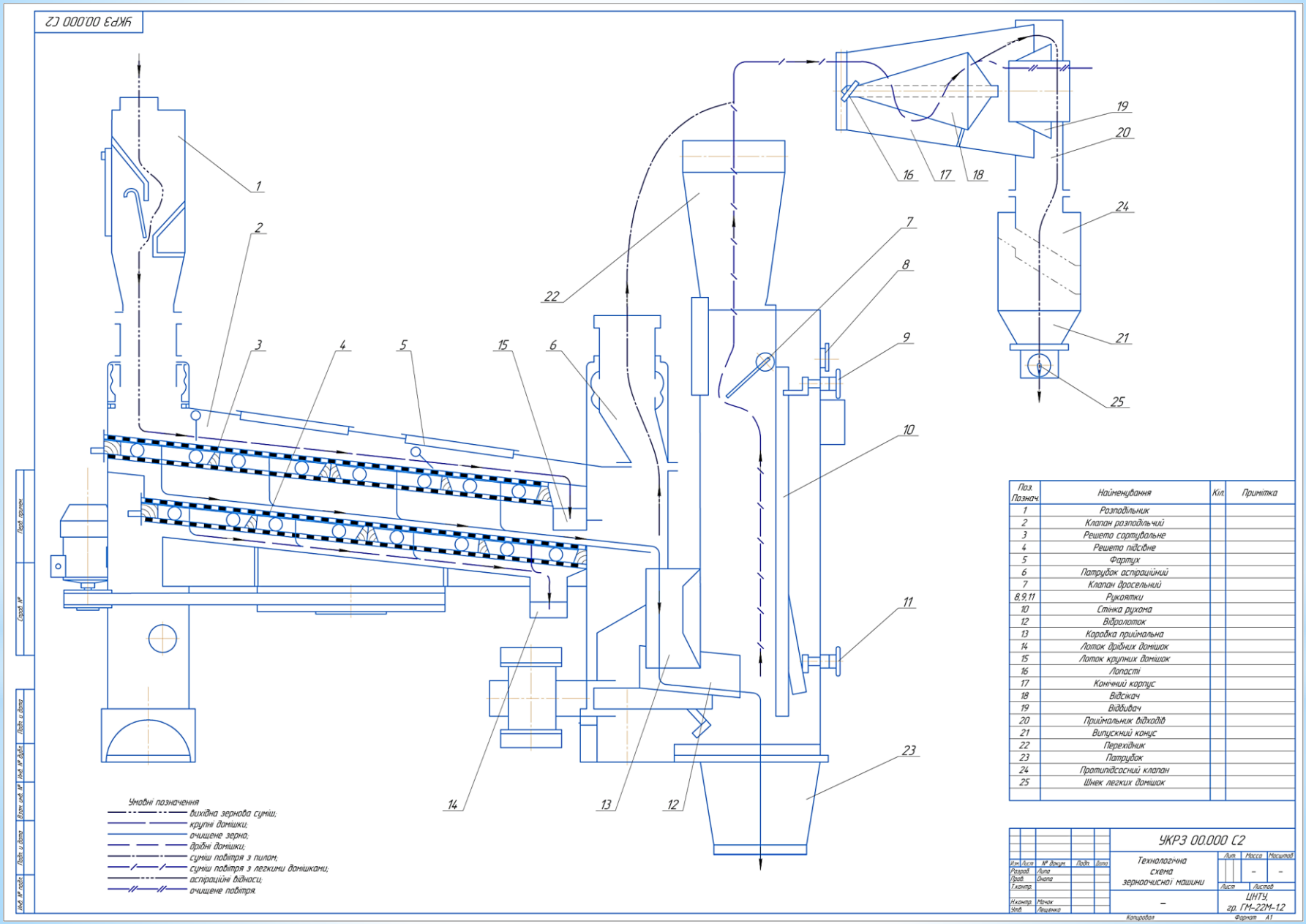
Удосконалення конструкції зерноочисної машини А1-БЛС із дослідженням параметрів решета

Виконав: ст. гр. ГМ-22М-1.2 Липа Андрій Сергійович

Керівник роботи: доц. Онопа В.А.

