Міністерство освіти і науки України

Одеський національний технологічний університет

Кафедра технологічного обладнання зернових виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
НА ТЕМУ: **«МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОЇ МИЙНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ЗЕРНА» КРБ.ТОЗВ.1.484 - 03.3.4**

Здобувач Гаврих В.В.
(прізвище, ініціали)
V курсу ЗМЗХ – 51 групи

Керівник: доц. Солдатенко Л.С.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. Гончарук Г.А.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 12.06.2023 р., протокол №_11_.

Завідувач(ка) кафедри ТОЗВ _____ Олег ГАПОНЮК
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

2022/2023 навч. рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ТЗ і ЗБ
Кафедра ТОЗВ
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Освітня програма «ІТ – сервіс обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ТОЗВ

професор ГАПОНЮК О.І.

«____»_____2023_р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ГАВРИХ В.В.

1.Тема роботи

«Модернізація комбінованої мийної машини для зерна»

Затверджена наказом університету від 25.08.2022 року

наказ №_484 -_03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 15.06.23р

3.Вихідні_дані_За базову модель прийняти комбіновану мийну машину Ж9-БМА, передбачити продуктивність 12 т/год, скоротити питому витрату води, удосконалити конструкцію ситового циліндру і гінців відтискної колонки

4.Перелік питань, які потрібно розробити

Згідно з вимогами методичних вказівок кафедри ТОЗВ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень)_Схеми - Потокової лінії - 0,5 л.А1; - Функціональна схема машини – 0,5 л. А1; - Кінематична схема машини – 0,5 л. А1; -Загальній вигляд – 1 л. А 1;- Перевантажувач – 1,5 л. А 1;- Мийна ванна – 1 л. А 1; - Сито – 1 л. А 1; Разом 6 л. А 1

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент Гончарук Г.А.	04.04.23р	05.06.23р

7. Дата видачі завдання____

_02.03.2023 року_____

Керівник доцент _____Солдатенко Л.С.

Завдання прийняв до виконання _____ Гаврих В.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технічне завдання на модернізацію	23.03.23р.	
2.	Технічна пропозиція	12.04.23	
3.	Ескізний проект	05.05.23	
4.	Технічний проект	15.06.23р.	

Керівник _____Солдатенко Л.С.

Здобувач-дипломник _____ Гаврих В.В.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ _____ Гаврих В.В.

ЗМІСТ

	Анотація……	5
	Вступ……....	6
1	Сучасний стан і перспективи розвитку конструкції машин для миття зерна водою……	7
1.1.	Описання технологічного процесу підготовки зерна до помелу і робочих операцій, які виконує комбінована мийна машина Ж9-БМА-9……..	7
1.2.	Технічні вимоги до сировини і готової продукції мийної машини……	9
1.3.	Критичний огляд у галузі мийних машин для зерна……	11
1.3.1.	Огляд функціональних схем і конструкцій мийних машин……	11
1.3.2.	Огляд результатів науково-дослідних і експериментально-конструкторських робіт……	29
1.3.2.1	Загальні закономірності процесу миття зерна……	29
1.3.2.2	Описання методик технологічних розрахунків……..	35
1.3.2.3	Описання методик кінематичних розрахунків……...	41
1.3.2.4	Описання методики силового розрахунку……..	42
1.3.3.	Описання винаходів та патентів у галузі теми роботи……..	45
1.4.	Висновки і обґрунтування напрямку модернізації……	48
2.	Технічне завдання на модернізацію мийної машини……	48
3.	Технічна пропозиція…….	51
4.	Ескізний проект…….	53
4.1.	Описання функціональної схеми машини……..	53
4.2.	Технологічні розрахунки……..	55
4.3.	Описання кінематичної схеми машини……..	57
4.4.	Кінематичні розрахунки (попередні)……..	58
5.	Технічний проект……..	60
5.1.	Описання розробленої конструкції……..	60
5.2.	Силовий розрахунок…….	62

5.3. Уточнений кінематичний розрахунок……. 64
5.4. Охорона праці…… 66
Література…….. 73
Специфікації…….. 74

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню параметрів і модернізації мийної машини для зерна, яку застосовують під час його очищення і підготовки до помелу у борошно. Метою роботи є усунення недоліків комбінованої мийної машини Ж9-БМА Дніпропетровського заводу «Продмаш».

Перед проектна частина роботи вміщує характеристику сировини і готової продукції відносно мийної машини, огляд функціональних схем обладнання аналогічного призначення, критичний огляд науково-дослідних робіт і методики розрахунків параметрів мийних машин, огляд і аналіз винаходів і патентів, спрямованих на удосконалення об’єкту модернізації. Один з цих винаходів покладено у основу проведеної модернізації мийної машини.

Наведені також технічне завдання на модернізацію, технічна пропозиція, ескізний та технічний проекти.

У складі технічного проекту розроблені схеми і креслення, передбачені завданням, загальним обсягом 6 листів А1.

Розрахунково-пояснювальна записка має 77 стор. У списку літератури наведено 5 найменувань.

ВСТУП

Ефективна і економічна робота промислових, зокрема, зернопереробних підприємств, можлива лише за умови використання ефективного і економічного обладнання.

На борошномельних заводах, особливо побудованих протягом останніх 40…50-и років, застосовується технологічне, зокрема, зерноочисне обладнання, яке не відповідає повною мірою цим вимогам. Наприклад, деякі підприємства застосовують комбіновані мийні машини для зерна Ж9-БМА Дніпропетровського заводу «Продмаш», які за окремими техніко-економічними чинниками поступаються іншим моделям, наприклад, машинам Ж9-БМБ або мийно-лущильним машинам А1-БМШ.

Модернізація мийних машин Ж9-БМА, спрямована на усунення їх недоліків, виявлених за період їх застосування, може сприяти удосконаленню технічної бази борошномельних заводів, які не мають наразі достатньо коштів для кардинальної реконструкції і технічного переозброєння.

Під час запланованої модернізації машин Ж9-БМА передбачається, зокрема, збільшити їх продуктивність до сучасного рівня, тобто до 12т/год, а також зменшити витрати води, що в умовах її дефіциту дуже актуально. Необхідно також підвищити надійність машини за рахунок покращення її ремонтопридатності шляхом удосконалення конструкції ситового циліндру відтискної колонки.

1.СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ МИТТЯ ЗЕРНА ВОДОЮ

1.1.Описання технологічного процесу підготовки зерна до помелу і робочих операцій, які виконує комбінована мийна машина Ж9-БМА

Зерно до помелу готують послідовно або паралельно відповідно до показника скловидності. Послідовну підготовку здійснюють на мукомельних заводах продуктивністю до 200 т/добу, а більше за 200 т/добу – паралельну.

Паралельна підготовка зерна до помелу високо скловидної і низько скловидної пшениць дозволяє застосовувати оптимальні режими зволоження і відволожування зерна в залежності від його технологічних властивостей, що призводить до досягнення більш високих чинників роботи борошномельного заводу по виходам і якості борошна.

На листі 1 графічної частини наведена технологічна схема паралельної підготовки зерна до помелу на борошномельному заводі продуктивністю 250…300 т/добу [2].

Зерно, що надходить з елеватора, розміщають окремо, відповідно до скловидності, у бункерах для неочищеного зерна. З бункерів зерно надходить двома потоками у підігрівачі (у зимовий період часу) і далі на автоматичні ваги.

Після зважування зерно очищують у скальператорі моделі БВЗ-10, сепараторі ЗСШ-20 і вібропневматичній каменевідбиральній машині А1-БКР.

Кожний потік у сепараторі ЗСШ-20 поділяється на дві фракції: 75% - крупної і 25% - дрібної. Крупна фракція вміщує тільки довгі домішки, а дрібна – короткі і довгі. Дрібна фракція зерна у каменевідбірнику також розділяється: 5% зерна вміщує тільки короткі домішки і 20% довгі і короткі.

Зерно, що вміщує тільки довгі домішки, обробляють у трієрах- вівсюговідбірниках, а тільки короткі – у кукілевідбірниках ; зерно з довгими і короткими домішками обробляють послідовно у кукілевідбірниках і вівсюговідбірниках.

Дрібні домішки з великим вмістом мінеральних домішок спрямовують для остаточного очищення у вібропневматичну машину А1-БКР для відокремлення «каміння».

Після вилучення домішок, на першому етапі зерноочищення зерно спрямовують на гідротермічну обробку у мийних машинах Ж9-БМА і у зволожуючі машини Т1-БУВ-10. Далі може бути здійснене холодне або швидкісне кондиціонування. Після засіків для відволожування, зерно надходить у дозатори, потім змішується зерно високої і низької скловидності і обробляється у магнітних колонках БКМ-3.

Далі весь потік обробляють в оббивальній машині ЗНП-10, у щітковій машині А1-БЩП-10, у дуоаспіраторі БВЗ-10 і остаточно у сепараторі шафового типу ЗСШ-20.

Після додаткового зволоження і зважування, зерно спрямовують на 1др. систему.

Застосування технологічної схеми з фракційним очищенням зерна дозволяє зменшити навантаження на коміркові поверхні трієрів, скоротити їх кількість, збільшити ступінь очищення зерна і провадити відокремлену гідротермічну обробку крупних і дрібних фракцій зерна.

У мийній машині при цьому здійснюються наступні операції:

- змочування водою поверхні зерна і попереднє руйнування щільних покладів пилу;

- гідросепарування у висхідних струменях води, що їх створюють лопаті обертальних шнеків, тобто, відокремлення від зерна основної культури гідродинамічно легких і важких домішок;

- миття поверхні зерна, зокрема, борозенки від пилу і мікроорганізмів;

- відокремлення води від зерна;

- зволоження зерна внаслідок його контактування з водою;

- часткове мокре лущення оболонок зерна внаслідок тертя по шорстким поверхням сит відтискної колонки.

1.2.Технічні вимоги на сировину і готову продукцію стосовно мийної машини

Зерно, що надходить на мийну машину, повинно відповідати наступним нормам якості.

Вологість при сортових помелах має бути до 12,5% для пшениці 1 і 2 типів, а для інших типів – до 13,5%.

Вміст сміттєвої домішки має бути не більше 2%, у тому числі шкідливої до 0,2%. У складі шкідливої домішки вміст сажки і ріжків (окремо або разом) не більше за 0,05%. При наявності насіння гірчаку або в'язелю (окремо або разом) – до 0,04% у складі загальної норми 0,05%. Зерно, яке вміщує сажку у мішечках, зерно мазане і синьогузочне обов'язково обробляють у мийних машинах.

Вміст зернової домішки у зерні пшениці < 5%, у зерні жита < 4%,

у тому числі пророслих зерен - не більше за 3%.

Кількість і якість клейковини у зерні пшениці має забезпечувати виготовлення стандартного борошна.

Характеристика готової продукції, яку отримують після мийної машини, тобто, вимоги до її ефективності, мають бути такі

- зменшення зольності на 0,02…0,05%;

- кількість відходів по відношенню до маси обробленого зерна 0,2…0,5%;

- збільшення вологості у зерні має складати 1,9% - для зерна 1 і 2 типів та 1,6% - для пшениці 1У типу;

- збільшення вмісту битого зерна – до 1%.

У таблиці 1 наведені основні фізичні властивості зерна пшениці та жита, з аналізу яких походить, що для ефективного здійснення процесу гідравлічної класифікації слід використовувати відмінність у густині зерна і мінеральних домішок.

Таблиця 1

Фізичні властивості зерна пшениці і жита, як сировини відносно мийної машини

Культура	Розміри зерна, мм			Густина, г/см^3	Швидкість вітання, м/с	Коеф. тертя по сталі
	довжина	ширина	товщина			
Пшениця	4,8…8,6	1,8…4,0	1,6…3,8	1,2…1,5	6,5…11,5	0,37
Жито	5,0…9,8	1,4…3,4	1,0…3,4	1,3…1,4	6,0…9,9	0,37
Мінеральні частинки	Співрозмірні з зерном			1,9…2,7	-	-

За даними О.Я.Соколова [1] , при густині нормальних зерен пшениці $\rho_п$=1,35 г/см^3 і густині зерен, уражених головнею $\rho_{п.г.}$=1,02 г/см^3, відношення $\rho_п : \rho_{п.г.}$=1,33 у повітрі. Після занурення у воду, густина якої дорівнює одиниці, відношення змінюється

$$\frac{\rho_{п-1}}{\rho_{п.г.-1}} = \frac{1{,}35-1}{1{,}02-1} = \frac{0{,}35}{0{,}02} = 17{,}5\,,$$

тобто, відношення густини $\rho_п : \rho_{п.г.}$ збільшується майже у 13 разів. Відтак, у водному середовищі відмінність у густині компонентів зернової суміші збільшується, що дає підставу для використання цього явища у практичних цілях, наприклад, для очищення зерна від частинок з більшою густиною (мінеральних), або з меншою - (органічних).

Вода, яку використовують для миття зерна, за властивостями має відповідати вимогам до господарсько-питної води. Зокрема, за вмістом кишкової палички (за колі-індексом), вода для миття зерна придатна у разі, якщо колі-індекс ≤ 3. Це означає, що у 1 л води знаходиться не більше за три кишкові палички.

З урахуванням викладеного, стає зрозумілим прагнення всіляко зменшувати питому витрату води на миття зерна, яка у машині Ж9-БМА за пас-

портом (теоретично) не перевищує 0,86 л/кг зерна, а фактично складає 1,0…1,2 л/кг і більше.

1.3 Критичний огляд у галузі теми роботи

1.3.1. Огляд функціональних схем і конструкцій мийних машин для зерна

Класифікація мийних машин

За особливостями конструкції мийні машини підрозділяються так:

- горизонтальні
- вертикальні
- без пристрою для зневоднення митого зерна
- комбіновані

Горизонтальні мийні машини, або машини барабанного типу, показані у вигляді функціональної схеми на рис.1. Миття зерна відбувається всередині нерухомого горизонтального циліндра, вздовж осі якого обертається вал з бичами. Бичі перемішують зерно з водою і пересувають його за гвинтовою траєкторією по внутрішній поверхні циліндра, нижня половина якої зроблена сітчастою. Крізь отвори сита відбувається зневоднення митого зерна, тоді як зерно іде сходом з поверхні циліндра у окремий збірно-вивідний лоток. У машині не передбачена можливість відбирання гідродинамічно легких і важких домішок. Саме тому машини цього типу на борошномельних заводах сьогодні практично не застосовують.

Вертикальні мийні машини (рис.2) вміщують нерухомий вертикальний циліндр, нижня частина якого має приймальний патрубок для зерна і підшипникову опору для нижнього кінця гінцево-бичового ротора. Верхній кінець вала лежить у верхньому підшипнику, встановленому у центрі чавунної розетки, яка спирається на нижній корпус чотирма вертикальними стояками. Верхня частина циліндра зроблена сітчастою, за рахунок чого відбувається зневоднення зерна, яке інтенсивно перемішується і миється у нижній частині машини, поступово переміщається гінцями ротора догори,

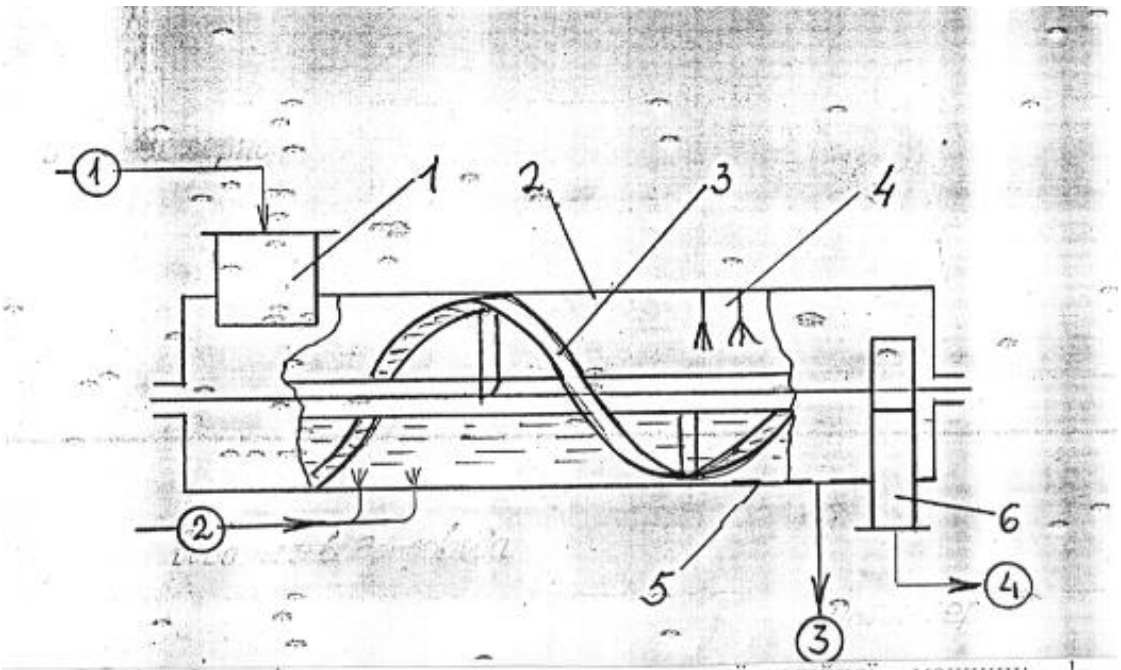

Рис.1 Функціональна схема горизонтальної мийної машини: 1-приймальний патрубок для вихідного зерна; 2-корпус; 3-бичовий ротор; 4-форсунки-ополіскувачі; 5-сітчастий півциліндр; 6-збірно-вивідна воронка для митого зерна; (1) -вихідне зерно; (2) – вода з водопровідної мережі;(3) -стічна вода; (4) – мите зерно

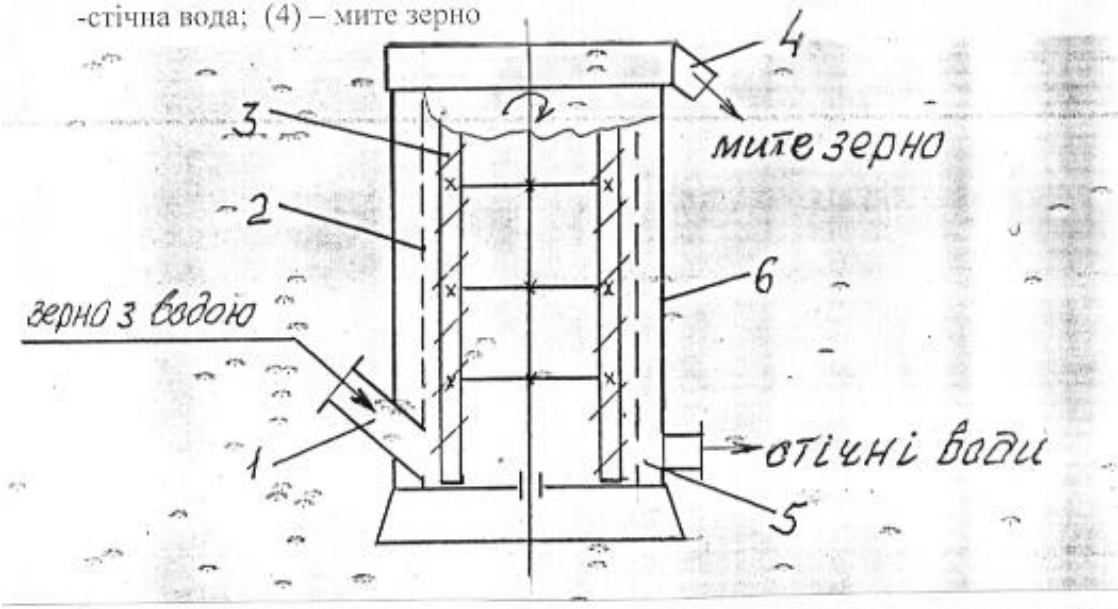

Рис.2 Функціональна схема вертикальної мийної машини: 1-приймальний патрубок для вихідного зерна; 2-ситовий циліндр; 3-гінцево-бичовий ротор; 4-патрубок для виходу митого зерна; 5-збірно-вивідний пристрій для стічної води; 6-зовнішній знімний кожух

притискається відцентровими силами інерції до ситової поверхні і потрапляє у розетку. Розетка має випускні патрубки для митого зерна, яке виходить назовні окремо від відпрацьованої води, що проходить крізь отвори сита. Машина не забезпечує очищення зерна від легких і важких домішок. У цьому полягає її недолік. Але вона придатна для використання у складі комбінованих мийних машин у якості зневоднюючого водо відтискного пристрою.

