

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра технологічне обладнання, машинобудування
та безпека життєдіяльності



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему: **Модернізація луцильного верстату**

Здобувача: Цапко Є. П. групи МЗХ-416

Керівник: В. М. Петров, к.т.н., доцент.

Консультанти:

Петров В. М.

Алексашин О. В.

Гончарук А. А.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від ___2026 р., ПРОТОКОЛ № _____
Завідувач(ка) кафедри ТОМтаБЖД _____ О. Гапонюк
(підпис) (Ім'я, Прізвище)

Одеса – 2026 рік

Інститут	Навчально-науковий інститут зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу <u>ім. К. А. Богомаза</u>
Кафедра	Кафедра технологічне обладнання, машинобудування та безпека життєдіяльності
Ступінь вищої освіти	<u>Бакалавр</u>
Спеціальність	<u>133 Галузеве машинобудування</u>
Освітня програма	<u>ІТ-сервіс обладнання</u>

**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри ТОМтаБЖД

Олег Гапонюк

«_____» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Цапко Євгена Павловича

Тема роботи: Модернізація луцильного верстату
Затверджена наказом академії від 21.10.25 наказ №572-03

1. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 24.05.26 р
2. Вхідні дані до роботи:
3. Продуктивність луцильного верстату – 5 тон/год
Об'ємна маса продукту – 800 кг/м³
4. Перелік питань які потрібно розробити:
 - 1) Огляд конструкцій луцильних машин;
 - 2) Розрахунок луцильного верстату;
 - 4) Розробка 3D-моделі луцильного верстату;
 - 5) Розробка креслень луцильного верстату.
5. Перелік графічного матеріалу: складальне креслення луцильного верстату (2 листи), складальні креслення корпусу та абразивного барабану.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ з автоматизації	Алексашин А.Ф.		
Розділ з охорони праці і заходів безпеки в НС	Гончарук А.А.		

7. Дата видачі завдання 10.02.26 р. _____

Керівник
Завдання прийняв до виконання

Петров В.М.
Цапко Є. П.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд конструкцій луцильних машин	01.03.26	
2.	Огляд патентних матеріалів по темі	15.03.26	
3.	Огляд досліджень луцильних машин	20.03.26	
4	Висновки з оглядової частини проекту	22.03.26	
5	Розрахунки луцильної машини	26.03.26	
6	Розробка 3-D моделі луцильної машини	15.04.26	
7	Дослідження розробленої моделі	18.04.26	
8	Розробка креслень луцильної машини	30.04.26	
9	Оформлення пояснювальної записки	14.05.26	

Здобувач – дипломник Цапко Є. П.
Керівник роботи доцент Петров В.М.

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

Цапко Є. П.

В даній бакалаврській роботі розроблена конструкція луцильної машини для гречки та проса. Конструкцією луцильної машини передбачено, що деки як і основні механізми розташовані по обидві сторони, що дозволяє швидко переходити з одного виду сировини на іншу. Таке рішення дозволило ефективно скомпонувати механізми налагодження дек. Також розроблено новий механізм регулювання робочого зазору. Компоновка луцильного верстату з двома деками, дозволяє значно підвищити його продуктивність.

Бакалаврська робота складається з графічної частини виконаної на 5 аркушах формату А1 і розрахунково-пояснювальної записки оформленої на 80 аркушах формату А4.

Зміст

Вступ	6
1 Сучасний стан та перспективи розвитку луцильних машин	7
1.1 Опис технологічного процесу і робочих операцій, які реалізуються машиною і вимагають розробки	7
1.2. Луцильні машини та їх дослідження	9
1.3. Сировина для обробки луценням	31
1.4. Огляд патентних матеріалів	35
1.5. Висновки і обґрунтування вибраного напрямку проектування	59
2. Модернізація луцильного верстату	60
2.1. Технічна пропозиція	61
2.2. Опис можливих варіантів конструктивно-функціональних розробок	61
2.3. Опис функціональної схеми	61
2.4. Розрахунок вальцедекового верстату	63
2.5. Опис кінематичної схеми	69
2.6. Опис розробленої конструкції луцильного верстату	69
2.7. Правила безпечного обслуговування луцильного верстату	72
Література	73
Додатки	74

Вступ

Зерно багатьох видів рослин, що використовуються в харчовій промисловості, піддається луценню, метою якого є підготовка рослинної сировини до переробки на їжу або корм. Зерно відрізняється за своїми морфологічними та фізичними особливостями, тому конструкція луцильних машин та принципи їх роботи також різноманітні.

Для луцення великої кількості зерна, наприклад, люпину, ріпаку, гарбуза, арахісу тощо, луцильні машини або взагалі відсутні, або існуючі потребують модернізації або зміни конструкції їхнього робочого механізму.

Фізичні властивості матеріалу можуть впливати на процес. Тому знання значень фізичних властивостей насіння до та під час процесу є необхідним для раціонального проектування луцильних машин.

					<i>КРБ.ТОМтаБЖД.1.572-03.2.4 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Цапко Е.П.</i>			<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Петров</i>					<i>6</i>	<i>68</i>
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>				<i>ОНТУ кафедра ТОМ та БЖД</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Гапонюк</i>						

1 Сучасний стан та перспективи розвитку луцильних машин

1.1 Опис технологічного процесу і робочих операцій, які реалізуються машиною і вимагають розробки

Луцненням називають технологічну операцію відділення оболонки від ядра зернівки. Зерна злакових і бобових культур мають різні властивості: це складність та унікальність геометричної форми, властивості оболонки та ядра, їх різний ступінь зрощування тощо. Тому технологічна операція з відділення оболонки виконується різними фізичними методами (хімічні методи нині не вийшли за рамки експериментів). Однак при відділенні оболонки, які мають слабкі зв'язки з ядром (соняшник, гречка тощо), операція отримала назву обрушування.

Отримуваний після луцнення продукт, не завжди задовольняє технологічним і ринковим вимогам. Ядро може бути з частиною оболонки, розламане з гострими краями і таке інше. Тому додатково проводять технологічну операцію шліфування ядра, для видалення залишків оболонки, плівок, видалення гострих країв у битих зернівок і надання ядру правильної форми обертання (сфери або еліпсоїда). Крім шліфування, для деяких круп проводять операцію полірування, для покращення стану поверхні зернівки, або ядра бобових культур. У деяких випадках намагаються зберегти початкову форму ядра, зменшивши розміри, наприклад, обробка рису при виробництві саке.

При поліруванні - до мінімуму зводяться різні виступи і канавки на зовнішній поверхні ядра і надають їй блиск. Застосовують для зерна рису та бобових.

Враховуючи різноманітність у властивостях зерна та насіння бобів, в даний час застосовується велика кількість різнотипних конструкцій луцильних, шліфувальних та полірувальних машин. Для осмисленого вибору машин у конкретну технологічну лінію виробництва наведемо класифікацію цих машин (рис. 1.1).

Обладнання даного типу поділено за технологічною ознакою на луцильні, шліфувальні та полірувальні машини, а також комбіновані. Також обладнання для виконання технологічних операцій сухим методом розділене на машини з абразивом, фрикційні та відцентрові. Луцильні машини з абразивом, представляють найбільшу групу - це луцильні постави, що

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

використовуються з незапам'ятних часів. Використання абразивних поверхонь у поєднанні із зусиллями стиснення та зсуву призводить до гарного результату при луценні ряду круп'яних культур. Детальніше обладнання буде розглянуто нижче.



Рис. 1.1. Класифікація луцильних, шліфувальних та полірувальних машин.

До наступної підгрупи увійшли вальцедекові верстати для луцення таких круп'яних культур як просо та гречка. У наступну підгрупу потрапили луцильні машини з абразивною циліндричною поверхнею, розташованою на вертикальному або горизонтальному валу.

Наступна група луцильних машин - це машини фрикційної дії. У першу чергу входить луцильник Енглеберга, у якого поряд із фрикційним впливом відбувається зіскоблювання оболонки ножами. Також до цієї групи входять машини з металевими лопатями на вертикальному або горизонтальному валу.

Окрему підгрупу складають вальцьові машини з еластичними (гумовими, поліуретановими, тощо) циліндричними поверхнями.

Наступна група луцильних машин – відцентрові. До неї увійшли машини, які розганяють зернівки та спрямовано вдаряють їх об деку. В результаті оболонка зернівок відокремлюється від ядра.

