

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Удосконалення зерноочисної машини Р1-Б30 з обґрунтуванням
параметрів скальператорного решета»

Виконав здобувач вищої освіти __ П __ курсу,
групи ГМ(СМ)-21М(1,9)
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____Микитенко Владислав Русланович
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук
_____Дмитро ПЕТРЕНКО
« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент
доцент, канд. техн. наук
_____Станіслав КАТЕРИНИЧ
« ____ » _____ 2023 р.

[illegible]

ЗМІСТ

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	ВСТУП	
2	НАУКОВА ЧАСТИНА	
3	ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	
5	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
6	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	
-	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	
-	ДОДАТКИ	

1. ВСТУП

Сільськогосподарське машинобудування відіграє життєво важливу роль у сучасному агропромисловому виробництві, підвищуючи ефективність сільськогосподарських операцій, покращуючи врожайність сільськогосподарських культур, зменшуючи витрати на робочу силу та, зрештою, збільшуючи виробництво продуктів харчування.

Сільськогосподарська техніка включає в себе широкий спектр технічних засобів та обладнання, за допомогою якого виробляється високоякісний урожай швидше та з більшою ефективністю, що робить її важливою складовою сучасного сільського господарства.

Обладнання для очищення зерна відіграє вирішальну роль у забезпеченні якості зібраного зерна, наприклад пшениці, кукурудзи, рису та сої. Обладнання для очищення зерна використовується для видалення домішок, таких як бруд, каміння, сміття, биті зерна та інші сторонні матеріали, які можуть бути присутніми в зібраному зерні.

Важливість зерноочисного обладнання можна зрозуміти з таких моментів. Покращення якості зерна – обладнання для очищення зерна допомагає видалити небажані матеріали, які можуть вплинути на якість зерна. Збільшення ринкової вартості – очищене зерно має вищу ринкову вартість, ніж неочищене, оскільки зерноочисне обладнання забезпечує отримання високоякісного зерна, яке відповідає стандартам і вимогам ринку. Зменшення ризиків для здоров'я – очищення зерна може усунути потенційну небезпеку для здоров'я, наприклад мікотоксини, які виробляються грибами, які ростуть на зібраному зерні.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Микитенко				Пояснювальна записка		
Перевірів	Петренко						
Н. контр.	Мачок						
Затверд.	Лещенко				ЦНТУ гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)		

Таким чином, важливість зерноочисного обладнання полягає в його здатності покращувати якість зерна, підвищувати ринкову вартість, запобігати пошкодженню обробного обладнання та зменшувати ризики для здоров'я, пов'язані із забрудненим зерном.

Саме тому важливо покращувати зерноочисні машини, оскільки прогрес у технології може призвести до підвищення ефективності, результативності та безпеки процесу очищення зерна. Покращення можуть допомогти виробляти високоякісне зерно, яке відповідає ринковим стандартам і вимогам, що може призвести до кращих цін на зерно та підвищення прибутковості.

Підсумовуючи, удосконалення зерноочисних машин може призвести до підвищення ефективності, покращення якості зерна, кращих стандартів безпеки, зниження витрат на технічне обслуговування та позитивного впливу на навколишнє середовище. Тому важливо постійно вдосконалювати зерноочисні машини для задоволення потреб фермерів, споживачів і навколишнього середовища.

Таким чином, в роботі визначено перспективним дослідження роботи зерноочисних машин барабанного типу з метою підвищення ефективності процесу очищення зернових матеріалів.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз конструкцій зерноочисних машин з циліндричними решетами

Барабанні сепаратори зазвичай використовуються в аграрній та переробній промисловості для відділення зернових культур від інших небажаних матеріалів, таких як бруд, сміття та бите насіння. Процес передбачає подачу зернової суміші на обертовий барабан, який має перфорацію або прорізи різного розміру. Коли барабан обертається, частки прохідної фракції проходять крізь отвори решета, тоді як непотрібний матеріал видаляється та вивантажується в кінці барабана.

Практика використання барабанних сепараторів з горизонтальною віссю обертання підтвердила їх високу ефективність при попередньому та первинному очищенні зерноматеріалів. Вони можуть бути налаштовані для різних типів і розмірів культур та можуть обробляти великі обсяги зерна. Процес сепарації відмічається низькою травматичністю та не пошкоджує зерно, що робить його популярним вибором для фермерів і переробників.

Барабанні сепаратори для зернових культур випускають кілька виробників як закордонних, так і вітчизняних. Розглянемо особливості будови та номенклатуру деяких з них.

Вітчизняний виробник обладнання для переробки зерна ТОВ «ОЛІС» пропонує серію зерноочисних машин барабанного типу, які представляють собою зблоковане циліндричне решето, яке обертається в горизонтальній площині під заданим кутом (рис. 2.1, 2.2). В лінійці виробника представлені двосекційні скальператори СКО та чотирисекційні барабанні сепаратори "ЛУЧ" ЗСО [6]. Скальператори СКО (рис. 2.1) рекомендовані для попереднього видалення крупних домішок перед подачею матеріалу на подальшу технологічну лінію обробки. Для підвищення ефективності роботи скальператора СКО пропонується доукомплектація аспіраційною

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системою у двох виконаннях: з розімкненим циклом повітряного потоку ВСН або із замкнутим ВСЗ.

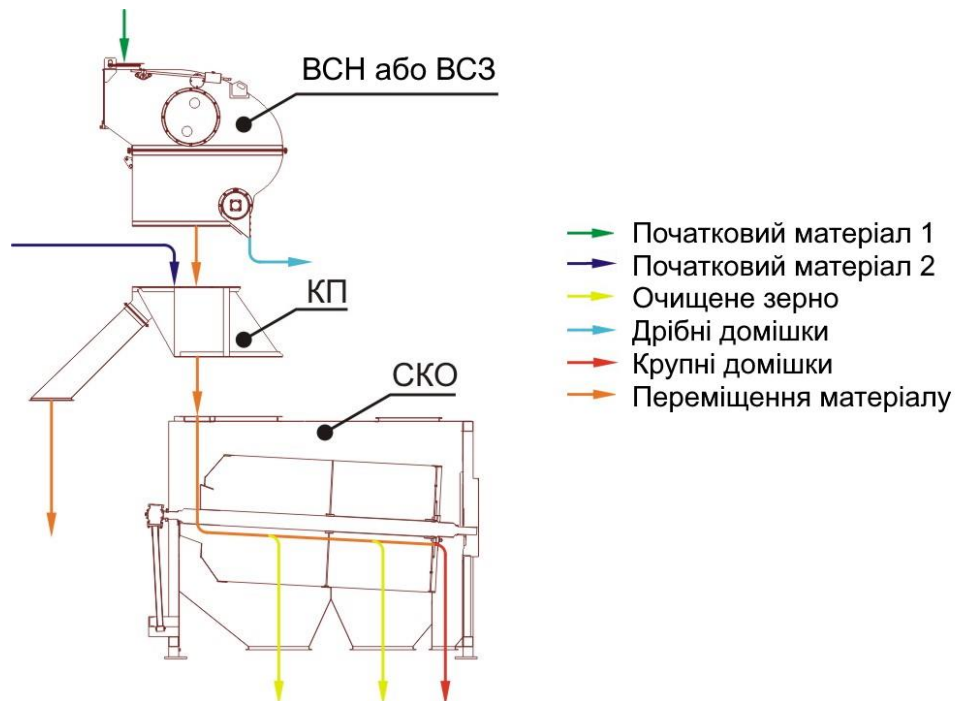
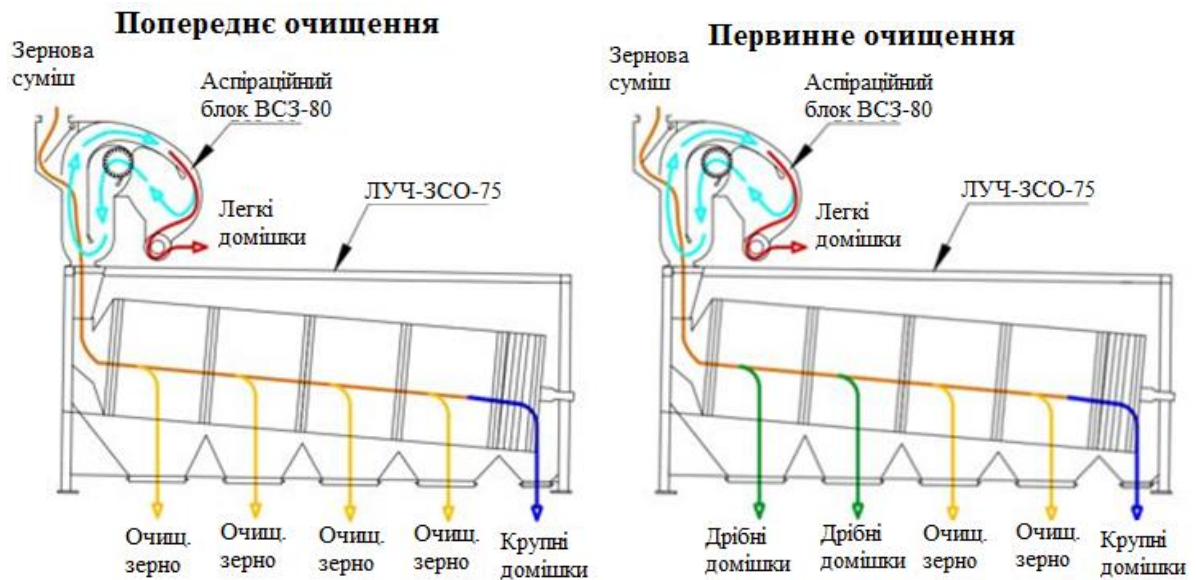


Рис. 2.1 – Схеми роботи скальператора СКО [6]

Для виконання більш складних задач з розділення матеріалу на шість фракцій пропонується барабанний сепаратор "ЛУЧ" ЗСО (рис. 2.2), що містить чотирисекційний решітний барабан та, аналогічно з попереднім, комплектується аспіраційною системою з замкненою повітряною системою [6]. Матеріал, що надходить на обробку по приймальному патрубку першопочатково обробляється повітряним потоком у вертикальному пневмоканалі зустрічним потоком повітря. Повітряним потоком видаляється легка фракція. Далі зернова суміш самопливом надходить до внутрішньої поверхні циліндричного решета, де відбувається фракціонування за розмірами. Конструкцією барабанного сепаратора передбачена можливість легкої зміни окремих секцій барабана, що дозволяє налаштувати його для очищення різних культур та отримати фракціонування залежно від виду обробки (рис.2.2, б).



а)



б)

Рис. 2.2 – Загальний вигляд (а) та схеми роботи (б) зернового барабанного сепаратора "ЛУЧ" ЗСО [6]

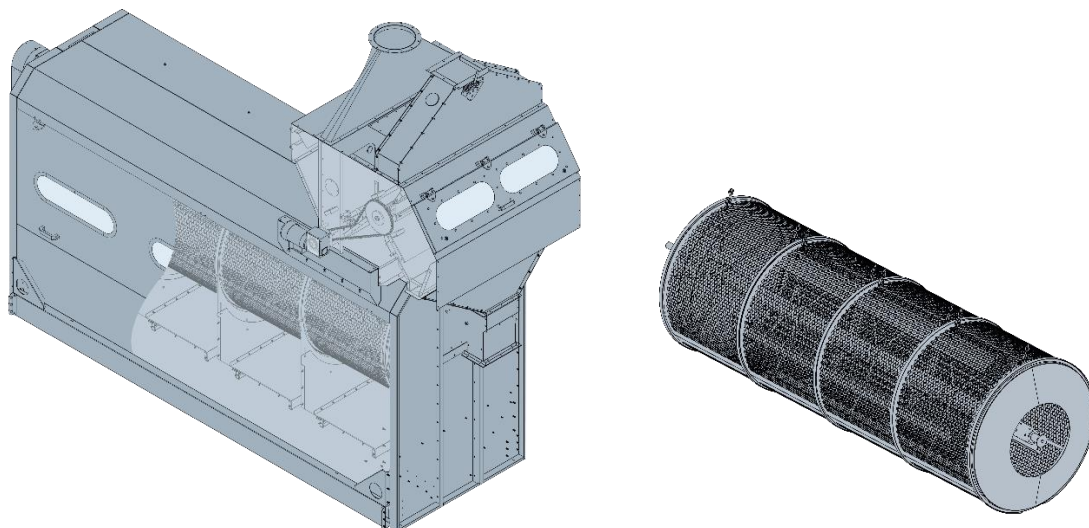
Виділені фракції зерноsumіші виводяться з машини через роздільні випускні патрубки. Конструктивне виконання сепаратора також дозволяє виконати регулювання кута нахилу вісі обертання циліндричного решета та частоти його обертання. З метою усунення забивання отворів решіт частками зерноsumіші передбачені блоки щіток і катків, що обертаються.

Барабанні сепаратори ЗСО мають широкий модельний ряд продуктивністю від 35 т/год до 300 т/год на попередньому очищенні.

Аналогічні за схемою роботи та конструктивним виконанням зерноочисні машини барабанного типу пропонує компанія «MYSiLO» [7], в лінійці якої двосекційні скальператори серії "Е" (рис. 2.3, а) продуктивністю до 200 т/год та чотирисекційні сепаратори серії "Т" з аспіраційною системою (рис. 2.3, б) продуктивністю 75, 150 і 200 т/год.



а)



б)

Рис. 2.3 – Скальператор серії "Е" (а) та сепаратор серії "Т" (б) компанії «MYSiLO» [7]

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фірмою «Grain Cleaning Solution» пропонується зерноочисна машина з ротаційним барабаном GCS-1400 [8], що також має чотирисекційний решітний барабан та систему аспірації (рис. 2.4). Конструктивно передбачено кілька варіантів регулювання, таких як розмір барабанного решета, кут, під яким працює барабан та швидкість його обертання.

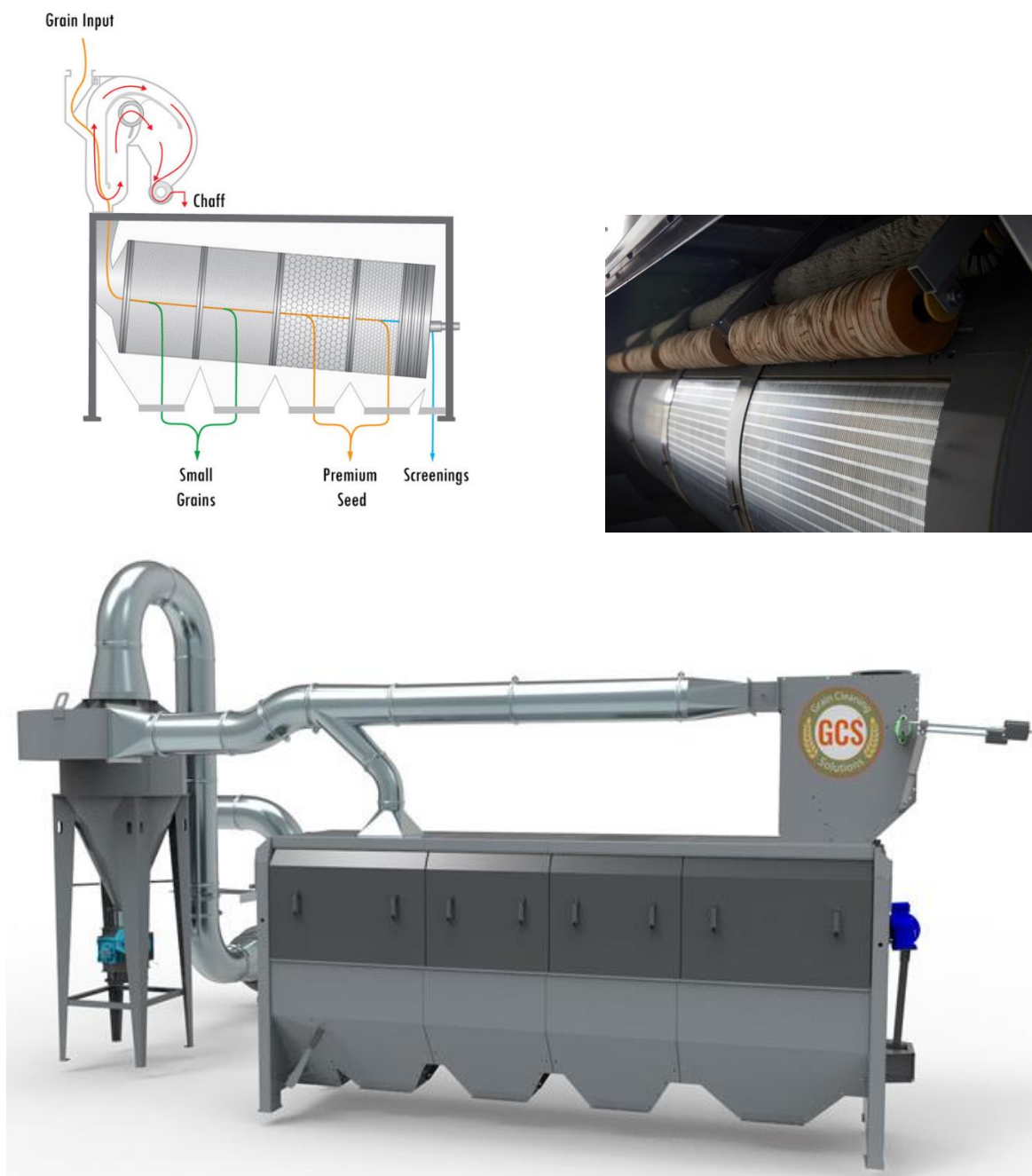


Рис. 2.4 – Загальний вигляд та схема роботи зерноочисної машини з ротаційним барабаном GCS-1400 [8]

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завод сільгоспмашин «ЗСМ ВІМ» пропонує універсальну багатофункціональну зерноочисну машину ОВС-355 [9], яка здатна працювати, за запевненнями виробника, більш ніж за 50 варіантами очищення і калібрування. Багатофункціональність є результатом інноваційності конструкції ОВС-355 (рис. 2.5), що містить велику кількість перекидних клапанів, шнеки та 2 основні частини: аспіраційний блок, що дозволяє видалити легкі домішки за рахунок контрольованого повітряного потоку, та очисно-калібрувальний блок з циліндричним барабаном, що обертається і функціонально дозволяє видаляти дрібні і крупні домішки, а також розділяти зерно залежно від встановлених решіт.