Мийні машини без пристрою для зневоднення митого зерна складаються з корпусу з двома горизонтальними шнеками, які перемішують зерно з водою і одночасно транспортують його в напрямку до нижнього кінця третього, похилого шнека, що обертається у сітчастому циліндрі з випускним патрубком для митого зерна. Перемішування зерна у воді супроводжується миттям його поверхні. Цьому також сприяє додаткове обприскування зерна водою, яка подається під тиском у форсунки. Конструкцією передбачене відокремлене вилучення легких і важких домішок, однак, зневоднення митого зерна не здійснюється: для цього зерно подають у окрему відтискну колонку.

Комбіновані мийні машини мають агрегатовану конструкцію: вони складаються з двох окремих частин – горизонтальної мийної ванни і вертикальної відтискної колонки. Мийна ванна здійснює миття і гідро сепарування зернової суміші за ознакою густини складових. Відтискна колонка призначена для центрифугування митого зерна з метою його зневоднення. Таким чином, в машині відбувається послідовна обробка зерна, яка забезпечує його миття і відокремлення гідродинамічно легких та важких домішок з подальшим зневодненням до вологості, передбаченої вимогами технології.

Комбінована мийна машина ЗКМ-60 зображена на рис.3. Це була перша машина такого типу, яка застосовувалась на вітчизняних підприємствах тривалий час. Досвід використання машини ЗКМ-60 дозволив накопичити низку зауважень і пропозицій щодо удосконалення її конструкції в умовах Дніпропетровського машинобудівного заводу «Продмаш».

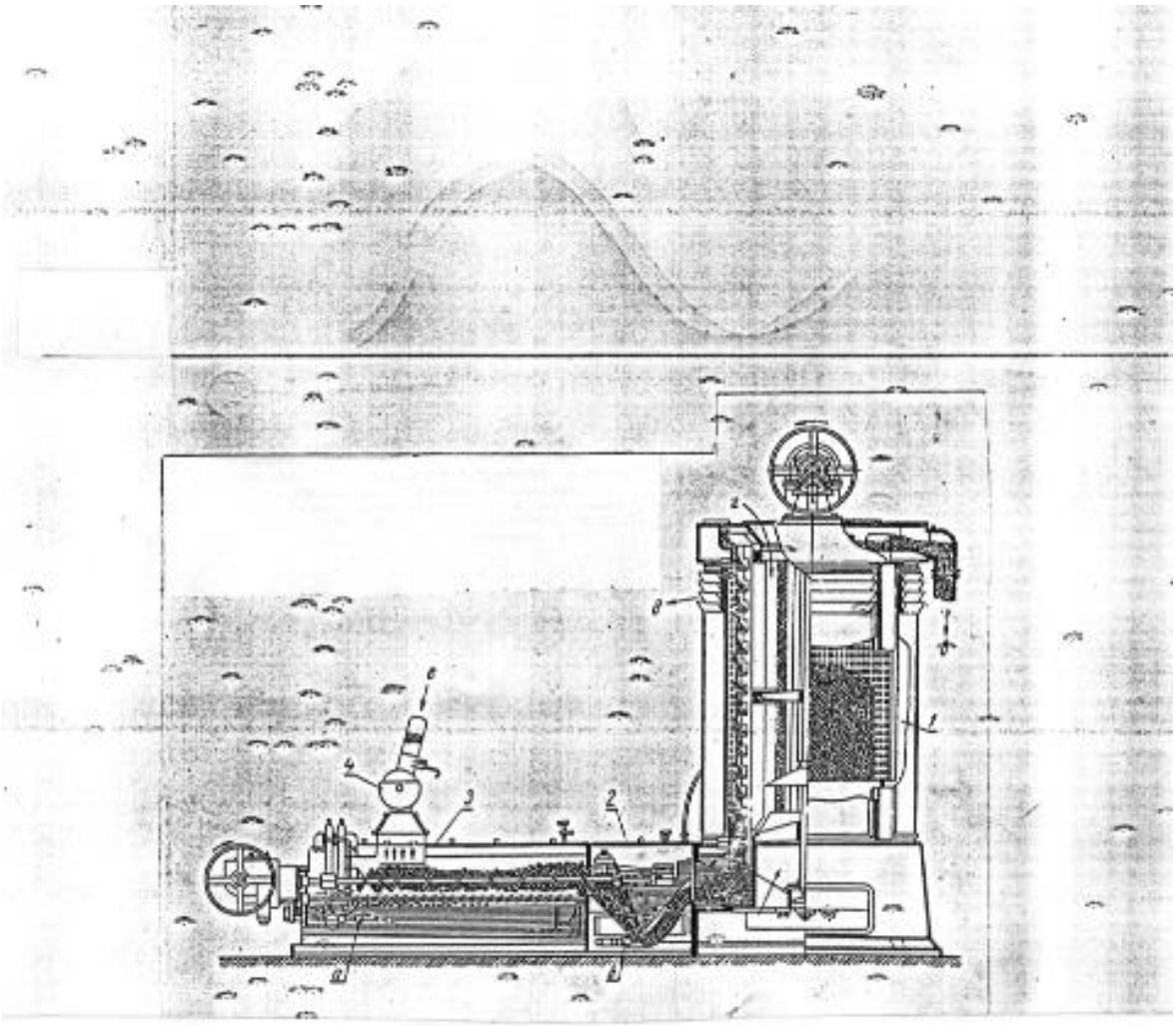

Рис.3 Функціональна схема мийної машини ЗКМ-60: 1-відтискна колонка; 2-сплавна камера; 3-мийна ванна; 4-приймальний пристрій; а – подача води у со'пла для вилучення мінеральних домішок; б – подача води у со'пла для переміщення зерна; в – випуск зерна; г – надходження повітря; д – вихід повітря; е – подача зернової суміші

Машина має продуктивність 6 т/год і складається з наступних основних частин: мийної ванни 3, сплавної камери 2, контр привода 5, відтискної колонки 1, живильника 4, трубопроводів водопостачання і насоса.

Мийна ванна і сплавна камера зварної конструкції виготовлені з листової сталі. Ванна розділена у поздовжньому напрямку на дві неоднакові частини: більшу – шнекову і меншу – відстійну. У шнековій частині розташовані два корита двох паралельних шнеків, які мають однакові розміри і приводяться у обертання з однаковою частотою, але у протилежному напрямку. Корита шнеків мають поздовжні щілини, під якими знаходяться два шнеки меншого діаметра, призначені для транспортування у зворотному напрямку частинок мінеральних домішок (каміння), які осаджуються у верхніх (зернових) шнеках і крізь щілини їх кожухів потрапляють у нижні шнеки.

Привод шнеків здійснюється від електродвигуна з допомогою контрпривода і зубчастого редуктора.

Відстійна частина мийної ванни має заслінку для регулювання надходження брудної води з відтискної колонки.

Сплавна камера, як і мийна ванна, розділена на два відсіки. Більший з них є, власно кажучи, сплавною камерою, а менший слугує приймачем брудної води, що надходить з відтискної колонки.

Відтискна колонка складається з чавунної основи і верхньої траверси, з'єднаних між собою чотирма стояками. Таким чином створюється міцний потужний каркас з двома підшипниковими вузлами, розташованими співвісно, тобто, на загальній вертикальній осі. В цих підшипниках встановлено вертикальний вал з чавунними розетками, до яких болтами кріпляться вертикальні сталеві бичи з гінцями. Гінці суміжних бичів створюють ступінчасту переривчасту гвинтову поверхню, яку зовні охоплює ситовий циліндр з отворами лускоподібного типу для води, що відокремлюється.

Внутрішня поверхня циліндру шорстка. Водно-зернова маса ковзається по ній під дією гінців ротора, внаслідок чого відбувається відокремлення від зерна частинок бруду і часткове вологе лущення плодових оболонок. Вони

разом з краплями води проходять назовні крізь щілини ситового циліндру, а зерно виходить у траверсу і евакуюються з неї спеціальними лопатями крізь тангенціальні випускні патрубки. Для безперешкодного виведення назовні відокремлених частинок плодових оболонок і крапель відпрацьованої води, ситові поверхні циліндричної обичайка повинні бути встановлені так, щоб напрямок орієнтації козирків їх отворів співпадав з напрямком обертання гінцево-бичового ротора.

Живильник машини має зварний корпус, приймальний патрубок для зерна, впускну засувку, шарнір і два напрямні клапани для спрямування вихідного зерна на поверхні зернових шнеків в тому місці, де лопаті шнеків створюють висхідні струмені води, яка заповнює їхні кожухи до рівня осей шнеків.

Переміщання митого зерна з мийної ванни у відтискну колонку здійснюється у сплавній камері, яка має для цього два гідротранспортери, побудовані за принципом ежекції, тобто, воронкоподібний приймач митого зерна має у нижній частині ежектор (сопло), де струм води під тиском підхоплює водно-зернову пульпу і переміщує її по спеціальному трубопроводу у нижню частину відтискної колонки. Аналогічний пристрій існує у протилежній частині мийної ванни для гідротранспортування важких домішок (каміння) з мийної ванни у спеціальний збірник-накопичувач.

Наявність гідротранспортерів відноситься до особливостей мийної машини і призводить до витрати великої кількості води (до 3-х л/кг зерна).

Мийна машина Ж9-БМБ (рис.4). Машина складається з двох основних частин: мийної ванни 1 і відтискної колонки 2. Мийна ванна вміщує два поздовжні лотки з розташованими у них зерновими шнеками 3. Під зерновими шнеками знаходяться гвинти 4 для мінеральних домішок (каміння). Живильний пристрій 5 призначено для подачі початкового зерна у

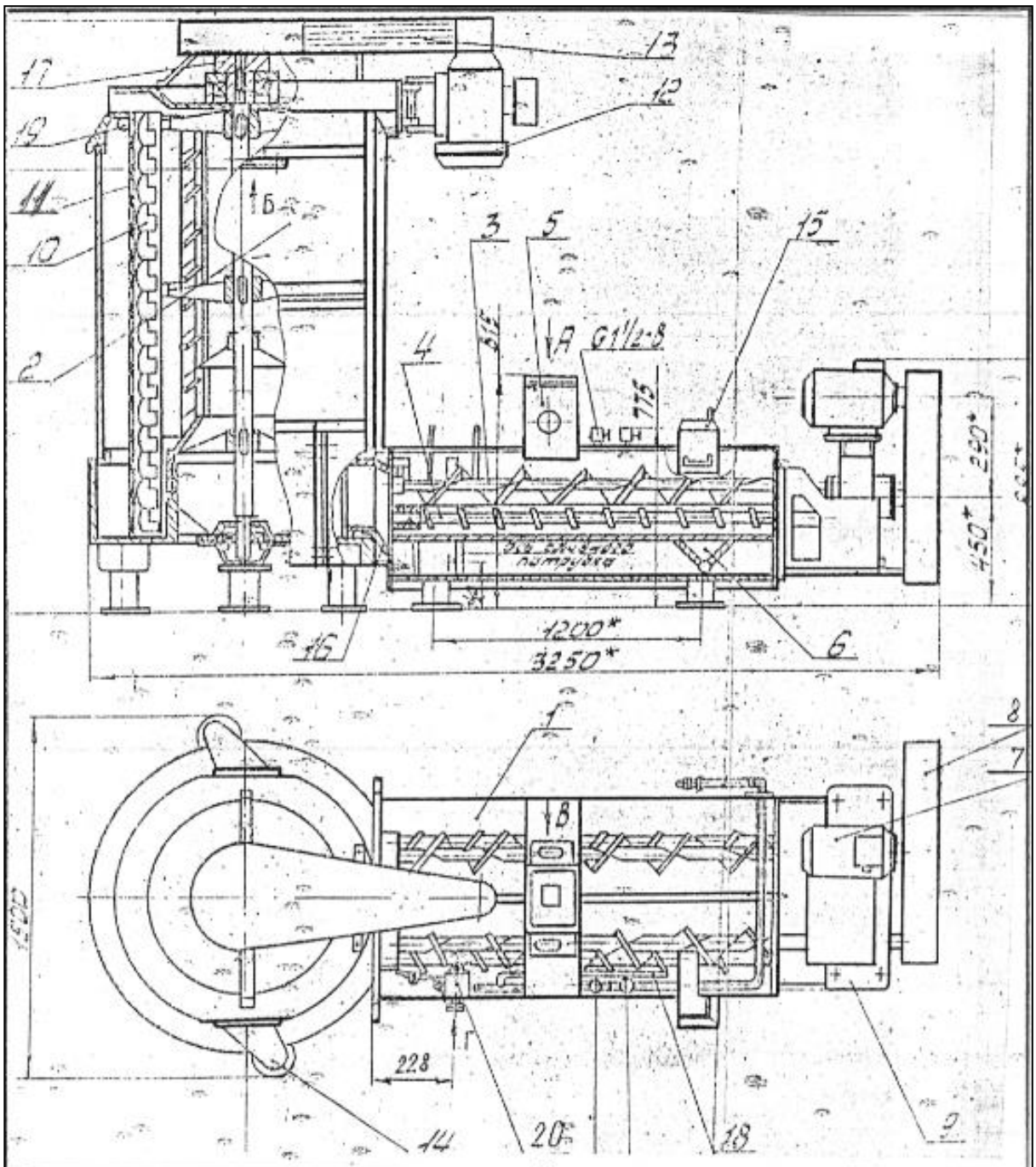

Рис.4 Функціональна схема комбінованої мийної машини Ж9-БМБ: 1-мийна ванна; 2-відтискна колонка; 3-шнеки для зерна; 4-шнеки для каміння; 5-приймальний пристрій; 6-гідротранспортер для каміння; 7-привод шнеків; 8-огородження; 9-редуктор; 10-гінці; 11-ситовий циліндр; 12-електродвигун; 13-клинопасова передача; 14-вихід митого зерна; 15-збірник-накопичувач мінеральних домішок; 16-перехідний патрубок; 17-гіпцево-бичовий ротор; 18-піногасник; 19-змивний пристрій; 20-зливний патрубок

мийну ванну, тобто, у зону дії зернових шнеків, які транспортують його у напрямку до відтискної колонки з одночасним перемішуванням, яке супроводжується миттям поверхні зерна і відокремленням гідродинамічно легких і важких домішок. Гвинти 4 транспортують мінеральні домішки у зворотному напрямку, де вони надходять у лоток 6. Місце розташування живильного пристрою 5 визначає тривалість перебування зерна у мийній ванні, тобто, тривалість обробки зерна водою. Воно уточняється в процесі експлуатації машини залежно від вологості і засміченості вихідного зерна.

Машина має два індивідуальні приводи: привод зернових шнеків і каменевідбиральних гвинтів, і привод відтискної колонки. Привод шнеків і гвинтів здійснено електродвигуном 7, клинопасовою передачею 8 і редуктором 9. Напрямки переміщання зерна і мінеральних домішок у мийній ванні протилежні. Для гасіння піни, що виникає під дією шнеків, у відстійному відсіку встановлені дві форсунки 23.

Відтискна колонка 2 має основу і верхню голівку зварної конструкції, з'єднані між собою трьома стояками, що створює потужний міцний каркас. В середині каркасу розташовано бичовий ротор 12, навколо якого встановлено ситовий циліндр 13. Ротор складається з чотирьох розеток, закріплених на валу шпонковими з'єднаннями, до яких пригвинчені вертикальні бичи. Кожен з десяти бичів має на собі по п'ятнадцять гінців, розташованих під кутом у 40 градусів до горизонту. Гінці суміжних бичів створюють переривчасту гвинтову поверхню, між якою і ситом лишається радіальний зазор близько шести міліметрів. Вал ротора встановлено у співвісних підшипникових опорах кочення. Вертикальне розташування вала ротора можна налагоджувати спеціальною гайкою, яка знаходиться під шківом привода ротора. Це налагодження дозволяє уникнути контакту між нижніми гінцями і дном основи колонки, де сформовано кільцеподібну мийну ванну, у яку надходить мите зерно з водою для зневоднення за рахунок ефекту центрифугування. На верхній частині декількох бичів, через один, знаходяться подовжені лопатки для проштовхування обробленого зерна у випускні патрубки верхньої голівки.

На ній існують два люки для заміни зношених лопаток і контролю за станом зони випуску зерна з колонки. У центральній частині ротора знаходяться вертикальні сталеві пластини-лопаті, які створюють вентиляторний ефект, під дією якого зовнішнє повітря засмоктується в колонку, продуває шар зерна на ситі і додатково сприяє його зневодненню.

Машина здійснює вологе очищення зерна від органічного і мінерального пилу, що знаходиться на поверхні зерна і у його борозенці, а також від залишків органічних і мінеральних домішок, не відокремлених попередніми машинами зерноочисного відділення. Це відбувається як у мийній ванні під впливом обертових шнеків, так і у відтискній колонці внаслідок протирання зернової маси по шорсткій поверхні ситового циліндру. Штамповане сито з лускоподібними отворами 1,1х20 мм пропускає назовні краплини води, але затримує зерно, яке гінцями поступово переміщається знизу вгору, втрачаючи при цьому більшу частину води. Одночасно відбувається часткове мокре лущення плодових оболонок, які разом з відокремленою водою проходять крізь отвори сита назовні. Вода стікає донизу і потрапляє у відстійне відділення мийної ванни, а оболонки мають тенденцію налипати на зовнішню поверхню сита, блокуючі його отвори і перешкоджаючі процесу зневоднення. Щоб цього уникнути, навколо верхньої частини сита встановили кільцеподібну трубу з дрібними отворами, крізь які вода під тиском надходить на сито і змиває з нього налиплі частинки оболонок і відокремленого бруду. Машина закрита зовнішнім кожухом, який має гумові ущільнення для ізоляції її внутрішнього простору від приміщення цеху. Підлога навколо машини вкривається керамічною плиткою; в ній роблять трап для відведення у каналізацію бризок і крапель води. На підлозі встановлюють дерев'яні решітки і гофровані гумові килимки. Приміщення мийних машин, з санітарно-гігієнічних міркувань, має бути відокремлене від основного цеху.