1.2. Луцильні машини та їх дослідження

Функціональна схема верстату СГР виробництва Хорольського механічного заводу представлена на рис. 1.2. Зерно, призначене для луцення, крізь живильний патрубок 1 надходить до машини і ковзає по скатній площині, утвореній полюсами блоку постійних магнітів 2, де позбавляється феромагнітних металодомішок. Очищене зерно накопичується над регулювальною заслінкою 3 та дозуючим живильним валиком 18, які забезпечують рівномірний розподіл зернового потоку по всій довжині робочої зони машини.

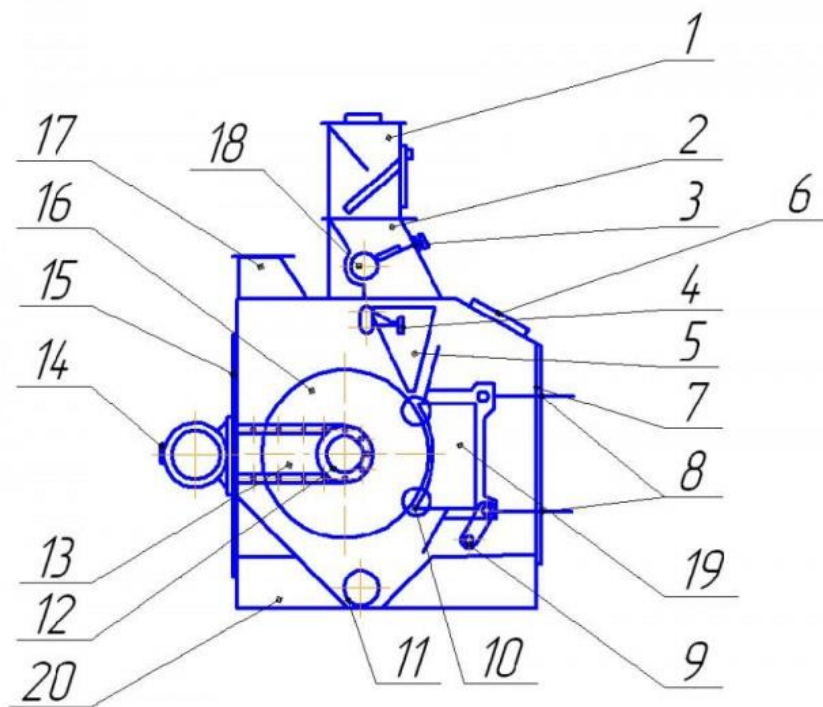


Рис. 1.2. Схема верстату СГР.

Переміщення заслінки обумовлюють зміну ширини щілини живильника і дозволяють регулювати кількість зернової сировини, що надходить на

обробку. Дозований та рівномірно розподілений по довжині машини потік надходить у напрямний лоток 5, який забезпечує подачу зерна до робочої зони.

Робоча зона обмежена боковою поверхнею обертального абразивного вальця 16 та криволінійною робочою поверхнею нерухомої деки 19. Вибір відповідного матеріалу деки, установленої на деконосієві 9, дозволяє налаштувати верстат на обробку продукту з урахуванням його механіко-технологічних властивостей. Так, плодові оболонки зерна гречки відрізняються значною міцністю як самих пелюстків, так і ботанічних перемичок між ними. Це вимагає застосування жорстких навантажень для їх руйнування та відділення і дає високий ефект лущення при використанні абразивної деки. Півсфери квіткових плівок проса також міцно з'єднані між собою та ядром, але недостатня міцність останнього не допускає жорстких навантажень. Висока технологічна ефективність лущення зерна проса та максимальне збереження цілісності його ядра забезпечуються лише шляхом прикладання пружних навантажень з застосуванням еластичної деки (з поліуретану).

Відстань між поверхнею деки та вальця є робочим зазором і регулюється у відповідності з розмірами початкового зерна та його ядра. Величина зазору на вході має забезпечити вільне надходження зерна до робочої зони та силову взаємодію його з робочими поверхнями деки та вальця. Навантаження частинок зусиллями стиснення та зсуву забезпечує руйнування зв'язків оболонок з ядром і їх ефективне відділення. В залежності від конкретного призначення машини, поперечному перерізу робочої зони надається або серповидна – для лущення зерна гречки, або клиновидна форма – для зерна проса. Маючи сферичну форму, зерно проса легко перекочується і рухається по клиновидному профілю робочої зони в напрямку обертання абразивного вальця. Пірамідальна форма зерна гречки виключає можливість його вільного кочення та рівномірної обробки всієї поверхні і вимагає створення умов для

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

почергового торкання тим чи іншим боком до робочих поверхонь з наступним повторним навантаженням перед його виходом з робочої зони. З цією метою на шляху переміщення зерен передбачено ділянку із збільшеним робочим зазором, яку обумовлює його серповидна форма. Величина робочого зазору на виході з робочої зони має бути максимально наближена до розмірів ядра, попереджувати його подрібнення та забезпечувати повне відділення пелюстків плодових оболонок, див. рис.1.3.

Однак масовий характер обробки зерна у потоці обумовлює те, що, поряд з повністю лущеними, деякі зерна втрачають не всі оболонки, а частина зерен залишається взагалі нелущеними. Суміш доброякісних продуктів та відходів обробки (лузги) виходить з робочої зони, попадає на похилі стінки збірновивідного пристрою, ковзає по останніх, переміщується до випускного патрубку і виводиться з машини. Подальша сепарація одержаної суміші на фракції дозволяє направити отримане ядро на шліфування (для ядра проса) або до готової продукції, нелущене зерно - на повторне лущення, а лузгу - у відходи.

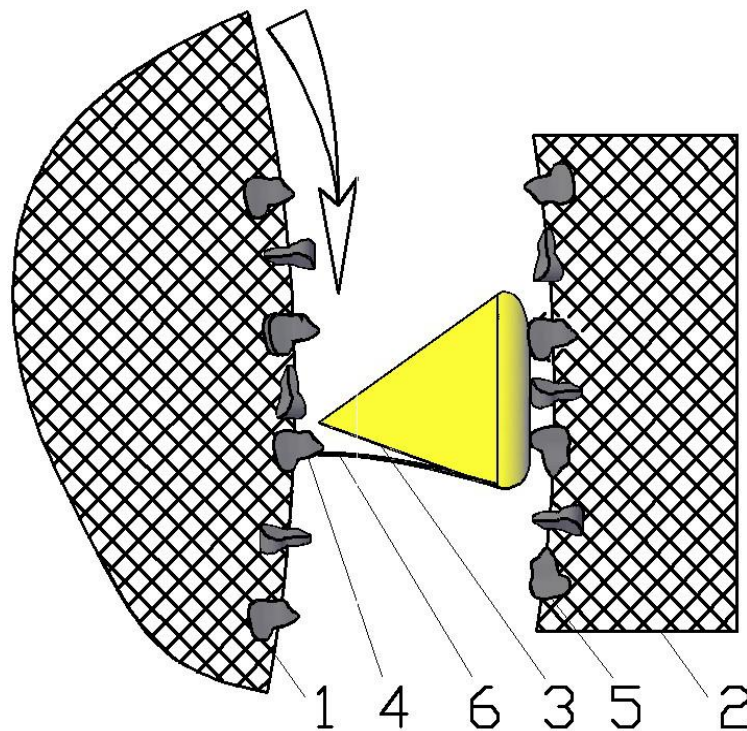


Рис. 1.3. Схема зняття оболонки з зерна гречки.

Непродуктивні деформації, руйнування анатомічних частин зерна та тертя під час роботи вальцедекового верстата спричиняють виділення значної кількості тепла, що обумовлює нагрівання робочих органів та навколишнього середовища, сприяє випаровуванню води із зернопродуктів та обумовлює значне підвищення вологості повітря в машині. Прямий контакт останнього з холодними стінками корпусу може викликати конденсацію пари, клейстеризацію пиловидних продуктів лушення і призвести до погіршення санітарно-гігієнічних умов роботи. Для попередження цих явищ вальцедековий верстат з'єднують з системою аспірації, яка передбачає відведення теплого і вологого повітря з робочої зони.