Зерноочисна машина ОВС-355, відповідно до необхідної схеми, може виконувати наступні операції:

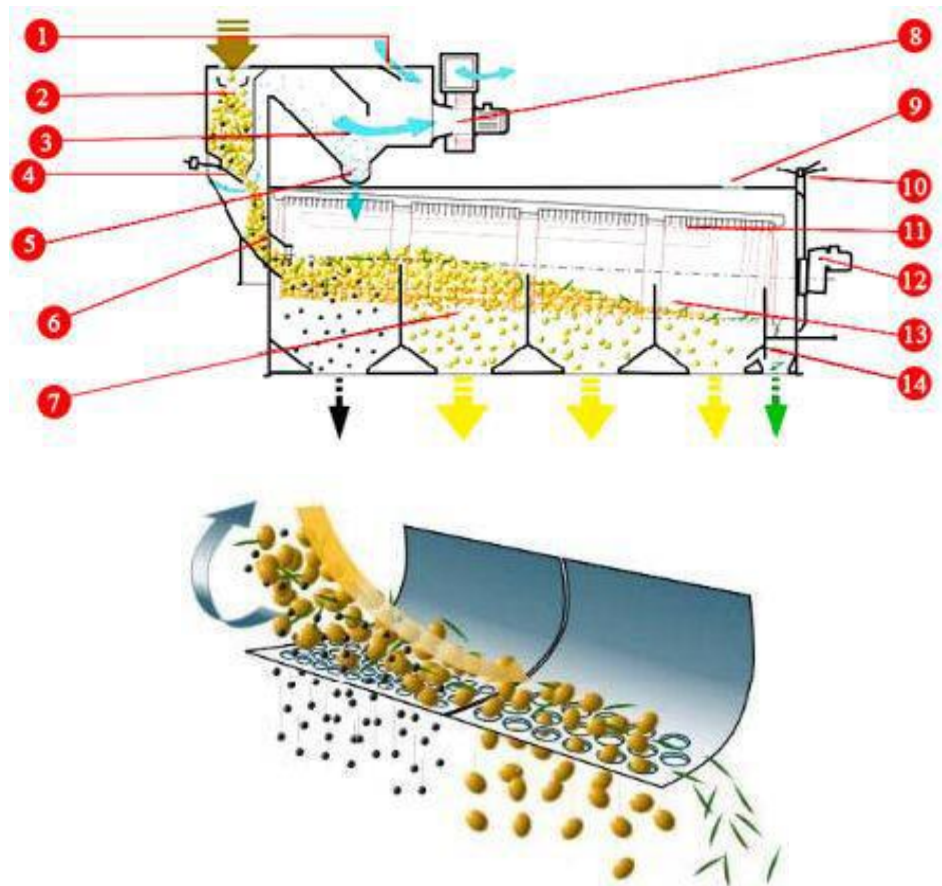
- аспірацію – видаляється лише легка фракція системою вентилявання;
- попереднє очищення без аспірації – застосовується лише решітна очистка в барабані для видалення дрібних і крупних домішок;
- попереднє очищення зерна з використанням системи аспірації для видалення легких домішок та решіт для крупних;
- первинне очищення – видаляються легкі домішки з використанням системи аспірації та дрібні і крупні з використанням решітного барабана;
- вторинне очищення – використовуються як аспіраційна система, так і барабан з набором решіт для видалення будь-яких домішок, а також пошкодженого зерна;
- сортування зерна – решета барабана підбираються з умови розподілу зернової складової за сортами з видаленням дрібних і крупних домішок;
- калібрування зерна – використовуються відповідні калібрувальні решета для точного розподілу зерна за розмірами.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.5 – Загальний вигляд та схема роботи багатofункціональної зерноочисної машини ОВС-355 [9]

Схожу конструкцію та функціональні можливості має барабанний очисник GCU (рис. 2.6) від 3S Company [10] та барабанний сепаратор для зерна UNI-SEED від RIELA [11].



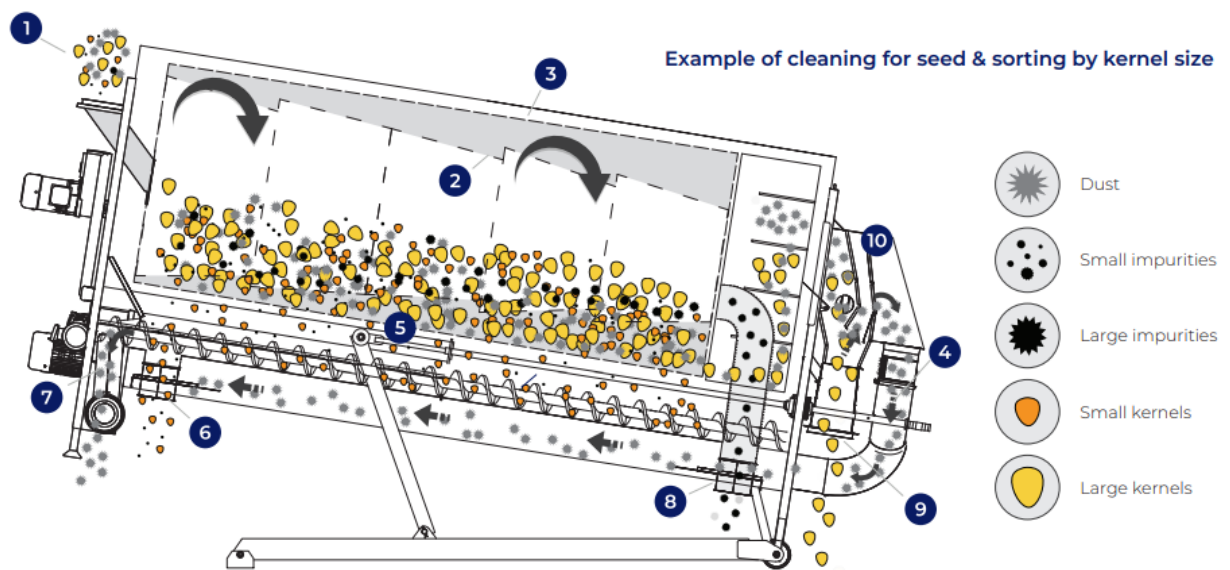
1 – регулятор швидкості повітряного потоку; 2 – завантажувальний бункер; 3 – осадова камера; 4 – регулятор подачі зерносуміші; 5 – вивантажувальний шнек легких домішок; 6 – аспіраційний канал; 7 – решітний барабан, розміщений під кутом до горизонту; 8 – вентилятор; 9 – додаткова аспірація циліндричного решета; 10 – регулятор кута нахилу решета; 11 – очисні ролики; 12 – регулятор частоти обертання решета; 13 – швидкозмінні секції решіт; 14 – рухома заслінка.

Рис. 2.6 – Схема роботи барабанного очисника GCU від 3S Company [10]

Фірма Kongskilde пропонує зерноочисні машини барабанного типу серії KDC оригінальної конструкції [13], які мають подвійну систему циліндричних решіт та вбудовану аспіраційну систему (рис. 2.7).



a)



б)

1 – подача зерноsumіші; 2 – внутрішнє конусне решето; 3 – зовнішнє циліндричне решето; 4 – система контролю швидкості повітряного потоку в аспіраторі; 5 – шнек вивантаження відсіву; 6 – вихідний патрубок зовнішнього решета для виводу дрібної фракції; 7 – вентилятор аспіраційної системи; 8 – вивідний патрубок крупних домішок; 9 – вивідний патрубок очищеного зерна; 10 – аспіраційна камера з осадовою системою.

Рис. 2.7 – Загальний вигляд (а) та схема роботи (б) зерноочисних машин моделі KDC від Kongskilde [13]

Принцип работ зерноочисної машини KDC наступний. Зернова суміш через завантажувальну воронку безперервним потоком надходить до внутрішнього конусного барабана, що обертається. За допомогою внутрішнього барабана виділяються крупні домішки, а зернова суміш, пройшовши крізь перфоровані отвори внутрішнього решета, надходить до робочої поверхні зовнішнього барабана у формі циліндра. Тут дрібна фракція просіюється крізь отвори решета до колектора, розташованого в нижній частині сепаратора.

На виході з зовнішнього циліндричного решета зерно потрапляє до аспіраційної камери, де продувається повітряним потоком. Тут видаляються легкі домішки. Для осадження легких домішок і випуску відпрацьованого повітря наприкінці повітряпроводу встановлено циклон-відбивач.

Ряд виробників [12, 14] пропонують барабанні зерноочисні машини з зовнішньою робочою поверхнею (рис. 2.8, 2.9), але в наш час вони не знайшли широкого використання, оскільки мають обмежену функціональність.

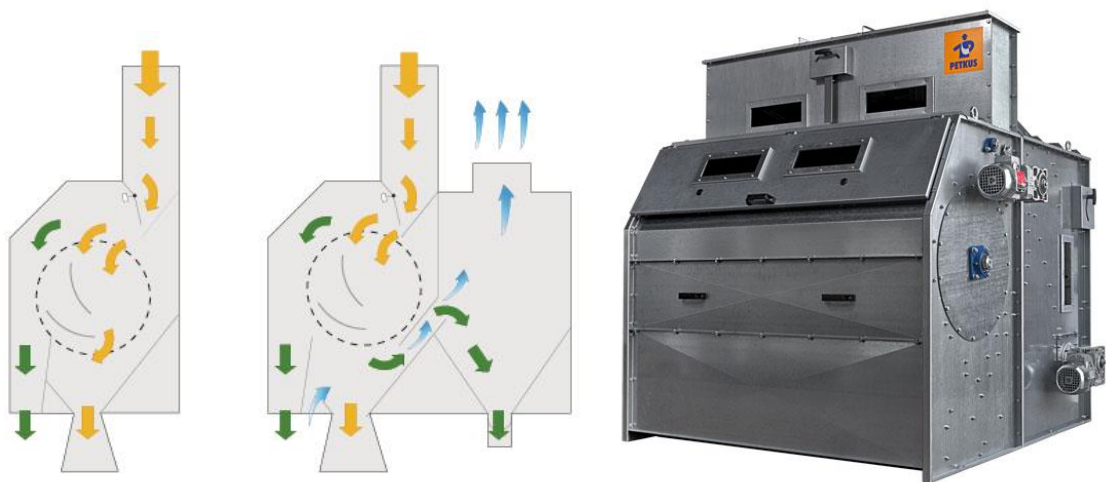


Рис. 2.8 – Схеми роботи та загальний вигляд Rotary Drum Cleaners від PETKUS [12]

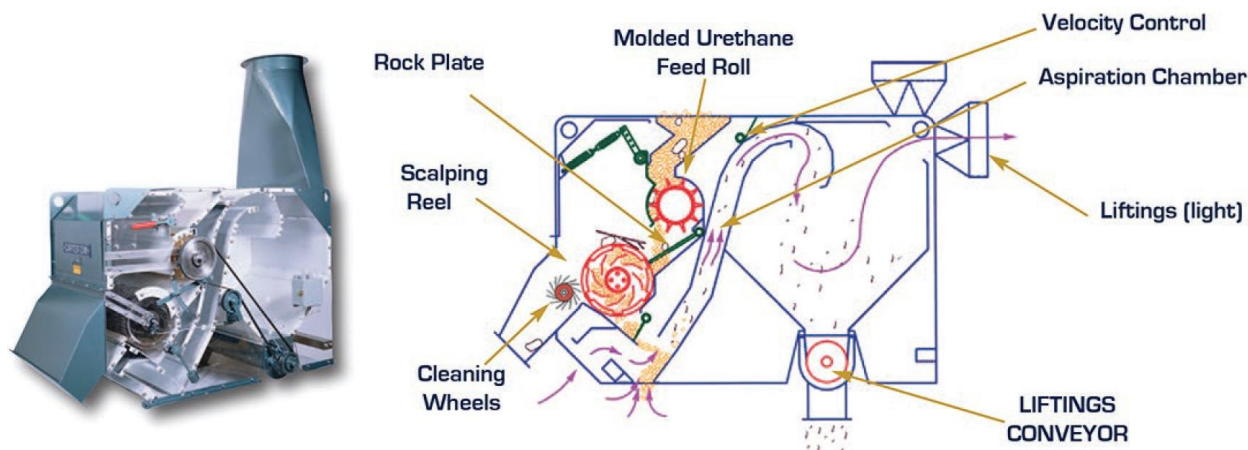


Рис. 2.9 – Схема роботи та загальний вигляд скальператора від фірми Carter Day [14]

Аналізуючи проведений огляд конструкцій та схем роботи зерноочисних машин барабанного типу, можемо констатувати, що найбільш ефективно працюють машини з одним циліндричним решетом, що має від 3-х до 5-и секцій, та окремою аспіраційною системою. Такі зерноочисні машини мають порівняно просту конструкцію, що дозволяє легко проводити обслуговування та переналаштування системи, а також пов'язану з цим багатофункціональність.

2.2. Обґрунтування напрямку досліджень

Метою даної роботи є вдосконалення решітної частин зерноочисної машини Р1-Б30 з метою підвищення ефективності очищення зерна від домішок і функціональності при роботі на паспортній продуктивності.

Аналіз літературних джерел [4, 5, 16-18] показав, що для здійснення поставленої мети необхідно:

- зменшити енергоємність решітного очищення за рахунок удосконалення скальператорного решета;
- обґрунтувати конструктивні параметри скальператорного решета (рис. 2.10) для забезпечення одночасного виділення дрібних, крупних домішок з зерносуміші та сортування насіння за розміром;

					P1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- узгодити параметри скальператора для забезпечення потрібного режиму роботи.