Машина для мийки і мокрого лущення зерна А1-БМШ. Машина А1-БМШ (рис.5) призначена для очищення поверхні зерна від щільних відкладень пилу і мікроорганізмів, для додаткового зволоження зерна і част-

кового відокремлення мокрих плодових оболонок, яке відбувається під час механічного зневоднення митого зерна.

У потокових лініях підготовчих відділень борошномельних заводів, машини А1-БМШ встановлюють після повітряних сепараторів РЗ-БСД перед засіками для відволожування зерна.

Робоча зона машини знаходиться всередині нерухомого ситового циліндра 10, який з зовнішньої сторони охоплює вертикальний гінцево-бичовий ротор. Останній складається з вала 24 з розетками 25, до яких болтами кріпляться вертикальні пластини – бичі. На зовнішній поверхні бичів на заклепках встановлені похилі лопаті – гінці 13. До нижніх гінців14 кріпляться регульовані пластини, які налаштовують так, щоб уникнути безпосереднього контакту між ними і дном кільцеподібного мийного резервуара, де відбувається перемішування зерна з водою, тобто, його мийка. Одночасно слідують за тим, щоб вертикальний зазор між нижніми гінцями і дном мийної ванни лишався мінімальним - не більше за товщину зерна - щоб запобігти створенню нерухомого зернового прошарку, здатного проростати, загнивати і погіршувати санітарний стан приміщення.

Корпус 8

має приймальний патрубок 21 для вихідного зерна і води, яка надходить з водопостачальної мережі підприємства крізь ротаметр 12 і регулювальний вентиль. Водно-зернова суміш потрапляє у мийну зону між внут прямотний отвір, закритий з'ємною кришкою 22 – суцільною, або сітчастою. Сітчасту встановлюють тоді, коли вихідне зерно має завелику (більше 14%) вологість і створює небезпеку підвищеної, наднормативної вологості митого зерна. Тоді частина води зливається з мийної зони крізь отвори кришки, і час рішнім циліндром 18 і зовнішнім 19. Бокова стінка циліндра 19 має прямокутний отвір, закритий з'ємною кришкою 22 – суцільною, або сітчастою. Сітчасту встановлюють тоді, коли вихідне зерно має завелику (більше 14%) вологість і створює небезпеку підвищеної, наднормативної вологості митого зерна. Тоді частина води зливається з мийної зони крізь отвори кришки, і час перебування

зерна в воді зменшується, а відтак – зменшується і зволоження зерна. Одно-

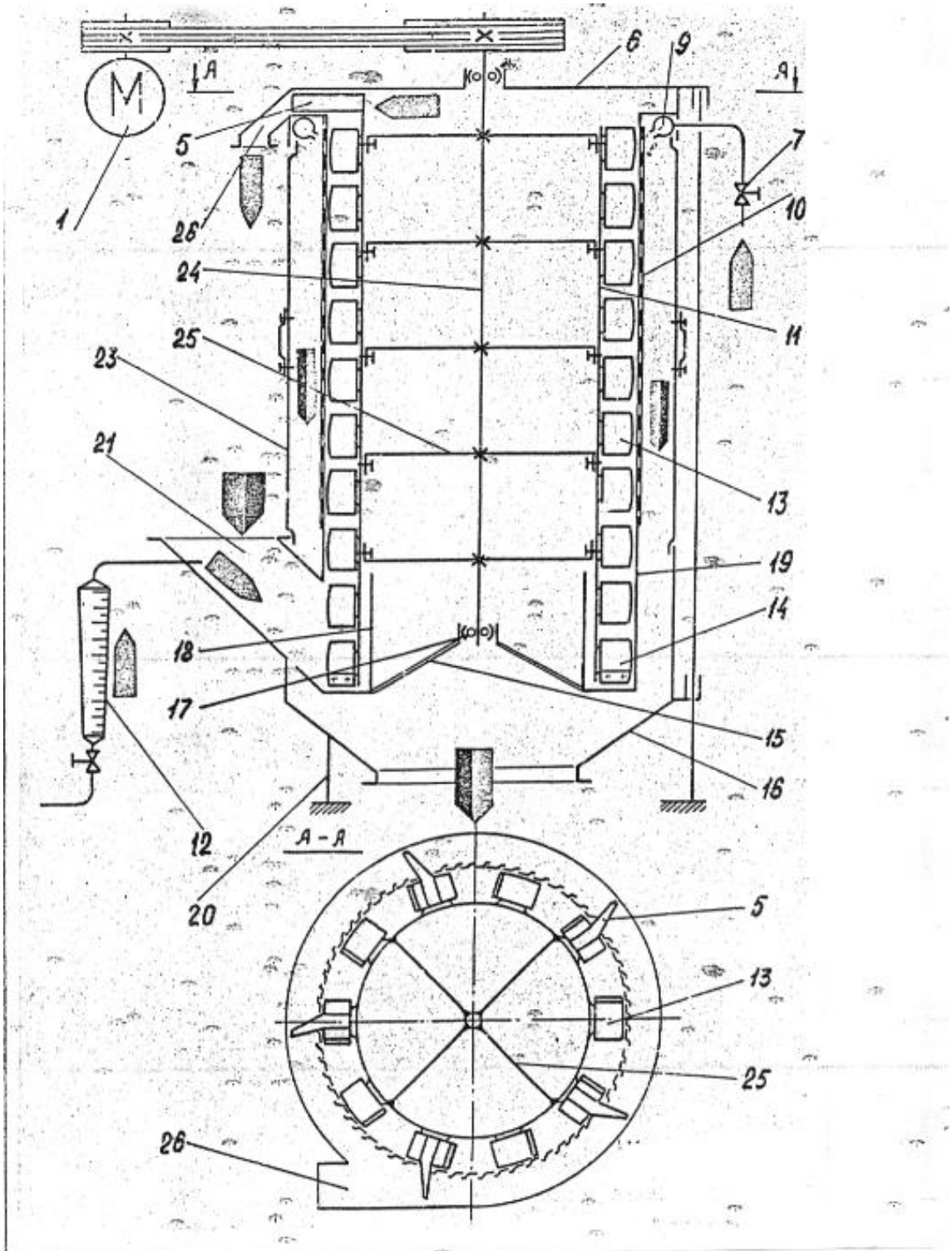

Рис.5 Функціональна схема мийно-лущильної машини А1-БМШ

часно контролюють витрату води по шкалі ротаметра. Його позначка 40…42 одиниці відповідає номінальній питомій витраті води 0,2 л на один кілограм зерна. Для заощадження води, що витрачається на ополіскування зовнішньої поверхні сита з метою очищення її від налиплих частинок плодової оболон-

ки, здрібненого зерна і вилученого бруду, подачу змивної води здійснюють з допомогою командного приладу, який забезпечує ополіскування сита протягом однієї хвилини з періодичністю 17 хвилин.

Водно-зернова суміш інтенсивно перемішується у зоні мийки нижніми гінцями бичів, які обертаються з частотою 450 об/хв. Зерно, під дією гінців, відкидається до внутрішньої поверхні циліндра 19 і по гвинтоподібній траєкторії переходить з зони мийки у зону зневоднення. Зневоднення відбувається як внаслідок природно-гравітаційного стікання, так і під впливом відцентрових сил інерції, які притискають зернову масу до щілястої, шорсткої поверхні ситової обичайки і створюють ефект центрифугування.

Мите зерно потрапляє у кільцеподібний канал траверси 4, звідки лопатками 5 виштовхується у випускний патрубок 26. Оператор слідкує за нормальним натягом пасів клинопасової передачі привода ротора: проковзування погано натягнутих пасів призводить до зменшення частоти обертання ротора, послаблює дію відцентрових сил інерції і призводить до надмірного збільшення вологості митого зерна. Так само впливають на результати роботи машини незадовільний технічний стан ситової обичайки і неправильне її встановлення: лускоподібні отвори сита мають бути зорієнтовані козирками по напрямку обертання ротора.

Досвід експлуатації мийно-лущильних машин А1-БМШ свідчить, що вони перевершують комбіновані мийні машини за показником зменшення зольності, створюють практично однакове зволоження і менше травмування (биття) зерна. Вони мають меншу питому витрату води і створюють менше стічних вод, але значно поступаються комбінованим мийним машинам за чинником продуктивності.

Мийна машина Ж9-БМА зображена на рис.6. Вона складається з мийної ванни 1 і відтискної колонки 23. Мийна ванна у поперечному напрямку поділена на дві неоднакові частини. Права частина призначена для розміщення зернових шнеків 2 і шнеків 3 для каміння і інших щільних мінеральних домішок, а ліва частина 16 слугує відстійником для відпрацьованої

води. Над зерновими шнеками знаходиться приймально-завантажувальний пристрій для вихідного зерна. Цей пристрій має шарнірно-телескопічну конструкцію, що припускає його переустановлення вздовж мийної ванни для регулювання тривалості перебування зерна у зоні мийки. Між мийною ванною і відтискною колонкою знаходиться сплавна камера 6. Її нижня частина має зерноприймальну воронку з соплом 9 і трубою 10, яка сполучається з відтискною колонкою. Подібні пристрої звуться ежекторами – струминними апаратами. Вони призначаються для переміщення газів і рідин (а в нашому випадку – водно-зернової пульпи) за рахунок використання кінетичної енергії іншого газу або рідини (у нашому випадку – води).

Над зерноприймальною воронкою розташована похила перегородка з клапанами 7, які регулюють проходження гідродинамічно легких домішок у верхню частину сплавної камери і запобігають потраплянню туди нормального зерна. Сплавна камера межує з приймачем брудної води 13, що надходить з відтискної колонки і сплавної камери. Для цього перегородка між ними має отвір з патрубком для виведення зі сплавної камери легких домішок, які спливають на поверхню води. Отвір має регульовану засувку 8. Близько приймача брудної води знаходиться піногасник 21 форсункового типу. Зовнішня стінка приймача має клапанну коробку 14 і засувку 17 у її верхній частині. Засувка призначена для регулювання випуску з відстійника стічної води. Нижня частина коробки оздоблена дросельною заслінкою 22 для випуску густого осаду (шламу), а також для повного зливання води з мийної ванни. Свіжу воду у ванну додають вентилем 18. Засувка 15 дозволяє повертати у мийну ванну певну кількість води, що відстоялась і може рециркулювати з метою заощадження води на мийку зерна.

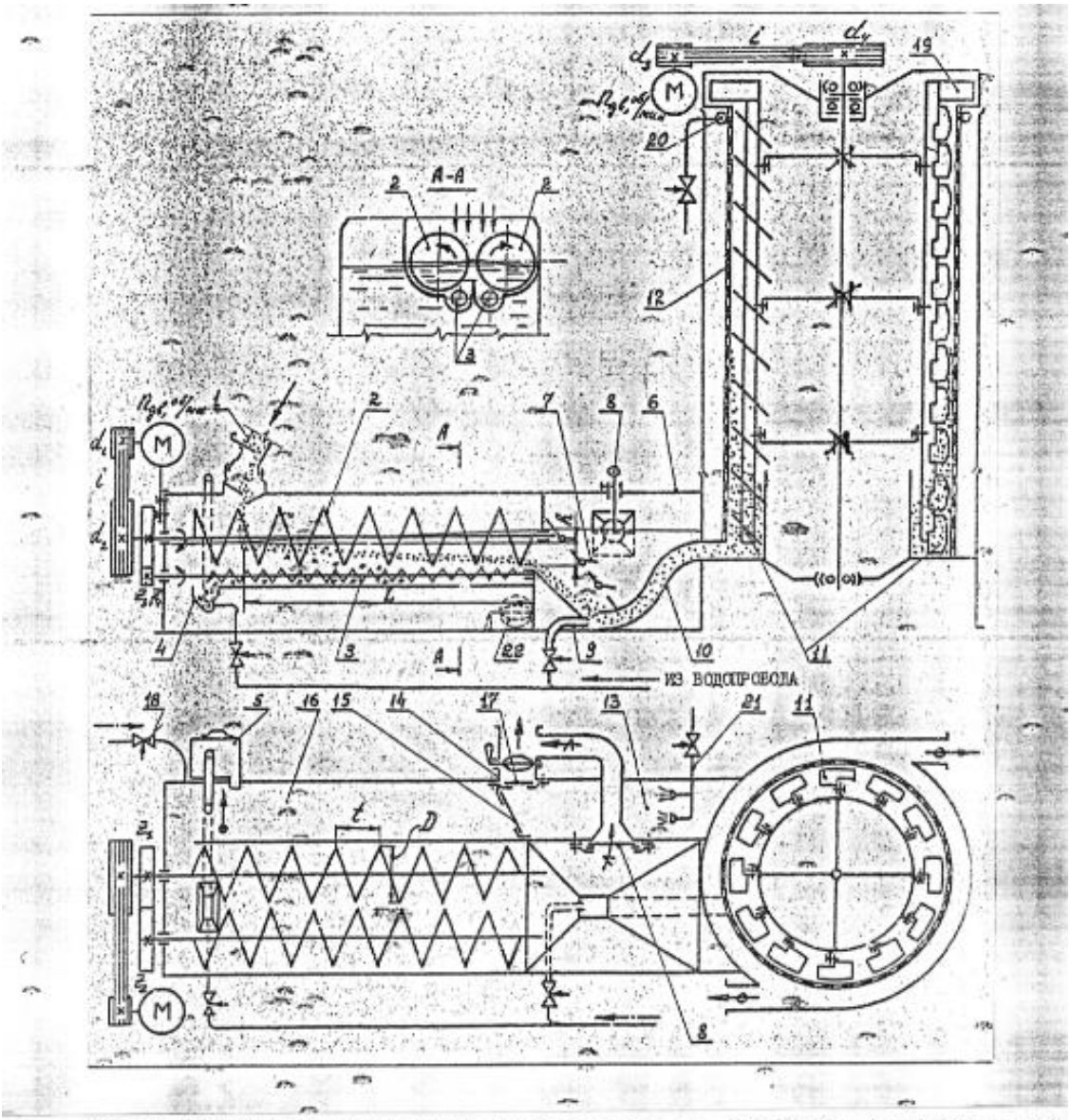

Рис.6 Функціональна схема мийної машини Ж9-БМА: 1-приймальний пристрій; 2-шнек зерновий; 3-шнек для мінеральної домішки; 4-гідротранспортер для каміння; 5-збірник каміння; 6-сплавна камера; 7-клапан; 8-заслінка; 9-сопло; 10-патрубок; 11-гінець; 12-ситовий циліндр; 13-відстійник; 14-патрубок; 15-заслінка; 16-відстійник; 17-клапан; 18-водопровідна мережа; 19-лопатка подовжена; 20-змивний пристрій; 21-піногасник; 22-заслінка

Збірно-евакуаційні шнеки 3 і гідротранспортер 4 для відокремлених мінеральних домішок забезпечують їх переміщення у збірник-накопичувач 5, звідки їх періодично висипають під час обслуговування машини.

Відтискна колонка 23 складається з фундаментної чаші і верхньої коробки з двома випускними патрубками 27, з'єднаних між собою чотирма вертикальними стояками. Під час виготовлення і подальшого складання цих елементів забезпечують співвісність верхньої і нижньої підшипникових опор, у яких встановлюють вертикальний гінцево-бичовий ротор. Ротор має вал 24 і три чавунні розетки 25, до яких болтами закріплюють дванадцять поздовжніх бичів 26 з похило розташованими на них лопатями – гінцями. Бичі виготовлені з сталевих кутників, а гінці – методом штамповки зі сталевого листа завтовшки 4 мм. До внутрішньої сторони бичів пригвинчують плоскі вертикальні лопаті, які під час обертання ротора створюють у центральній частині колонки зони розрідження. Це сприяє засмоктуванню зовнішнього повітря крізь отвори у чаші та верхній коробці і його нагнітанню у радіальному напрямку для продування ситового циліндра разом з мобільним шаром зерна, що рухається по внутрішній поверхні циліндра під впливом гінців. Гінці нахилені під кутом 45^0 до горизонту і створюють на зовнішній стороні ротора переривчасту багатозахідну гвинтову поверхню. Шість бичів, через один, оздоблені з'ємними подовженими лопатками 19 для проштовхування митого зерна з кільцеподібного каналу верхньої коробки у випускні патрубки 27.

На кільцеподібних виточках нижньої чаші і верхньої коробки встановлюють нерухому ситову обичайку 12, яка охоплює зовні гінцево-бичовий ротор з радіальним зазором у 6 мм. Обичайка складається з трьох ярусів, виготовлених зі сталевих оцинкованих штампованих сит. Верхній і середній яруси мають лускоподібні отвори 1,2х12 мм, розташовані вертикально. Козирки отворів сит орієнтують за напрямком обертання ротора. Нижній ярус має сита з прямокутними отворами 1,2х20, розташовані горизонтально. Обичайки усіх ярусів складаються з трьох сегментів. Для цього вони мають поздовжні фланці з кутової сталі. У нижньому ярусі передбачено прямокутний отвір для

приєднання приймального патрубка для зерна та два люки зі з'ємними кришками, які застосовують у період ліквідації завалів машини або під час технічного обслуговування і ремонту. У верхній частині циліндра знаходиться зовнішній кільцеподібний трубчастий змивний пристрій 20 для неперервного або періодичного зрошування водою поверхні сит для вилучення частинок бруду і оболонок, які блокують отвори сит і перешкоджають зневодненню зерна. З зовнішньої сторони відтискна колонка закрита знімними кожухами 28, які мають герметизуючі і затискні пристрої, а також жалюзійні отвори для виходу вологого повітря. Привод ротора колонки здійснено від електродвигуна, встановленого на кронштейні верхньої коробки, клинопасовою передачею з натяжним пристроєм шарнірно-гвинтового типу.

До комплекту мийної машини увіходить також насосна установка, наприклад, ВК-4/24, призначена для гідро транспортерів 4 і 9. Тиск води у ежекторах має бути не менше за 0,1 МПа.

Робота машини відбувається так. Вихідна зернова суміш надходить у мийну ванну 1 крізь приймально-завантажувальний пристрій, якій спрямовує її у зону дії зернових шнеків 2, занурених у воду до рівня осі. Тому зерно, переміщаючись вздовж ванни, лишається на плаву. При цьому, гідродинамічно легкі домішки спливають на поверхню, а гідродинамічно важкі – опускаються донизу і потрапляють в зону дії шнеків 3, які транспортують ці домішки у зворотному напрямку, тобто, до гідро транспортера 4.

Шнеки 2 інтенсивно перемішують зерно з водою, при чому воно омивається, очищається від пилу, мікроорганізмів і плісняви, від спор головні і позбавляється від сторонніх запахів. В кінці мийної ванни шнеки виштовхують зерно з водою і легкими домішками у сплавну камеру 6, де зерно починає тонути і потрапляє у лоток гідро транспортера. Водно-зернова пульпа переміщується по зерно трубопроводу 10 у нижню частину відтискної колонки.