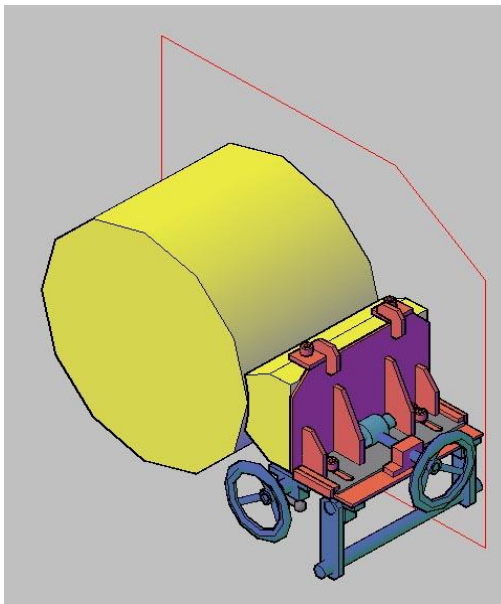
Надходження в машину зовнішнього повітря забезпечує також охолодження робочих органів. Для цього вальцедековий верстат має аспіраційний патрубок, розміщений у верхній частині корпусу машини таким чином, що потоки повітря обов'язково мають обтікати робочі органи. Крім того, система аспірації, підтримуючи розрідження в корпусі машини, створює сталі потоки повітря крізь усі його нещільності, які спрямовані з навколишнього середовища в середину машини, запобігають викидам пилу та продуктів обробки за межі робочої зони і покращують умови праці обслуговуючого персоналу.

Ефективність лушення визначається відповідністю величини робочого зазору геометричним ознакам призначеного для обробки зерна. Введення його до робочої зони без перешкод вимагає такої величини робочого зазору на вході до неї, яка б перевищувала максимальний розмір цілого зерна. З метою збереження цілісності ядра, мінімальне значення вихідного робочого зазору не може бути меншим за найбільший розмір лушеного зерна. Для оперативного контролю величини вхідного та вихідного робочих зазорів використовуються передбачені для цього лючки. Відбирання зразків суміші продуктів обробки для оперативної оцінки технологічної ефективності процесу лушення,

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

виконується крізь призначений для цієї мети прямокутний отвір у нижній частині машини.

Робочий валець 16 (рис 1.2), установлений горизонтально у двох шарикових однорядних радіальних підшипниках, приводиться в обертальний рух від індивідуального електродвигуна через клинопасову передачу. Частота обертання абразивного вальця п може регулюватися зміною ведучого або веденого шківів. Живильний валик 1 установлено горизонтально у двох однорядних шарикових радіальних підшипниках і приводиться у обертальний рух за допомогою клинопасової передачі від головного валу абразивного вальця. Частота обертання живильного валика, відповідно до його функцій дозатора, має задовольняти умови рівності продуктивностей машини та лінії, де вона установлена. Її регулюють за допомогою частотного регулятора електродвигуна.



а



б

Рис. 1.4. Схема настановного механізму деки (а) та загальний вигляд (б) вальцедекового верстата моделі СGR-600М.

Дека, разом з деконосієм і плитою, встановлена в бокових напрямних, і може жорстко фіксуватися при роботі. Рух плити по напрямних забезпечує плоске переміщення деки і використовується для регулювання робочого зазору при луценні гречки. Такі переміщення виконують за допомогою

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

гвинтової тяги, оснащеної маховичком. Поворот деконосія навколо шарніра супроводжується поворотом деки навколо її осі і застосовується для регулювання робочого зазору на вході до робочої зони і налагодженні на клиновий зазор. Такий поворот виконують за допомогою ексцентрика встановленого між деконосієм та плитою (рис. 1.5б).

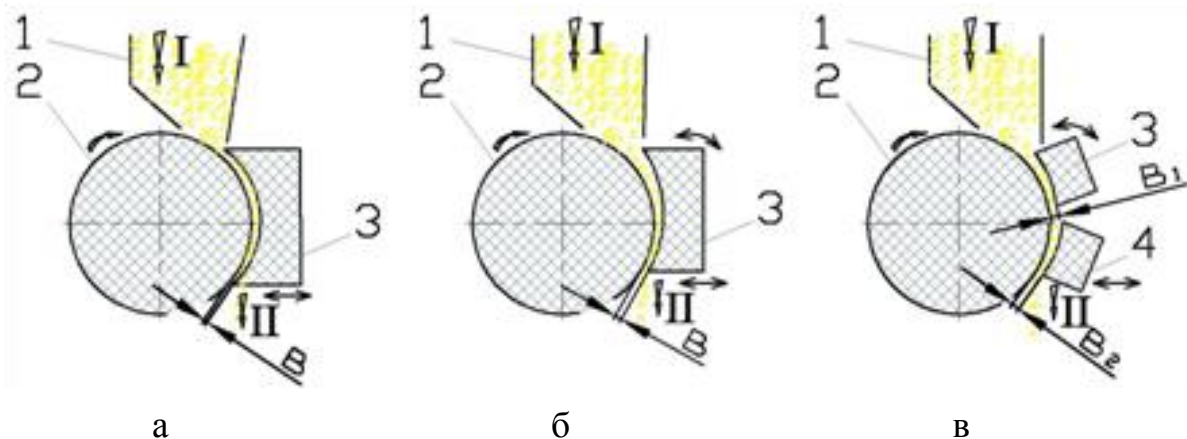


Рис. 1.5. Схеми установки дек у вальцедековому верстаті.

Сумісне використання системи регулювання з переміщення деки по прямій траєкторії і по дузі кола, застосовується як для установки технологічно оптимальних робочих зазорів, так і для надання поперечному перетину робочої зони відповідної форми. Плоске відведення абразивної деки від вальця після їх притирання, виконується за допомогою гвинтового механізму і дозволяє створити правильну серповидну форму робочої зони, яка застосовується при луценні зерна гречки. Відведення верхньої кромки еластичної деки від абразивного вальця виконується обертанням вала з ексцентриками і застосовується для надання поперечному перетину робочої зони клиновидної форми, яка використовується при луценні зерна проса. Використання даних механізмів в системі регулювання форми робочої зони вальцедекового верстата дозволило виконати більш надійну і точну конструкцію машини.

Розглянемо машини з абразивними колами, які посаджені зазвичай на перфорований вал. При цьому абразивні круги утворюють робочу

циліндричну поверхню, між якою і ситової циліндричної поверхнею рухається зерновий потік, що обробляється. Через тривале тертя об абразивну та сітчасту поверхні, а також між собою, з зернівок знімаються оболонки. Конструктивно даний тип луцильних машин поділяється на дві великі групи з вертикальними та горизонтальними валами.



Рис. 1.6. Луцильно-шліфувальна машина фірми Прокоп.

На рис. 1.6 представлена луцильно-шліфувальна машина із вертикальним валом фірми Прокоп. До загальних відмітних ознак даного типу машин слід віднести необхідність продування робочої зони повітряним потоком, що дозволяє віднести через ситову поверхню частину оболонкових продуктів, знятих з зернівки абразивними поверхнями, так і при терті зернівок у

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

межзерновому просторі. Крім цього, повітря, що проходить через робочу зону, з інтенсивним виділенням тепла через тертя, охолоджує її.

Підходи до проектування луцильних машин

Як впливає зі скороченого алгоритму проектування луцильної машини, критичною фазою, яка впливає на всі подальші етапи процесу проектування, є розробка концепції та вибір оптимальної концепції, яка забезпечить ефективність процесу луцення. Якщо концепція, що розробляється, є помилковою, не можна очікувати ефективності процесу луцення, навіть якщо рішення саме по собі є харчовим продуктом. Тип прийнятих критеріїв та метод їх оцінки визначатимуть вибір проектного рішення, яке, у свою чергу, визначатиме ефект від роботи проекрованої луцильної машини.

На початковому етапі проектування луцильної машини виконується аналіз, який забезпечує основу для розробки проектних критеріїв.

Основні рекомендації щодо розробки критеріїв проектування нової луцильної машини представлені нижче. Дуже важливо переконатися, що критерії проектування надають інформацію про вимоги щодо ефективної продуктивності луцильної машини, її ефективності та споживання енергії в процесі луцення. Слід зазначити, що на ці параметри впливає вміст вологи в насінні, що підлягає луценню, та фізичні властивості насіння, пов'язані з вологістю.