Кропивницький, 2024 р.

Технологічна схема зерноочисної машини



Поз. Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Розподільник		
2	Клапан розподільчий		
3	Решето сортувальне		
4	Решето підсівне		
5	Фартух		
6	Патрубок аспіраційний		
7	Клапан дросельний		
8,9,11	Рукоятки		
10	Стінка рухома		
12	Вібролоток		
13	Коробка приймальна		
14	Лоток дрібних домішок		
15	Лоток крупних домішок		
16	Лопасті		
17	Кінчний корпус		
18	Відсікач		
19	Відбивач		
20	Приймальник відходів		
21	Випускний конус		
22	Перехідник		
23	Патрубок		
24	Протипідсосний клапан		
25	Шнек легких домішок		

УКРЗ 00.000 С2

Технологічна схема зерноочисної машини

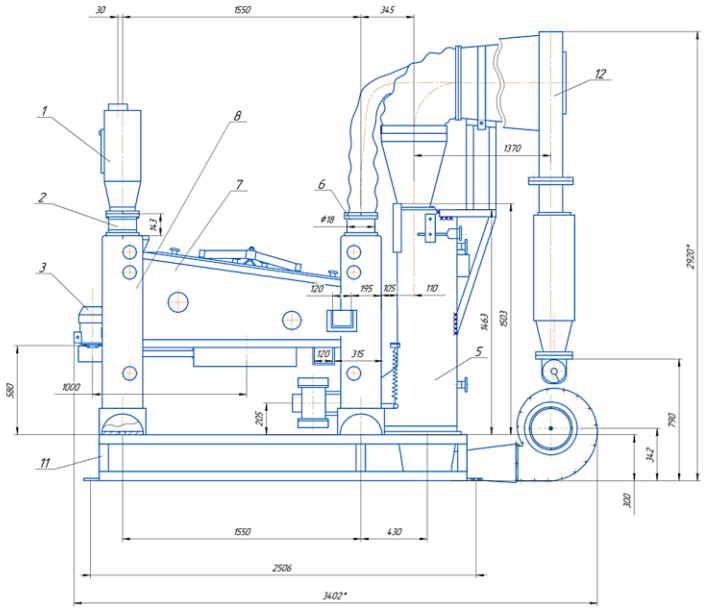
Лит. | Масса | Масштаб

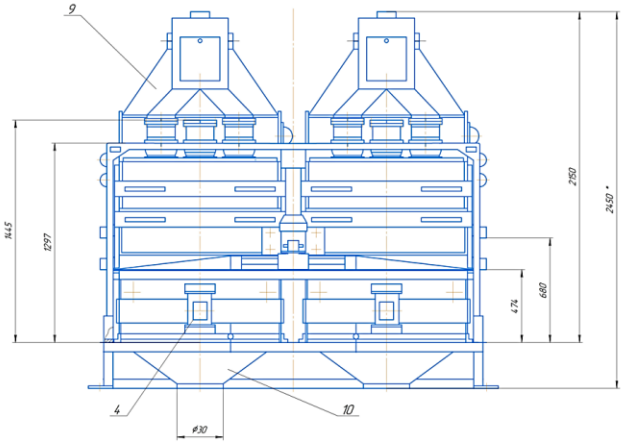
Лист | Листов

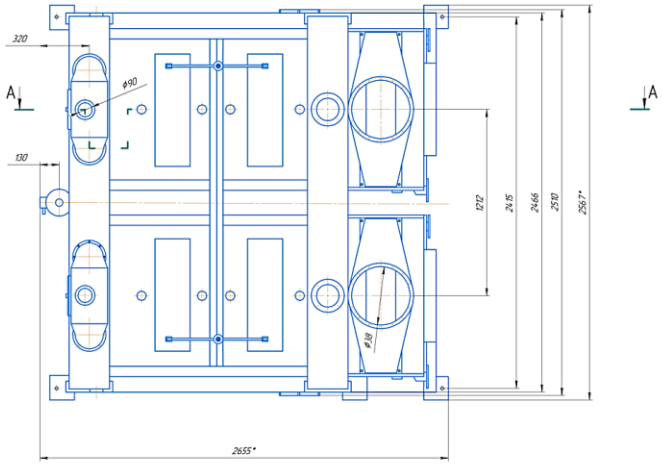
ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.2