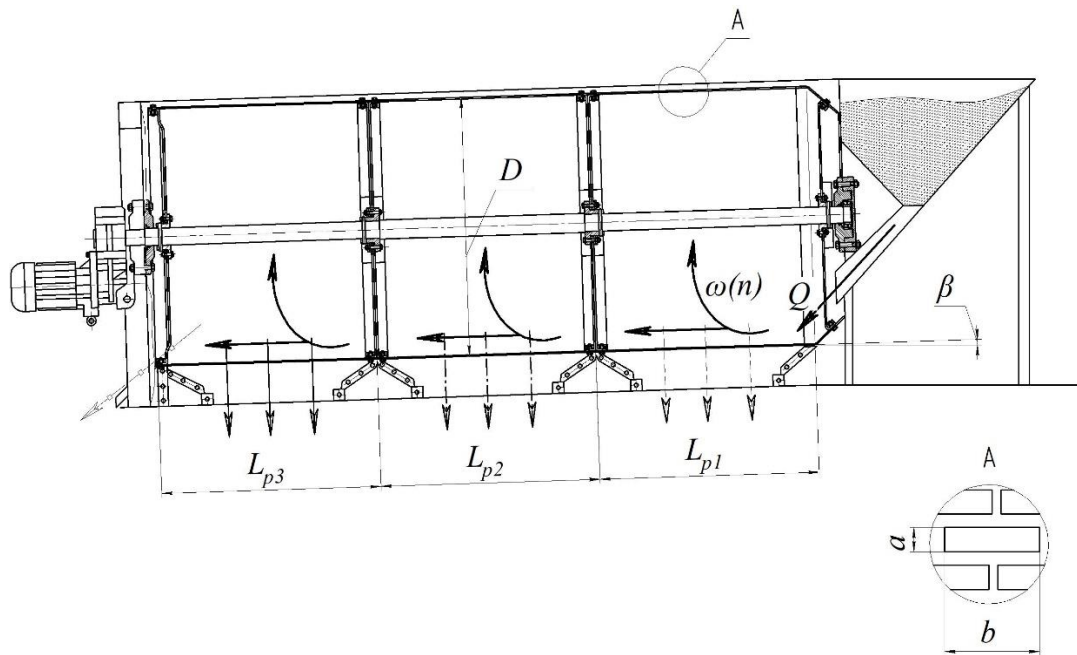


Рис. 2.10 – Об'єкт дослідження

Серед основних параметрів барабанного сепаратора, що визначають ефективність його роботи виділимо діаметр циліндричного решета D , частоту його обертання n та довжину кожної секції L , а також кут нахилу вісі обертання решета β . Технологічними складовими ефективності процесу є подача зерноsumіші Q та питоме навантаження решета q_{B1} та коефіцієнту сепарації μ . Проведемо аналіз технологічного процесу роботи циліндричного решета для обґрунтування параметрів та режимів його роботи.

2.3. Аналіз технологічного процесу роботи скальператорного решета

При дослідженні скальператорного решета необхідно враховувати особливість його роботи, яка полягає в тому, що для проходження процесу сепарації використовується відносний рух матеріалу стосовно решітної поверхні. Зерновий матеріал подається на внутрішню поверхню

циліндричного решета (рис. 2. 11) в точці A на ділянці l_1 по його довжині. За рахунок дії сил тертя об робочу поверхню решета матеріал починає здійснювати обертальний рух з деякою змінною за величиною поступальною швидкістю. При цьому, під дією сили ваги та відцентрових сил інерції на ділянці розгону AB по дузі кола відбувається виділення підсіву крізь отвори решета. Виділення підсіву можливе лише за умови наявності відносного руху. Тому, залежно від показника кінематичного режиму k решета, матеріал переміщується до точки скиду B , що характеризує кінець зони ковзання. Якщо використовуються швидкохідні циліндричні решета ($k \gg 1$), то необхідно встановити зернозйомник, що забезпечить відрив матеріалу від поверхні решета та його наступне зміщення в осьовому напрямку. Після відриву від поверхні зменшується кутова швидкість переміщення матеріалу і він потрапляє на наступну ділянку l_2 . Наведений цикл переміщення повторюється до кінця всієї довжини циліндричного решета.

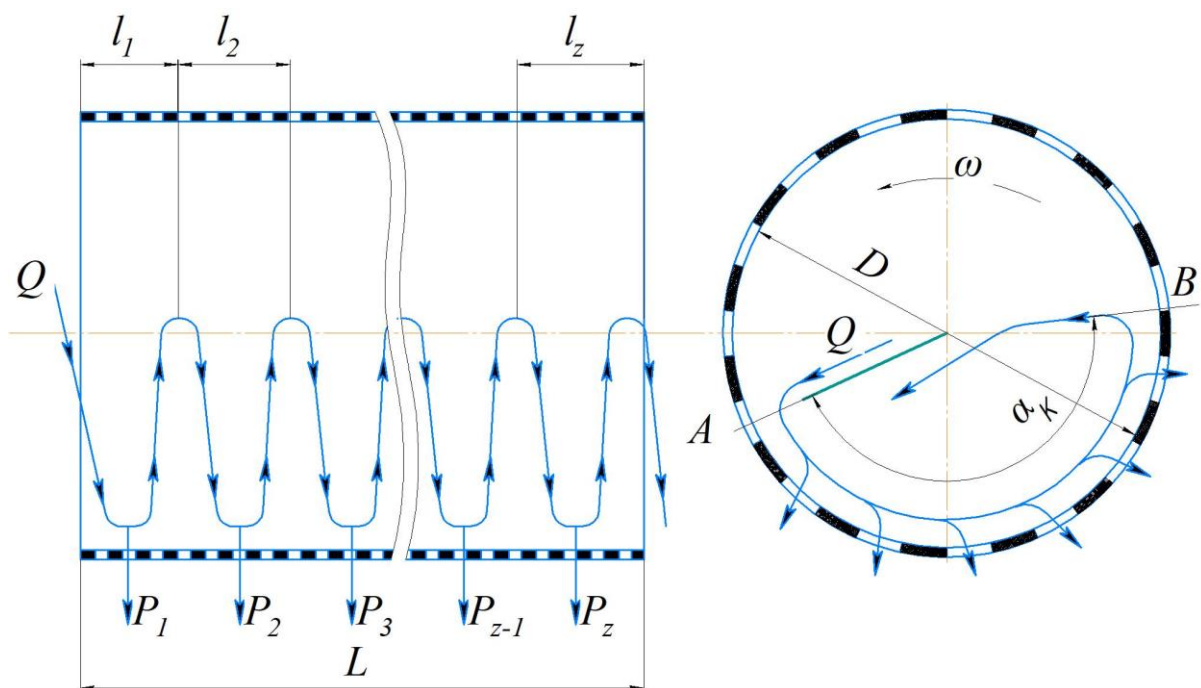


Рис. 2. 11 – Схема технологічного процесу роботи циліндричного решета

Таким чином, весь технологічний процес роботи циліндричного решета можна представити як суму однотипних елементарних процесів сепарації, що відбуваються послідовно один за одним на окремих ділянках по довжині решета. Продуктивність такого решета Q буде дорівнювати продуктивності його першого циклу Q_1 , яка може бути представлена добутком питомого навантаження q_{B1} та довжини ділянки решета l_1 , де відбувається цей цикл:

$$Q = Q_1 = q_{B1} \cdot l_1. \quad (2.1)$$

Для заданої продуктивності решета при відомому значенні питомого навантаження q_{B1} , довжина елементарної ділянки решета, що необхідна для виконання одиничного циклу становитиме

$$l = \frac{Q}{q_{B1}}. \quad (2.2)$$

Ступінь розділення обробленого матеріалу ε , яка визначається як відношення виділеної кількості підсіву P_i до його початкової кількості P_0 в зерновій суміші, може бути представлена в даному випадку як

$$\varepsilon = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_z}{P_0} = \frac{\sum_{i=1}^z P_i}{P_0}, \quad (2.3)$$

де $P_1, P_2, P_3, \dots, P_z$ – кількість підсіву, що виділений, відповідно, в I, II, III, ... z циклах; z – кількість всіх циклів обробки.

За наявності рівнозначних умов руху оброблюваного матеріалу по робочій поверхні решета у всіх циклах, процес виділення підсіву в кожному циклі буде відбуватися аналогічно, але при цьому кількість виділеного підсіву буде різною, оскільки вона залежить від його початкової кількості в зерновій суміші.

Позначимо шлях руху матеріалу по дузі кола решета як x , а кількість підсіву, що в ньому міститься, як y . Тоді, вважаючи, що зміна кількості підсіву dy в матеріалі, що обробляється, на нескінченно малій довжині

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кола решета dx пропорційна кількості підсіву, що поступає на цю ділянку, а також, що відношення швидкості зміни функції dy/dx відносно величини функції y , є постійною величиною, що рівна коефіцієнту сепарації μ , то з врахуванням зменшення y при збільшенні x можна записати наступне диференціальне рівняння для процесу просіювання на одиничному циклі:

$$-\frac{dy}{dx} = \mu \cdot y. \quad (2.4)$$

Після зведення змінних інтегрування отримаємо

$$\int \frac{dy}{y} = \int -\mu \cdot dx, \quad (2.5)$$

$$\ln y = -\mu \cdot x + C,$$

де C – постійна інтегрування.

Прийнявши $C = \ln C_1$, отримаємо

$$\ln y - \ln C_1 = -\mu \cdot x, \quad (2.6)$$

$$\frac{y}{C_1} = e^{-\mu \cdot x}.$$

Підставивши в отриманий вираз початкові умови $x_0 = 0$ та $y_0 = \psi_{0i}$ знаходимо

$$y_0 = \psi_{0i} = C$$

де ψ_{0i} – відносний вміст підсіву на початку i -го циклу в долях від одиниці.

Відповідно, залишок підсіву в матеріалі, що обробляється, на відстані x від місця подачі визначається рівнянням

$$y_i = \psi_{0i} \cdot e^{-\mu \cdot x}, \quad (2.7)$$

або з врахуванням $x = \frac{D \cdot \alpha_k}{2}$, отримаємо

$$y_i = \psi_{0i} \cdot e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}}, \quad (2.8)$$

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D – діаметр циліндричного решета; α_k – довжина дуги кола решета від місця подачі матеріалу на робочу поверхню до місця його зйому (відриву).

Кількість підсіву, що пройшов крізь решето для представленого випадку становить

$$y_{npi} = \psi_{0i} - y_i = \psi_{0i} \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right). \quad (2.9)$$

Тоді ступінь розділення зернової суміші, що поступила на обробку, для будь-якого циклу становитиме

$$\varepsilon_i = \frac{y_{npi}}{\psi_{0i}} = 1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}}. \quad (2.10)$$

Підставивши у рівняння (2.3) замість абсолютних величин $P_1, P_2, P_3, \dots, P_z$ відповідні їх відносні значення $\psi_0, y_1, y_2, \dots, y_z$ для циліндричного решета в цілому отримаємо

$$\varepsilon = \frac{y_{np1} + y_{np2} + y_{np3} + \dots + y_{npz}}{\psi_0} = \frac{\sum_{i=1}^z y_{npi}}{\psi_0}, \quad (2.11)$$

або

$$\varepsilon = \frac{\psi_1 \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right) + \psi_2 \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right) + \dots + \psi_z \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right)}{\psi_0}, \quad (2.12)$$

де $\psi_1 = \psi_0$;

$$\psi_2 = \psi_0 - y_1 = \psi_0 - \psi_0 \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right) = \psi_0 \cdot e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}};$$

.....

$$\psi_z = \psi_0 - y_1 - y_2 - \dots - y_{z-1} = \psi_0 \cdot e^{-\frac{(z-1) \mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}}.$$

Таким чином, в кінцевому варіанті матимемо

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = 1 - e^{-\frac{z \cdot \mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}}. \quad (2.13)$$

При відомому значенні коефіцієнта сепарації решета μ з виразу (2.13) визначимо кількість циклів обробки початкового матеріалу для отримання заданої якості очищення

$$z = \frac{2}{\mu \cdot D \cdot \alpha_k} \cdot \ln \frac{1}{1 - \varepsilon}. \quad (2.14)$$

Тоді необхідна робоча довжина циліндричного решета буде рівною

$$L = z \cdot l. \quad (2.15)$$

Після підстановки у даний вираз замість l та z їх відповідних значень з (2.2) і (2.14) отримаємо рівняння, що пов'язує основні параметри циліндричного решета з його показниками роботи – продуктивністю і якістю (повнотою) розділення при очищенні зерноsumіші:

$$L = \frac{2 \cdot Q}{q_{B1} \cdot \mu \cdot D \cdot \alpha_k} \cdot \ln \frac{1}{1 - \varepsilon}. \quad (2.16)$$

Звідки при відомих параметрах решета D, α_k та L для заданої якості розділення матеріалу ε , продуктивність решітної сепарації можемо визначити згідно виразу

$$Q = \frac{L \cdot q_{B1} \cdot \mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2 \cdot \ln \frac{1}{1 - \varepsilon}}. \quad (2.17)$$

Аналіз останнього рівняння показує, що кут переміщення (ковзання) α_k , діаметр циліндричного решета D та його довжина L мають однаковий вплив на продуктивність решета, тому вибір їх співвідношення слід обирати з конструктивних міркувань. Однак, якщо врахувати, що при багат шаровій обробці відбувається багаторазове перемішування матеріалу, і як наслідок, спостерігаємо втрату ефекту автосепарації (самосортування), що мав місце на попередній ділянці обробки, і який позитивно впливає на коефіцієнт сепарації решета μ , то стає очевидним технологічна доцільність скорочення кількості циклів обробки z і,

відповідно, й зменшення довжини решета L за рахунок збільшення його діаметра D та кута ковзання α_{κ} . При цьому, за рахунок збільшення коефіцієнта сепарації μ можемо досягти або ж збільшення продуктивності Q при заданому ступені розділення ε , або ж покращення якості розділення при заданій продуктивності.

Таким чином, за результатами наведеного аналізу отримані рівняння, що пов'язують основні параметри досліджуваного циліндричного решета з його головними технологічними параметрами, продуктивністю та повнотою розділення. Однак, для їх практичного використання необхідно знати величину коефіцієнта сепарації μ , який залежить від цілого ряду факторів, в тому числі від кінематичного режиму роботи решета, його питомого навантаження, конкретних фізико-механічних властивостей зерноsumіші та параметрів її руху по решету тощо.

Аналітичне визначення коефіцієнта сепарації з врахуванням усіх впливових факторів є доволі складною задачею, тому найбільш доцільно визначати його емпірично. Для цього перетворимо отримані рівняння в наступному вигляді:

$$\mu = \frac{2}{z \cdot D \cdot \alpha_{\kappa}} \cdot \ln \left(\frac{\psi_0}{\psi_0 - \sum_{i=1}^z y_{npi}} \right). \quad (2.18)$$

Як бачимо з рівняння, збільшення прохідності решета призводить до збільшення коефіцієнту сепарації. Тому для отримання найбільш високих значень необхідно намагатись забезпечити оптимальні умови руху зерноsumіші та найбільш сприятливі умови для виділення підсіву.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки по розділу

Аналізуючи проведений огляд конструкцій та схем роботи зерноочисних машин барабанного типу, визначено, що найбільш доцільно використовувати машини з одним циліндричним решетом, що має від 3-х до 5-и секцій, та окремою аспіраційною системою, оскільки конструктивне виконання таких зерноочисних машин дозволяє легко проводити обслуговування та переналаштування системи для підвищення функціональності.