На етапі розробки концепції необхідно звернути увагу на морфологічні особливості насіння, що підлягає луценню, оскільки робочі елементи машини будуть безпосередньо контактувати з насінням. Тому необхідно з'ясувати, чи насіннева оболонка фактично з'єднана з насінневим листком або ендоспермом, чи лише інкапсулює їх. Аналіз цієї конкретної морфологічної особливості насіння, що підлягає луценню, забезпечить основу для рішення щодо методу видалення насінневої оболонки. Рішення полягає у виборі між відриванням

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

насіневої оболонки від насіння, його шаровим стиранням та видаленням його фрагментів з розкришеного насіння. Принцип роботи можна відобразити як послідовність робочих елементів. При розробці концепції луцильника можуть бути корисними такі методи: ітераційний, аналіз відомих конструктивних рішень, морфологічна коробка, діалог, мозковий штурм.

Для ефективності процесу луцення на цьому етапі необхідно проводити симуляційні дослідження на основі математичної моделі, що описує процес луцення. Добре розроблена та перевірена математична модель включає зручні фізичні властивості насіння, що підлягає луценню.

Фізичні властивості насіння можна зобразити у вигляді гістограм, середніх значень з рівняннями регресії тощо. На сучасному рівні знань числові значення заданої фізичної властивості визначаються експериментально. Слід пам'ятати, що кожне вимірювання обтяжене помилками що є різницею між вимірними та істинними значеннями. Ні похибка, ні істинне значення не відомі досліднику, тому при аналізі результатів необхідно враховувати граничні або максимальні рівні похибки. Визначення значень фізичних властивостей за допомогою експериментальних методів, а також математичний опис їх прояву повинні описувати їхній стан лише спрощеним та наближеним чином. Проблема тісно пов'язана з точністю математичного моделювання процесу.

Математична модель – це теоретичний опис поведінки фізичної моделі. Вона дозволяє пов'язати вхідні значення з вихідними значеннями за допомогою математичних рівнянь. В результаті введення в модель ідеалізованих умов процесу, з одного боку, та значення фізичних властивостей лушеного насіння, обтяженого похибкою вимірювання, з іншого, математична модель апроксимує процес луцення відносно справжнього процесу. Як приклад тут можна використовувати геометричні характеристики насіння, такі як довжина, ширина та товщина, оскільки існуючі методи не дозволяють

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

повністю визначити розмір насіння. Насправді форма насіння, а отже, і його розміри, є унікальними. Дослідник повинен використовувати далекосяжні спрощення для опису значень цих властивостей.

Справжній процес лушення насіння потребує використання унікального значення для заданих фізичних властивостей. Дуже важко знайти два однакових насіння навіть у партії насіння одного виду та сорту. Незважаючи на обмеження, інженер-конструктор, який використовує раціональний підхід до проектування лущильної машини, повинен вибрати робочі параметри лущильника, розроблений на основі математичної моделі. Такий підхід обмежує необхідність у створенні багатьох дорогих прототипів, а отже, вплив методу спроб і помилок на процес проектування.

Моделювання з використанням математичної моделі, яка враховує фізичні властивості насіння, дозволяє нам визначити взаємозв'язки між насінням та робочими елементами лущильника. Властивості, що визначають процес лушення, такі: основні розміри насіння, ортогональні проекції їх поверхонь, власна вага, об'ємна пористість насіння, коефіцієнт внутрішнього тертя, коефіцієнт відновлення кінетичної енергії, необхідна сила, що викликає відламування насінневої оболонки, стійкість насіння до абразивного впливу. Крім того, знання міцності насіння на стиск, енергії удару, твердості насінневої оболонки та насінневих листків сприятиме оптимізації.

Знання фізичних характеристик зернівок дозволяє визначити оптимальні кінематичні параметри насіння в робочому просторі лущильника. Швидкість, з якою насіння контактує з робочими елементами лущильника, є основним параметром для визначення продуктивності, ефективності та споживання енергії на одиницю. Значення швидкості конвекції частин лущильника та сім'ядоль є основою для визначення параметрів повітряного потоку в сепараторному вузлу лущильника.

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Використовуючи описаний вище метод, було розроблено конструкцію луцильника для насіння бобів. У луцильнике процес реалізується шляхом багаторазового впливу насіння на робочі елементи, що призводить до розтріскування лушпиння, подальшого відламування його фрагментів та видалення з сім'ядоль решти лушпиння. Такий спосіб луцення був можливим, оскільки лушпиння не прилягало до сім'ядоль. Шар палисадних клітин лушпиння відіграє важливу роль. У цьому шарі клітини сильно витягнуті, волокнисті та щільно прилягають одна до одної. Коли до лушпиння прикладаються зовнішні стискаючі навантаження, вздовж волокон з'являються тріщини. Вибір такого конструктивного рішення відповідно до структури лушпиння обмежить до мінімуму стирання лушпиння та сім'ядоль у процесі луцення. Луцильник складається з трубчастої циліндричної частини, до якої кріпиться верхня кришка з насінневим баком. Нижня частина корпусу спирається на кришку в основі. Верхня кришка та підшипники основи підтримують вал з циліндричним блоком подрібнювача, під яким розташований жолоб. Електродвигун кріпить основу та забезпечує привід вала. Трубчасті вставки між корпусом та блоком подрібнювача забезпечують регулювання ширини робочої щілини. Насіння бобів з насінневого бункера падає на верхню поверхню обертового подрібнювача, потім рухається в робочому просторі луцильника, де відбувається процес луцення. Отримана суміш сім'ядоль та фрагментів лушпиння стікає за межі машини. Сепаратор, який використовує аеродинамічні властивості складових частин суміші, реалізує процес відділення лушпиння та пилу від сім'ядоль.

Інша конструкція луцильника реалізує процес луцення на основі того ж принципу. Робочий вузол луцильника тут відрізняється. Конічний робочий елемент та конічний корпус дозволяють легше регулювати ширину робочого зазору, ніж у попередній конструкції. Конічна головка не обов'язково має бути подрібнювачем. Її робоча поверхня може бути використана для встановлення

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ріжучих кромок, розмір яких залежить від положення центру ваги очищеного насіння. Вузол сепаратора дозволяє відокремлювати лушпиння від сім'ядоль. У процесі відділення вирішальну роль відіграють аеродинамічні характеристики сім'ядоль та їх фрагментів, а також лушпиння та його фрагменти.

Розглянемо схему лущильника для дрібного насіння, особливо для насіння ріпаку. Основним робочим елементом тут є диск. На робочій поверхні диска радіально встановлені ріжучі кромки; висота ріжучих кромок була обрана з урахуванням діаметра насіння ріпаку. Дослідження конструкції цього конкретного лущильника все ще тривають у дослідницьких центрах. При проектуванні лущильних машин важливо правильно використовувати та співвідносити фізичні властивості як будівельних матеріалів, так і насіння, що підлягає луценню, а також створювати точні описи фізичних явищ, що відбуваються під час процесу луцення.

Значення фізичних властивостей насіння необхідно розглядати у зв'язку з конструкцією та кінематичними параметрами лущильної машини.

Зв'язок значень фізичних властивостей з іншими параметрами процесу може бути забезпечений належним чином розробленою математичною моделлю, яка забезпечує основу для моделювання.

Морфологічний та фізичний стан насіння визначає геометричні та робочі параметри вузлів спроектованих лущильних машин.

Компонування технологічних ліній

Чотири різні комбінації шліфувальних та полірувальних машин у технологічній системі порівнювали з точки зору крихкості рису, зовнішнього вигляду відбіленого рису та фінансових витрат. Розглянуті комбінації були:

- Три абразивні шліфувальні машини послідовно та полірувальна машина з умовою щіткою;

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

- Три абразивні шліфувальні машини послідовно та полірувальна машина з фрикційним механізмом;
- Дві шліфувальні машини фрикційного типу послідовно без полірувальної машини;
- Чотири абразивні шліфувальні машини послідовно без полірувальної машини.

Для всіх варіантів використовувалися та ж сама луцильна машина, сепаратор рису, система очищення та сортування. Ідентична кількість рису (160 кг) з вмістом вологи від 12 до 14% була відбілена кожною з розглянутих систем, і з виходу кожної системи було відібрано 100-грамові зразки. Розбиті зерна зразків відокремили від цілих, і нарешті було розраховано відсоток розбиття для кожного варіанту обробки.

Зовнішній вигляд білого рису є важливим параметром ринкової вартості рису; тому було зібрано зразки вагою один кілограм для оцінки зовнішнього вигляду кожного методу обробки. Ці зразки були оцінені з десяти можливих дев'ятьма різними експертами на ринку рису для порівняння їхньої товарності. Тим часом було проведено економічну оцінку, щоб знайти найекономічніший метод обробки. Для аналізу даних було використано повністю рандомізований план (CDR) з п'ятьма повторностями. Для порівняння середніх значень усіх тестів було використано багато діапазонний тест Дункана.