Копіровал | Формат А1

Складальне креслення зерноочисної машини А1-БЛС-100







ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Технічна продуктивність, т/год	100
Ефективність очищення від сторонніх легких та дрібних домішок, %	90
Частота коливань решітного стану с⁻¹ (коливань за хвилину)	6,0±0,33 (360±20)
Радіус коливань решітного стану, мм	11 +2
Витрати повітря на аспірацію і пневмосепарування, м³/год	8500
Встановлена номінальна потужність, кВт:	1,9
електродвигуна приводу кузова	1,5
електрообігрівників	0,36
світильників	0,04

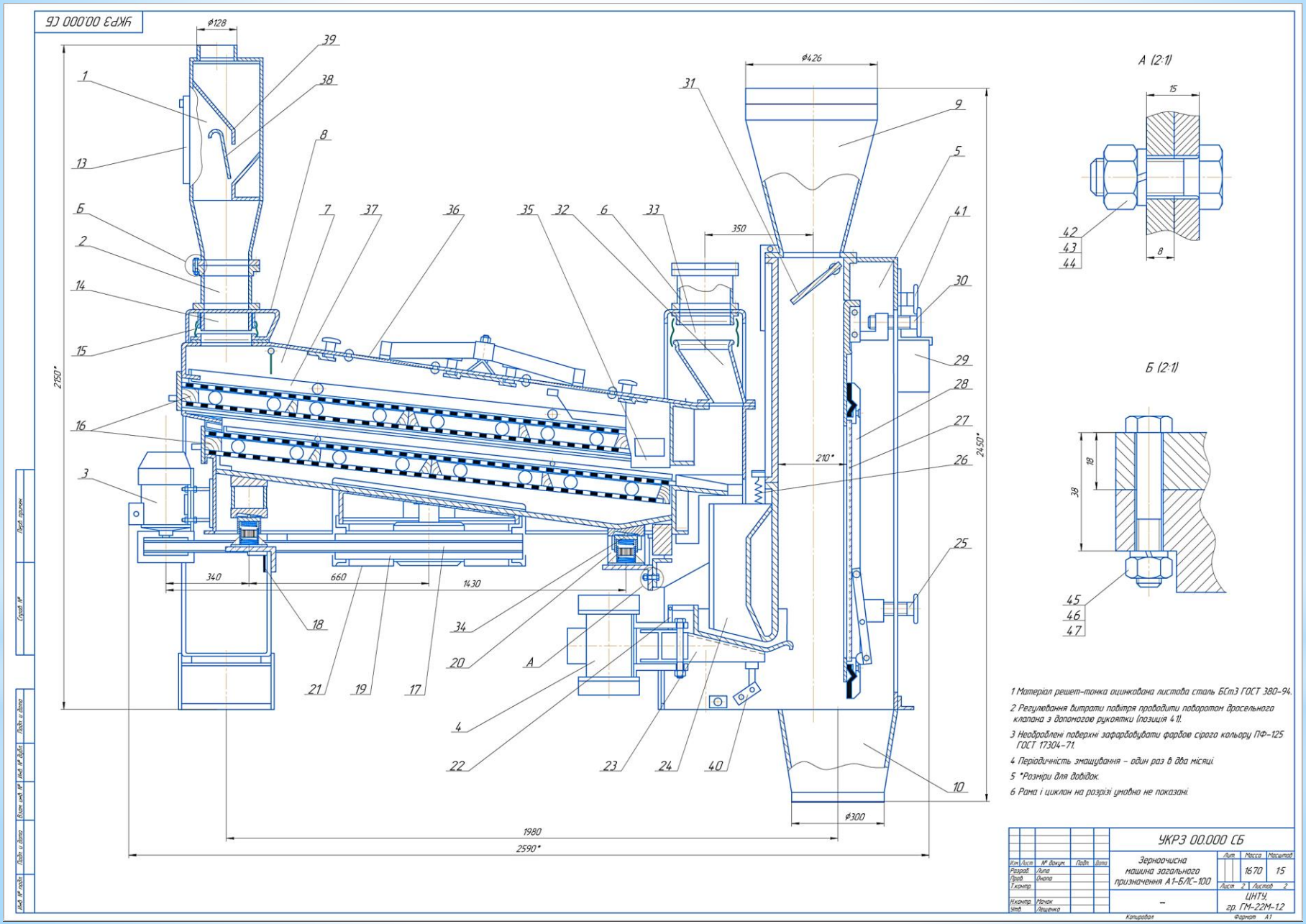
ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