Визначено мету, задачі досліджень, а також обґрунтовано об'єкт та предмет досліджень. Виконано аналіз технологічного процесу роботи циліндричного решета для обґрунтування параметрів та режимів його роботи. За результатами наведеного аналізу отримані рівняння, що пов'язують основні параметри досліджуваного циліндричного решета з його головними технологічними параметрами, продуктивністю та повнотою розділення.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Встановлення режиму роботи циліндричного решета та його конструктивних параметрів

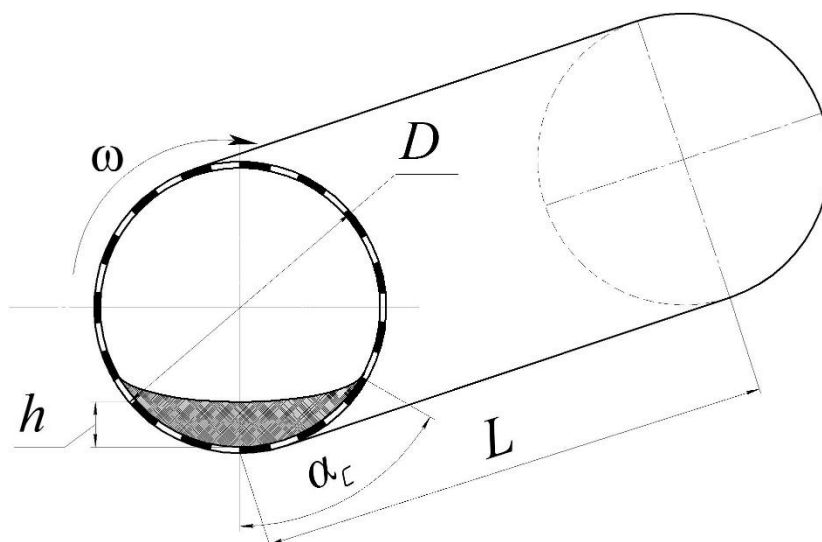


Рис. 3.1 – Розрахункова схема циліндричного решета

Режим роботи циліндричного решета доцільно виражати через його показник кінематичного режиму роботи, який, відповідно до досліджень Васильковського М.І. [5, 16, 20], для багат шарового руху матеріалу, становить:

$$\begin{aligned} \kappa = & \frac{6 \cdot f_1}{1 + 4 \cdot f_1^2} \cdot \sin \alpha + \frac{2 \cdot (1 - 2 \cdot f_1^2)}{1 + 4 \cdot f_1^2} \cdot \cos \alpha + \\ & + e^{2 \cdot f_1 \cdot (\alpha - \pi)} \cdot \left\{ \frac{8 \cdot f_1^2 - 1}{1 + 4 \cdot f_1^2} - \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{2 \cdot (f_1 - f_2)}{1 + 4 \cdot f_2^2} \cdot \left[\frac{6 \cdot (f_1 - f_2)}{1 + 4 \cdot f_1^2} + 8 \cdot f_2^2 - 1 \right] \right\} + \\ & + \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{6 \cdot (f_1 - f_2)}{(1 + 4 \cdot f_1^2) \cdot (1 + 4 \cdot f_2^2)} \cdot [(1 - 4 \cdot f_1 \cdot f_2) \cdot \sin \alpha - 2 \cdot (f_1 - f_2) \cdot \cos \alpha] + \\ & + \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{2 \cdot (f_1 - f_2)}{1 + 4 \cdot f_2^2} \cdot (8 \cdot f_2^2 - 1) \cdot e^{2 \cdot f_2 \cdot (\alpha - \pi)} \end{aligned}$$

де f_1 і f_2 – відповідно коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя зернової суміші, залежні від вологості, і згідно [3, 20] для попереднього очищення становлять $f_1 = 0,43$, $f_2 = 0,77$;

$\alpha = \alpha_\kappa$ – кут, який визначає переміщення зернової суміші від місця подачі до місця знімання з ділянки решета,

$$\alpha = \frac{2}{3}\pi = 2,09 \text{ рад.};$$

$\frac{m_2}{m_1}$ – безрозмірне число, яке, залежно від товщини h зернової суміші на поверхні решета визначається з залежності:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2 \cdot h - (b + c)}{b + c} = \frac{2 \cdot 38 - (3,2 + 2,5)}{3,2 + 2,5} = 12,3,$$

де $h = 38$ мм; b і c – усереднені розмірні параметри зерна основної культури (ширина і товщина), мм.

Таким чином, значення показника кінематичного режиму роботи циліндричного решета становить

$$\begin{aligned} \kappa = & \frac{6 \cdot 0,43}{1 + 4 \cdot 0,43^2} \cdot \sin(120) + \frac{2 \cdot (1 - 2 \cdot 0,43^2)}{1 + 4 \cdot 0,43^2} \cdot \cos(120) + \\ & + e^{2 \cdot 0,43 \cdot (2,09 - \pi)} \cdot \left\{ \frac{8 \cdot 0,43^2 - 1}{1 + 4 \cdot 0,43^2} - 12,3 \cdot \frac{2 \cdot (0,43 - 0,77)}{1 + 4 \cdot 0,77^2} \cdot \left[\frac{6 \cdot (0,43 - 0,77)}{1 + 4 \cdot 0,43^2} + 8 \cdot 0,77^2 - 1 \right] \right\} + \\ & + 12,3 \cdot \frac{6 \cdot (0,43 - 0,77)}{(1 + 4 \cdot 0,43^2) \cdot (1 + 4 \cdot 0,77^2)} \cdot [(1 - 4 \cdot 0,43 \cdot 0,77) \cdot \sin(120) - 2 \cdot (0,43 - 0,77) \cdot \cos(120)] + \\ & + 12,3 \cdot \frac{2 \cdot (0,43 - 0,77)}{1 + 4 \cdot 0,77^2} \cdot (8 \cdot 0,77^2 - 1) \cdot e^{2 \cdot 0,43 \cdot (2,09 - \pi)} = 0,95 \end{aligned}$$

Для визначення робочої довжини решітного циліндра скористаємось залежністю (2.2) з попереднього розділу. Відповідно залежності (2.2), враховуючи задану інтенсивність просіювання ε знайдемо елементарні довжини секцій решета:

для видалення дрібних домішок (підсівна секція решета)

$$l = \frac{Q}{q_B} = \frac{40}{47} = 0,85 \text{ м},$$

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для просіювання дрібної фракції зерна (I сортувальне решето)

$$l = \frac{Q}{q_B} = \frac{40}{41,6} = 0,96 \text{ м},$$

для просіювання основної фракції зерна (II сортувальне решето)

$$l = \frac{Q}{q_B} = \frac{40}{43} = 0,93 \text{ м}.$$

Таким чином, загальна робоча довжина циліндричного решета становить:

$$L_p = \sum_{n=1}^i l \cdot z_i = 0,85 \cdot 1 + 0,96 \cdot 1 + 0,93 \cdot 1 = 2,74 \text{ м},$$

де z – кількість циклів обробки зернової суміші, що забезпечує отримання заданої повноти розділення; i – кількість елементарних фракцій.

Діаметр решітного циліндра визначимо з виразу (2.16):

$$D = \frac{2 \cdot Q}{q_B \cdot L_p \cdot \mu \cdot \alpha_\kappa} \cdot \ln \frac{1}{1 - \varepsilon},$$

де ε – повнота розділення зерна для попереднього очищення становить $\varepsilon = 0,6$;

μ – значення коефіцієнта сепарації всього решета, яке для прийнятої кількості секцій та згідно відповідного питомого навантаження становить

$$\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3} = \frac{0,35 + 0,6 + 0,6}{3} = 0,52,$$

де μ_1 , μ_2 та μ_3 – відповідні значення коефіцієнтів сепарації секцій циліндричного решета;

Таким чином діаметр циліндричного решета становитиме

$$D = \frac{2 \cdot 40}{43 \cdot 2,74 \cdot 0,52 \cdot 2,09} \cdot \ln \frac{1}{1 - 0,6} = 0,572 \text{ м}.$$

Приймаємо найближче зі стандартного ряду значення $D = 0,6 \text{ м}$.

Кутова швидкість обертання решета становитиме

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \kappa}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,95}{0,6}} = 5,57 \text{ с}^{-1},$$

					P1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і, відповідно, частота обертання циліндричного решета

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 5,57}{3,14} = 53,2 \text{ об/хв.}$$

3.2. Енергетичні розрахунки приводу робочих органів машини Р1-Б30М.

Для визначення потужності, необхідної для приводу циліндричного решета, скористаємось рекомендаціями [3, 4]:

$$N_{\text{заг}} = N_o + N_z$$

де N_o N_z – відповідно, потужність, яка витрачається на подолання опорів, переміщення зерна по поверхні решета та привід самого решета.

Для циліндричного решета всі опори, що виникають при його роботі можна звести до опорів, прикладених до опор [3, 20], тобто

$$N_o = \zeta \cdot \omega$$

де член рівняння ζ – характеризує опори, що виникають в опорах циліндричного решета:

$$\zeta = R \cdot \varphi \cdot \rho = 0,015 \cdot 14000 = 210 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

де R – сумарна реакція опор, Н; φ – коефіцієнт тертя підшипникових вузлів; ρ – радіус цапфи, м.

Для підшипникових вузлів кочення рекомендовано прийняти [23] $\varphi \cdot \rho = 0,015 \text{ м.}$, а сумарна реакція опор R , визначена за допомогою стандартних методик [24] складає $R = 14000 \text{ Н.}$

Таким чином, потужність, необхідна для подолання опорів складає:

$$N_o = 210 \cdot 5,57 = 1169 \text{ Вт} = 1,17 \text{ кВт.}$$

Розглянемо необхідну потужність на виконання решітним барабаном роботи по переміщенню зерноsumіші з точки A в точку B (рис. 3.2), тобто

$$N_z = \frac{A}{t},$$

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де A – робота, що витрачається на переміщення зерносуміші на відрізок AB ; t – відповідно, час на переміщення матеріалу на відрізок AB .

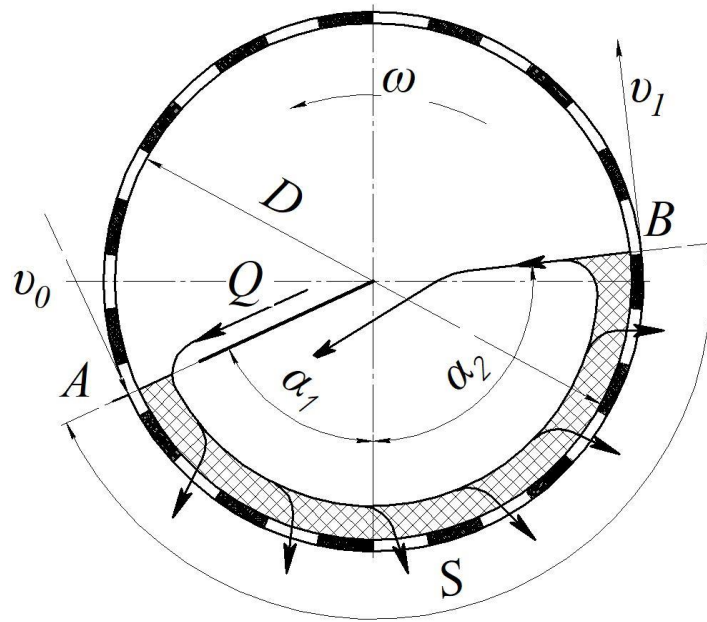


Рис. 3.2 – Схема до визначення потужності на переміщення зерносуміші по внутрішній поверхні решета

Робота по переміщенню зерносуміші на відрізок

$$A = F \cdot L_p \cdot \cos \gamma,$$

де F – сила, з якою зернова суміш діє на поверхню решета, Н; γ – кут, під яким діє сила F ($\gamma = 0^\circ$).

Значення кутів подачі матеріалу та сходження матеріалу з поверхні решета, відповідно становлять $\alpha_1 = 60^\circ$, $\alpha_2 = 100^\circ$.

Відповідно до класичної механіки сила становить

$$F = m \cdot a,$$

де m – маса зерносуміші, що перебуває в момент часу t на внутрішній поверхні решета:

$$m = S \cdot L_p \cdot \rho,$$

S – площа сегмента барабана, на якому перебуває зерносуміш;

ρ – насипна щільність зерносуміші;

$$S = \frac{R^2}{2} \left(\pi \frac{\alpha_0 + \alpha_1}{180} - \sin(\alpha_0 + \alpha_1) \right) = \frac{0,3^2}{2} \left(\pi \frac{160}{180} - \sin 160 \right) = 0,11 \text{ м}^2;$$

$$m = 0,11 \cdot 2,74 \cdot 450 = 135,6 \text{ кг};$$

a – прискорення, якого набувають частки матеріалу на відріжку AB

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t},$$

де v_1 – швидкість, яку набувають частки зерноsumіші в кінці шляху;

v_0 – швидкість часток при потраплянні на поверхню решета;

t – час, який частки зерноsumіші знаходяться на робочій поверхні решета:

$$t = \frac{L_p}{v_1} = \frac{2,74}{2,4} = 1,14 \text{ с.}$$

Отже, маємо:

$$a = \frac{2,4 - 0}{1,14} = 2,1 \text{ м/с}^2,$$

та

$$F = 135,6 \cdot 2,1 = 284,7 \text{ Н},$$

тоді робота по переміщенню зерноsumіші:

$$A = 284,7 \cdot 2,74 \cdot 1 = 780,2 \text{ Дж.}$$

Таким чином, потужність, необхідна для переміщення зерноsumіші по внутрішній поверхні решета становить:

$$N_3 = \frac{780,2}{1,14} = 684 \text{ Вт} = 0,684 \text{ кВт.}$$

Загальна потужність, яка необхідна для приводу барабана:

$$N_{\text{заг}} = 1,17 + 0,68 = 1,85 \text{ кВт.}$$

Необхідна потужність електродвигуна з врахуванням коефіцієнту корисної дії приводу η :

$$N_0 = \frac{N_{\text{заг}}}{\eta} = \frac{1,85}{0,97} = 1,9 \text{ кВт.}$$

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На сьогоднішній день однозначної методики розрахунку потужності, необхідної для приводу щіток зерноочисних машин не існує. Тому для вирішення цієї задачі використаємо дослідні дані літературних джерел.

За експериментальними даними, що наведені [2-4], потужність, необхідна для приводу щіток аналогічної машини становить $N_{щ} = 0,3$ кВт.

Приймаємо $N_{щ} = 0,3$ кВт.

Таким чином, загальна потужність на привід робочих органів циліндричного решета визначається відношенням сумарної потужності, яка необхідна для приводу кожного робочого органу до коефіцієнту корисної дії механізму приводу

$$N_{ц.р.} = (N_0 + N_{щ}) / \eta_{заг} = (1,9 + 0,3) / 0,87 = 2,5 \text{ кВт.}$$

де

$$\eta_{заг} = \eta_{пк}^4 \cdot \eta_{п}^3 \cdot \eta_1 = 0,995^4 \cdot 0,97^4 = 0,87.$$

Приймаємо електродвигун марки 4А100 L4У3, ГОСТ 19523–81, потужністю 2,5 кВт з наступними даними: частота обертання $n = 1430$ об/хв; $T_{пуск} / T_{ном} = 2,0$; $T_{макс} / T_{ном} = 2,2$; ККД = 84%; $\cos \varphi = 0,84$.

Відповідно до рекомендацій [3, 23] визначимо потужність приводу шнеку фуражних відходів

$$N_{ш} = N_{\epsilon} \cdot k_o,$$

де N_{ϵ} – потужність, що витрачається на переміщення вантажу.

$k_o = 1,15 \dots 1,2$ – коефіцієнт, що враховує перемішування та подрібнення маси.

$$N_{\epsilon} = \frac{V_0 \cdot G \cdot \nu \cdot \operatorname{tg}(\lambda_0 + \varphi)}{75}$$

де V_0 – швидкість шнека на радіусі кола, яке проходить крізь центр тиску вантажу;

G – вага вантажу, який знаходиться в жолобі;

$\nu = 0,36$ – коефіцієнт тертя вантажу об матеріал шнека;

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

λ_0 – кут підйому гвинтової поверхні шнека, що проходить через центр тиску ваги вантажу на шнек;

φ – кут, що характеризує тертя вантажу об поверхню шнека.