Порівняння луцильних машин

Порівняння між двома типами луцильних машин показало, що між ними існує значна різниця ($p < 0,01$) з точки зору подрібнення рису. Кількість подрібнення, що виникла в результаті використання фрикційної шліфувальної машини, як луцильної машини, була приблизно вдвічі більшою, ніж у гумової валкової луцильної машини, тоді як її продуктивність луцення була лише на 8,7% вища, ніж у луцильної машини з гумовими валками. Незважаючи на те, що продуктивність луцення фрикційної шліфувальної машини була вищою,

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

ніж у луцильної машини з гумовими валками, його використання як луцильної машини не рекомендується через високий відсоток подрібнення рису.

Вплив вмісту вологи в рисі

Вміст вологи в рисі мав значний вплив на подрібнення рису фрикційної шліфувальної машини та всією системою, так що подрібнення рису зменшувалося зі збільшенням вмісту вологи в рисі в тестованих діапазонах. Вміст вологи не мав значного значення.

Подрібнення рису в цих машинах демонструвало незначні зміни залежно від зміни вологості. Результати також показали, що близько 75% загального подрібнення рису під час процесу помелу відбувалося в фрикційної шліфувальної машини. Мінімальний загальний подрібнення рису спостерігався в діапазоні вмісту вологи від 12 до 14%; отже, цей діапазон був оптимальним вмістом вологи для рису під час луцення.

Результати цього дослідження показали, що метод мав значний вплив ($p < 0,01$) на подрібнення рису під час процесу подрібнення. Метод із використанням фрикційної шліфувальної машини мав найбільшу кількість подрібнення рису, а обробка абразивним відбілювачем без полірувального засобу мала найменшу подрібнення; однак, між методами з використанням абразивного відбілювача не було суттєвої різниці з точки зору подрібнення рису. Результати порівняння зовнішнього вигляду рису показали, що обробка з використанням трьох абразивних відбілювачів послідовно та фрикційного відбілювача як полірувального засобу мала найкращий зовнішній вигляд, а його товарність отримала найвищу оцінку. Економічна оцінка також показала, що система, що містить три абразивні відбілювачі послідовно з фрикційним відбілювачем як полірувальним засобом, була найдешевшим методом відбілювання одиниці ваги рису, і тому вона була найекономічнішим методом.

За результатами дослідження було зроблено такі висновки:

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Використання фрикційного відбілювача як луцильного засобу в процесі помелу рису було недоцільним, оскільки це призводило до високого рівня крихкості рису. Оптимальний вміст вологи в рисі під час помелу для тестованого сорту становив від 12 до 14%.

Метод з використанням трьох абразивних відбілювачів послідовно з фрикційним відбілювачем як полірувальним засобом мав мінімальну крихкість рису та найнижчу вартість помелу, а його продукція мала найкращий зовнішній вигляд та товарну привабливість; отже, це була найкраща система помелу рису для тестованого сорту та регіону.

Кондиціонування зерна для луцення каноли (ріпака). Було досліджено кілька обробок кондиціонування для сприяння луценню зерна ріпака (*Brassica napus L.*). Тестовані послідовності обробки були такими: (1) зволоження, нагрівання; (2) нагрівання, зволоження; та (3) нагрівання. Зволоження проводилося шляхом розпилення заданої кількості води на зерно. Для нагрівання/сушіння зерна використовували тонкошарову сушарку та сушарку з псевдозрідженим шаром. Після кожної обробки зразки лушили в абразивному луцильнику. Лучені зразки фракціонували на аспіраторі. Індекс луцення оцінювали з урахуванням чотирьох масових часток сім'ядолі, лушпиння, нелущених зерен та дрібних частинок. Максимальний індекс луцення 0,88 (індекс луцення коливається від -1 до +1) був досягнутий шляхом зволоження зерна приблизно до 15% вмісту вологи (вологість) протягом 10 хвилин з наступним нагріванням при 70-75°C протягом 5 хвилин. Подібного показника луцення досягали при нагріванні зерна при 120°C протягом 5 хв без зволоження. Контрольне зерно мало індекс луцення -0,47.

Канола (Ріпак - *Brassica Sp.*) – основна олійна культура, що вирощується на канадських преріях. Зерно являє собою дводольну рослину, що складається з волокнистої оболонки, що оточує великий зародок. Зерно містить понад 40% олії. Залишковий шрот після екстракції олії містить від 38 до 43% білка

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

(Ikebudu 1996; Thakor et al. 1995). Олія використовується для споживання людиною, а шрот – для корму тварин. Шрот ріпака та соєвий шрот – це конкуруючі корми як багаті джерела тваринного білка. Соєвий шрот загалом вважається вищої якості завдяки високому вмісту білка та низькому вмісту клітковини порівняно з шротом ріпака.

Очищення шроту ріпака та видалення лушпиння від зерна перед екстракцією олії збільшує вміст білка в шроті з 35 до 50% та зменшує вміст клітковини з 11 до 6%, тим самим підвищуючи цінність шроту. Видалення лушпиння також покращує колір та якість екстрагованої олії (Leslie et al. 1973; Jones and Sibbald 1979; Niewiadomski 1990).

Наразі шрот канола не очищається комерційно в Канаді. Невеликий розмір зерна та втрата олії в лушпинні є одними з причин, чому перевага надається подрібненню цільного зерна. Крім того, тісний зв'язок між сім'ядолею та лушпинням робить лущення складною операцією. На відміну від інших олійних культур, таких як соя, соняшник та арахіс, літератури про лущення ріпака мало. Дослідники видаляли лушпиння з ріпакового шроту за допомогою повітряної класифікації та проводили експерименти після мокрого лущення. Вони використовували фракціонування рідинним циклоном для видалення лушпиння з знежиреного ріпакового шроту. Шнайдер (1979) запропонував процес лущення ріпаку, в якому зерно пресується між двома поверхнями, що призводить до його деформації на 20-50% від його початкового діаметра, тим самим порушуючи лушпиння та відділяючи його від сім'ядолі. Джонс та Холмс (1982) та Боде та ін. (1983) використовували запатентовану техніку розтріскування та повітряної класифікації перед екстракцією олії для лущення ріпаку.

Незважаючи на ці успіхи, промисловість неохоче застосовувала лущення ріпаку перед екстракцією олії через додаткові капітальні та експлуатаційні витрати. Ця робота є кроком до пошуку методу лущення

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

ріпаку, який має більшу комерційну привабливість, ніж раніше описані процеси. Наприклад, Такор (1993) досяг високого ступеня лушення, коли зерно замочували у воді до вологості близько 30% від маси вологого середовища (вологість зерна виражена на основі маси вологого середовища). Це зерно з високим вмістом вологи потребувало значного нагрівання, що могло обмежити економічну доцільність процесу. Метою цього дослідження було випробування кількох нових методів обробки зерна з мінімальними вимогами до нагрівання.

Зразки ріпаку. Для тестування було використано зерно ріпака сорту Brassica napus L., сорт Excel 1994 року вирощування. Вміст вологи Зерно становило близько 7,5% (за вагою). Зерно очищали вручну та зберігали в герметичному контейнері за кімнатної температури.

Вологість. Вологість зразків зерна перед кожною обробкою визначали у трьох повторностях за допомогою методу повітряної печі відповідно до стандарту ASAE S352.2 (ASAE 1997a) для ріпаку. Близько 10 г зерна сушили в конвекційній печі при температурі 130°C протягом 4 годин.

Насипна щільність. Зерно насипали у попередньо зважений контейнер об'ємом 0,5 літра, доки зразок не переповнився. Контейнер вирівнювали круглою паличкою, а потім повторно зважували. Насипну щільність розраховували шляхом ділення маси зерна на об'єм контейнера. Це вимірювання повторювали тричі на кожному зразку зерна.

Щільність частинок. Використовували повітряний порівняльний пікнометр (модель 930, Beckman Instruments Inc., Фуллертон, Каліфорнія). Зважили близько 32 г зерна та помістили у склянку для зразків пікнометра. Об'єм зерна вимірювали, а густину частинок знаходили за співвідношенням маси до об'єму частинок. Це вимірювання повторювали тричі на кожному зразку.