1. Всі роботи по огляду, ремонту і очищенні електрообладнання повинні проводитись при повністю вимкненій напрузі.
2. Силовий електродріт не повинен мати порушень ізоляції, місця підєднання до вивідних кінців двигуна і освітлення повинні бути ретельно заізольовані.
3. При обслуговуванні сепаратора забороняється:
   а) відкривати оглядові кришки на коливаючому решітному стані;
   б) проводити ремонтні роботи, змащування, очищення рухомих частин до їх повної зупинки;
   в) виймати решітні рамки із коливаючого решітного стану;
   г) перекривати проходи до сепаратора.
4. Забороняється робота сепаратора зі знятими захисними огорожами привідних шківів і оглядовими кришками.
5. Запуск сепаратора і повторний запуск повинен проводитися тільки після повної зупинки решітного стану машини.
6. Концентрація пилу в робочій зоні кожного працюючого сепаратора не повинна перевищувати 4мг/м³, згідно ГОСТ 12.1.005–76.
7. Циклон на вигляді зверху і збоку умовно не показаний.

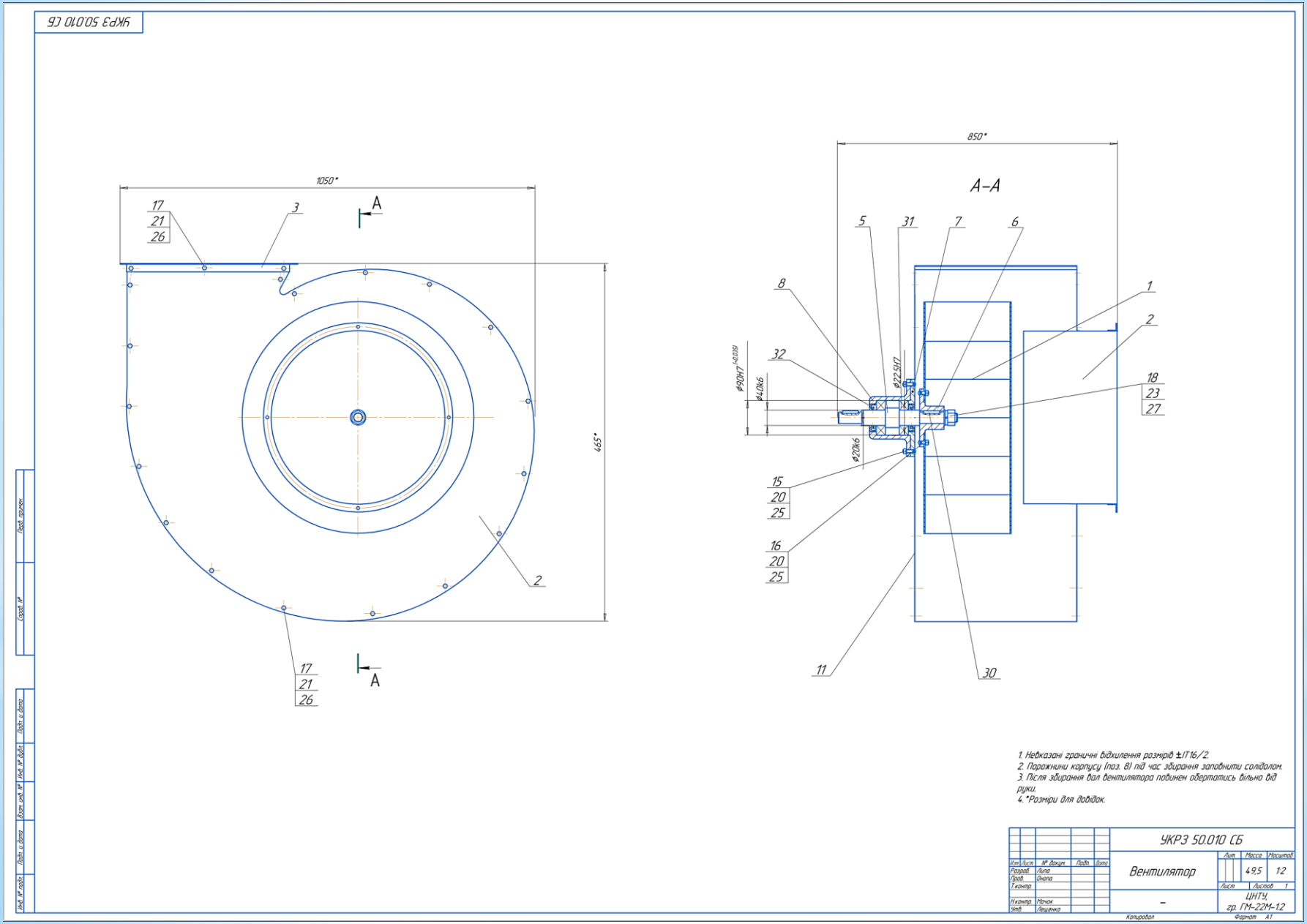
Розроб.				УКРЗ 00.000 СБ			
Перев.				Зерноочисна машина загального призначення А1-БЛС-100	Літ.	Маса	Масштаб
Т.контр.						№670	1:10
Н.контр.				–	Аркуш	Листів 1	
Затв.					ЦНТУ гр. ГМ-22М-1,2		