Одночасно відбувається додаткове ополіскування зерна чистою водою, що підвищує ефективність його очищення. Зернова пульпа підхоплюється гінцями 11 ротора 23, і ковзаючись по гвинтовій траєкторії по внутрішній

поверхні сита 12, піднімається поступово у верхню коробку, де лопатками 19 спрямовується у випускні патрубки 27.

Переміщення зерна знизу вгору супроводжується його зневодненням: гравітаційним – за рахунок природного стікання води, яка механічно утримується на поверхні зернівок; інерційним – за рахунок центрифугування шару зерна, притиснутого до поверхні сита відцентровими силами інерції; аеромеханічним – за рахунок продування шару зерна атмосферним повітрям внаслідок вентиляторного ефекту, створеного лопатями 28. Відокремлена вода проходить крізь отвори сит у вигляді дрібних крапель і бризок, осідає на внутрішній поверхні кожухів 29 і стікає у фундаментну чашу. Ковзання зернівок по шорсткій поверхні ситової обичайки супроводжується подоланням значних сил тертя, внаслідок чого відбувається часткове мокре лущення плодових оболонок. Вологі фрагменти оболонок разом з залишками смітних домішок проходять крізь отвори сит і налипають на його зовнішню поверхню. Вода зі змивного пристрою 20 змиває з сита налиплі частинки і відновлює його фільтраційну спроможність. Стічна вода з оболонками і вода після зневоднення зерна потрапляє у заглиблення фундаментної чаші, звідки перетікає у приймач брудної води 13 відстійника 16. Звідти стічна вода тонким шаром зливається через регулювальну заслінку 17 у клапанну коробку 14, уносячи з собою гідродинамічно легкі домішки.

Оскільки нижні ряди гінців занурені у воду інтенсивно обертаються зі швидкістю близько 15,7 м/с, виникає ефект піно утворення. Піна заповнює передній відсік 13 відстійника 16 і може навіть витікати з мийної ванни, що погіршує санітарний стан робочої зони. Піногасник форсункового типу 21 під тиском води 0,1 МПа руйнує піну факелом дрібних бризок. Роботу піногасника регулюють вентилем. Рівень води у відстійнику 16 регулюють заслінкою 15 для часткового повернення у мийну ванну певної кількості води після відстоювання.

Слід зауважити, що зменшення рівня води у мийній ванні нижче рівня осі шнеків 2, погіршує ефективність мийки і ступінь зволоження зерна. Тому

для компенсації втрати води крізь заслінку 17 і роботу гідро транспортерів 4, виконують підживлення мийної ванни свіжою водою за допомогою вентиля 18. Шлам, який накопичується на дні мийної ванни, періодично – раз на 3…4 доби – вилучають крізь дросельну засувку 22. Нею також користуються для повного звільнення і промивання мийної ванни. Густий бруд змивають струменем води зі шланга. Ретельно промивають простір під коритами шнеків і сплавну камеру, після чого вмикають короткочасно ежектори зерна і каміння. Протікання води крізь нещільності трубопроводів, зовнішніх кожухів і мийної ванни вважаються неприпустимими. Їх піддають постійному контролю і усуненню під час технічного обслуговування і ремонту машини.

Стічні води спрямовують у каналізаційну мережу підприємства, призначену для уловлювання органічних відходів, маса яких може дорівнювати 0,5 % маси митого зерна. Після відповідної обробки, ці відходи застосовують для виробництва кормів, а воду зливають у міську каналізацію.

Під час експлуатації мийних машин були виявлені деякі недоліки, а саме:

- продуктивність 10 т/год не відповідає продуктивності потокових ліній зерноочищення сучасних борошномельних заводів продуктивністю 250 т/добу;

- питома витрата води 0,86 л/кг митого зерна (згідно з технічною документацією) в дійсності не забезпечується і складає 1,2…1,5 л/кг;

- робота змивного пристрою у режимі ручного керування призводить до зайвого витрачання води, тому доцільно передбачити автоматичне виконання цієї операції подібно тому, як це передбачене у машині А1-БМШ;

- застосування двох шнеків для вилучення мінеральних домішок (каміння) і двох гідро транспортерів не виправдане, бо сучасні підприємства застосовують ефективні каменевідбірники, що зменшує надходження мінеральних частинок до мийних машин у складі вихідних зернових сумішей.

1.3.2. Огляд результатів науково-дослідних і експериментально-конструкторських робіт

1.3.2.1. Загальні закономірності процесу миття зерна

Воду, яку вміщує зерно, як будь-яка інша жива тканина, підрозділяють на вільну і колоїдно-зв'язану. Вільною називають воду, що входить у якості розчинника в молекулярні і колоїдні розчини, які знаходяться в зерні, а зв'язаною – що входить у склад колоїдів зерна, адсорбовану його поверхнею. Зв'язана вода істотно відрізняється від вільної. Вона, наприклад, не має здатності розчиняти деякі кристалічні речовини, має зовсім іншу діелектричну сталу і не замерзає при температурі -15…-20 ^{0}C.

Розрізняють ще плівчасту воду, яку утримують на поверхні зерна сили молекулярного притягнення у крапельно-рідкому стані. Плівчаста вода складається з ряду молекулярних прошарків і обволікає поверхню зерна у вигляді тонкої плівки, товщина якої залежить від волого утримуючої спроможності плодової оболонки. Найближчі до поверхні зерна молекули води закріплюються на ній і створюють мономолекулярний шар, який не може бути відокремлений ні тиском, ні центрифугуванням. Молекули наступного шару закріплені менш міцно, але все ж таки зв'язані з поверхнею зерна силами адсорбції і позбавлені повної рухомості. При збільшенні товщини плівки, зовнішні молекули наступних шарів утримуються на поверхні зерна не силами адсорбції, а зчепленням між молекулами самої води.

Плівчаста вода має властивості вільної води і нічим від неї не відрізняється. Від кількості її залежить приріст вологи у зерні після відволожування.

Завдяки клітинній структурі плодової оболонки і наявності в ній капілярів, значна частина плівчастої води проникає у плодову оболонку, заповнює її поперечні і поздовжні клітини і далі переміщується у ендосперм.

Фізичні зміни, які відбуваються у зерні при набуханні, призводять до вирівнювання його поверхні, яка стає опукло-гладкою, що полегшує помел і відокремлення оболонок від ендосперму.

Змочування значною мірою залежить від складу води, тобто, від наявності в ній домішок. Залежно від вмісту розчинних і нерозчинних речовин, вода по-різному може впливати на очищення поверхні зерна.

Дослідно-конструкторські роботи, проведені заводом-виготовником мийних машин, виявили, що приріст вмісту битого зерна після обробки його у мийній машині, залежить від розташування гінців. Так, при нахилі гінців у 60^0, вміст битого зерна складає 1,62 %, а при нахилі у 45^0 – 1,14 %.

В ОТІХП ім. М.В. Ломоносова досліджували можливість часткової рециркуляції мийних стічних вод з метою скорочення загальної витрати води на процес миття зерна. Зокрема, для освітлення стічних вод досліджували можливість застосування коагулянтів (бентоніту), гідроциклонів і тарілчастих сепараторів БСР з подальшим знезаражуванням води під дією ультрафіолетового проміння від ртутно-аргонових ламп. При цьому потреба у свіжій підпиточній воді складає 10…15% загальної витрати. Однак, велика складність установки і значні затрати на її експлуатацію не дозволили широко застосовувати результати проведених досліджень [13].

Для обґрунтування параметрів мийної ванни, зокрема, способу подачі зерна у зону дії зернових шнеків, були проаналізовані елементи теорії гідросепарування.

Оскільки

$$G_B = gV(\rho_ч - 1) = gV\rho_ч(\frac{\rho_ч - 1}{\rho_ч}) = G\frac{\rho_ч - 1}{\rho_ч}H \ , \qquad (1н)$$

де V – об'єм частинки, *м*^{3}; $\rho_ч$ – густина частинки, *кг/м*^{3}; G – сила ваги частинки у повітрі, *H*, а сила гідродинамічного опору (рис. 7)

$$P_T = \xi F\frac{\rho_B \vartheta^2}{2} \ H, \qquad (2н)$$

де ξ – безрозмірний коефіцієнт гідродинамічного опору, величина якого залежить від форми частинки та стану її поверхні; F – мідельовий переріз

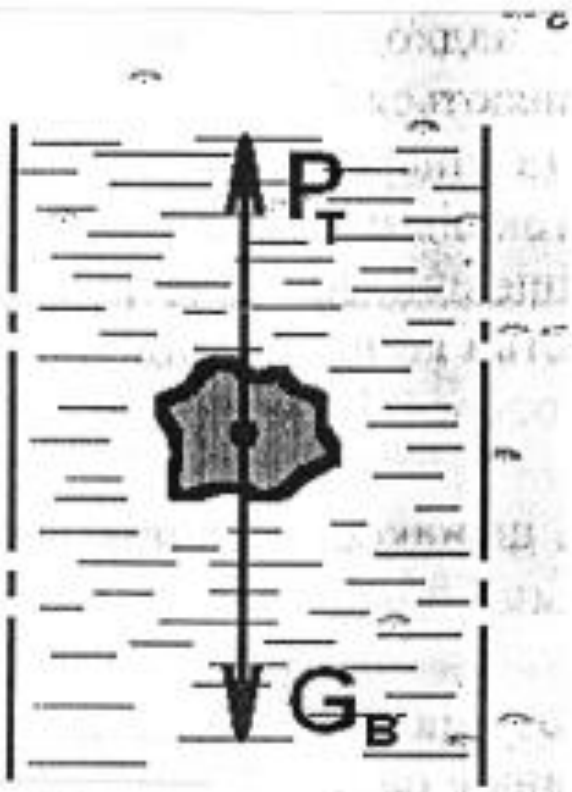

Рис.7 Розрахункова схема для визначення кінцевої швидкості падіння твердої частки у нерухомій воді:
$G_в$ – сила ваги частки у воді; $P_т$ – сила гідродинамічного опору при турбулентному режимі руху частки

частинки , $м^2$; ρ_B – густина води, $кг/м^3$; ϑ – швидкість падіння частинки, $м/с$, то рівняння руху частинки під дією вказаних сил у нерухомій воді виглядає так

$$m\frac{d\vartheta}{dt} = G_B - P_T = G\frac{\rho_ч - 1}{\rho_ч} - \xi F\frac{\rho_B \vartheta^2}{2}. \qquad (3\text{ н})$$

Якщо умовно прийняти, що форма частинки куляста, то маємо

$$F = \frac{\pi d^2}{4} м^2, \quad a \quad V = \frac{\pi d^3}{6} м^3;$$

де d – діаметр частки, $м$.

Беручи до уваги, що опір кулястої частинки під час падіння у воді дорівнює 2/3 опору частинки пластинчастої форми, після перетворення (3), отримуємо

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\rho_ч - 1}{\rho_ч} g - \xi\frac{\rho_B \vartheta^2}{2d\rho_ч}, \qquad (4\text{н})$$

де g = 9,81 $м/с^2$ – прискорення сили тяжіння.

На початку руху частинки, коли ϑ = 0, її прискорення буде найбільшим, незалежно від d. Зі збільшенням швидкості зростає сила опору P_T, яка може досягнути значення

$$P_T = G_B.$$

З цієї миті прискорення частинки буде дорівнювати нулю, після чого частинка рухатиметься з постійною (кінцевою) швидкістю

$$\vartheta = 4{,}5\sqrt{\frac{(\rho_ч - 1)d}{\xi}} \ \ м/с. \qquad (5\text{н})$$

Вираз (5 н) є справедливим лише для крупних частинок, під час падіння яких в`язкістний опір значно менший за динамічний.

Для дрібних часток, рух яких у воді відбувається у ламінарному режимі, слід враховувати, головним чином, опір внутрішнього тертя, який залежить від її в’язкості.

У цьому випадку гідродинамічний опір $P_л$ визначають згідно з законом Стокса

$$P_л = 3\pi\mu d\vartheta H, \qquad (6\text{ н})$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с.

Якщо частинка знаходиться у висхідному потоці води, то при швидкості потоку c, *м/с* частинка опиняється у підваженому стані.

Опір води R, *Н*, яка обтікає кулясту частинку зі швидкістю c, можна визначити з рівняння

$$R = \frac{2}{3}\xi F\frac{\rho_B \cdot c^2}{2} = \xi F\frac{\rho_B \cdot c^2}{3}. \qquad (7\text{н})$$

Рівняння рівноваги частинки у висхідному потоці води має вигляд

$$G_B = R, \qquad (8\text{ н})$$

або

$$G\frac{\rho_ч - 1}{\rho_ч} = \frac{\rho_B \cdot c^2}{3}. \qquad (9\text{ н})$$

Після аналогічних перетворень отримаємо

$$c = 4{,}5\sqrt{\frac{(\rho_ч - 1)d}{\xi}}\ \ м/с. \qquad (10\text{н})$$

Зіставлення (10н) і (5н) призводить до висновку, що зерно знаходиться у висхідному потоці води без унесення, якщо швидкість потоку c дорівнює кінцевій швидкості падіння зерна у нерухомій воді ϑ.

У той же час, дві частинки, які мають розміри поперечного перерізу, еквівалентні d_1 і d_2, та густину $\rho_{ч(1)}$ і $\rho_{ч(2)}$, утримуються у підваженому стані за умови швидкостей потоку c_1 і c_2

$$\frac{c_1}{c_2} = \sqrt{\frac{(\rho_{ч(1)} - 1)d_1}{(\rho_{ч(2)} - 1)d_2}}. \qquad (11\text{ н})$$

Якщо розміри частинок однакові, тобто $d_1 = d_2$, а густина різна, то

$$\frac{c_1}{c_2} = \sqrt{\frac{\rho_{ч(1)} - 1}{\rho_{ч(2)} - 1}} \ . \qquad (12н)$$

Отже, потік води, який утримує більш щільні частинки у стані рівноваги, підіймає (уносить) менш щільні частинки, здійснюючи класифікацію за густиною.

Якщо густина частинок однакова, $\rho_{ч(1)} = \rho_{ч(2)}$, а площа поперечного перерізу різна, то отримуємо наступне

$$\frac{c_1}{c_2} = \sqrt{\frac{d_1}{d_2}} \ . \qquad (13 н)$$

Це означає, що потік, який утримує у підваженому стані частинки, більші за розмірами, уносить вгору менші [1].

На підставі викладеного, підтвердженого практичним досвідом експлуатації мийних машин різних типів, можна стверджувати, що зерно, яке завантажується у мийну машину, повинно надходити в її робочу зону у напрямку, протилежнім напрямку висхідних потоків води (рис.8), тобто протилежно напрямку обертання зернових шнеків.

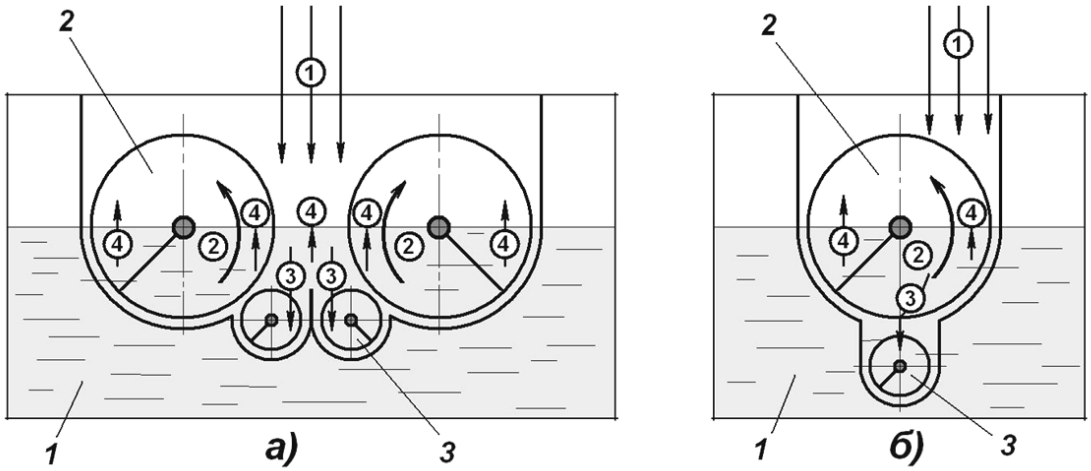

Рис. 8. Схема надходження і гідросепарування зернової суміші у двошнековій (а) та одношнековій (б) комбінованій мийній машині: 1 – мийна ванна; 2 – зерновий шнек; 3 – шнек для щільних мінеральних домішок; (1) – початкова зернова суміш; (2) – зерно у підваженому (рівноважному) стані; (3) – щільні мінеральні домішки; (4) – гідродинамічно важкі домішки

1.3.2.2.Описання методик технологічних розрахунків

1.3.2.2.1. Методика розрахунку продуктивності відтискної колонки, яка визначає продуктивність усієї машини (рис. 9)

По дослідними даними завода-виготовника, швидкість поздовжнього переміщення шару зерна всередині відтискної колонки складає $\vartheta_{пр}$=0,1…0,3м/с.

Цьому відповідають наступні параметри конструкції і режиму експлуатації мийної машини: внутрішній діаметр ситового циліндру $Д_ц$ = 0,97 м; висота ситового циліндру $H_ц$ = 2 м; частота обертання бичового ротора $n_{б.р.}$ = 400 об/хв.

Продуктивність відтискної колонки можна визначити за наступним виразом:

$$Q = 3600\, F_{з.ш.}\vartheta_{пр}\gamma\, \varepsilon\,, \qquad (1)$$

де $F_{з.ш}$ – площа поперечного перерізу кільцеподібного зернового шару, який переміщається всередині ситового циліндру знизу вгору під дією гінців бичового ротора, м^2; γ – об'ємна маса зерна, кг/м^3; ε – коефіцієнт заповнення робочого простору (ε = 0,1…0,2).

Оскільки площа поперечного перерізу кільцеподібного зернового шару $F_{з.ш.} = \frac{\pi\cdot(Д_ц^2 - d^2)}{4}$ $м^2$, де d – внутрішній діаметр кільцеподібного зернового шару, м , то вираз (1) можна переписати так:

$$Q = 3600\frac{\pi\cdot\left(Д_ц^2 - d^2\right)}{4}\cdot\vartheta_{пр}\cdot\gamma\cdot\varepsilon\ \ \frac{кг}{год},$$ або після спрощення

$$Q = 2790\,(Д_ц^2 - d^2)\cdot\vartheta_{пр}\cdot\gamma\cdot\varepsilon\,,\ \ кг/год \qquad (2)$$

Можливо рішення виразу (2) відносно будь-якого з параметрів, наприклад, при завданій продуктивності Q, кг/год можна визначити товщину кільцеподібного зернового шару Δ:

$$\Delta = \frac{Д_ц - d}{2},\quad м \qquad (3)$$

Для цього спочатку треба визначити d

$$d = \sqrt{Д_ц^2 - \frac{Q}{2790\vartheta_{пр}\gamma\varepsilon}} \quad , \quad м \tag{4}$$

1.3.2.2.2. Визначення частоти обертання зернових шнеків

Частоту обертання зернових шнеків можна визначити по завданій продуктивності машини, коли відомі конструктивні параметри шнеків, за виразом:

$$Q_ш = 60\frac{\pi(Д^2 - d^2)}{4} S \cdot n_ш \cdot \gamma \cdot \varepsilon \quad \frac{кг}{год}, \tag{5}$$

де Д, d і S – зовнішній і внутрішній діаметри шнека і крок гвинтової поверхні шнека, м; $n_ш$ – частота обертання шнека, об/хв; γ – об'ємна маса зерна з водою, кг/м^3; ε – безрозмірний коефіцієнт подачі (ε = 0,14…0,18).