					Модернізація лушильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Розмір частинок. Розміри зерна визначали шляхом вимірювання великої та малої осей за допомогою цифрової візуалізації (програмне забезпечення Inspector, MATROX Corp. Монреаль, Квебек). Ці вимірювання проводили на 100 зернах.

Маса зерна. Масу 1000 зерен вимірювали за допомогою електронних ваг з точністю до 0,01 г. Вимірювання повторювали на трьох зразках.

Зерно кондиціонували шляхом нагрівання/сушіння, зволоження, відпуску або комбінації цих обробок. Обладнання для кондиціонування зерна складалося з пляшки з розпилювачем води, скляних банок з широким горлом та двох сушарок. Зволоження проводилося шляхом розпилення певної кількості води на зерно. Зволожене зерно сушили в лабораторній тонкошаровій сушарці (Ikebudu 1996), де зерно розподіляли тонким шаром товщиною приблизно 2-3 зерна. В іншій обробці зерно з початковим вмістом вологи нагрівали/сушили протягом п'яти хвилин у лабораторній сушарці з псевдозрідженим шаром (модель 23850 Lab-Line Instruments Inc., Мелроуз-Парк, Іллінойс). Обробка загартуванням полягала в тому, щоб залишити зерно в герметичній скляній банці на 4 години.

Лущення та розділення

Обладнання для лущення складалося з тангенціального абразивного лущильного пристрою (TADD), розробленого Райхертом та ін. (1986). Лущильний пристрій, складався з абразивного диска, що обертався горизонтально. Нерухома кришка тримала кілька чашок для зерна з відкритим дном над обертовим диском. Ступінь абразивності обертового диска становив 80, що раніше було визначено як оптимальний розмір зерна для лущення ріпаку (Thakor 1993). Наведено схему аспіратора Bate (Rapsilver Supply Co. Inc., Брукшир, Техас), який складався з аспіратора з конусом подачі для відділення сім'ядолі від лушпиння та циклону для виділення лушпиння та дрібних частинок з повітряного потоку.

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Зразки зерна вагою близько 20 г помістили в чашки для зразків TADD. Зразки подрібнювали протягом 60 секунд. Частину подрібнених сумішей, що склалися з лушпиння, подрібненої сім'ядолі та дрібних частинок, видули у збірний мішок під час лущення. Решту подрібнених сумішей, які склалися переважно з сім'ядоль та неушкодженого зерна, відсмоктували вакуумом. Дрібні фракції збирали на сітці 20 меш (розмір отворів 0,84 мм). Нелущені зерна видаляли вручну із суміші сім'ядоль та нелущеного зерна. Решту суміші лушпиння та лущеного (подрібненого) зерна вводили в подавальний конус аспіратора Vate. Фракції лушпиння та дрібних фракцій, що проходили через циклонний колектор, збирали. Фракцію подрібнених сім'ядоль, що проходила через бункер, збирали на піддоні. Суміш дрібних фракцій та лушпиння, зібрану з циклону, додатково розділяли за допомогою дротяного сита з розміром сітки 0,6 мм (№ 40) на фракції лушпиння та дрібних фракцій. Дрібні фракції додавали до дрібних фракцій, отриманих з TADD.

Ефективність лущення

Фракціонування, включало (А) лушпиння, (В) повністю лущені зерна (сім'ядолі), (С) поламану сім'ядолі, (D) дрібні фракції та (Е) нелущені зерна. Повністю лущені зерна вважалися зернами, у яких було видалено приблизно 95% оболонки зерна, і включали фракцію поламаної сім'ядолі. Видалення 95% оцінювалося візуально.

Індекс лущення () може змінюватися від максимуму +1 до мінімуму -1. Максимум +1 вказує на те, що весь зразок зерна успішно лущений на дві фракції: сім'ядолі (Mс) та лушпиння (Mh) без дрібних частинок та нелущене зерно. Мінімум -1 вказує на те, що лущення не пройшло успішно, тобто зерно розбилося на дрібні частинки (Mf) та/або взагалі не лущиться (Muh).

Фізичні характеристики зразків зерна

Основний та менший діаметри зерна сорту Excel були в межах 1,28-1,62 мм та 1,12-1,53 мм відповідно. Близькість основних та менших діаметрів

					<i>Модернізація лущильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

вказує на те, що зерно було майже сферичним. Насипна щільність зерна становила 670 кг/м³, що добре узгоджується зі значенням 669 кг/м³, зазначеним у ASAE D241.4 (ASAE 1997b). Щільність частинок 1054-1061 кг/м³ була дещо меншою за щільність частинок популярного польського сорту Тобін (1150 кг/м³), виміряну Такором (1993).

Кондиціонування

Наведені дані з обробки, де зерно зволожували протягом періодів до 15 хвилин з подальшим нагріванням при 70°C протягом 5 хв. Вміст вологи, поглиненої зернами, збільшувався зі збільшенням часу темперування з 30 с до 15 хв. Кондиціонування протягом 10 хв призвело до максимального індексу луцення 0,88. Подальше кондиціонування до 18,5% м.с. протягом 15 хв призвело до зниження індексу луцення до 0,83. Для зразка зерна масою 20 г частка луцення при максимальному індексі луцення становила 2,82 г порівняно з часткою луцення для контрольного зразка (не кондиціонованого), яка становила 0,83 г. Індекс луцення для контрольного зразка становив -0,47, який був розрахований за формулою: $M_g=20,1$ г, $M_c=4,34$ г, $M_{uh}=13,57$ г, $M_h=0,83$ г та $M_f=1,03$ г. Зразки в обробці 3 зволожували до 9% вмісту вологи після періоду нагрівання. Усі описані обробки включали період темперування протягом 4 годин перед луценням. Індекс луцення для обробки 2 становив 0,84, а для обробки 3 – 0,10. Обробка 3 дала в середньому 1,77 г лушпиння з 20 г лущеного зерна. Обробка 2 дала в середньому 2,76 г лушпиння. Контрольний зразок мав індекс луцення -0,44.

Також наведено фракції луцення та індекс луцення, коли зерно нагрівали/сушили за температур від 60°C до 120°C. Збільшення температури нагрівання з 60°C до 120°C призвело до збільшення виходу лушпиння на 13% та зменшення виходу дрібних частинок на 50%. Індекс луцення збільшився з 0,76 при 60°C до 0,88 при 120°C. З 20 г зерна, висушеного при 60°C, було отримано в середньому 2,49 г лушпиння та 0,97 г дрібних частинок.

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Нагрівання при 120°C дало в середньому 2,80 г лушпиння та 0,47 г дрібних частинок.

З отриманих даних видно, що час зволоження 10 хвилин з подальшим нагріванням при 70°C призвів до найвищого індексу луцення 0,88. Нагрівання необробленого зерна при 60°C без зволоження призвело до індексу луцення 0,76. З іншого боку, нагрівання при 120°C призвело до індексу луцення 0,88. Зволоження з подальшим нагріванням/нагріванням має перевагу нижчої температури нагрівання, яка не вплине на якість олії, білка та, можливо, інших чутливих до тепла інгредієнтів зерна. Через негативний вплив, який нагрівання при високій температурі може мати на якість олії та білків (Shahidi 1990), нагрівання при температурах вище 120°C може бути небажаним. Це потребує подальшого тестування.

Нагрівання з подальшим зволоженням призвело до зниження індексу луцення, і тому цю обробку не слід вважати ефективним методом луцення. Причиною зниження індексу луцення зерна, що піддалося зволоженню (обробка 3), може бути те, що волога, додана до зерна, призвела до зміцнення насінневої оболонки через підвищену еластичність тканини. Доррелл (1968) повідомляв, що коли рослинна тканина втрачає вологу, вона стає крихкою через збільшення кристалізації або зміну орієнтації целюлози. Однак, зворотний ефект може спостерігатися, коли тканини починають набирати вологу. Подібний ефект спостерігали Ехіве та ін. (1987), коли вивчали довговічність насінневої оболонки польового гороху за допомогою TADD. Вони повідомили про зменшення ламкості насінневої оболонки зі збільшенням вологості зерна.

Чотири фракції Mc, Mh, M_{uh} та Mf загалом не дорівнювали сумі масі початкового зразка зерна (20 г). Це було пов'язано з втратами під час відновлення фракцій. Ці втрати були меншими за 0,2 г, що впливає на індекс луцення менш ніж на 0,01.