Копіював Формат А3

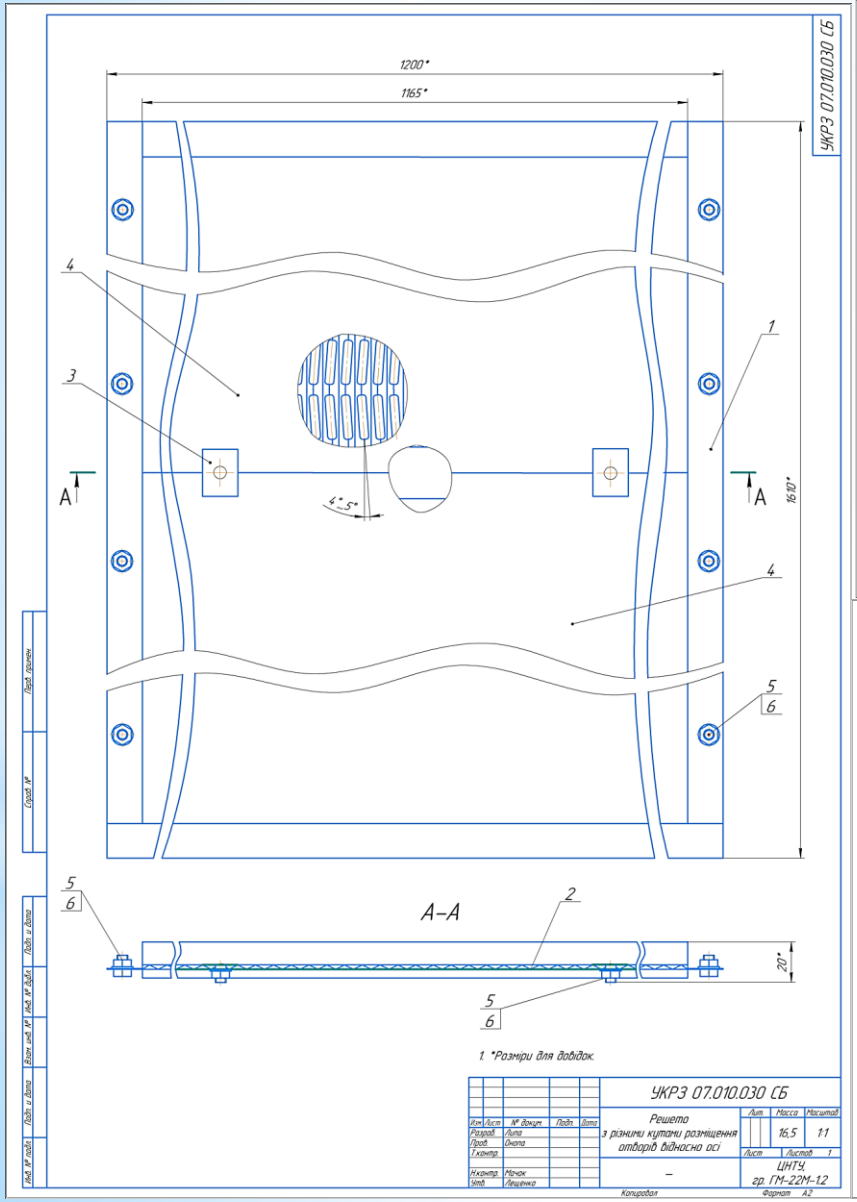
Складальне креслення зерноочисної машини А1-БЛС-100