Об'ємна маса зерна з водою у співвідношенні 1:2 складає γ = 910 кг/м^3.

Після перетворення виразу (5) отримуємо:

$$n_ш = \frac{Q_ш}{47{,}1\,(Д^2 - d^2)\,S\,\gamma\varepsilon} \quad об/хв \tag{6}$$

де $Q_ш$ – продуктивність одного зернового шнека, кг/год, яка дорівнює половині продуктивності мийної ванни Q (при двох зернових шнеках), тобто, $Q_ш$= 0,5 Q = 6000 кг/год.

1.3.2.2.3. Визначення величини сили тертя зерна по внутрішній поверхні ситової обичайки

Зерновий шар всередині ситового циліндру знаходиться під дією гінців обертового бичового ротора. Тому на кожну зернівку діють наступні сили (рис. 10): сила тяжіння G , відцентрова сила інерції P_i і сила тертя по поверхні ситового циліндру F, які дорівнюють:

$$G = mg \; ; \quad P_i = m\omega^2 \frac{Д_ц}{2} \; ; \quad F = f\,P_i .$$

Умову відносного спокою зернівки (без урахування транспортуючої дії гінців) можна записати так:

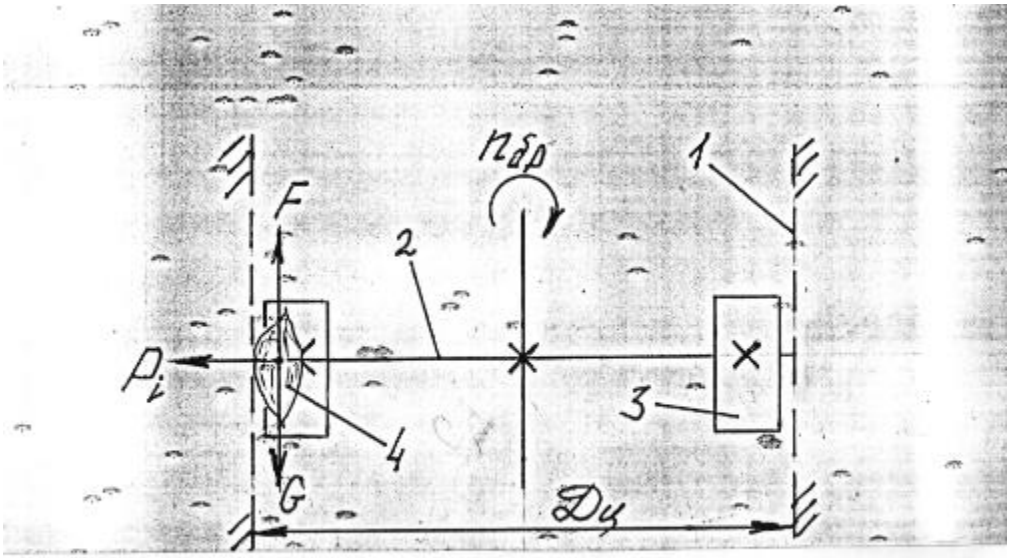

Рис.10 Розрахункова схема сил, що діють на шар зерна у відтискній колонці мийної машини: 1-нерухомий ситовий циліндр; 2-бичовий ротор; 3-гінець; 4-зернівка під дією сил G, Ri F

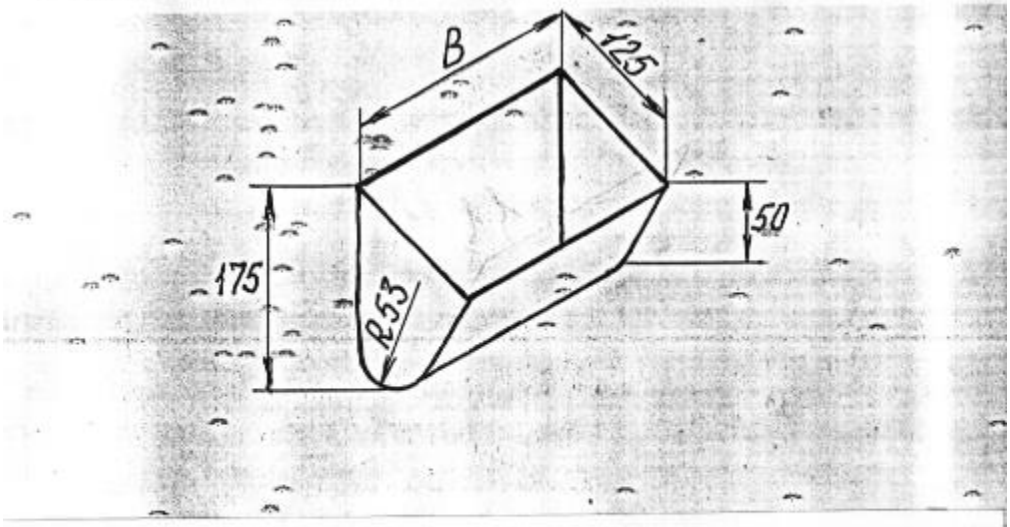

Рис.11 Параметри ковша норії 1-го типу, прийняті для роторного перевантажувача зерна

$$F = G \quad (7)$$

Оскільки кутова швидкість бичового ротора $\omega = \frac{\pi \cdot n_{б.р.}}{30}$, рад/с, то сила тертя дорівнює

$$F = f\, m_1 \frac{\pi^2\, n_{б.р.} Д_ц}{30^2 \cdot 2}, \quad (8)$$

де f – коефіцієнт тертя зерна по поверхні сита; m_1- маса одного зерна, кг.

1.3.2.2.4. Визначення умов зневоднення зернового шару у відтискній колонці мийної машини

Як походить з наведеної вище схеми, відцентрова сила спрямована від осі бичового ротора до поверхні ситового циліндру. Крізь отвори циліндру розмірами 1,1х10, зерно не проходить, а краплі води можуть проходити цілком вільно. Для з'ясування умов зневоднення зерна скористуймося поняттям про фактор розділення (критерій Фруда), величина якого дорівнює відношенню доцентрового прискорення до прискорення сили ваги:

$$К = \frac{\omega^2\, R_ц}{g}, \quad (9)$$

де $R_ц = Д_ц/2$.

З урахуванням того, що $\omega = \frac{\pi \cdot n_{б.р.}^2}{30}$, перепишемо вираз (9) таким чином:

$$К = \frac{\pi^2 \cdot n_{б.р.}^2}{30^2 \cdot g} \cdot R_ц, \quad (10)$$

Після підстановки чисельних значень $n_{б.р.} = 400$ об/хв і $R_ц = 0{,}907/2$ м, отримуємо:

$$К = \frac{3{,}14^2 \cdot 400^2 \cdot 0{,}907}{30^2 \cdot 9{,}81 \cdot 2} = 81.$$

Очевидно, що величина відцентрової сили також перевищує величину сили ваги у 81 раз. Відтак, умови фільтрації води з міжзернових проміжків крізь ситову обичайку цілком реальні.

1.3.2.2.5. Визначення параметрів ковшів роторного перевантажувача зерна з гідросепаратора у відтискну колонку

Продуктивність роторного перевантажувача $Q_{р.п.}$ має дорівнювати продуктивності зернових шнеків $Q_{з.ш.}$, тобто, продуктивності машини Q :

$$Q_{р.п.} = 2\ Q_{ш} = Q = 12000 \text{ кг/год.}$$

Але з іншого боку, $Q_{р.п.} = 60\ V\ \gamma\ n_{р.п.}\ Z_к\ \varepsilon$ кг/год ,

де V – об'єм ковша, $м^3$; γ – об'ємна маса суміші зерна з водою, $кг/м^3$; $n_{р.п.}$ - частота обертання ковшевого перевантажувача, об/хв ; $Z_к$ – число ковшів, розташованих по окружності роторного перевантажувача, шт. ; ε – безрозмірний коефіцієнт заповнення ковша ($\varepsilon = 0{,}5…0{,}6$).

По аналогії з ківшевими норіями, можна обрати для роторного перевантажувача форму ковша 1-го типу, з характерними розмірами, показаними на схемі (рис. 11). Якщо ширину ковша В прийняти 105 мм з міркувань конструкції приймального патрубка відтискної колонки, то об'єм ковша $V = 1{,}15 \cdot 10^{-3}$ $мм^3$. Режим розвантаження ковшів можна оцінити співвідношенням a/r , де a – полюсна відстань, що дорівнює [7], $a = 895/n_{р.п.}^2$. Радіус r можна визначити як суму Д/2 + R. Оскільки Д = 0,5 м – діаметр колеса ковшевого перевантажувача, прийнятий з конструктивних міркувань. Тоді $r = 0{,}5/2 + 0{,}053 = 0{,}303$.

Частота обертання ротора $n_{р.п.} = \frac{60\ \vartheta_к}{\pi\ Д}$, $\frac{об}{хв}$.

Колова швидкість ковшів $\vartheta_к$ для норій 1-го типу лежить у інтервалі 1,2…1,8 м/с. Тоді $n_{р.п.} = \frac{60 \cdot 1{,}47}{3{,}14 \cdot 0{,}5} = 56{,}18 \frac{об}{хв}$.

З урахуванням параметрів мотор-редукторів типу МПз 2, приймемо частоту обертання тихохідного вала мотор-редуктора 56 об/хв. До цього вала зручно приєднати з допомогою муфти ведений вал ковшевого ротора. Тоді остаточно отримаємо $n_{р.п.} = 56$ об/хв, що близько до значення, отриманого розрахунковим шляхом. Величина співвідношення a/r при цьому дорівнює: $a = 895 / 56^2 = 0{,}285$. Оскільки $r = 0{,}303$, то маємо $a < r$, що характерне для норій з відцентровим розвантаженням ковшів.

Величину коефіцієнта заповнення ковшів ε приймаємо нижче значень, рекомендованих для норій з відцентровим розвантаженням, оскільки умови роботи роторного перевантажувача не повністю відповідають роботі ківшевої норії. Тому приймаємо ε = 0,58.

1.3.2.3. Описання методики кінематичних розрахунків

1.3.2.3.1. Кінематичний розрахунок привода зернових шнеків і шнеків для мінеральних домішок

Розрахунок базується на кінематичній схемі, наведеній на листі 3 графічної частини.

Оскільки частота обертання зернових шнеків $n_{з.ш.}$ і шнека для мінеральних домішок $n_{м.д.}$ визначені раніше, приймемо частоту обертання вала електродвигуна $n_{е.дв.(1)}$.

Загальне передаточне відношення від вала електродвигуна до вала шнека для мінеральних домішок складає:

$$i_{заг(1)} = n_{е.дв.(1)} / n_{ш.м.,} \quad (11)$$

Але, з іншого боку,

$$i_{заг(1)} = i_{п.п.(1)} \cdot i_{з.п.(2)}, \quad (12)$$

де $i_{п.п.(1)}$ - передаточне відношення пасової передачі від вала електродвигуна до швидкохідного вала редуктора; $i_{з.п.(2)}$- передаточне відношення від швидкохідного вала редуктора до вала шнека для мінеральних домішок. У свою чергу

$$i_{п.п.(1)} = \frac{Д_2}{Д_1 (1-\varepsilon)}, \quad (13)$$

де $Д_1$ і $Д_2$ - діаметри ведучого і веденого шківів пасової передачі; ε – коефіцієнт проковзування клинопасової передачі.

1.3.2.3.2. Кінематичний розрахунок привода бичового ротора відтискної колонки

Беручі до уваги, що частота обертання бичового ротора $n_{б.р.}$= 400 об/хв (згідно з технічною характеристикою мийної машини), а частота обертання вала другого електродвигуна $n_{е.дв.(2)}$, визначимо загальне передаточне відношення між цими валами:

$$i_{заг(2)} = n_{е.дв.(2)} / n_{б.р.,} \quad (14)$$

Досвід застосування мийних машин Ж9-БМА і Ж9-БМБ свідчить про те, що привод відтискної колонки з допомогою клинопасової передачі є припустимим з міркувань величини передаточного відношення $i_{п.п.} < 4$, колової швидкості пасів $\vartheta \leq 10$ м/с, величини міжцентрової відстані

$A < 1000$ мм і номінальної потужності $N \leq 11$кВт. Тому приймаємо:

$$i_{п.п.(2)} = i_{заг(2)} = n_{е.дв.(2)} / n_{б.р.} \quad (14а)$$

З іншого боку, $i_{п.п.(2)} = \frac{Д_4}{Д_3 . (1-\varepsilon)}$, де $\varepsilon = 0{,}01 \ldots 0{,}02$.

1.3.2.4. Описання методики силових розрахунків

У конструкції комбінованої мийної машини Ж9-БМА після модернізації передбачається наявність трьох електродвигунів: для привода шнеків мийної ванни, для привода роторного перевантажувача і для привода ротора відтискної колонки.

Розглянемо методику визначення потужності на подолання як корисних, так і шкідливих опорів.

Корисними вважаємо опори сил тертя продукту по поверхні нерухомого ситового циліндру і на створення повітряного потоку для продування зернового шару, що знаходиться у рухомому стані на поверхні сит під час роботи машини. Таким чином,

$$N_{к.о.} = N_{тр} + N_{п.с.,} \text{ кВт} \quad (15)$$

де $N_{тр}$ – потужність, що витрачається на подолання сил тертя, кВт;

$N_{п.с.}$ – потужність на створення повітряного потоку, кВт.

Величина відцентрової сили інерції, що діє на 1 кг зерна, яке переміщають по поверхні ситової обичайки гінці обертового бичового ротора відти-

скної колонки, дорівнює: $C_0 = \vartheta^2 : R$, Н, де ϑ – колова швидкість ротора, м/с; R = Д : 2 - радіус бичового барабана, м.

Очевидно, що $\vartheta = \frac{\pi \cdot n_{б.р.} \cdot R}{30}$. Тоді $C_0 = \frac{R \cdot n_{б.р.}^2}{89,5}$.

Сила тертя продукту по ситу $F = C_0 \cdot f = \frac{R \cdot n_{б.р.}^2}{89,5} \cdot f$, де f – коефіцієнт тертя продукту по ситу.

Шлях тертя, тобто, шлях, який проходить продукт в середині відтискної колонки від входу до виходу, можна визначити як відрізок гвинтової лінії, показаний на схемі (рис. 12). Величина кута α визначається кутом нахилу поверхні гінців, який складає 45 град. Тобто, $\alpha = 45^0$.

Відтак, шлях $L = \frac{\pi \cdot Д}{\cos \alpha}$. Після підстановки отримаємо:

$$N_{тр} = \frac{0,56 \cdot 10^{-5} \pi \cdot Q_c \cdot Д^2 \cdot n_{б.р.}^2 \cdot f}{\cos \alpha}, \text{ кВт} \qquad (16)$$

де Q_c – продуктивність машини, кг/с.

Бичовий ротор можна умовно вважати подібним до робочого колеса вентилятора. Тоді тиск (напір), створений цим колесом, буде дорівнювати:

$$H = \rho \cdot \psi \cdot \vartheta^2, \text{ Па},$$

де ρ – густина повітря, кг/м^3 (для «стандартного» повітря ρ=1,2 кг/м^3) ; ψ – коефіцієнт напору, який можна прийняти рівним 0,5 для робочого колеса вентилятора такої недосконалої конструкції. Тоді отримуємо:

$$H = \frac{\pi^2 \cdot \psi}{3600} \cdot \rho \cdot Д^2 \cdot n_{б.р.}^2 = 1,64 \cdot 10^{-3} \, Д^2 \cdot n_{б.р.}^2,$$

Витрата повітря, створювана ротором, дорівнюватиме:

$V = \varphi \cdot F \cdot \vartheta$, м^3/ с ,

де φ = 0,4 – коефіцієнт витрати; F – площа отворів у торцевих частинах колонки для засмоктування атмосферного повітря, м^2.

Очевидно, що $F = 2 \cdot \frac{\pi \cdot Д^2}{4} = \frac{\pi \cdot Д^2}{2}$. Тоді витрата повітря складатиме:

$$V = \varphi \cdot \frac{\pi \cdot Д^2}{2} \cdot \frac{\pi \cdot Д \cdot n_{б.р.}}{60}, м^3/с .$$

Потужність на створення повітряного потоку дорівнюватиме:

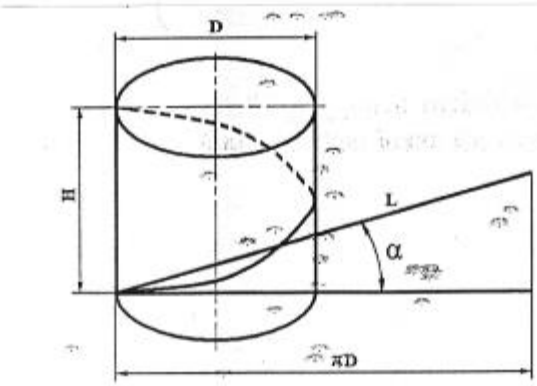

Рис.12 Розрахункова схема для визначення довжини шляху тертя продукту по ситу відтискної колонки; Di H -діаметр і висота ситового циліндра; α -кут нахилу гінців до горизонталі; L-довжина витка у розгортці

$$N_{п.с.} = 1{,}13 \cdot 10^{-7} \, Д^5 \cdot n_{б.р.}^3 \text{ , кВт,} \quad (17)$$

1.3.3. Огляд описань винаходів і патентів по темі роботи

Метою винаходу № 1708404 є підвищення якості миття зерна шляхом більш повного відділення легких домішок, а також скорочення витрати води. Для цього у кінці гідросепаратора, між ним і відтискною колонкою, знаходиться перевантажувальне відділення. У ньому встановлена труба, поздовжня вісь якої перпендикулярна осям зернових шнеків. Труба має поздовжню щілину і заглиблена у воду до рівня цієї щілини. Один кінець труби заглушено, а другий проходить у вікно в боковій стінці мийної ванни. Труба має можливість повертатись вздовж своєї осі, для чого передбачена рукоятка з фіксатором і нерухома шкала, якій контролюють ступінь занурення у воду передньої кромки щілини (рис.13). Описаний пристрій працює таким чином.