					<i>Модернізація лущильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

Також наведено фізичні характеристики фракцій зерна, виміряні Такором (1993). Як показує об'ємна щільність, лушпиння мало невелику об'ємну щільність 148 кг/м³ порівняно з сім'ядолею 554 кг/м³. Щільність частинок не сильно відрізнялася, що свідчить про те, що аспірація повітрям може бути недостатнім засобом розділення зерна. Середні геометричні діаметри всіх фракцій суттєво відрізнялися, тому фракції можна розділити просіюванням. Швидкості флюїдизації були меншими для фракцій лушпиння та дрібних частинок, ніж для фракцій цілого зерна та сім'ядолі. Розділення за допомогою комбінації просіювання (для видалення дрібних частинок) та гравітаційного столу (флюїдизація) може бути найкращим способом розділення різних фракцій ріпака.

1. Зволоження зерна до 15% в.с. протягом 10 хвилин з подальшим нагріванням при 70-75°C протягом 5 хвилин призвело до індексу лущення 0,88. Це свідчить про те, що більша частина зерна була розділена на лушпиння та сім'ядолі. Індекс лущення необробленого контрольного зразка становив – 0,47, що вказує на те, що більша частина зразка зерна була або пошкоджена, або залишилася нелущеною.

2. Збільшення температури нагрівання з 60°C до 120°C (без зволоження) призвело до збільшення утворення лушпиння на 13% та зменшення утворення дрібних фракцій на 50%. Індекс лущення при нагріванні при 120°C становив 0,88.

3. Нагрівання при 120°C з подальшим зволоженням до 9% в.с. призвело до індексу лущення 0,11.

4. Нагрівання при 120°C або зволоження/сушіння при 70-75°C призвели до аналогічно високого індексу лущення 0,88. Однак, через невизначеність щодо виходу олії з насіння при обробці 120°C, рекомендується зволоження протягом 10 хвилин з подальшим нагріванням/нагріванням при 70°C.

					Модернізація лушильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Рекомендуються подальші експерименти для оцінки властивостей ріпаку щодо виходу олії, нагрітої до 100-120°C.

1.3. Сировина для обробки лушенням

Пшениця

Пшениця — це зернівка довжиною від 4 до 10 мм, що складається із зародка та ендосперму, оточених епідермісом та насінневою оболонкою. Плодова оболонка або перикарп (товщиною від 45 до 50 мкм) оточує насіння та щільно прилягає до насінневої оболонки. Колір пшениці, залежно від виду та інших факторів, варіюється від червоного до білого та зумовлений речовиною, присутньою в насінневій оболонці. Пшеницю також класифікують за фізичними характеристиками, такими як червона, біла, м'яка, тверда, яра або озима.

Зовнішній околоплодник складається з епідермісу та гіподерми. Епідерміс складається з одного шару клітин, що утворюють зовнішню поверхню зерна. На зовнішніх стінках епідермальних клітин розташована водонепроникна кутикула. Деякі епідермальні клітини на верхівці зерна модифіковані, утворюючи волоски. Гіподерма складається з одного-двох шарів клітин. Внутрішній околоплодник складається з проміжних клітин та поперечних клітин, розташованих всередину від гіподерми. Довгі та циліндричні трубчасті клітини утворюють внутрішній епідерміс околоплодника. У складці насіннева оболонка з'єднується з пігментним волокном, і разом вони утворюють повну оболонку навколо ендосперму та зародка. У насінневій оболонці можна розрізнити три шари: товсту зовнішню кутикулу, «кольоровий шар», що містить пігмент, і дуже тонку внутрішню кутикулу. Висівки складають усі зовнішні структури зерна всередину, включаючи алейроновий шар. Цей шар є зовнішнім шаром ендосперму, але млинарями вважається частиною висівок. Алейроновий шар зазвичай має товщину в одну клітину та майже повністю оточує ядро над крохмалистим

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

ендоспермом та зародком. Ендосперм складається з периферичних, призматичних та центральних клітин, які відрізняються формою, розміром та положенням усередині ядра. Клітини ендосперму містять крохмальні гранули, що лежать у матриці.

Кукурудза або маїс (Zea mays L.) – важлива зернова культура в Північній Америці. Кукурудза протягом кількох тижнів розвивається з дрібного насіння до рослини, зазвичай заввишки від 2 до 3,5 м. Кукурудза, очевидно, виникла в Мексиці та поширилася на північ до Канади та на південь до Аргентини. Насіння кукурудзи – це один плід, який називається зерном. Він включає зародок, ендосперм, алейрон та околоплодник. Околоплодник – це тонкий зовнішній шар, який виконує захисну роль для ендосперму та зародка. Товщина околоплодника коливається від 25 до 140 мкм серед генотипів. Околоплодник щільно прилягає до зовнішньої поверхні алейронового шару та, як вважається, надає напівпроникних властивостей зерну кукурудзи. Усі частини околоплодника складаються з мертвих клітин, які є целюлозними трубками. Найглибший трубчастоклітинний шар – це ряд поздовжніх трубок, щільно притиснутих до алейронового шару. Цей шар покритий товстим і досить компактним шаром, відомим як мезокарп, що складається з щільно упакованих, порожніх, видовжених клітин з численними ямками. Восковий шар кутикулу, що уповільнює обмін вологи, покриває зовнішній шар клітин – епідерміс. Ендосперм зазвичай складається з 82-84% сухої маси зерна та 86-89% крохмалю за вагою. Зовнішній шар ендосперму, або алейроновий шар, являє собою один шар клітин зовсім іншого вигляду. Цей шар покриває весь крохмальний ендосперм. Зародок складається з ембріона та щитка. Щиток діє як орган живлення для ембріона, а зародок зберігає поживні речовини та гормони, необхідні для початкової стадії проростання.

Рис (Oryza sativa L.) є одним з основних продуктів харчування у світі. Стиглий рис збирається у вигляді покритого зерна (чорний рис або рис-сир), в

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

якому зернівка укладена в міцну оболонку або лушпиння, що складається переважно з кремнезему. Околоплодник зростається з насінинкою та складається з насінневої оболонки, нуцелуса, ендосперму та зародка. Зернівка покрита оболонкою, що складається з двох модифікованих листків: палеї та більшої листової пластинки. Оболонка забезпечує захист рисової зернівки. Оболонка також захищає зерно від зараження комахами та грибкових пошкоджень. Оболонка складається з чотирьох структурних шарів: (а) зовнішнього епідермісу з високо кремнієвих клітин; (б) склеренхімних або гіподермних волокон товщиною два- або три клітинні шари; (в) подрібнених, губчастих клітин паренхіми; та (г) внутрішнього епідермісу, що складається, як правило, з ізодіаметричних клітин. Зародок або зачаток дуже малий і розташований на центральній стороні біля основи зерна. Лушпиння має дві частини (лемму та палею), які захищають зерно під час його розвитку. Рахіла прикріплює зерно до стебла рослини. Інші частини зерна включають зародок (або паросток) та листоподібні структури, відомі як колоски, які подібні до лемми та палеї, але не простягаються вгору по зерну.

Висівки – це назва, дана комбінації шарів алейрону, надкрилка та перикарпію. Промислові висівки (що складаються з шарів висівок та зародка) становлять близько 10-15% сирого рису та є джерелом білка (12-15%) та ліпідів (15-20%)[1].

Ячмінь (*Hortleum vulgare L.*) також належить до родини злаків і є одним із основні культури стародавнього світу. Він вносить свій внесок у їжу людини, солодові продукти, входить до десятки найкращих культур і посідає четверте місце серед зернових. У промислового ячменю квіткові колоски або лушпиння прикріплені до зерна, тоді як деякі сорти не мають лушпиння, і зерно відокремлене від лушпиння. Лушпиння зазвичай блідо-жовте або жовтуватого-коричневого і складається з чотирьох типів клітин, які відмирають при дозріванні. Зернівка розташована в лушпинні, а околоплодник зростається

					Модернізація лушпильного верстату	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

з насінневою оболонкою або насінневою оболонкою. У насінній оболонці найбільшою тканиною є крохмалистий ендосперм, який з'єднаний з алейроновим шаром. Зародок розташований біля основи зерна. Поздовжній розріз зрілого ячменю показано на рис.