Лінійна швидкість шнека на діаметрі кола D_0 , що проходить через центр тиску вантажу на гвинтову поверхню шнека

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 230}{60} = 0,96 \text{ м/с},$$

Де $D_0 = (0,7 \dots 0,8) D = 0,8 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ м}$

Вага вантажу, який знаходиться в жолобі:

$$G = \frac{Q_\phi \cdot L_{ш}}{3,6 \cdot V_n} = \frac{5 \cdot 1,8}{3,6 \cdot 0,38} = 6,5 \text{ кг}$$

де Q_ϕ – фактична продуктивність шнека;

$L_{ш}$ – довжина транспортування шнеком вантажу, $L_{ш}=1,8 \text{ м}$ з конструктивних міркувань для виведення відходів з машини;

V_n – швидкість переміщення вантажу у повздовжньому напрямку, яка визначається з виразу:

$$V_n = \frac{S \cdot n}{60} = \frac{0,1 \cdot 230}{60} = 0,38 \text{ м/с}.$$

Кут підйому гвинтової лінії шнека

$$\text{tg } \lambda_0 = S / \pi \cdot D_0 = 0,1 / 3,14 \cdot 0,08 = 0,4 = \text{arctg } 0,4 = 21,8^\circ,$$

і кут тертя матеріалу об робочі поверхні шнека

$$\text{tg } \varphi = \nu = 0,36 = \text{arctg } 0,36 = 19,8^\circ.$$

Враховуючи знайдені значення складових, потужність, яка необхідна для приводу шнека фуражних відходів буде рівною

$$N_g = \frac{0,96 \cdot 6,5 \cdot 0,36 \cdot \text{tg}(21,8^\circ + 19,8^\circ)}{75} = 0,38 \text{ к.с.} = 0,28 \text{ кВт},$$

а загальні потреби в потужності для приводу шнека становлять

$$N_{ш} = 0,28 \cdot 1,2 = 0,34 \text{ кВт}.$$

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо електродвигун марки АІР 80А8, ГОСТ 19523–81, потужністю 0,37 кВт з наступними даними: частота обертання $n = 675$ об/хв; $T_{\text{пуск}}/T_{\text{ном}} = 1,9$; $T_{\text{макс}}/T_{\text{ном}} = 1,8$; ККД = 62%; $\cos \varphi = 0,61$.

3.3. Розрахунок на міцність циліндричного решета

Розрахунки проводимо відповідно методики [24] з використанням пакету прикладних програм Mathcad.

Максимальний крутний момент на валу:

$$M_{\text{кр}}^m = 89,5 \text{ кН}.$$

Колове зусилля на валу:

$$P_0^m = 4,0 \text{ кН}.$$

Рівномірно розподілене навантаження на вал в вертикальній площині:

$$g_y^m = \frac{G_B - P_0^m}{L} = \frac{5,3 - 4,0}{2,74} = 0,47 \text{ кН/м}.$$

Рівномірно розподілене навантаження на вал максимального зусилля стиснення (в горизонтальній площині):

$$g_x^m = \frac{T^{\text{max}}}{L} = \frac{23}{2,74} = 8,4 \text{ кН/м}.$$

Складаємо розрахункову схему вала (рис.3.3).

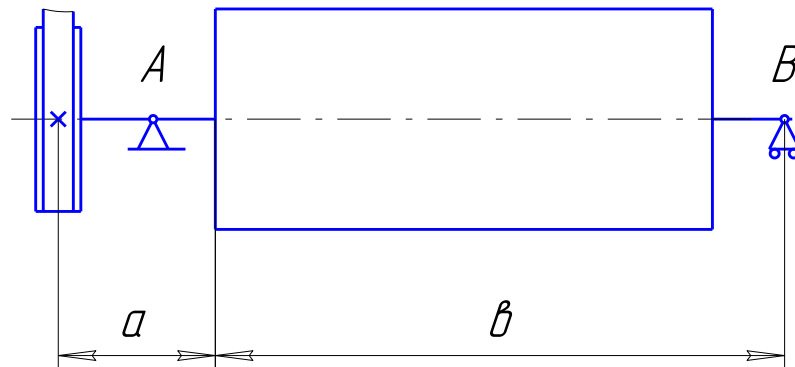


Рис. 3.3 – Розрахункова схема вала

					P1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо відстані a та b . Відстань a визначаємо згідно ескізного проекту складального креслення, $a = 0,294$ м; значення довжини b приймаємо рівним довжині вала: $b = L = 2,74$ м.

Складаємо розрахункові схеми вала в горизонтальній та вертикальній площині (рис. 3.4).

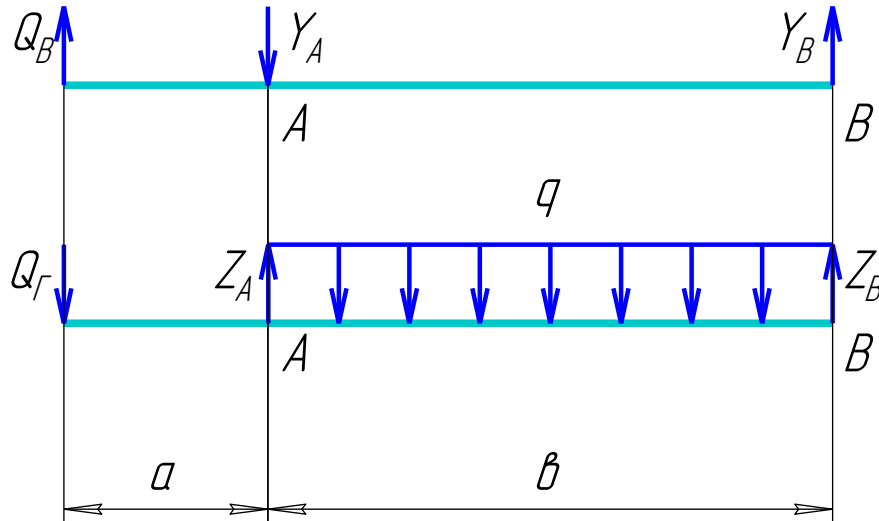


Рис. 3.4 – Розрахункова схема навантаження вала циліндричного решета

Далі виконуємо розрахунок відповідно стандартної методики [24].

1. Складаємо рівняння рівноваги:

$$\begin{aligned} \sum M_A^Y &= 0 & \sum M_B^Y &= 0 \\ \sum M_A^Z &= 0 & \sum M_B^Z &= 0 \end{aligned}$$

2. Із рівнянь рівноваги визначаємо значення реакцій:

$$\begin{aligned} Y_A &= 242,667 \text{ Н} & Y_B &= 18,667 \text{ Н} \\ Z_A &= 185,833 \text{ Н} & Z_B &= 34,167 \text{ Н} \end{aligned}$$

3. Перевіряємо правильність знаходження реакцій шляхом складання рівнянь проекцій зовнішніх сил на осі Y та Z . При правильному визначенні реакцій виконується умова:

$$\sum Y = 0 \qquad \sum Z = 0$$

4. Використовуючи східчасту функцію $\Phi(x)$ пакету Mathcad визначаємо внутрішні силові фактори: поперечну силу та згинальний момент.

5. Будуємо епюри поперечних сил, крутного та згинаючого моментів у вертикальній та горизонтальній площинах та епюру сумарних згинаючих моментів відповідно до формули для визначення сумарного згинаючого моменту:

$$M_{\Sigma}(x) = \sqrt{M_z^2(x) + M_y^2(x)}$$

При визначенні приведенного моменту використовуємо III-ю гіпотезу міцності, згідно якої

$$M_{np} = \sqrt{M_{\Sigma}^2 + (\alpha \cdot T)^2}$$

де α – коефіцієнт, що визначає відмінність характеристик циклів напружень згину та кручення.

$$\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]}$$

де $[\sigma_{-1}]$ – допустиме знакозмінне напруження для вала;

$[\sigma_0]$ – допустиме знакозмінне напруження.

Приймаємо матеріал виготовлення вала – Сталь 45 ГОСТ 1050-82
Згідно [23] визначаємо:

$$[\sigma_{-1}] = 56 \text{ МПа}; \quad [\sigma_0] = 98 \text{ МПа}$$

$$\alpha = \frac{56}{98} = 0,57$$

Будуємо епюру приведених моментів, у точці екстремуму (точка А) визначаємо M_{np} :

$$M_{np}^A = 9,138 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Розрахунковий діаметр вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}}$$

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення діаметру у критичній точці А

$$d = 0,048 \text{ м,}$$

приймаємо номінальний діаметр вала таким, щоб він дещо перевищував перевірочне значення $d_B = 50 \text{ мм}$.

Висновки по розділу

Враховуючи проведений в попередньому розділі теоретичний аналіз технологічних умов роботи циліндричного секційного багатофункціонального решета були виконані інженерні розрахунки зерноочисної машини Р1-Б30М, які дозволили визначити її параметри та режими роботи.

Проведені технологічні і енергетичні розрахунки, обґрунтовані геометричні і конструктивні параметри складових частин удосконаленої зерноочисної машини дозволили знизити металомісткість і енергоємність її виготовлення і експлуатації.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

При експлуатації зерноочисного агрегату Р1-Б30М можливі наступні причини нещасних випадків: враження електричним струмом, замотування частин одягу та тіла людини на деталі що обертаються, попадання пилу в очі та органи дихання.

Для забезпечення безпечних умов праці передбачено:

- передаточні механізми закриті кожухами;
- конструкція агрегату забезпечує безпечне проведення технічного обслуговування при умовах їх відповідного виконання, а саме: при її зупинці і відключенні від електромережі;
- передбачено заземлення;
- оператора забезпечено робочим одягом, респіратором та захисними окулярами.

Розрахунок та обґрунтування заходів по безпечному обслуговуванню електричного обладнання зерноочисної машини.

Найбільш ефективним засобом захисту від замикання фази на нуль (корпус електрообладнання) є автоматичне вимикання установки від електричного струму. Такий спосіб називається захисним вимиканням.

Принципова схема захисного вимикання (рис. 4.1) працює наступним чином. При з'явленні напруги на корпусі електродвигуна приводу агрегату 3, спрацьовує електромагнітне реле, яке втягує сердечник 5, і звільняє тим самим шток вимикача. Останній під дією пружини вимикає пошкоджений двигун від електричної мережі.

Автоматичне вимикання відповідає наступним вимогам:

- вимикає машину в мінімальні долі секунди (не більше 0,2 с.);
- безвідмовно працює при встановленому струмові і часові;
- не реагує на зміну режимів в сусідніх ділянках електромережі.

Розрахунок плавких вставок виконуємо в такій послідовності:

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

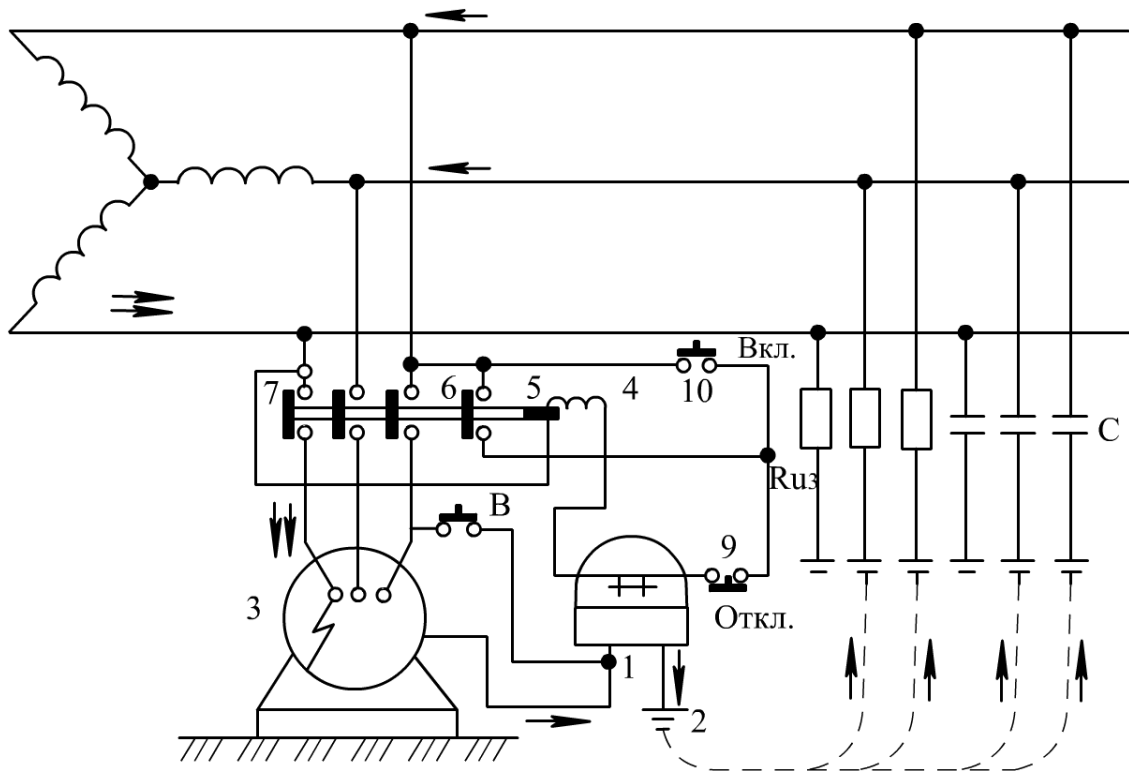


Рис. 4.1 – Схема захисного вимикання агрегату: 1 – реле напруги;
2 – кнопка вимикання; 3 – кнопка вмикачя; 4 – магнітна котушка;
5 – сердечник котушки; 6 – блок-контакт пускача; 7 – вмикач;
8 – кнопка контролю.

1. Визначаємо пусковий струм I_n двигуна за формулою:

$$I_n = \frac{k \cdot P \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{д}} \cdot \cos \varphi} = \frac{6 \cdot 2,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,95} = 36 \text{ А},$$

де P – потужність двигуна, кВт;

k – коефіцієнт кратності пускового струму, ($k=5 \div 7$);

$U_{\text{л}}$ – лінійна напруга електромережі, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності, (приймаємо – 0,8);

$\eta_{\text{д}}$ – ККД двигуна, ($\eta_{\text{д}} = 0,98$).

2. За пусковим струмом визначаємо струм $I_{\text{нр}}$ запобіжників за формулою:

$$I_{np} = \frac{I_n}{2,5} = \frac{36}{2,5} = 14,4 \text{ А.}$$

Із стандартного ряду вибираємо запобіжники з плавкими вставками які розраховані на струм 16 А.

Інструкція з безпечної експлуатації машини.

При використанні барабанної зерноочисної машини необхідно дотримуватись наступних заходів, які допоможуть забезпечити безпечні умови праці.

1. Одягати захисний одяг: під час роботи з барабанною зерноочисною машиною необхідно носити захисний одяг, наприклад, сорочки з довгими рукавами, штани та рукавички. Це допоможе захистити від будь-якого летючого сміття або пилу, які можуть піднятися під час процесу очищення.

2. Використовувати захисні огороження: переконатися, що машину обладнано запобіжними огороженнями, які запобігають випадковому контакту з рухомими частинами.

3. Дотримуватися інструкції виробника щодо експлуатації та обслуговування машини. Переконатися, що персонал розуміє робочі процедури та заходи безпеки перед використанням машини.

4. Підтримувати машину в чистоті: регулярно очищати машину від пилу та сміття. Це зменшить ризик пожежі та інших небезпек.

5. Забезпечити належну вентиляцію приміщення, де працює машина, щоб запобігти накопиченню пилу та інших шкідливих частинок.

6. Виконувати регулярне технічне обслуговування відповідно рекомендацій виробника, перевіряти машину на наявність будь-яких ознак зносу чи пошкодження.

					P1-B30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

За результатами проведених аналітичних досліджень було обґрунтовано вплив параметрів і режимів роботи зерноочисної машини барабанного типу на продуктивність та якість процесу сепарації. Враховуючи ці результати, виконані технологічні і енергетичні розрахунки, обґрунтовані геометричні і конструктивні параметри складових частин удосконаленої зерноочисної машини, що дозволило знизити металомісткість і енергоємність її виготовлення та експлуатації.

Для встановлення техніко-економічного рівня проведених в роботі розробок проведемо визначення економічної ефективності модернізованої машини, використовуючи дані таблиці 5.1. Методика розрахунку наведена у додатку А. В якості машини для порівняння обрано трисекційний барабанний сепаратор ЗСО-35 [6].

Результати оцінки економічної ефективності виконаних розробок (Додаток А) показали, що розроблена машина має вищий техніко-економічний рівень. При цьому, ціна розробленої машини зменшилась, натомість збільшилась продуктивність і зменшилась енергоємність. Таким чином, доцільним є рекомендація приведених у роботі розробок до впровадження у виробництво, оскільки згідно розрахунків, за середньорічної програми випуску у 200 машин очікуваний річний економічний ефект для виробника розробленої зерноочисної машини може скласти 18016 грн. з однієї машини.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1.