Гідродинамічно легкі домішки, що спливають на поверхню води у мийній ванні, проштовхуються витками зернових шнеків 3 в напрямку до відтискної колонки 1. Напрямні 10 спрямовують потік води з легкими домішками у щілину 7 труби 6. Регулятор 8 дозволяє регулювати глибину занурення у воду приймальної кромки щілини 7, а відтак – регулювати витрату води, яка зливається по ній у трубу 6. Разом з цією водою в трубу надходять легкі домішки, які крізь патрубок 5 прямують у каналізаційну мережу підприємства. Так забезпечується практично повне вилучення з машини легких домішок при мінімальній витраті води.

Окрім цього, скороченню витрати води сприяє також заміна гідро транспортера ежекторного типу на механічний ковшовий перевантажувач 11 роторного типу. Він розташований (рис. 14) безпосередньо після труби 6 таким чином, що в нього прямує зерно, вже позбавлене легких домішок. Перевантажувач складається з циліндра, на якому рівномірно встановлені ковші 12 з сітчастими стінками для відтоку води. Перевантажувач рівномірно обертається у напрямку до відтискної колонки. Ковші заповнюються зерном разом з

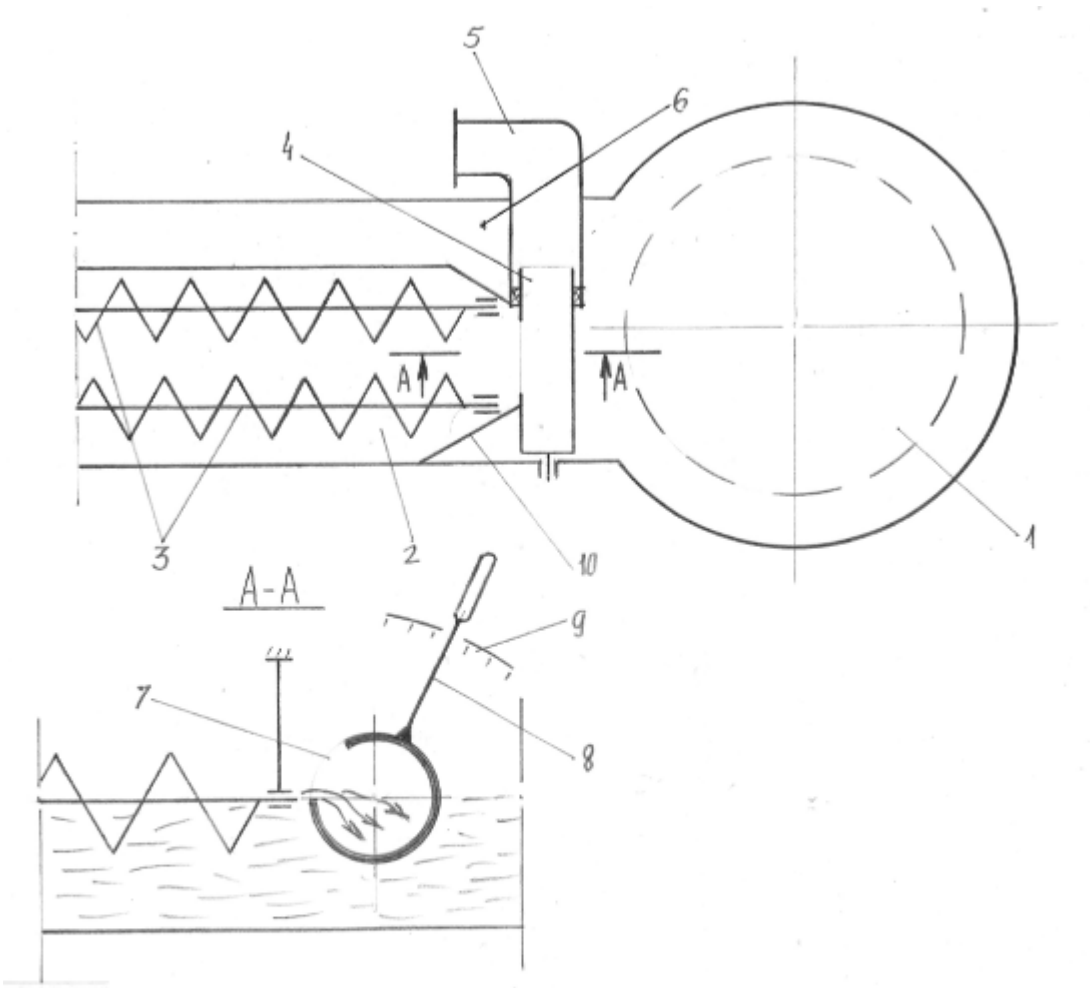

Рис.13 Схема мийної машини за винаходом №1708404: 1-відтискна колонка; 2-мийна ванна (гідросепаратор); 3-зерновий шнек; 4-труба з прорізом; 5-патрубок для вилучення легких домішок; 6-боковий відсік гідросепаратора; 7-поздовжня щілина (проріз); 8-регулятор; 9-шкала; 10-площина

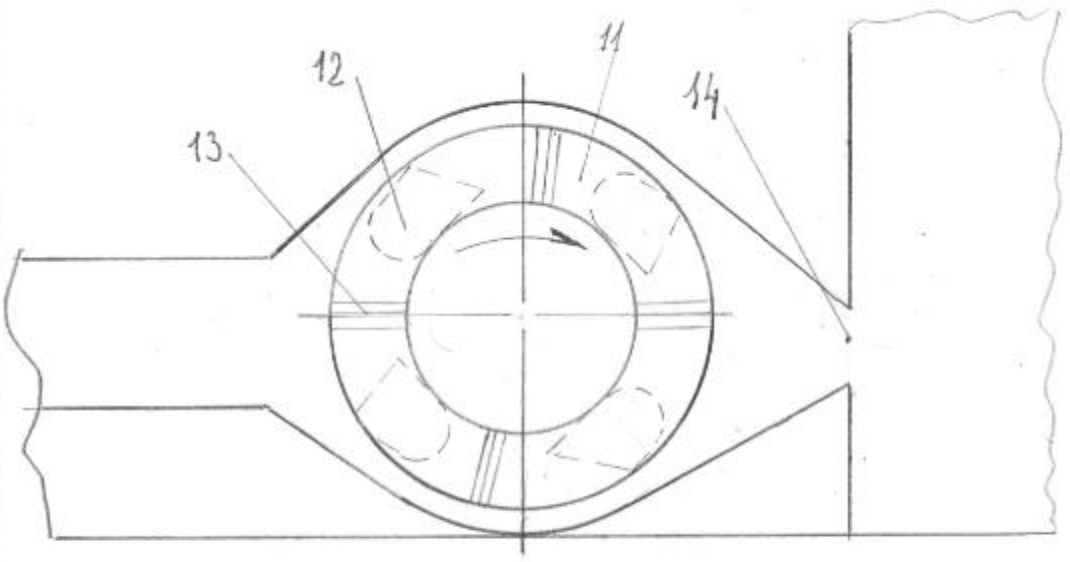

Рис.14 Сплавна камера без гідротранспортера: 11-роторний перевантажувач ківшевого типу; 12-перфорований (сітчастий) ківш; 13-відбивач води, яка витікає з ковша (козирок); 14-вікно

водою, яка частково стікає крізь отвори їх сітчастих стінок і повертається у мийну ванну для відстоювання. Зерно висипається з ковшів і надходить у вікно 14, крізь яке потрапляє у відтискну колонку, безпосередньо в зону дії гінців бичового ротора. Її функціонування не відрізняється від звичайного для мийних машин більшості відомих типів. Можливість заощадження води і покращення ефективності – очевидні переваги описаної пропозиції. Тому у подальшій роботі вважаю за доцільне скористатись розглянутим винаходом.

1.4. Висновки і обгрунтування обраного напрямку модернізації

1. Комбіновані мийні машини з вертикальною відтискною колонкою відрізняються досить високою продуктивністю і достатньою ефективністю.

2. Основний недолік комбінованих мийних машин, що обмежує їх використання в сучасних умовах, - завелика питома витрата води, яка складається з витрат на, власно кажучи, миття зерна, на його зволоження, на гідро транспортування зерна у відтискну колонку і каміння – у збірник-накопичувач, а також на ополіскування ситового циліндру і на роботу піногасильних форсунок.

3. З метою зменшення витрат води і підвищення ефективності дії, доцільно під час модернізації машини Ж9-БМА скористатись технічними рішеннями винаходу за авторським свідоцтвом №1708404.

4. Необхідно зробити спробу збільшення коефіцієнта живого перерізу ситової обичайки для покращення процесу зневоднення митого зерна.

5. При проведенні технологічних, кінематичних і силових розрахунків доцільно застосувати методики, описані вище.

2. Технічне завдання на модернізацію мийної машини Ж9-БМА

2.1.Найменування об’єкту модернізації і галузі його застосування

- Комбінована мийна машина для зерна Ж9-БМА призначена для миття зерна водою при підготовці його до помелу у борошно.

2.2. Підстава для розробки

- Завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра спец. 133 «Галузеве машинобудування», видане кафедрою ТОЗВ.

2.3. Мета розробки

- Покращення експлуатаційних властивостей і підвищення ефективності комбінованої мийної машини.

2.4. Джерела розробки

- 1.Комплект технічної документації машини Ж9-БМА Дніпропетровського заводу «Продмаш»;

- 2. Винахід по авт. свід. №1708404 від 1. 10. 1991 р. (описання).

2.5. Машина вміщує: гідросепаратор (мийну ванну) з двома зерновими шнеками і одним – для мінеральних домішок; пристрій для уловлювання і вилучення гідродинамічно легких домішок; пристрій для механічного перевантаження митого зерна у відтискну колонку; відтискну колонку. У відтискній колонці встановлено ситову обичайку, виготовлену з металевої сітки підвищеної зносостійкості. Коефіцієнт живого перерізу сітки значно перевищує КЖП штампованого сита з лускоподібними отворами, яке застосовують у мийних машинах Ж9-БМА до модернізації. Отвори сита мають симетричну форму і не потребують узгодження свого розташування з напрямком обертання бичового ротора під час технічного обслуговування і ремонту.

Продуктивність, т/год 12

Габаритні розміри, мм (не більше)

Довжина…… 4200

Ширина…….. .2195

Висота…… 2250

Маса, кг (не більше) 3180

Питома витрата води, л /кг (не більше) 0,5

Ефективність дії:

по зниженню зольності, % (не менше) 0,024…0,033

по відбору мінеральних домішок, % (не менше) 70,8…75

по відбору органічних домішок , % (не менше) 75…100

по збільшенню вологості зерна, % (не більше) 2,2…2,5

Потужність на привод, кВт (не більше)

шнеків гідросепаратора 1.5

роторного перевантажувача 1,5

бичового ротора 11

Вимоги до надійності:

встановлене безвідмовне напрацювання, год (не менш) 400

середнє напрацювання на відмову , год (не менш) 800

строк служби до капремонту , міс (не менш) 36

встановлений повний строк служби , рік (не менш) 13

коефіцієнт технічного використання (не менш) 0,97

коефіцієнт готовності (не менш) 0,99

Вимоги до технологічності

Виробнича технологічність має забезпечуватись за рахунок:

1. вибору матеріалів для заготовок з мінімальними припусками;

2. збирання методами, які не потребують спеціального інструмента, забезпечують легке встановлення деталей і збірних одиниць, можливість їх регулювання і контролю.

Експлуатаційна технологічність машини має забезпечуватись:

1. за рахунок герметичності кожуха;

2. зручності обслуговування;

3. легкості очищення машини при її зупинці і пуску.

5.3. Коефіцієнт збірності 0,45

5.4. Питома матеріалоємність, кг/т/год, не більше 133

5.5. Вимоги безпечності:

1. конструкція має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-74;

2. машина повинна мати огородження рухомих частин і механізмів;

3. рівень звука на відстані 1м від машини не повинен бути більше за 78 дБА;

4. величина вібрацій на робочому місті не має перевищувати значень, встановлених «Санітарними нормами СН 245-71»;

5. на машині мають бути пристрої для швидкої і надійної строповки;

6. електробезпечність має забезпечуватись прокладанням електропроводки у метало рукавах, захисним заземленням по ГОСТ 21130 згідно з ПУЕ і ПТБ; електрообладнання має відповідати вимогам ПУЕ для приміщень класу В-IIа.

3. Технічна пропозиція

3.1.Описання можливих варіантів конструктивно-функціональних розробок

3.3.1. Пристрій для вилучення з гідросепаратора легких домішок, що спливають на поверхню води

Варіант 1. Вікно для виведення зі сплавної камери легких домішок розташоване у боковій стінці. Недолік такого рішення полягає в тім, що зернові шнеки гідросепаратора створюють потік, спрямований вздовж поздовжньої осі машини, тоді як вікно знаходиться з боку. Тому для виведення легких домішок необхідно змінити напрямок потоку на 90 градусів, що може створити затори на поверхні води, витрата якої стане більшою за існуючу. До того ж, прагнення найповнішого видалення легких домішок в цих умовах не може бути досягнуте. Запропоноване технічне рішення може призвести до збільшення розмірів вивідного вікна, що у свою чергу збільшить витрату води. Таким чином, цей варіант треба визнати недоцільним.

Варіант 2. Перед вікном у боковій стінці гідросепаратора розташована похила стінка для змінення напрямку потоку води (її верхнього прошарку, що вміщує легкі домішки, які сплили на поверхню). Недолік такого рішення очевидний: неможливо створити суцільну стінку, бо треба залишити отвори для валів і лопатей шнеків. Тому повне, своєчасне виведення легких домішок без збільшення витрати води видається неможливим.

Варіант 3. Пристрій для вилучення легких домішок вміщує трубу з поздовжньою щілиною, вісь якої перпендикулярна поздовжній осі машини. Один кінець труби має заглушку, а другий проходить крізь вікно у боковій стінці мийної ванни. Трубу можна повертати з метою регулювання висоти розташування передньої кромки щілини, яка має відповідати рівню води у гідросепараторі для повного уловлювання верхнього її прошарку з легкими домішками. Ця вода відводиться до патрубка, по якому її спрямовують у каналізаційну мережу підприємства, де відокремлюють усю органіку для подальшого використання, а воду зливають у міську каналізацію. Цей варіант базується на матеріалах винаходу «Мийна машина для зерна» №1708404.

3.3.2. Пристрій для переміщення зерна з гідросепаратора у відтискну колонку.

Варіант 1. Гідротранспортування митого зерна водою під тиском біля 0,5 МПа передбачається у мийних машинах ЗКМ-60, Ж9-БМА, КВД-1 і в деяких закордонних моделях. Загальний недолік усіх цих машин – підвищена питома витрати води – унеможливлює застосування такого пристрою в процесі модернізації.

Варіант 2.Переміщення зерна з гідросепаратора у відтискну колонку зерновими шнеками, які проштовхують зерно безпосередньо у приймальний парубок колонки. При цьому сплавна камера практично відсутня, і повне уловлювання і вилучення легких домішок не відбувається.

Варіант 3. У сплавній камері, безпосередньо за трубою для уловлювання легких домішок, розташовують роторний ковшовий перевантажувач, зроблений у вигляді циліндра, вісь якого горизонтальна і перпендикулярна відносно поздовжньої осі машини. На поверхні циліндра закріплені рівномірно розташовані по периметру сітчасті ковші, між якими знаходяться козирки-відбивачі крапель води, що стікає з ковшів, заповнених водно-зерновою сумішшю. Ротор перевантажувача обертається неперервно і рівномірно і подає своїми ковшами мите зерно з залишками води у відтискну колонку. За рахунок ліквідації гідро транспортера, витрата води стає значно меншою, ніж

звичайно. Відпадає також необхідність у спеціальному насосі для нагнітання води у сопло ежектора.

4. Ескізний проект

4.1.Описання функціональної схеми машини

Функціональна схема мийної машини показана на листі 2 графічної частини.

Вихідне зерно надходить у приймальний пристрій, з якого подається у висхідні потоки води, створені витками зернових шнеків відповідно до гідродинамічної характеристики зерна, важких і легких домішок і швидкості висхідних потоків води. За час переміщення зернової маси у горизонтальному напрямку, зерно поступово занурюється у воду на глибину частини діаметра зернових шнеків. Важкі домішки при цьому зануряються нижче і потрапляють в зону дії шнека для мінеральних домішок, який переміщує їх у збірну воронку гідро транспортера. З цієї воронки мінеральні домішки періодично виводяться гідротранспортним пристроєм у бункер-накопичувач. З нього витікає вода і повертається у мийну ванну, а каміння періодично видаляється обслуговуючим персоналом.

Легкі домішки, що спливають на поверхню води, переміщаються зерновими шнеками разом з зерном вздовж ванни, у напрямку до відтискної колонки. Однак, спочатку вони потрапляють у сплавну камеру, де знаходиться поворотна труба з щілиною для уловлювання верхнього шару води з легкими домішками. Кількість води, яка сплавляє легкі домішки, можна регулювати глибиною занурення у воду нижньої кромки щілини. Для цього труба може повертатись відносно поздовжньої осі спеціальною рукояткою з фіксатором і вказівною шкалою.

Виходячи з мийної ванни під впливом зернових шнеків, зерно потрапляє у сплавну камеру, поступово зануряється в воду і проходить під трубою по похилій площині, яка спрямовує його у корпус роторного перевантажувача. Ковші перевантажувача, який рівномірно обертається в напрямку до відтискної колонки, заповнюються водно-зерновою сумішшю і передають її у

отвір приймальної частини відтискної колонки. Сітчасті стінки ковшів сприяють витіканню з них певної кількості води, яка по поверхні козирків-відбивачів повертається у корпус перевантажувача. Вода з корпусу, крізь сітчасту запобіжну перегородку, надходить у канал, що сполучаєься з відстійником і евакуаційно-зливним патрубком. Вода частково виводиться з машини крізь цей патрубок разом з легкими домішками, що потрапили у поглинальну щілину згаданої труби. Друга частина води, після відстоювання, знову надходить у мийну ванну з метою рециркуляції. Стічні води, що виходять з машини, обробляються зерноуловлювачем. Відокремлені легкі домішки зневоднюються механічним і тепловим шляхом і реалізуються для виготовлення кормів.

Зерно, яке надходить у відтискну колонку, вміщує відносно невелику кількість механічно утримуваної води. Під дією гінців бичового ротора, зерно центрифугується, переміщаючись знизу вгору по внутрішній поверхні ситової обичайки. Краплі води виходять назовні сита під впливом як відцентрових сил інерції, так і повітряного струму, який нагнітає у радіальному напрямку обертовий бичовий ротор. Захисний кожух, що охоплює з зовнішньої сторони ситову обичайку, уловлює цю воду і спрямовує униз, до зливного патрубка. За рахунок інтенсивного тертя зерна по шорсткій поверхні ситового циліндру, відбувається часткове мокре лущення плодових оболонок, які, проходячи крізь отвори сита, мають тенденцію прилипати до нього і блокувати отвори, перешкоджаючі зневодненню митого зерна. Кільцеподібний трубопровід, встановлений на верхній частині сита з його зовнішньої сторони, крізь дрібні просвердлені отвори подає воду на поверхню сита і змиває з неї бруд і фрагменти оболонок. Роботою змивного пристрою керує автоматичний механізм: вода подається на 1 хвилину з періодичністю 17 хв . Цього достатньо для підтримання нормального технічного стану сита і для уникнення зайвого витрачання води.