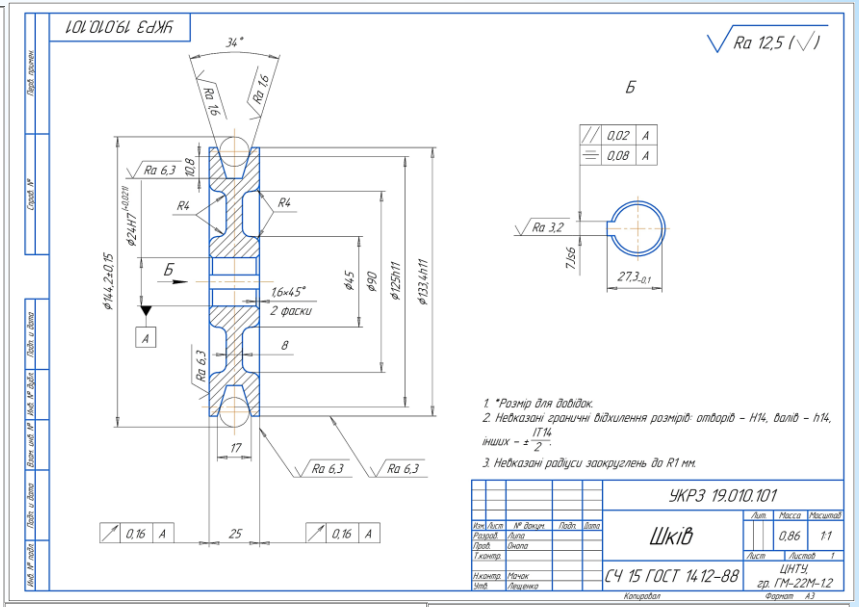


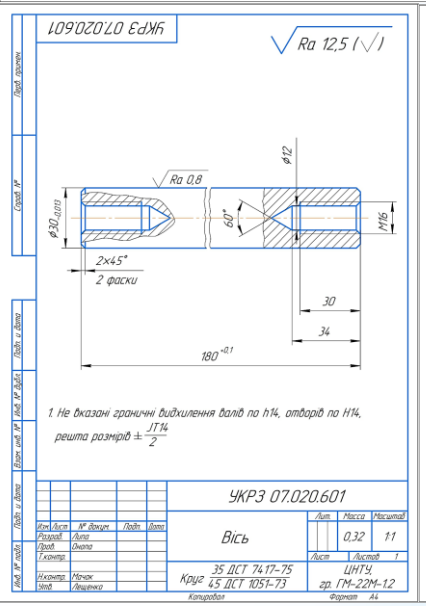
Складальне креслення вентилятора

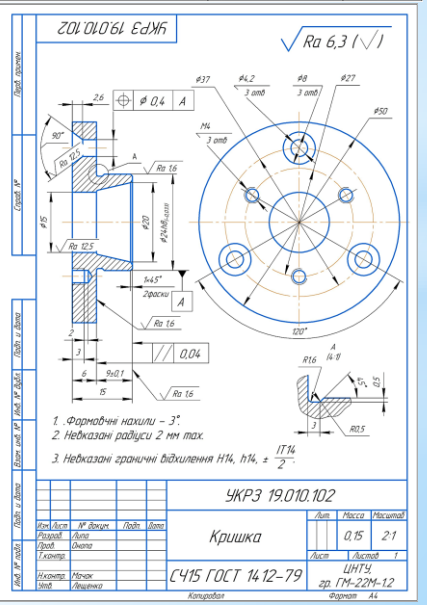


Вдосконалене решето та деталювання окремих елементів ЗОМ





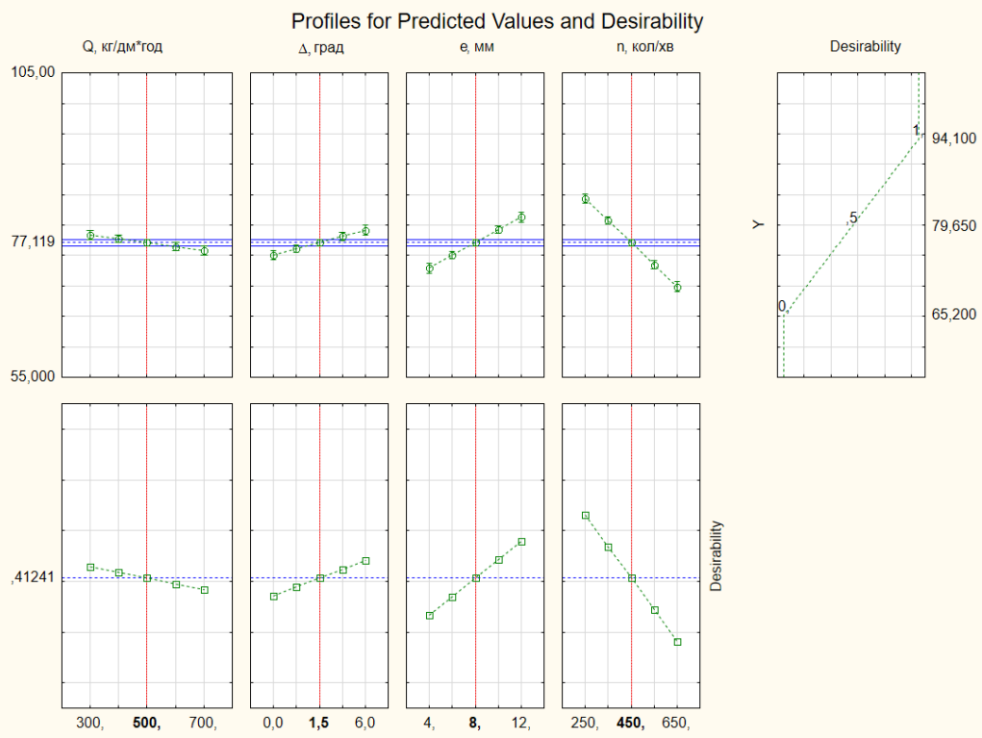




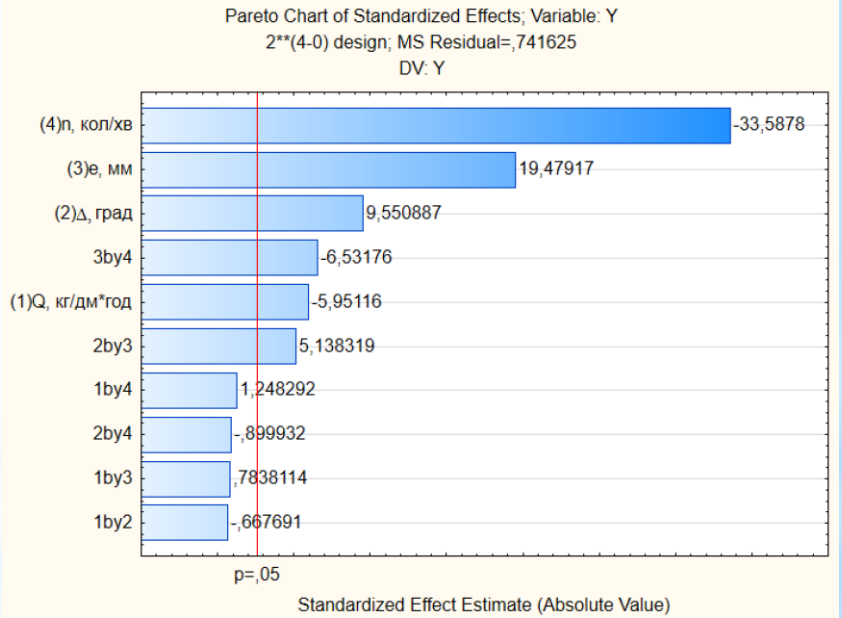
Наукова частина роботи

Effect Estimates; Var.:Y; R-sqr=,99708; Adj:,99124 (Spreadsheet21.sta)
2**(4-0) design; MS Residual=,741625
DV: Y

Factor	Effect	Std.Err.	t(5)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	77,1188	0,215294	358,2018	0,000000	76,5653	77,6722	77,11875	0,215294	76,56532	77,67218