Техніко-економічний рівень порівнюваних машин

№ п/п	Показники	Умовні позн.	Один. вимір	Зерноочисна машина	
				ЗСО-35*	Р1-Б30М
1.	Агрегаткування			стаціонарна	
2.	Кількість машин		шт	1	1
3.	Оптова ціна машини	Ц _{оп}	грн	358870	341781
4.	Собівартість виготовлення машини	С	грн.	323240	321804
5.	Вартість покупних виробів собівартості машини	Ц _п	грн.	104650	124650
6.	Маса машини	М	кг	851	822
7.	Маса покупних виробів	М _п	кг	127	169
8.	Потужність електродвигуна	N	кВт	3,0	2,5
9.	Продуктивність машини за одну годину чистого часу	Q	т/год	35	40
10.	Коефіцієнт використання часу зміни: робочого експлуатаційного	К _{вр} К _{ек}		0,80 0,72	0,83 0,75
11.	Кількість обслуговуючого персоналу	Р _{об} , чол		1	1
12.	Кількість деталей в машині	Н _з	шт.	472	489
13.	Кількість найменувань деталей в машині всього в т. ч.: оригінальних стандартних	Д _з Д _{ор} Д _{ст}	шт. шт. шт.	208 125 83	242 146 96
14.	Кількість найменувань деталей, які розроблені в процесі модернізації	Н _{ор}	шт.		27
15.	Середньорічна програма випуску	Н _{ст}	шт		200

*Параметри вказані без системи аспірації

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи визначено підвищення ефективності процесу очищення зернових матеріалів шляхом удосконалення зерноочисної машини барабанного типу.

В рамках досягнення мети проведено аналіз конструкцій та схем роботи зерноочисних машин барабанного типу вітчизняних і закордонних виробників, за результатами якого встановлено, що найбільш ефективно працюють машини з одним циліндричним решетом, що має від 3-х до 5-и секцій, та окремою аспіраційною системою. Даний тип зерноочисних машин мають відносно просту конструкцію, що дозволяє легко виконувати обслуговування та переналаштування системи, а також пов'язану з цим багатофункціональність.

Відповідно до аналізу результатів існуючих досліджень роботи решітних зерноочисних машин, зокрема і з циліндричними решетами, обґрунтовано об'єкт та предмет досліджень, а також поставлені задачі досліджень. Проведено теоретичний аналіз технологічного процесу роботи циліндричного решета для обґрунтування параметрів та режимів його роботи. За результатами наведеного аналізу отримані рівняння, що пов'язують основні параметри досліджуваного циліндричного решета з його головними технологічними параметрами, продуктивністю та повнотою розділення.

Встановлено, що кутове переміщення зерноsumіші, діаметр циліндричного решета та його довжина здійснюють однаковий вплив на продуктивність решета, тому вибір їх співвідношення слід обирати з конструктивних міркувань. Однак, якщо врахувати, що при багат шаровій обробці відбувається багаторазове перемішування матеріалу, і як наслідок, спостерігається втрата ефекту автосепарації (самосортування), що має місце на попередній ділянці обробки, і який позитивно впливає на

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт сепарації решета, то стає очевидним технологічна доцільність скорочення кількості циклів обробки і, відповідно, зменшення довжини решета за рахунок збільшення його діаметра та кута ковзання. При цьому, за рахунок збільшення коефіцієнта сепарації можемо досягти або ж збільшення продуктивності при заданому ступені розділення, або ж покращення якості розділення при заданій продуктивності.

Враховуючи результати теоретичних досліджень в інженерній частині виконані технологічні і енергетичні розрахунки, обґрунтовані геометричні і конструктивні параметри складових частин розробленої зерноочисної машини, що дозволило знизити металомісткість і енергоємність її виготовлення та експлуатації.

З метою забезпечення безпечних умов праці при роботі з розробленою зерноочисною машиною запропоновані відповідні заходи з охорони праці та правил безпечної експлуатації. Розроблена зерноочисна машина відповідає відповідним правилам і нормативам безпечної експлуатації.

Для встановлення техніко-економічного рівня проведених в роботі розробок проведено визначення економічної ефективності модернізованої машини, які підтвердили, що розроблена машина у порівнянні з аналогом має вищий техніко-економічний рівень та може бути рекомендована до впровадження у виробництво.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Машины і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А.С. Кобець, Ю.О. Чурсінов, С.А. Черних, М.П. Сабадаш, Н.В. Грекова, В.П. Канунніков – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2013. – 766 с.
2. Підручник дослідника : навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О. М. Васильковський, С. М. Лещенко, К. В. Васильковська, Д. І. Петренко. - Кіровоград : Мачулін, 2016. - 204 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/2898>.
3. Теорія і розрахунки параметрів процесів і робочих органів сільськогосподарських машин: Практикум / Морозов І.В., Бакум М.В., Пастухов В.І., Горбатовський О.М., Кириченко Р.В., Козій О.Б., Леонов В.П., Нікітін С.П.; за редакцією проф. І.В. Морозова. – Харків: ХНТУСГ, 2011.
4. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки : навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О. М. Васильковський, С. М. Лещенко, К. В. Васильковська, Д. І. Петренко. – Харків. 2019. – 164 с. : іл. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10486>.
5. Обґрунтування параметрів відцентрово-пневматичного сепаратора зерна [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Петренко Дмитро Іванович ; Кіровогр. нац. техн. ун-т. - Кіровоград, 2011. - 20 с.
6. Каталог продукції компанії «Olis». Зерноочисне обладнання. URL: <https://www.olis.com.ua/>.
7. Каталог продукції компанії «MYSiLO». Обладнання для очищення зерна. URL: <https://www.mysilo.com>.
8. Каталог продукції компанії «Grain Cleaning Solution». GCS-1400 Rotary Drum Grain Cleaner. URL: https://gcsgraincleaner.com/gcs_products/gcs-1400-drum-cleaner/.
9. Каталог техніки компанії «ЗСМ ВІМ». Універсальна багатофункціональна зерноочисна машина ОВС-355. URL: <https://bim-agritech.com/uk/bagatofunkcionalnyy-zernoochysnyy-separator-ovs-355>.

					P1-B30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Каталог продукції «3S Company». Барабанні очисники GCU. URL: <https://com3s.com/uk/barabannye-ochistiteli-gcu/>.
11. Каталог продукції компанії «RIELA». Барабанний сепаратор для зерна UNI-SEED. URL: <https://riela.com.ua/zernoochisni-mashini/barabannij-separator-dlya-zerna-uni-seed/>.
12. Каталог продукції фірми PETKUS. Сорткування. URL: <https://petkus.com.ua/>.
13. Каталог продукції фірми Kongskilde. Dual Cleaners – KDC PLUS. URL: <https://kongskilde-industries.com/grain/usa/product/dual-cleaners-kdc-plus/>.
14. Каталог продукції фірми Carter Day. Scalperator. URL: <https://www.carterday.com/wp-content/uploads/2022-Compressed-Web-Scalperator-compressed.pdf>.
15. Електронний каталог фірми Schule. URL: <https://www.schulefood.com/en/machines/sorting-separating-detail/aspiration-channel/>.
16. Вдосконалення технологічного процесу очищення зерна зерноочисними машинами загального призначення. – Механізація і автоматизація технологічних процесів у молочному скотарстві. – Агроінженерні дослідження / М.І. Васильковський, І.М. Осипов, О.М. Васильковський, С.М. Мороз // Вісник ЛДАУ №3 – Львів, 1999. – с. 102-107.
17. Аналіз закономірності руху частки по прутковому барабану відцентрово-пневматичного сепаратора зерна з врахуванням повітряного опору середовища / О. М. Васильковський, Д. І. Петренко // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 59 – С. 177–186.
18. Мороз С.М., Васильковський М.І., Васильковський О.М. Обґрунтування діаметрів стержнів пруткового решета. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту. 2004. Вип. 14. С. 72-78.
19. До створення концепції «ідеального» решета зернового сепаратора. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Мороз С.М., Нестеренко О.В. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. 2020. Вип. 50. С. 52-58.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин (Т.2, ч. 2, кн. 2.).
Зернозбиральні машини / П. М. Заїка. – Харків : ОКО, 2004. – 404 с.
21. Диференціальні рівняння. Навчальний посібник для інженерних спеціальностей [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: І. М. Копась. – Електронні текстові данні (1 файл: 2504 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 126 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23638/1/Dyf_riv_Kopas.pdf.
22. М.І. Карбованець, В.Ю. Лазур, Є.А. Нодь. Теоретична механіка. Частина І. Метод Лагранжа: навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2019. – 82 с.
23. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. – 2-е вид., перероб. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
24. Розв'язання задач теоретичної механіки. Розділ «Статика»: Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2005. – 200 с.
25. Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р. URL: https://techmedia.com.ua/sites/default/files/online_version/ECO_SX/files/asets/basic-html/toc.html.
26. ДСТУ 7597:2014 Техніка сільськогосподарська. Правила приймання на випробування.
27. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					Р1-Б30 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення показника техніко-економічного рівня модернізованої машини

Визначаємо коефіцієнт уніфікації

$$K_d = \frac{D_3 - D_{op}}{D_3}$$

де D_3 – загальна кількість найменувань деталей у машині за винятком метизів;

D_{op} – кількість найменувань оригінальних деталей.

$$K_{yb} = \frac{208 - 125}{208} = 0,38$$

$$K_{ym} = \frac{242 - 146}{242} = 0,4$$

Відносний показник рівня уніфікації конструкції

$$V_{ku} = K_{ym} / K_{yb} = 0,4 / 0,38 = 1,05$$

Коефіцієнт стандартизації продукції

$$K_{st} = D_{st} / D_3;$$

де D_{st} – кількість найменувань стандартних деталей в машині

$$K_{stb} = 83 / 208 = 0,38$$

$$K_{stm} = 96 / 242 = 0,39$$

Відносний показний рівня стандартизації конструкції

$$V_{st} = K_{stm} / K_{stb} = 0,39 / 0,38 = 1,02$$

Коефіцієнт конструктивної повторюваності

$$K_{kp} = H_3 / D_3$$

де H_3 – загальна кількість деталей в машині,

$$K_{kpb} = 472 / 208 = 2,27$$

$$K_{kpm} = 489 / 242 = 2,02$$

Відносний показник рівня конструктивної повторюваності:

$$V_{np} = K_{kpm} / K_{kpb} = 2,02 / 2,27 = 0,89$$

Собівартість модернізованої машини

$$C_m = \frac{C_b - C_{pb}}{M_b - M_{pb}} \cdot (M_m - M_{pm}) + C_{pm},$$

де C_b – собівартість виготовлення базової машини;

Цпб та Цпм – ціна покупних виробів у собівартості базової модернізованої машини;

Мб та Мм – маса базової та модернізованої машини;

Мпб та Мпм – маса покупних виробів базової та модернізованої машини;

$$C_m = \frac{323240 - 104650}{851 - 127} \cdot (822 - 169) + 124650 = 321804 \text{ грн.}$$

Продуктивність машини за 1 годину експлуатаційного та змінного часу:

$$Пек = По \cdot Кек$$

$$Пзм = По \cdot Кер$$

де По – продуктивність машини за 1 годину основного часу,

Коефіцієнт використання робочого та експлуатаційного часу зміни для модернізованої машини

$$K_{врм} = \frac{8,0 + \frac{20}{60}}{10} = 0,83$$

$$K_{екм} = \frac{7,2 + \frac{20}{60}}{10} = 0,75$$

Продуктивність машини за 1 годину робочого та експлуатаційного часу

$$Пек.б = 35 \cdot 0,72 = 25,2 \text{ т/год}$$

$$Пек.м = 40 \cdot 0,75 = 30 \text{ т/год}$$

$$Пзм.б = 35 \cdot 0,8 = 28 \text{ т/год}$$

$$Пзм.м = 40 \cdot 0,83 = 33,2 \text{ т/год}$$

Питома собівартість машини

$$Cп = C / Пек$$

де С – собівартість машини.

$$Cпб = 323240 / 25,2 = 12827 \text{ грн/т/год}$$

$$Cпм = 321804 / 30 = 10727 \text{ грн/т/год}$$

Відносний показник рівня питомої собівартості

$$Всп = Cпб / Cпм = 12827 / 10727 = 1,2$$

Питома матеріаломісткість машини

$$Мп = М / Пек;$$

де М – маса “сухої”, тобто незавантаженої машини;

$$M_{пб}=851/25,2=33,7 \text{ кг/т/год}$$

$$M_{пм}=822/30=27,4 \text{ кг/т/год.}$$

Відносний показник рівня питомої матеріалоемкості:

$$B_{мп} = M_{пб}/M_{пм}=33,7/27,4=1,23$$

Узагальнений показник техніко-економічного рівня модернізованої машини

$$U_{тр}=\sum_i^m a_i \cdot \beta_{gi}$$

де β_{gi} – величина і-го відносного показника техніко-економічного рівня;

M – кількість відносних показників, що прийняті до розрахунків;

a_i – коефіцієнт вагомості і-го відносного показника техніко-економічного рівня;

$$U_{тр}=1,05 \cdot 0,1 + 1,02 \cdot 0,05 + 0,89 \cdot 0,05 + 1,2 \cdot 0,45 + 1,23 \cdot 0,35 = 1,17$$

Якщо величина узагальненого показника більше одиниці, то це свідчить про те, що внесені конструктивні зміни підвищують техніко-економічний рівень базової машини та її конкурентоспроможність.

Визначення економічної ефективності модернізованої машини.

Визначення витрат на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$B_{п}=N_{ор} \cdot T_{кон} \cdot Z_{сг} \cdot (1 + B_{с}/100) \cdot (1 + P_{св}/100)$$

де $N_{ор}$ – кількість найменувань оригінальних деталей, які розроблюються в процесі модернізації.

$T_{кон}$ – сумарна трудомісткість розробки конструкторської документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі (90-140 годин);

$Z_{сг}$ – середньогодинна заробітна плата конструкторів;

$B_{с}$ – відрахування на соціальне страхування та в спеціальні фонди;

$P_{св}$ – процент посередніх витрат (200-300%).

$$B_{п}=27 \cdot 100 \cdot 78,12 \cdot (1 + 38/100) \cdot (1 + 200/100) = 873225,3 \text{ грн}$$

Витрати на розробку технології виготовлення модернізованої машини:

$$B_T = \text{Нор} \cdot T_T \cdot 3 \cdot (1 + B_c/100) \cdot (1 + P_{св}/100),$$

де T_T – сумарна трудомісткість розробки технологічної документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі (60-80 год),

$$B_T = 27 \cdot 60 \cdot 76,6 \cdot (1 + 38/100) \cdot (1 + 200/100) = 513740,8 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення технологічного оснащення, необхідного для виробництва модернізованої машини.

$$B_{осн} = \text{Нор} \cdot \sum_{i=1}^k K_{тос}(i) \times K_{ксм}(i) \times C_{ос}(i),$$

де k – кількість груп оснащення;

$K_{тос}(i)$ – коефіцієнт технологічного оснащення, по i -й групі оснащення;

$K_{ксм}(i)$ – кількість комплектів i -ої групи оснащення;

$C_{ос}(i)$ – ціна одиниці оснащення i -ої групи

$$B_{осн} = 27 \cdot (0,35 \cdot 2 \cdot 3800 + 0,62 \cdot 2 \cdot 3500 + 0,8 \cdot 3 \cdot 90 + 0,1 \cdot 3 \cdot 35) = 195116,7 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення дослідного зразка

$$U_z = (1,2 \div 1,3) \cdot C_M = 1,2 \cdot 321804 = 386164,8 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення дослідної партії

$$B_{дп} = (1,1 - 1,2) \cdot C_M \cdot N_M = 1,2 \cdot 321804 \cdot 2 = 772329,6 \text{ грн}$$

де N_M – кількість машин у дослідній партії (2-8 шт).