Мите зерно надходить у верхню коробку, з якої його виштовхують спеціальні подовжені лопаті, прикріплені по черзі до бичів - через один. Зер-

но потрапляє у тангенціальні випускні патрубки, з'єднані з самопливними трубопроводами. При підвищеній вологості зерна, трубопроводи підключають до системи аспірації цеху.

4.2. Технологічні розрахунки

4.2.1. Визначення товщини кільцеподібного шару зерна, що переміщається по внутрішній поверхні ситової обичайки відтискної колонки

Мета розрахунку. Уточнення конструктивних параметрів елементів відтискної колонки

Вихідні дані. Q =12000 кг/год; $Д_ц$ = 0,907 м; $\vartheta_{пр}$ = 0,3 м/с; $\gamma = 760$ кг/м^3; ε = 0,15.

Розрахунок. За виразом (4) знаходимо внутрішній діаметр кільцеподібного шару продукту на ситі відтискної колонки d :

$$d = \sqrt{Д_ц^2 - \frac{Q}{2790\,\vartheta_{пр}\cdot\gamma\cdot\varepsilon}} = \sqrt{0{,}907^2 - \frac{12000}{2790\cdot 0{,}2\cdot 760\cdot 0{,}15}} = 0{,}796 \text{ м.}$$

За виразом (3) визначимо товщину шару зерна Δ :

$$\Delta = \frac{Д_ц - d}{2} = \frac{0{,}907 - 0{,}796}{2} = 0{,}055 \text{ м.}$$

Висновок по **розрахунку.** При конструюванні гінців бичового ротора, зокрема, при обранні їх ширини, треба взяти до уваги, що вони мають переміщувати в ситовому циліндрі шар зерна товщиною $\Delta = 55$ мм.

4.2.2. Визначення частоти обертання зернових шнеків

Мета розрахунку. Отримання вихідних даних для подальшого кінематичного розрахунку.

Вихідні дані. $Q_ш$ = 6000 кг/год; Д = 0,15м ; d = 0,035м; S = 0,14м;

γ = 910 кг/м^3; ε = 0,16.

Розрахунок. За виразом (5) визначимо частоту обертання зернових шнеків:

$$n_ш = \frac{Q_ш}{47{,}1\,(Д^2 - d^2)\cdot S\cdot\gamma\cdot\varepsilon} = \frac{6000}{47{,}1\,(0{,}15^2 - 0{,}035^2)\cdot 0{,}14\cdot 910\cdot 0{,}16} = 306{,}3 \text{ об/хв.}$$

Висновок по розрахунку. Приймемо попередньо $n_ш$ = 310 об/хв; значення цього параметра можна буде знайти під час подальшого кінематичного розрахунку, але тільки у бік збільшення.

4.2.3. Визначення величини сили тертя зерна по поверхні ситового циліндру

Мета розрахунку. З'ясування характеру поведінки частинок зернового шару на внутрішній поверхні ситової обичайки відтискної колонки.

Вихідні дані для розрахунку: f =0,37; $m_1 = 3 \cdot 10^{-5}$кг; $n_{б.р.} = 400 \frac{об}{хв}$;

$Д_ц$ = 0,907м .

Схема розрахунку наведена у п.1.3.2.2.3.

Розрахунок. Силу тертя зерна по внутрішній поверхні ситового циліндру визначимо за виразом (8):

$$F = f \cdot m_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot n_{б.р.} \cdot Д_ц}{30^2 \cdot 2} = 0{,}37 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{3{,}1\,4^2 \cdot 400^2 \cdot 0{,}907}{900 \cdot 2} = 8{,}8 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$$

Висновок по розрахунку. Очевидно, що умова (7) відносного спокою частинки на внутрішній поверхні ситового циліндра відтискної колонки виконується, оскільки сила ваги одного зерна, маса якого

$m_1 = 3 \cdot 10^{-5} кг$, дорівнює $G = mg = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 9{,}81 = 2{,}9 \cdot 10^{-4}$ *Н.*

Тому F >G. Відтак, переміщення шару зерна всередині ситового циліндру під дією сил ваги неможливе, і потрібно організувати транспортуючий вплив з боку гінців бичового ротора.

4.2.4. Визначення продуктивності шнека для мінеральних домішок (для каміння)

Мета розрахунку. З'ясування можливості застосування тільки одного шнека для мінеральних домішок замість двох.

Вихідні дані: Д = 0,044м; d = 0,03м; S = 0,06м; $n_{ш.м.}$= 123 об/хв;

γ = 1650 кг/м^3; ε = 1.

Розрахунок. Згідно з виразом (5) визначимо $Q_{ш.м.}$:

$$Q_{ш.м.} = 47{,}1 \left(Д^2 - d^2\right) \cdot S \cdot n_{ш.м.} \cdot \gamma \cdot \varepsilon =$$

$= 47{,}1\ (0{,}044^2\text{-}0{,}03^2) \cdot 0{,}06 \cdot 123 \cdot 1650 \cdot 1 = 573{,}5\ кг/год$

Висновок по розрахунку. Оскільки після очищення зернової маси у сито-повітряних сепараторах і каменевідбірниках вміст мінеральних домішок не перевищує 1%, загальна кількість мінеральної домішки, яку має переміщати шнек для мінеральних частинок, не перевищує 120 кг/год. Відтак, один шнек продуктивністю 573,5 кг/год повністю впорається з виведенням цих домішок з мийної ванни.

4.2.5. Визначення продуктивності роторного перевантажувача зерна з гідросепаратора у відтискну колонку

Мета розрахунку. Уточнення параметрів ковшів роторного перевантажувача зерна.

Вихідні дані для розрахунку: $V = 1{,}15 \cdot 10^{-3}\ м^3$; $n_{р.п.} = 56$ об/хв;

$\gamma = 910\ кг/м^3$; $Z_к = 6$; $\varepsilon = 0{,}58$.

Розрахунок. Продуктивність роторного перевантажувача

$Q_{р.п.} = 60V\gamma n_{р.п.} Z_к \varepsilon = 60 \cdot 1{,}15 \cdot 10^{-3} \cdot 910 \cdot 56 \cdot 6 \cdot 0{,}58 = 12236$ кг/год.

Висновок по розрахунку. При продуктивності мийної машини 12000кг/год, продуктивність ковшового перевантажувача 12236 кг/год цілковито достатня, що свідчить про правильність прийнятих раніше параметрів ковшів.

4.3. Описання кінематичної схеми мийної машини

Кінематична схема мийної машини зображена на листі 3 графічної частини. Привод шнеків мийної ванни здійснюється від електродвигуна, встановленого на шарнірній плиті з натяжним болтом. Ведучий шків електродвигуна зв'язано з веденим шківом клинопасовою передачею. Ведений шків встановлено на швидкохіднім валу циліндричного зубчастого редуктора. Редуктор нестандартного типу знаходиться поряд з торцевою стінкою мийної ванни. Три тихохідні вали редуктора проходять крізь отвори у цій стінці для

з’єднання з допомогою муфт з валами трьох шнеків: двох зернових і одного для мінеральних домішок.

Місця проходження валів мають надійні гумово-повстяні ущільнення.

Оскільки зернові шнеки обертаються з однаковою швидкістю назустріч один одному, відповідні вали редуктора з’єднані між собою зубчастою передачею з передаточним відношенням $i_{з.п.(1)} = 1$. Шнек для каміння обертається більш повільно. Тому його вал оздоблено понижувальною передачею. Корпус редуктора має шарикопідшипникові опори, обладнані кришками, ущільненнями і маслянками (див. лист 5 графічної частини).

Привод бичового ротора відтискної колонки здійснюється від електродвигуна, встановленого на кронштейні верхньої коробки. Натяг клинопасової передачі здійснено з допомогою шарнірної плити з натяжними болтами. Привод роторного перевантажувача зерна з мийної ванни у відтискну колонку здійснюється мотор-редуктором. Його тихохідний вал з’єднується з веденим валом роторного перевантажувача однорядною ланцюговою компенсаційною муфтою. Параметри усіх приводних механізмів обґрунтовані відповідними кінематичними розрахунками.

4.4. Кінематичні розрахунки (попередні)

Мета розрахунків. Визначення параметрів кінематичних ланцюгів робочих органів.

Вихідні дані для розрахунку привода шнеків мийної ванни:

$n_{е.дв.(1)} = 1000$ об/хв – синхронна частота обертання ротора електродвигуна, прийнята попередньо; $n_{ш.з.} = 310$ об/хв; $n_{ш.м.} = 123$ об/хв.

Розрахунок привода шнеків мийної ванни.

За виразом (11) визначимо загальне передаточне відношення:

$i_{заг(1)} = n_{е.дв.(1)} : n_{ш.м.} = 1000 : 123 = 8{,}13.$

За виразом (12) визначимо передаточне відношення понижувальної зубчастої передачі $i_{з.п.(2)}$, визначивши спочатку передаточне відношення клинопасової передачі за виразом $i_{п.п.(1)} = \frac{n_{е.дв.(1)}}{n_{ш.з.}} = \frac{1000}{310} = 3.225.$

Приймемо діаметр ведучого шківа клинопасової передачі $Д_1$= 125 мм і визначимо діаметр веденого шківа $Д_2$ по (13):

$Д_2 = Д_1 \cdot (1 – \varepsilon) \cdot i_{п.п.(1)} = 125 \cdot (1- 0,02) \cdot 3,225 = 395$ мм.

Відтак, згідно з (12) , знаходимо:

$i_{з.п.(2)} = i_{заг(1)} : i_{п.п.(1)} = 8,13 : 3,225 = 2,52.$

Приймаючи число зубців шестерні $Z_1 = 13$, визначимо число зубців колеса:

$Z_2 = Z_1 \cdot i_{з.п.(2)} = 13 \cdot 2,52 = 32,76.$

Висновок по розрахунку.

1.Приймаємо число зубців колеса $Z_2 = 33$.

2. Приймаємо $Д_2 = 400$ мм з нормального ряду діаметрів шківів.

Вихідні дані для розрахунку привода бичового ротора відтискної колонки:

$n_{ел.дв(2)} = 1500$ об/хв – попередньо прийнята синхронна частота обертання ротора електродвигуна; $n_{б.р.} = 400$ об/хв.

Розрахунок привода бичового ротора відтискної колонки.

За виразом (14) визначимо загальне передаточне відношення між валами:

$i_{заг(2)} = n_{е.дв.(2)} : n_{б.р.} = 1500 : 400 = 3,75.$

Очевидно, що це передаточне відношення можна забезпечити клинопасовою передачею (що, доречи, підтверджує досвід застосування мийних машин Ж9-БМА і Ж9-БМБ). Відтак, $i_{п.п.(2)} = i_{заг(2)} = 3,75$.

Прийнявши діаметр ведучого шківа $Д_3 = 140$ мм, визначимо діаметр веденого шківа $Д_4$ за виразом (13) :

$Д_4 = Д_3 \cdot (1 – \varepsilon) \cdot i_{п.п.(2)} = 140 (1 – 0,02) 3,75 = 514$ мм.

Висновок. Приймаємо $Д_4 = 500$ мм з нормального ряду діаметрів шківів.

5. Технічний проект

5.1. Описання розробленої конструкції з технічною характеристикою машини

Загальний вигляд мийної машини після модернізації показано на листі 4 графічної частини, привод мийної ванни – на листі 5, ситовий циліндр - на листі 6 і роторний перевантажувач – на листі 7.

Креслення доводять, що між мийною ванною і відтискною колонкою розташовано пристрій для механічного перевантаження водно-зернової маси з мийної ванни до відтискної колонки. Для цього сплавна камера вміщує роторно-ківшевий перевантажувач з шістьома ковшами, рівномірно розподіленими по периметру. Ковші мають сітчасті стінки з отворами діаметром 1,7 мм для витікання з них певної кількості води, яка по поверхні спеціальних козирків-відбивачів повертається в корпус перевантажувача. Стінки ковшів можуть бути демонтовані і замінені на інші у разі потреби. Для цього вони кріпляться болтами. Стінки ковшів виготовлені зі штампованого сита, виготовленого Харківським заводом ім. Фрунзе з нержавіючої сталі. В передній частині перевантажувача встановлена поглинальна труба з поздовжньою щілиною, призначеною для поглинання плодових оболонок. Труба має можливість повертатись відносно своєї осі з допомогою регулятора з фіксатором і шкалою. Повороти труби у той чи інший бік змінюють глибину занурення у воду передньої кромки поглинальної щілини, а відтак – змінюють товщину шару води, який зливається у трубу. Оскільки на поверхні цього шару знаходяться легкі домішки, то ці повороти сприяють налагодженню режиму видалення цих домішок з машини.

Відтискна колонка модернізованої мийної машини вміщує ситову обичайку поліпшеної конструкції: замість штампованого сита з лускоподібними отворами, застосоване зносостійке нержавіюче сито, виготовлене зі спеціального гранчастого дроту, що надає ситу необхідної шорсткості. Коефіцієнт живого перерізу сітки перевищує той, що характерний для штампованого си-

та, вживаного до модернізації. Це сприяє більш ефективному зневодненню митого зерна.

Для заощадження води, яка витрачається на змивання з поверхні сита фрагментів оболонок і бруду, застосовано автоматизовану подачу змивної води подібно тому, як це зроблене у мийно-лущильних машинах А1-БМШ. Процес змивання відбувається з періодичністю раз на 17 хвилин; тривалість подачі води складає 1 хвилину. Для цього на лінії подачі води встановлено командний прилад і електромагнітний мембранний вентиль.

Машина також відрізняється тим, що у мийній ванні встановлено усього один шнек для мінеральних домішок, замість двох до модернізації. Відповідно змінена конструкція редуктора привода шнеків. Тепер він має не чотири, а три тихохідні вали. Тому відповідно спростилась конструкція зубчастих передач у редукторі, зменшилось число отворів для проходу валів у торцевій частині мийної ванни і потреба в ущільненні цих проблемних вузлів. Скорочення числа шнеків для мінеральних домішок було обґрунтоване розрахунковим шляхом; цей розрахунок наведено у моїй пояснювальній записці.

Технічна характеристика модернізованої мийної машини Ж9-БМА

1. Продуктивність, т/год 12
2. Число шнеків у мийній ванні, шт

-загальне 3

-зернових 2

-для мінеральних домішок 1

3. Число обертів шнеків, об/хв

-зернових 310

-для мінеральних домішок 123

4. Число обертів бичового ротора відтискної колонки, об/хв 400
5. Число обертів роторного перевантажувача, об/хв 56
6. Число електродвигунів для привода машини, шт 3
7. Установлена потужність, кВт (загальна) 14

8. Габаритні розміри, мм

-довжина 4620

-ширина 1785

-висота 2550

9. Маса , кг (не більше) 3050

5.Силовий розрахунок

5.2.1. Визначення ефективного моменту на валу бичового ротора відтискної колонки

Мета розрахунку. Отримання вихідних даних для обрання електродвигуна відтискної колонки.

Вихідні дані для розрахунку: Q = 3,34 кг/с; Д = 0,895 м; $n_{б.р.}$=400 об/хв; f = 0, 37; α= 45 град.

Розрахунок. За виразом (16) визначимо потужність для подолання моменту сил тертя шару зерна по поверхні ситого циліндру:

$N_{тр} = (0{,}56 \cdot 10^{-5} \pi \cdot Q_c \cdot Д^2 \cdot n^2_{б.р.} \cdot f) : \cos\alpha =$

$= \frac{0{,}56 \cdot 10^{-5} \cdot 3{,}14 \cdot 3{,}34 \cdot 0{,}895^2 \cdot 400^2 \cdot 0{,}37}{0{,}707} = 3{,}93$ кВт

За виразом (17) знайдемо потужність на створення повітряного потоку:

$N_{п.с.} = 1{,}13 \cdot 10^{-7} Д^5 \cdot n^3_{б.р.} = 1{,}47 \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}895^5 \cdot 400^2 \cdot 0{,}37 = 5{,}63$ кВт

За виразом (15) знайдемо потужність для подолання моменту сил корисних опорів: $N_{к.о.} = N_{тр} + N_{п.с.} = 3{,}93 + 5{,}63 = 9{,}56$ кВт

Ефективний момент на валу бичового ротора складає:

$M_{еф} = N_{к.о.} : \omega_{дв} = (9560 \cdot 30) : (3{,}14 \cdot 1500) = 60{,}89$ Нм

Статичний момент дорівнює:

$M_{ст} = \frac{M_{еф}}{i \cdot \eta} = \frac{60{,}89}{3{,}75 \cdot 0{,}9} = 18{,}04$ Нм

Потужність на подолання статичного моменту $N_{п.с.}$ =9,56 кВт. За каталогом електродвигунів єдиної серії обираємо електродвигун

4А132МЧ93, $N_{е.дв.}$= 11 кВт, $n_{е.дв.}$= 1460 об/хв.

5.2.2.Перевірка обраного електродвигуна на подолання повного опору машини, характерного для пускового режиму роботи

Мета розрахунку сформульована у п. 5.2.2.

Вихідні дані для розрахунку: $M_{пуск}/M_{ном} = 2,2$; $GD^2=0,16$ кг·м^2;

$t_р = 5$ с.

Розрахунок. Для визначення динамічного моменту $M_{дин}= I_{пр} \cdot \frac{\omega_{е.дв.}}{t_р}$, визначимо приведений момент інерції ротора $I_{пр}$, заповнивши наступну таблицю

Назви ланок	Номера ланок кінематичного ланцюга			
	Ротор електродвигуна	Шків ведучий	Шків ведений	Ротор бичовий
Маса і-ої ланки, кг	-	1,6	40	357
Діаметр і-ої ланки, м	-	0,15	0,5	0,895
Момент інерції і-ої ланки, I_i, кг·м^2	$GD^2/4 =0,04$	0,031	1,428	35,74
Передаточне відношення до і-ої ланки	1	1	3,75	3,75
ККД передаточних механізмів	1	1	0,93	0,93
Приведений момент інерції і-ої ланки, $I_i^{пр}$, кг·м^2	0,84	0,031	0,109	2,73

$\Sigma\ I_i^{пр} = 2{,}91$ кг·м$^{2\cdot}$

Визначимо динамічний момент:

$M_{дин} = \Sigma\ I_i^{пр} \cdot \frac{\omega_{дв}}{t_p} = 2{,}91 \frac{3{,}14 \cdot 1500}{30 \cdot 5} = 91{,}37\ Нм$.

Тоді повний момент електродвигуна складе:

$M = M_{ст} + M_{дин} = 18{,}04 + 91{,}37 = 109{,}41$ Нм .

Номінальний момент електродвигуна дорівнює:

$M_{ном} = \frac{30\ N_{е.дв.}}{\pi \cdot n_{е.дв.}} = \frac{30 \cdot 1100}{3{,}14 \cdot 1500} = 70{,}06$ Нм .

Відношення $M/M_{ном} = 109{,}41 / 70{,}06 = 1{,}56$, тобто $< 2{,}2$,

що свідчить – електродвигун обрано правильно.