(1)Q, кг/дм*год	-2,5625	0,430588	-5,9512	0,001915	-3,6694	-1,4556	-1,28125	0,215294	-1,83468	-0,72782
(2)Δ, град	4,1125	0,430588	9,5509	0,000213	3,0056	5,2194	2,05625	0,215294	1,50282	2,60968
(3)e, мм	8,3875	0,430588	19,4792	0,000007	7,2806	9,4944	4,19375	0,215294	3,64032	4,74718
(4)n, кол/хв	-14,4625	0,430588	-33,5878	0,000000	-15,5694	-13,3556	-7,23125	0,215294	-7,78468	-6,67782
1 by 2	-0,2875	0,430588	-0,6677	0,533907	-1,3944	0,8194	-0,14375	0,215294	-0,69718	0,40968
1 by 3	0,3375	0,430588	0,7838	0,468636	-0,7694	1,4444	0,16875	0,215294	-0,38468	0,72218
1 by 4	0,5375	0,430588	1,2483	0,267190	-0,5694	1,6444	0,26875	0,215294	-0,28468	0,82218
2 by 3	2,2125	0,430588	5,1383	0,003650	1,1056	3,3194	1,10625	0,215294	0,55282	1,65968
2 by 4	-0,3875	0,430588	-0,8999	0,409404	-1,4944	0,7194	-0,19375	0,215294	-0,74718	0,35968
3 by 4	-2,8125	0,430588	-6,5318	0,001258	-3,9194	-1,7056	-1,40625	0,215294	-1,95968	-0,85282



Відображення профілю бажаності впливу факторів на критерій оптимізації



Парето-карта значимості коефіцієнтів рівняння регресії

Дякую за увагу!