Інші витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$I_{нв} = K_{ін}/100 \cdot \sum_{i=1}^5 \beta_{(i)}$$

де $K_{ін}$ -% на інші витрати на освоєння виробництва до суми п'яти попередніх статей витрат (15-20%).

$$I_{нв} = 15/100 (873225,3 + 513740,8 + 195116,7 + 386164,8 + 772329,6) = 411086,58 \text{ грн}$$

Сума витрат на проектування та освоєння виробництва

$$В_{осв}=873225,3+513740,8+195116,7+386164,8+772329,6+411086,58=3151663,78 \text{ грн.}$$

Питомі витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини

$$В_{пос}=В_{осв}/Н_{св}$$

де $H_{св}$ – середньорічна програма випуску модернізованої машини

$$В_{пос}=3151663,78 / 200=15758,32 \text{ грн}$$

Визначення оптової ціни модернізованої машини:

$$Ц_{опм}=Ц_{опб} \times \frac{П_{екм}}{П_{екб}} \times K_p$$

$$Ц_{опм}=358870 \cdot \frac{30}{25,2} \cdot 0,8=341781 \text{ грн.}$$

Очікуваний річний економічний ефект заводу виробника від впровадження модернізованої машини у виробництво:

$$E_{гв}=(Ц_{оп.б}-C_{б})-(Ц_{оп.м}-C_{м})-В_{пос} \cdot E_{н},$$

$$E_{гв}=(358870-323240)-(341781-321804)-15758,32 \cdot 0,15=18016,7 \text{ грн.}$$

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіт.	Прим.
				Документація		
A1			P1-Б30 00.030 СБ	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	P1-Б30 00.030.010	Решето	1	
				Деталі		
A2		2	P1-Б30 00.030.402	Лопать	8	
A3		3	P1-Б30 00.030.103	Кришка	2	
A2		4	P1-Б30 00.030.504	Вал	1	
A3		5	P1-Б30 00.030.105	Маточина	3	
		6	P1-Б30 00.030.406	Диск	4	
		20	P1-Б30 00.030.520	Стопор	3	
		21	P1-Б30 00.030.121	Кришка	2	
				P1-Б30 00.030		
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Циліндричне решето	
Розробив	Микитенко					
Перевірив	Петренко					
Н. контр.	Мачок					
Затвердив	Лещенко				ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)	

[illegible]

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:
Удосконалення зерноочисної машини Р1-Б30
з обґрунтуванням параметрів
скальператорного решета

Виконав : ст. гр. ГМ(СМ)-21М(1,9) Владислав МИКИТЕНКО

Керівник : доцент Дмитро ПЕТРЕНКО

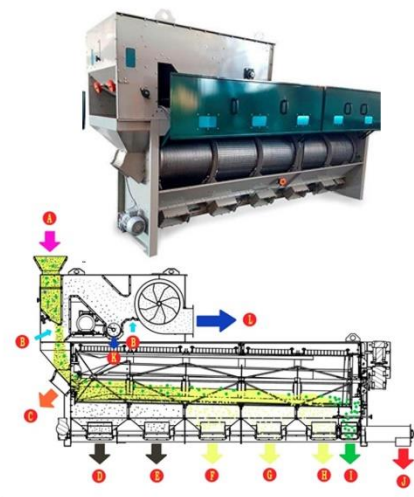
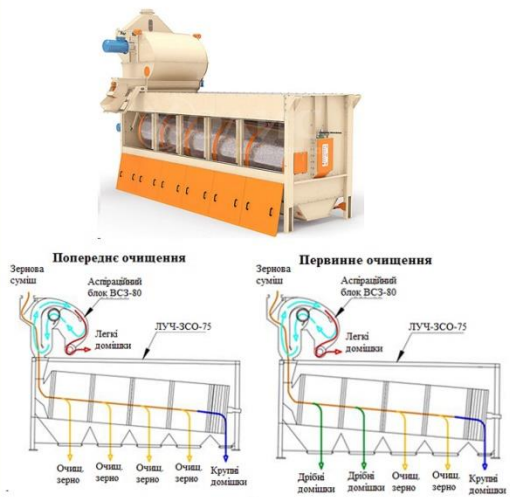
Кропивницький, 2023

Конструкції зерноочисних машин барабанного типу

Р1-630 00.001 Н4

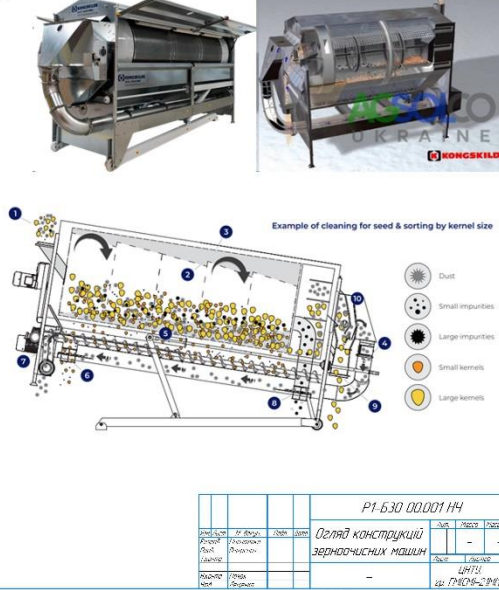
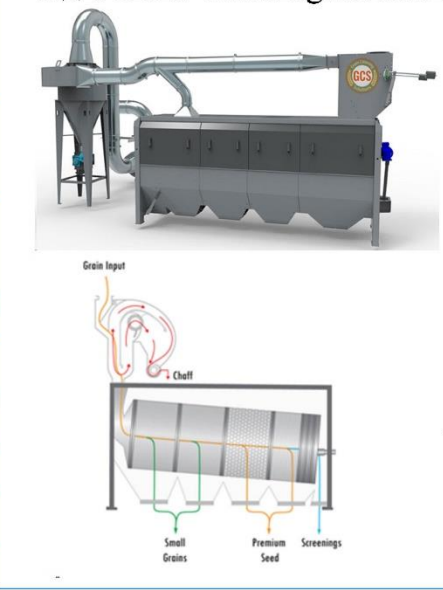
Зерновий барабанний сепаратор "ЛУЧ" ЗСО від ТОВ «ОЛІС»

Зерноочисна машина ОВС-355 завод сільгоспмашин «ЗСМ ВІМ»

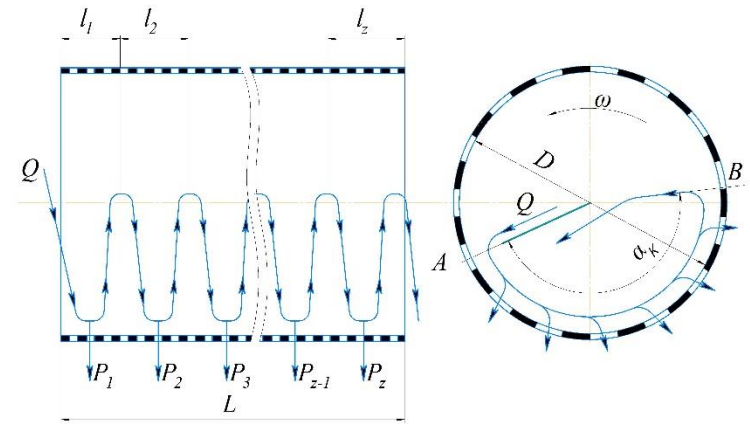


Зерноочисна машина з ротаційним барабаном GCS-1400 від «Grain Cleaning Solution»

Зерноочисна машина моделі KDC від Kongskilde



Теоретичні дослідження



Технологічний процес роботи циліндричного решета можна представити як суму однотипних елементарних процесів сепарації, що відбуваються послідовно один за одним на окремих ділянках по довжині решета. Продуктивність такого решета буде дорівнювати продуктивності його першого циклу Q_1 , яка може бути представлена добутком питомого навантаження q_{B1} та довжини ділянки решета l_1 , відбувається цей цикл:

$$Q = Q_1 = q_{B1} \cdot l_1$$

Ступінь розділення обробленого матеріалу ε , яка визначається як відношення виділеної кількості підсіву P_i до його початкової кількості P_0 в зерновій суміші, може бути представлена в даному випадку як:

$$\varepsilon = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_z}{P_0} = \frac{\sum_{i=1}^z P_i}{P_0}$$

де $P_1, P_2, P_3, \dots, P_z$ - кількість підсіву, що виділений, відповідно, в I, II, III, ... z циклах; z - кількість всіх циклів обробки.

Підставивши замість абсолютних величин $P_1, P_2, P_3, \dots, P_z$ відповідні їх відносні значення вмісту підсіву на початку i -го циклу в долях від одиниці ψ отримаємо:

$$\varepsilon = \frac{\psi_1 \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right) + \psi_2 \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right) + \dots + \psi_z \left(1 - e^{-\frac{\mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}} \right)}{\psi_0} = 1 - e^{-\frac{z \cdot \mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2}}$$

де μ - коефіцієнт сепарації, який можна визначити з умови:

$$\mu = \frac{2}{z \cdot D \cdot \alpha_k} \cdot \ln \left(\frac{\psi_0}{\psi_0 - \sum_{i=1}^z \psi_{ipi}} \right)$$

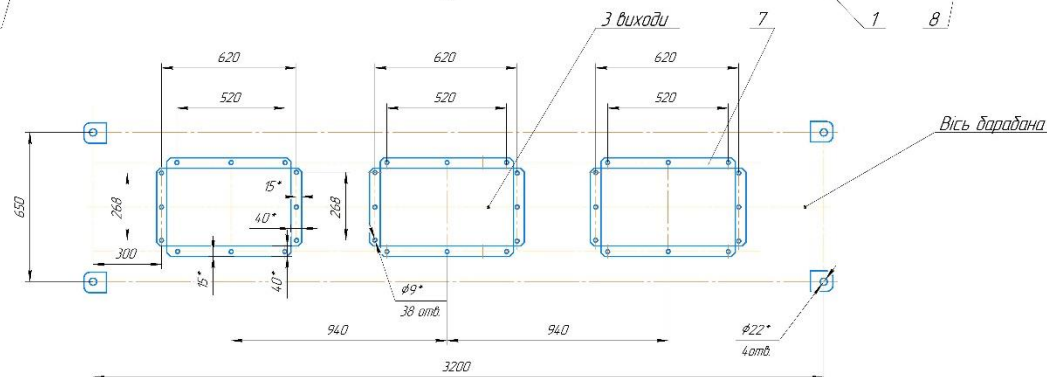
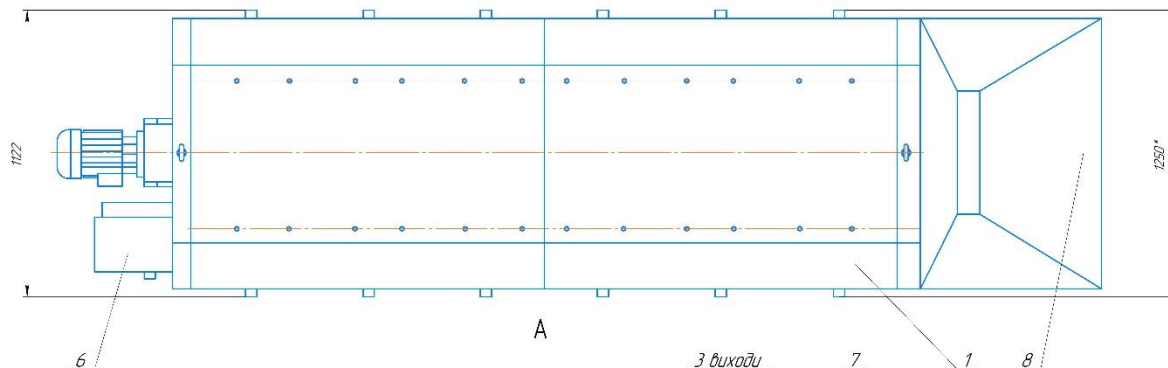
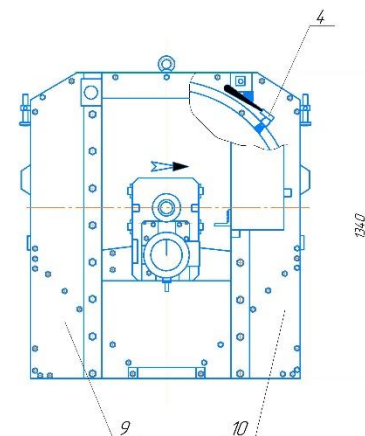
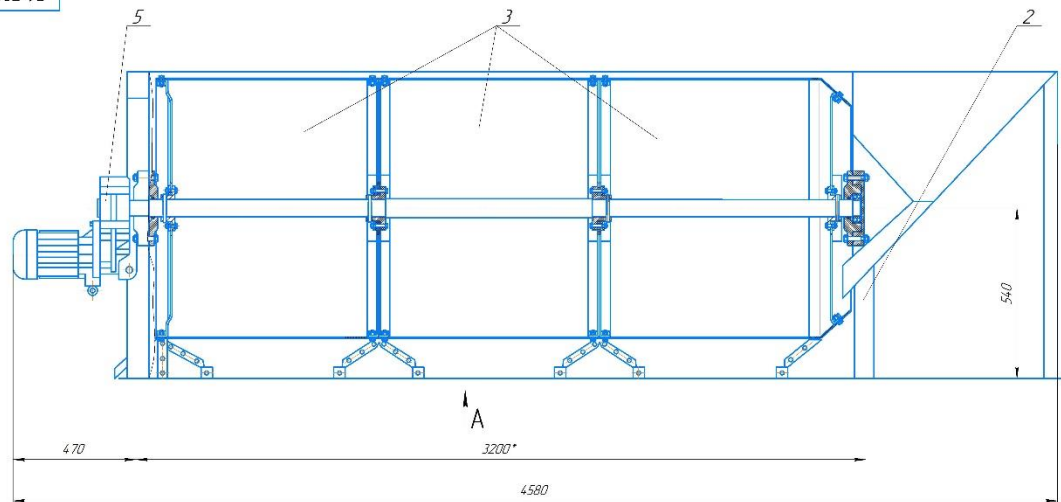
При відомих параметрах решета D, α_k та L для заданої якості розділення матеріалу продуктивність решітної сепарації можемо визначити згідно виразу:

$$Q = \frac{L \cdot q_{B1} \cdot \mu \cdot D \cdot \alpha_k}{2 \cdot \ln \frac{1}{1 - \varepsilon}}$$

Р1-630 00.001 Н4									
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.

Р1-630 00.002 Н4									
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.
Вид роб.	Тр. варт.	Варт. роб.	Варт. мат.	Варт. посл.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.	Варт. варт.