5.3. Уточнений кінематичний розрахунок

Мета розрахунку. Уточнення кінематичних параметрів ланцюгів приводів гідросепаратора і відтискної колонки.

Умови розрахунків. Розрахунки виконуються за умови, коли вже остаточно обрані електродвигуни приводів і відоме дійсне число обертів їх валів.

Вихідні дані.

- по гідросепаратору: $Д_1$=125 мм; $Д_2$=400 мм; $n_{е.дв.}$=935 об/хв; ε= 0,02; Z_1=13; Z_2=33; Z_3=35.

- по відтискній колонці: $Д_3$=140 мм; $Д_4$=500 мм; $n_{е.дв.(2)}$=1460 об/хв.

Розрахунок: За виразом (12) знаходимо $i_{заг}$ привода шнека гідротранспортера для каміння: $i_{заг} = i_{п.п.(1)} \cdot i_{з.п.(2)}$. Для цього спочатку знайдемо $i_{з.п.(2)} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{33}{13} = 2{,}538$. За виразом (13) знайдемо $i_{п.п.(1)}$:

$i_{п.п.(1)} = \frac{Д_2}{Д_1 \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{400}{125\ (1 - 0{,}02)} = 3{,}265$. З цього походить, що

$i_{заг(1)} = 3{,}265 \cdot 2{,}538 = 8{,}286$.

Визначимо дійсне число обертів шнека для мінеральних домішок по (11):

$n_{ш.м.} = \frac{n_{е.дв.(1)}}{i_{заг(1)}} = \frac{935}{8{,}286} = 112{,}8 \frac{об}{хв}$.

Висновок по розрахунку. Оскільки технологічний розрахунок показав, що шнек для мінеральних домішок має великий запас по продуктивності, то знайдена частота обертання цього шнека цілком допустима.

За виразом (14а) визначимо дійсне передаточне відношення пасової передачі привода відтискної колонки:

$$i_{п.п.} = \frac{5оо}{400\,(1-0{,}02)} = 3{,}644.$$

Тоді за виразом (14) знайдемо дійсне число обертів ротора відтискної колонки: $n_{б.р.} = \frac{n_{е.дв.(2)}}{i_{п.п.(2)}} = \frac{1460}{3{,}644} = 400{,}6\,\frac{об}{хв}$.

Висновок по розрахунку. Знайдена частота обертання ротора відтискної колонки практично не відрізняється від розрахункової.

5.4. Охорона праці

5.4.1. Характерні небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ)

При роботі мийної машини можуть виникати наступні НШВФ [10]

1.Рухомі частини машини, до яких відносяться:

1.1. Шківи і паси клинопасових передач.

1.2 .Зубчасті шестерні редуктора (з відкритою кришкою).

1.3. Ланцюгова муфта привода ротора ківшевого перевантажувача.

1.4. Шнеки зернові і для мінеральних домішок у мийній ванні.

1.5. Ковші ковшового перевантажувача зерна з мийної ванни у відтискну колонку.

1.6. Гінці і бичи ротора відтискної колонки.

2. Підвищений рівень шуму, який створюють:

2.1. Електродвигуни.

2.2. Редуктор.

2.3. Піногасник.

2.4. Роторний перевантажувач зерна.

2.5. Шнеки мийної ванни.

2.6. Відтискна колонка.

Згідно з нормами [10] , рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 80 ДБА.

3. Підвищена величина напруги у електричному ланцюгу замикання, яке може відбутися крізь тіло оператора, а також у мережі освітлення напругою 220 В.

4. Недостатня освітленість робочої зони, яку попереджають дотриманням вимог [10] по забезпеченню значень К.П.О. , встановлених санітарними нормами.

У приміщеннях з боковим освітленням коефіцієнт природної освітленості К.П.О.$_{\text{мін}}$ – $E^{\text{п}}_{min} = 1\,\%$ для 1У- го розряду робіт. Норми штучного освітлення у приміщеннях борошномельних заводів такі: при лампах розжарювання освітленість не менше за 100 Лк, а при газорозрядних – 150 Лк.

5. Підвищена вологість повітря у робочій зоні попереджається герметичністю корпусу машини і аспірацією вологого повітря крізь відвідний самоплив для митого зерна.

6. Підвищена ковзкість підлоги у робочій зоні машини внаслідок: розбризкування води відтискною колонкою при відсутності або негерметичності зовнішнього кожуха; незадовільного функціонування піногасника і виходу піни з мийної ванни; негерметичності водопровідних комунікацій мийної машини; відсутності дерев'яних решіток на підлозі навколо машини; несвоєчасної санітарної обробки робочої зони.

Наведемо джерела створення перелічених НШВФ і конкретні заходи по їх зменшенню.

1. Рухомі частини машини стають небезпечними при порушенні правил експлуатації і обслуговування, а саме:

1.1. При роботі без огороджень або з відчиненими кришками мийної ванни, редуктора і захисними кожухами відтискної колонки.

1.2. При натягуванні або спробах заміни пасів на ходу машини.

1.3. При проведенні регулювальних або мастильних робіт без зупинки машини.

1.4. При спробах проникнення рук оператора або допоміжних пристроїв (крючків, захватів і т. ін.) у внутрішній простір мийної ванни, корпусу відтискної колонки і роторного перевантажувача під час роботи.

Для попередження усього переліченого передбачається:

1. Проведення інструктажів обслуговуючого персоналу (ввідного і на робочому місті) з перевіркою засвоєння правил безпечного обслуговування і експлуатації.

2. Наявність передбачених огороджень передаточних механізмів і робочих органів машини.

3. Наявність і працездатність блокувальних пристроїв відкидних дверцят і огороджень .

4. Наявність кришок мийної ванни і корпусу колонки з фіксаторами їх закритого положення під час роботи.

2. Підвищений рівень шуму на робочому місці виникає внаслідок роботи з несправним обладнанням або при порушенні правил його експлуатації, а саме:

2.1. При неврівноваженості бичового ротора колонки, яка перевищує 20 г см.

2.2. При чіплянні лопатей шнеків, ковшів перевантажувача, гінців і бичів колонки за конструктивні елементи машини.

2.3. При несвоєчасному і неякісному мащенні вузлів і поверхонь тертя.

2.4. При деформації кожухів вентиляторів на електродвигунах.

2.5. При відсутності або пошкодженні звукоізолюючих прокладок між збірними одиницями або деталями машини.

Щоб уникнути усього переліченого, у проекті передбачено:

1. Динамічне зрівноваження бичового ротора під час заміни або ремонту бичів або гінців.

2. Під час роботи і при періодичних зупинках на технічне обслуговування спостерігають і слідкують за справністю робочих органів, відсутністю пошкоджень і деформації огороджень і корпусних деталей.

3. Своєчасно і якісно виконують мастильні роботи (див. таблицю мащення на кінематичній схемі – лист 3 графічної частини).

4. Слідкують за наявністю, справністю і своєчасною заміною пошкоджених або втрачених звукоізолюючих пристроїв і прокладок.

3. Ураження електричним струмом можливе, якщо:

3.1. Пошкоджено ізоляцію силового кабелю і електропроводки мережі освітлення.

шини і її електрообладнання.

3.3. Застосовується переносне освітлення (під час технічного обслуговування і ремонту) з напругою більше за 36 В.

3.4. Електрифікований інструмент (електродрилі, шліфувальні машинки, електроножиці і ін.) застосовують без індивідуальних засобів захисту і заземле

Щоб виключити можливість ураження електричним струмом у проекті передбачено:

1. Електричний кабель на висоту до двох метрів від підлоги захищають від механічного пошкодження сталевими трубами, кутниками, або металорукавами.

2. Електричний опір контура заземлення не перевищує 4 Ом [10]; заземлювач приєднують до спеціального гвинтового затискача.

3.Під час проведення ремонтних робіт випадкове включення електричної напруги виключається сукупністю організаційних і технічних заходів.

4.Переносні джерела освітлення застосовують при напрузі до 36 В у сухих приміщеннях і до 12 В – у вологих.

5.Переносний електроінструмент застосовують тільки при наявності заземлення і індивідуальних захисних засобів.

4. Недостатня освітленість на робочому місті може виникати внаслідок:

4.1. Загородження світлових прорізів і порушення строків їх очищення і строків заміни ламп на нові необхідної потужності.

5. Небезпечні зони мийної машини і засоби захисту

5.1. Небезпечною зоною є місце розташування приводних пасів , шнеків, і бичів з гінцями відтискної колонки.

5.2. Ковші перевантажувача.

Усі перелічені місця мають захисні огородження. Дверці огороджень облаштовані блокувальними пристроями типу кінцевий вимикач, який включено в ланцюг магнітного пускача електродвигуна: при відчинених

дверцятах двигун не вмикається. Приймальний патрубок живильника має запобіжну решітку з отворами 12х12 мм, яка затримує чужорідні тіла випадкового походження. Їх періодично вилучають під час технічного обслуговування машини.

У робочій зоні встановлено аварійну кнопку «Стоп», розташовану на найближчій колоні або на стіні (або на спеціальному трубчастому стояку) на відстані не більше за 1,5м від машини.

5. 4. 2. Кольорова обробка обладнання

Фарбування машини здійснюють у відповідності з «Вказівками по проектуванню кольорової обробки інтер'єрів виробничих будівель промислових підприємств» - СН 181-70 [12].

Кольорова обробка зовнішніх поверхонь виконується у оптимальних кольорах: зелений світлий з коефіцієнтом віддзеркалювання 40…50% або сіро-блакитний світлий з коефіцієнтом віддзеркалювання 40-50%. Внутрішні поверхні фарбують допоміжними кольорами – зелений темний з к-том 20…30% або сіро-блакитний темний з к-том 20-30%. Шківи клинопасових передач, які при роботі не видні, оскільки знаходяться під огороджуючими конструкціями, роблять у попереджувальних кольорах, наприклад, червоний (кадмій пурпурний з насиченістю 30%, к-том віддзеркалювання 14%, довжиною хвилі λ =615…700 Нм, що відповідає рекомендаціям СН 181-70. Колір обладнання приймають у відповідності з загальною кольоровою гамою інтер'єра з урахуванням, зокрема, кліматичних і географічних особливостей району розташування підприємства, яке застосовує машину.

5.4.3.Підготовка до роботи

До роботи з обслуговування мийних машин допускаються особи, що досягли 18-и років, пройшли відповідне навчання і мають посвідчення оператора з обслуговування обладнання зерноочисного відділення борошномельного заводу, а також отримали інструктаж з техніки безпеки на робочому місті.

Персонал, який має обслуговувати мийну машину, повинен володіти безпечними методами роботи і дотримуватись правил безпеки.

Мийна машина у процесі експлуатації знаходиться під наглядом обслуговуючого персоналу – одна людина на групу до 10-и машин і піддаватись періодичному огляду з частковим, у разі необхідності, розбиранням вузлів і мащенням поверхонь тертя.

Перед пуском машини під навантаженням необхідно перевірити:

Відсутність сторонніх предметів на корпусі машини;

Надійність закриття кришок і лючків;

Надійність закріплення подаючих і відвідних самопливів;

Наявність і справність заземлення;

Натяг приводних пасів, наявність огороджень і надійність їх закріплення;

Справність і надійність функціонування аспірації; відсутність течі води крізь нещільності трубопроводів; надійність функціонування піногасника; наявність на підлозі біля машини решіток і килимків.

5.4.4. Вимоги безпеки під час роботи

Під час обслуговування машини слідкують за герметичністю корпусу і кришки, за безперервністю і рівномірністю подачі вихідної сировини і евакуації продуктів сепарування; за надійністю роботи аспірації; за відсутністю стороннього шуму і інших нехарактерних звуків.

Під час технічного обслуговування і декадних зупинок перевіряють роботу аспірації (при її наявності), натяг приводних пасів, справний стан редуктора, виконують мастильні роботи, слідкують за технічним станом шнеків, ковшів перевантажувача, бичів і гінців відтискної колонки.

Транспортування машини двома окремими блоками передбачає кріплення їх стропами за римболти.

Періодично – один раз на рік - перевіряють електричний опір контура заземлення , який не має перевищувати 4 Ом.

Специфічні вимоги безпеки під час роботи машини:

Неможна пускати машину у роботу без огороджень, з нещільно зачин
еними кришками, з незакріпленими кожухами відтискної колонки.

Забороняється розпочинати ремонтні роботи або очищення мийної ванни, перевантажувача і колонки, заміну приводних пасів до повної зупинки машини.

Забороняється стояти на машині або знаходитись на ній під час роботи, захаращувати підходи до машини і робочу зону навколо неї.

Треба слідкувати за справною роботою піногасників. У разі потреби, прочищати отвори форсунок, не припускаючи їх забиття зерном і домішками.

5.4.5.Вимоги безпеки після роботи

Після закінчення роботи, перед виключенням машини, необхідно припинити подачу продукту в машину і протягом 15…20 хвилин виробити його залишки у корпусі машини; тільки після цього її можна зупинити шляхом відключення електродвигуна. На кнопковій станції необхідно встановити табличку з написом: « «Не вмикати! Працюють люди», після чого можна починати роботи в корпусі машини.

5.4.6.Вимоги безпеки у аварійній ситуації

У разі виникнення стуку або інших ознак несправності, треба зняти навантаження, зупинити машину, з’ясувати причину несправності і усунути її, після чого прокрутити машину вручну, впевнитись, що усе гаразд, і тільки після цього поновити роботу.

Література

1. Гапонюк О.І., Солдатенко Л.С., Гросул Л.Г.і інш. Технологічне обладнання борошномельних і круп'яних підприємств. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018.
2. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна.- Одеса: Друк, 2001.
3. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах.-Київ: ВІПОЛ, 1998.
4. Солдатенко Л.С., Шипко А.І., Шипко І.М Поліпшення експлуатаційно-технологічних властивостей комбінованої мийної машини для зерна. / Зернові продукти і комбікорми, №2, 2021 – С. 7-12.
5. Описання винаходу по авторському свідоцтву №17808404.

Поз. познач.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		Документація		
	Ж9-БМА 00.00.00	Складальне креслення		
		Складальні одиниці		
1.	Ж9-БМА 01.00.00	Ванна мийна	1	
2.	-«- 02.00.00	Перевантажувач	1	
3.	-«- 03.00.00	Колонка відтискна	1	
4.	-«- 04.00.00	Привод	1	
		Деталі		
5.	Ж9-БМА 00.00.01	Огородження	1	
		Стандартні вироби		
6.		Болт М10-8gх45 ГОСТ 7798-70	4	
7.		Гайка М10-7Н ГОСТ 5915-70	4	
8.		Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-70	4	
9.		Болт М12-8gх40	8	
10.		Гайка М12-7Н	8	
11.		Шайба 12.65Г	8	
12.		Болт М12-8g	4	
13.		Гайка М16-7Н	4	
14.		Шайба 16.65Г	4	
15.		МоторредукторМПз-2-40-56 -2	1	
16.		Муфта 250-32-1,1-4а ГОСТ 21424-75	1	
17.		Болт М8-8gх30	2	
18.		Гайка М8-7Н	2	
19.		Шайба 8.65Г	2	

					ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Гаврих			Мийна машина Ж9-БМА 00.00.00
Перевір.		Солдатенко			
Завід.					
кафедрою		Гапонюк			

Літ.	Арк.	Аркушів
	74	7

ОНТУ

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		Документація		
	Ж9-БМА 01.00.00	*Складальне креслення*		
		Складальні одиниці		
1.	*Ж9-БМА 01.01.00*	*Корпус*	*1*	
2.	*-«- 01.02.00*	*Шнек зерновий*	*2*	
3.	*-«- 01.03.00*	*Шнек для каміння*	*1*	
4.	*-«- 01.04.00*	*Живильник*	*1*	
5.	*-«- 01.05.00*	*Пінопогашувач*	*1*	
6.	*-«- 01.06.00*	*Гідротранспортер каміння*	*1*	
8.	*-«- 01.08.00*	*Опора вала шнека*	*2*	
		Деталі		
9.	*Ж9-БМА 01.00.01*	*Півмуфта ведуча*	*3*	
10.	*-«- 01.00.02*	*Півмуфта ведена*	*3*	
		Стандартні вироби		
11.		*Шпонка 8х7х40 ГОСТ23360-78*	*6*	
12.		*Болт М10-8gх40ГОСТ7798-70*	*4*	
13.		*Гайка М10-6Н ГОСТ 5915-70*	*4*	
14.		*Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-70*	*4*	
Ра				

Змн.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*	*ПЗ*		
Розроб.		*Гаврих*			*Ванна мийна 01.00.00*	*Літ.*	*Арк.* 75 / *Аркушів* 7
Перевір.		*Солдатенко*					
Завідуючий кафедрою		*Гапонюк*			*Специфікація*	*ОНТУ*	

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
.		Документація		
	Ж9-БМА 02.00.00	Складальне креслення		
		Складальні одиниці		
1.	Ж9-БМА 02.01.00	Корпус	1	
2.	-«- 02.02.00	Ротор	1	
3.	-«- 02.03.00	Поглинач	1	
4.	-«- 02.04.00	Лоток	1	
5.	-«- 02.05.00	Кришка	1	
6.	-«- 02.06.00	Опора	1	
		Деталі		
7.	Ж9-БМА 02.00.01	Кронштейн	1	
		Стандартні вироби		
8.		Шпонка 8х7х20 ГОСТ23360-78	1	
9.		Болт М6-8gх16 ГОСТ 7798-70	1	
10.		Шайба 6.65Г ГОСТ 6402-70	1	
11.		Шайба 7019-0623 ГОСТ 14734-69	1	
12.		Болт М10х25	10	
13.		Гайка М10-7Н ГОСТ 5915-70	10	
14.		Шайба 10.65Г	10	
15.		Болт М8-6g х 35	1	
16.		Гайка М8-7Н	1	
17.	.	Шайба 8.65Г	1	
18.		Болт М12-8g х 40	2	
19.		Гайка М12-7Н	2	
20.		Шайба 12.02 В Ст3 ГОСТ 11371-78	2	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЗ		
Розроб.		Гаврих			Перевантажувач Ж9-БМА 02.00.00 Специфікація	Літ.	Арк. 76 / Аркушів 7
Перевір.		Солдатенко					
Завідувач кафедри.		Гапонюк				ОНТУ	

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		Документація		
	Ж9-БМА 03.03.00	Складальне креслення		
		Складальні одиниці		
1.	Ж9-БМА 03.03.01	Секція верхня	1	
2.	-«- 03.03.02	Секція середня	1	
3.	-«- 03.03.03	Секція нижня	1	
		Деталі		
4.	Ж9-БМА 03.03.01	Накладка	6	
5.	-«- 03.03.02	Розпірка	8	
		Стандартні вироби		
6.		Болт М8-8g х 40 ГОСТ 7798-70	48	
7.		Гайка М8-7Н ГОСТ 5915-70	48	
8.		Шайба 8.65Г ГОСТ 6402-70	48	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЗ		
Розроб.		Гаврих			Сито Ж9-БМА 03.03.00 Специфікація	Літ.	Арк. 77 / Аркушів 7
Перевір.		Солдатенко					
Завідувач кафедри		Гапонюк				ОНТУ	