Р1-Б30 00.000 СБ



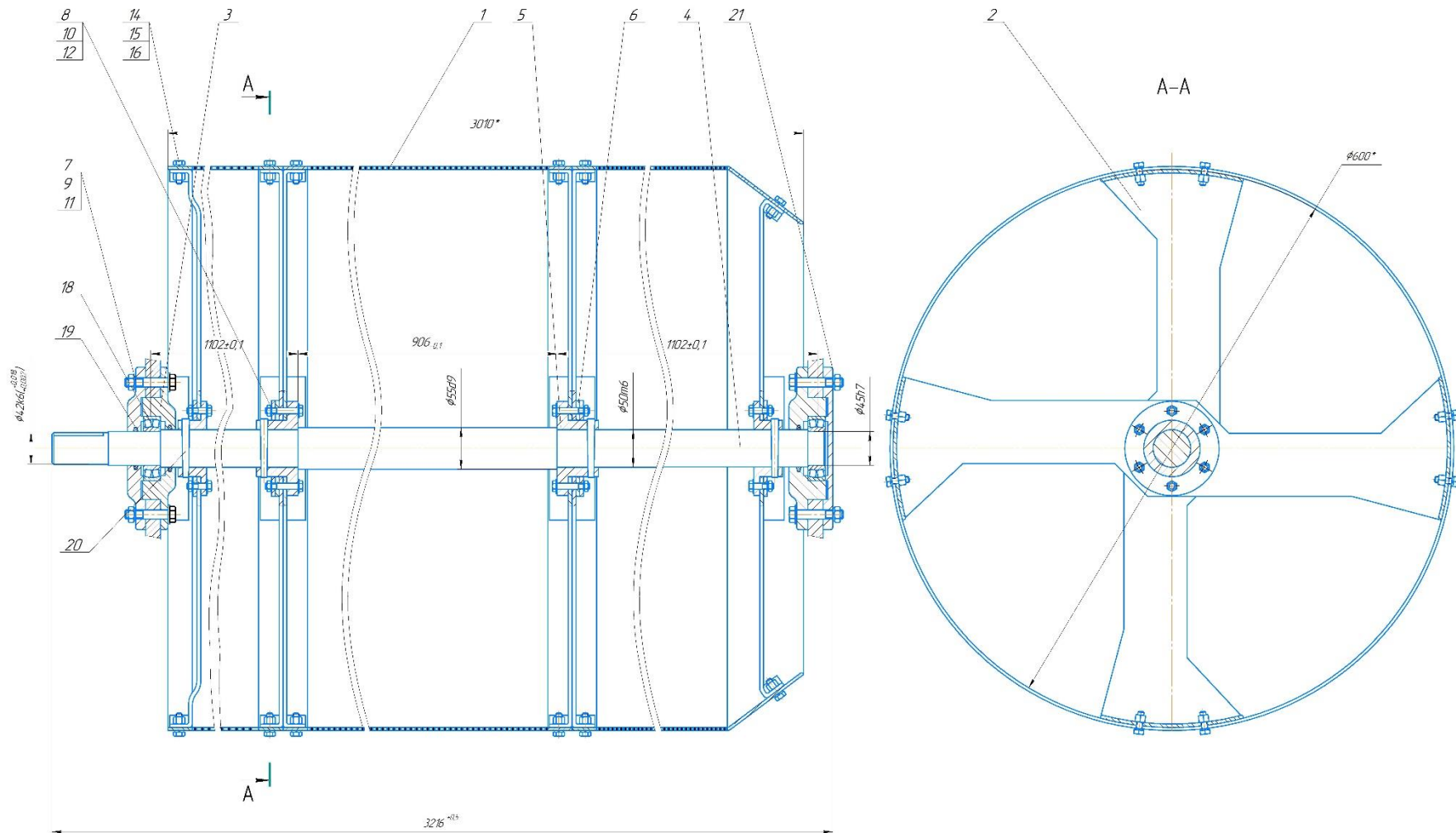
1. Розміри для надійки.

2. Після збирання вал барабана повинен обертатись вільно.

Р1-Б30 00.000 СБ				Зерноочисна машина Р1-Б30		
Код	Назва	Код	Назва	Лист	Рис.	Наклад
Р1-Б30	Зерноочисна машина	Р1-Б30	Зерноочисна машина	822	110	
Лист	Листов	Лист	Листов			
Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб			
Мат.	Мат.	Мат.	Мат.			

Копіювати

Формат А1



1 *Размеры для обработки

2. Після збирання вал барабану повинен обертатись вільно.

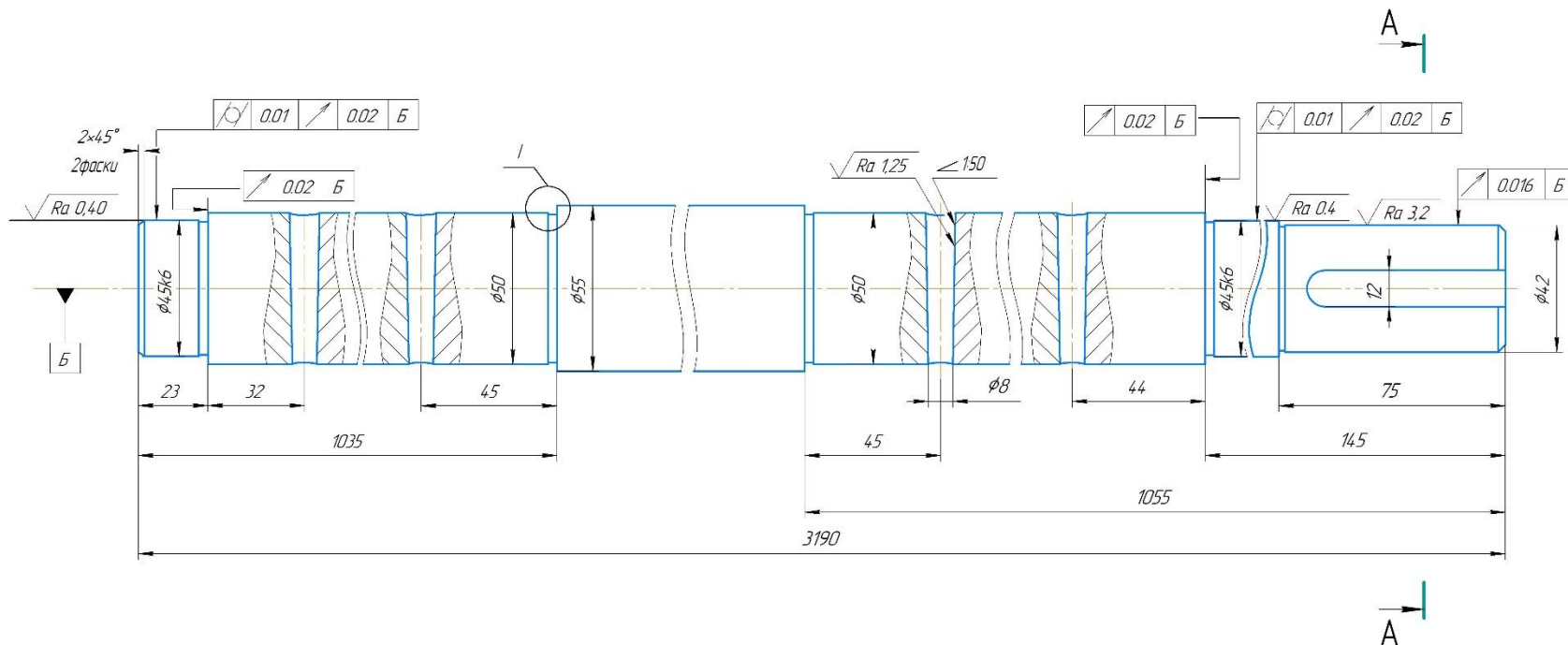
P1-530 00.030 СБ				Цилиндричне решето		
Знак	Вид	Матеріал	Колір	Лист	Колір	Назва
Решето	Металеве	Лист	Залізо	198	125	
Грати	Металеве	Лист	Лист	1		
Вал	Металеве	Лист	Лист			
Вал	Металеве	Лист	Лист			

Котирбай

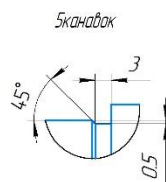
Фігурка ХТ

P1-Б30 00.030.504

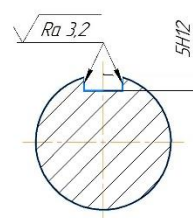
✓ Ra 12,5 (✓)



I (2:1)



A-A



1 * Размеры для довідок

2. Термообробка - нормалізація 170..190 НВ

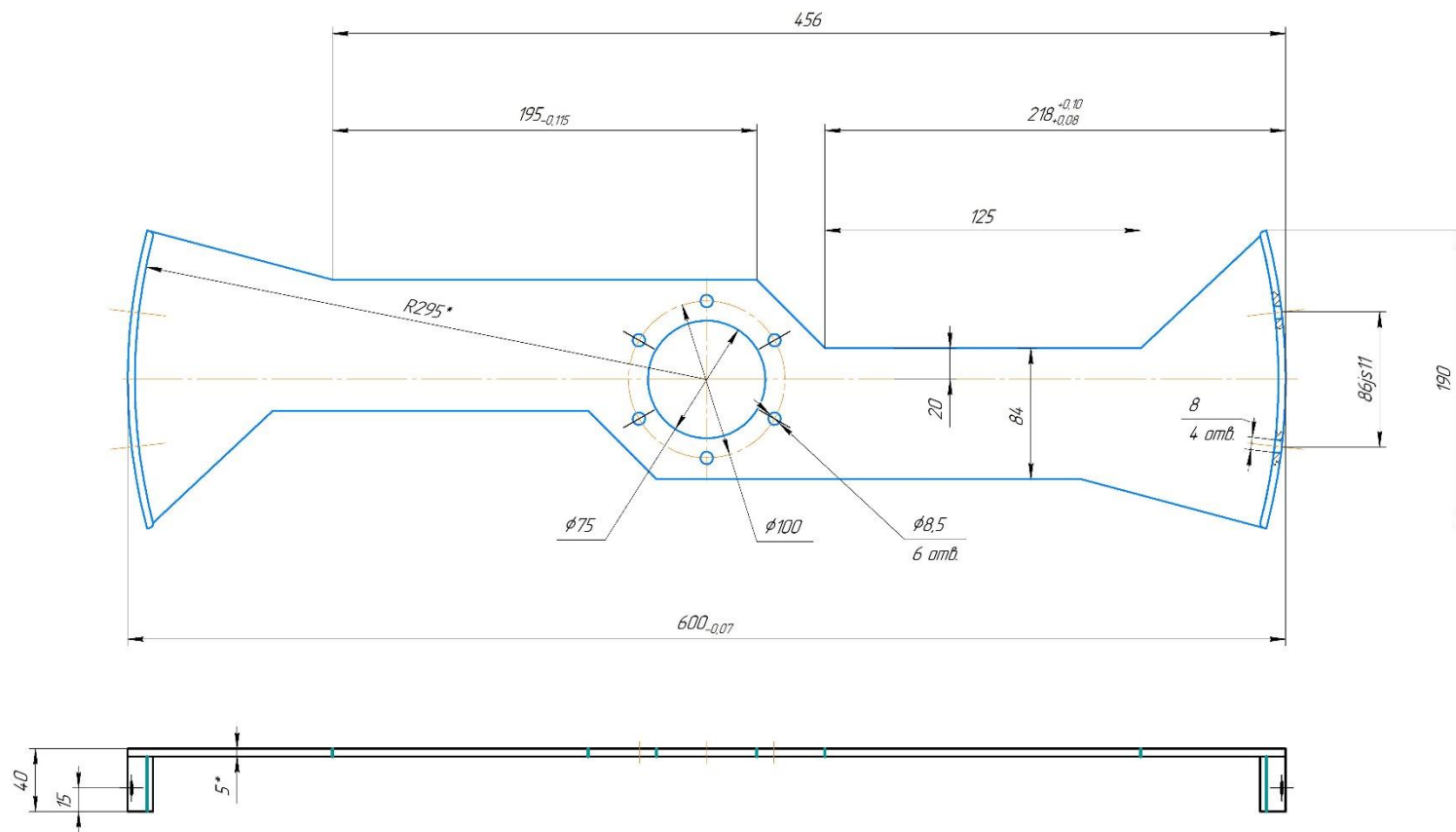
3. Невказані граничні відхилення розмірів:

отворів - по H14; валів - по h14; інших $\pm \frac{IT14}{2}$

P1-Б30 00.030.504					
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Михайченко				47
Проб.	Петренко				11
Т.контр.				Лист	Листов 1
И.контр.	Мачок			ЦИНТУ	
Утв.	Лещенко			Крм245-3ГП-М2-Т ДСТУ 7809:2015	
Копіював				Формат А2	



P1-Б30 00.030.402



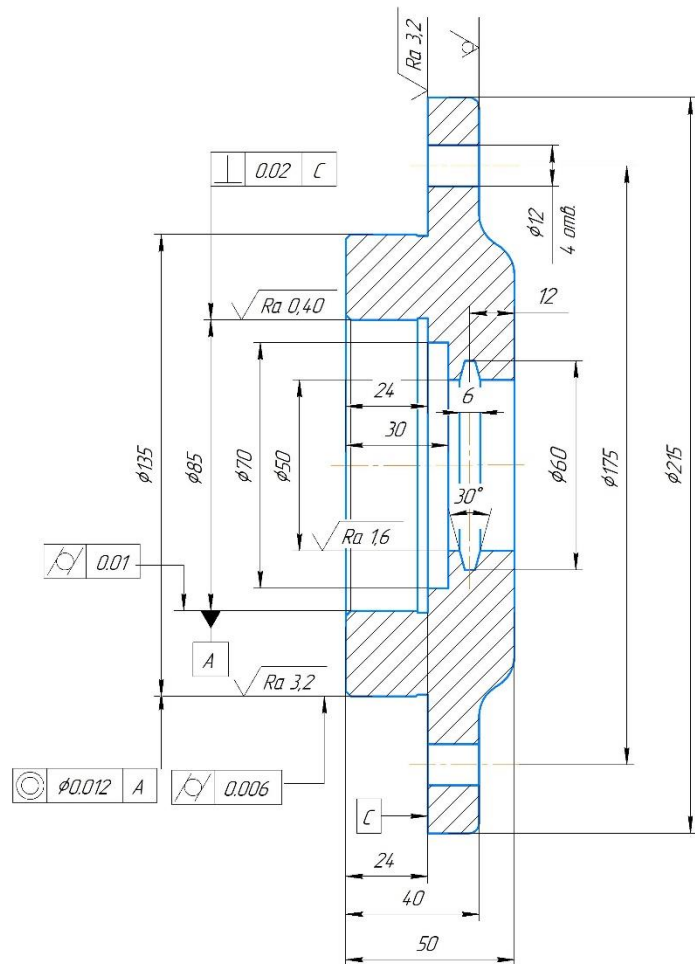
1. HRC: 48..53.
2. Неказані радіуси закруглень R 3мм.
3. Покриття Ц15хр по ДСТУ 2491-94.
4. Неказані граничні відхилення розмірів:

отворів - по H14; валів - по h14; інших $\pm \frac{IT14}{2}$.

5.* Розміри для довідок.

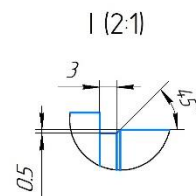
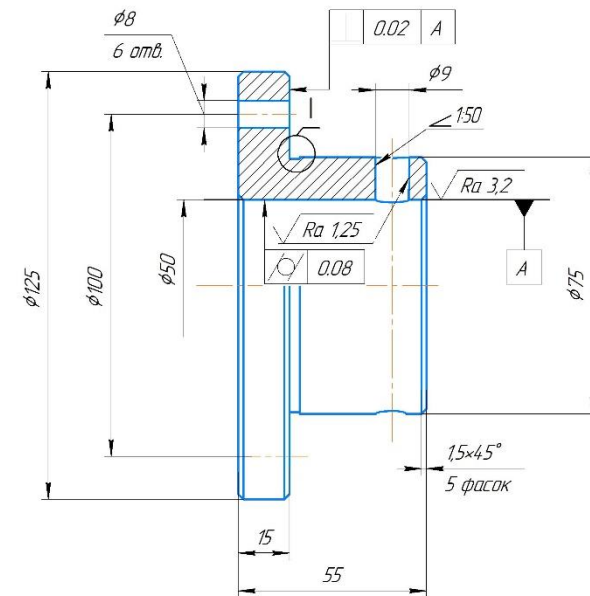
P1-Б30 00.030.402					
Лопать					
Б-ПН-0-50 ГОСТ 19903-74					
65Г-3 ДСТУ 8429:2015					
ЦИТУ, зр. ГМ(СМ)-21М(1,9)					
Копирабол					
Формат А2					

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разрбд	Михиленко				6,4	1:2
Пробд	Петренко					
Т.контр.						
Н.контр.	Мачок					
Утв.	Лещенко					



1. Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інших $\pm IT16/2$.
2. Невказані радіуси скруглень 1 мм.

						P1-Б30 00.030.103		
						Кришка		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дат.			Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Михитенко						6,3	1:1
Проб.	Петренко							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.	Мачок					ЦНТУ		
Умд	Лещенко					г.р. ГМСМ-27М(1,9)		
						СЧ200 ДСТУ EN 1561:2010		



1. Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інших $\pm IT16/2$.
2. Невказані радіуси скруглень 1 мм

						P1-530 00.030.105			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Даты		Маточина	Лит.	Масса	Масштаб
Разработ		Михилтенко						3,8	1:1
Проб		Петренко					Лист	Листов	1
Технопр.									
Наконтр.		Мачак				С4200 ДСТУ EN 1561:2010	ЦНТУ		
Утв.		Лещенко					ар. ГМ(СМ)-21М(19)		
						Копирова	Формат	A3	