Овес вирощують як для зерна, так і для кормових потреб. Лушпиння становить близько 30% від загальної ваги зерна. Воно складається з листоподібних структур, які щільно охоплюють крупу та забезпечують захист під час росту насіння. На ранній стадії росту лушпиння сприяє транспортуванню поживних речовин та значною мірою сприяє поживності крупи. Внесок лушпиння у загальний вміст харчових волокон у вівсі є значним; вміст геміцелюлози у вівсяній лушпинні становить від 30 до 50%. Після видалення лушпиння морфологія крупи, що залишилася, не відрізняється від інших поширених злаків. Крупа довша та тонша, ніж у пшениці та ячменю, і здебільшого широко вкрита волосками. Крупа складається з трьох морфологічних та хімічно різних компонентів: висівок, зародка та крохмалистого ендосперму. Ці компоненти є традиційними описами комерційних фракцій і не точно відображають генетичні, хімічні чи фракційні характеристики кожної фракції.

Жито (*Secale cereale* L.), ще один представник родини злаків, має два види: *S. fragile* та *S. cereale*. Жито здебільшого використовується у хлібопеченні. Зріле зерно жита являє собою зернівку, сухий однонасінний плід, сірувато-жовтого кольору, довжиною від 6 до 8 мм та шириною від 2 до 3 мм. Стигле зерно добре обмолочується та зазвичай сірувато-жовтого кольору. Насіння складається із зародка, прикріпленого через щиток до ендосперму та алейронової тканини. Вони оточені залишками ядерного епідермісу, насінневою оболонкою та околоплідником або плодовою оболонкою. Алейрон ботанічно є зовнішнім шаром ендосперму і у жита зазвичай має товщину в одну клітину. Алейроновий шар оточує крохмальний

					Модернізація лушпильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

ендосперм і зливається зі щитком, розташованим між ендоспермом та зародком. У зрілому зерні алейрон характеризується наявністю численних інтенсивно забарвлених алейронових гранул. Крохмальний ендосперм являє собою основну частину зерна і складається з трьох типів клітин: периферичних або субалейронних, призматичних та центральних, які відрізняються формою, розміром та розташуванням у зерні.

Sorgho (*Sorghum bicolor* L.) є основним джерелом енергії та білка в країнах, що розвиваються, особливо в Африці та Азії. Зерно сорго має приблизно сферичну форму та складається з трьох основних компонентів: насінневої оболонки, зародка та ендосперму. Насіннева оболонка складається зі зрощеного околоплодника та насінневої оболонки. Крайній зовнішній шар – це околоплодник, оточений восковою кутикулою. Деякі сорти сорго містять повну насіннєву оболонку, яка може містити або не містити плями пігменту. Зародок складається з великого щитка, зародкової осі, плодового плюща та первинного кореня. Зародок відносно міцно вкорінений і його важко видалити сухим подрібненням. Ендосперм становить найбільшу частину зерна та складається з алейронового шару. Периферичний шар складається з клітин, що містять високу частку білка. Шар після периферичного шару, який називається роговим шаром, містить менше білка та більшу частку крохмалю, ніж периферичний шар.

Зрілий зародок сорго складається приблизно з 10% зародка, 8% шарів перикарпію або висівок та 80% ендосперму. Ці пропорції можуть змінюватися залежно від сорту, умов навколишнього середовища та ступеня зрілості. Зародок багатий на білок, ліпіди, мінерали.

1.4. Огляд патентних матеріалів

Запропонований верстат відноситься до борошномельної та круп'яної промисловості і може бути використаний для лушення зерна плівчастих культур, здебільшого зерна гречки і проса.

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Відомий «Станок для обрушивання плечатих культур», а.с. №111774, заявлене 30 жовтня 1957г. за №585323, який включає абразивний валець і примикаючи до нього регульовану гумову деку з аспірацією для відокремлення оболонок, причому до абразивного вальця примикають дві або більше гумові деки, встановлені послідовно одна за іншою, а між деками розміщені аспіраційні камери для попереднього відокремлення оболонок при переході продукту з однієї деки на іншу.

До недоліків означеного верстату слід віднести:

- В процесі луцення зерна гречки відбувається викрашування гуми, що влучає в продукт і погіршує його споживчі якості, до цього необхідно додати, що тривалість експлуатації гумової деки не перевищує 3-х діб, після чого її необхідно замінити, це є трудомісткою операцією, вимагає додаткових витрат матеріалів і трудових ресурсів;

- Для зерна гречки гумова дека непридатна, бо може деформуватися і пропускати частину нелущеного зерна, знижуючи ефективність луцення, при цьому відбувається нерівномірний знос по ширині деки;

- Розташована між деками аспіраційна камера з зміною навантаження на верстат не має регулюючих пристроїв, які змінюють швидкість течії повітря, що приводить до захоплення з оболонкою доброякісного зерна, частковому «закидуванню» зерна від валка, що обертається і удару його в деку при надходженні в робочу зону між валком і декою.

- Обмеження можливості використання робочої зони деки, в зв'язку з можливістю регулювання зазору (щілини) тільки в одній площині, що не дозволяє підвищити продуктивність верстату.

В останні роки верстати для луцення зерна з гумовими вальцями широкого застосування не знайшли по вищезазначеним причинам (див. книжку, автор: Грінберг Є.Н. «Виробництво крупи», М.: Агропромиздат, 1986г.), де на С.34 вказано «срок» служби одної пари обгумованих вальців в

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

середньому 152 ч.». В цій же книжці описані на с. 38 результати іспитів верстатів для лушення зерна гречки в виробничих умовах на обгумованих валках в луцильних машинах, де відзначається, що строк служби гуми складає усього лише 70 годин, що вказує на недоцільність використання описаної вище конструкції верстату для лушення зерна гречки з використанням гумової деки.

Найбільш близьким по своїй сутті до об'єкту, що заявляється є двухдековий луцильний верстат 2ДШС-3, призначений для лушення зерна гречки та проса (див. книгу авторів: А.Б. Демський , М.А Боріскін, Є.В. Тамаров, А.С. Черноліхов. - М.: Агропоміздат, 1990. «Довідник. Обладнання для виробництва борошна і крупи», С.177, який працює по взаємозамінній схемі переробки проса і гречки. Вузли верстату монтують на зварній станині, де в верхній частині станини розміщений живильний механізм, куди входять засувка, валок, заслінка, регістратор продуктивності. Засувка служить для перекриття надходження зерна і зупинки верстату в випадку завалів. Дозуючий валок, призначений для рівномірного розподілу зерна по всій ширині живильного механізму через двоступінчастий циліндричний редуктор. Верстат встановлюють на задану продуктивність за допомогою заслінки. При лущенні проса встановлюють абразивний валець, при лущенні гречки - монолітний пісковик. При лущенні проса і гречки застосовують різні декоутримувачі, при лущенні проса в декоутримувач встановлюють гумотканнинову деку, набрану з спеціальних пластин, при лущенні гречки - пісчаникову.

Продукт, підлягаючий лущенню, з приймального пристрію по лотку , що спрямовує продукт надходить в першу робочу зону між вальцем і першою декою і далі по другому лотку спрямовує в другу робочу зону між вальцем і другою декою, після чого виводиться з верстату.

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
						37
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Відкривши засувку, забезпечують подачу зерна в живильний механізм, встановивши ручкою маховика мінімальну подачу, привалюють важелем керування верхню деку. Далі важелем привалюють нижню деку. Штурвалами регулюють величину стискання дек.

До основних недоліків описаного вище верстату слід віднести:

Регулювання деки в двухмірній системі координат не забезпечує умов одержання рівномірного робочого зазору по довжині вальця, окрім цього обмежується зона використання робочої поверхні деки. Сили деформації при цьому способі механічної дії на зерно зводяться до стиску і тертя, однак із-за переваг дії нормальних напруг над дотичними силами, в профілі, що утворюється в поперечній перетині щілини між вальцем і декою, наводить до підвищення подрібнення ядра, що знижує ефективність лушення і вихід ядра.

Окрім цього, регулювання деки в двухмірній системі координат наводить до зносу деки по довжині її контакту з зерном і вимагає частої заміни, бо її положення, відносно вальця, в такій конструкції, змінити неможливо;

- Згідно умов експлуатації вальцедекових верстатів (Інструкція вибухобезпеки передбачає магнітний захист для відокремлення із зернової маси металоманітних домішок, які можуть призвести до іскроутворення та вибуху чи пошкодженню робочих органів) перед подачею зерна на верстат необхідно обов'язково пропускати зерно через магнітний сепаратор для вилучення металоманітних домішок, що часто викликає труднощі, вимагає додаткової висоти поверхів і транспортних механізмів для підйому зерна;

- Зерно після лушення на першій декі надходить на другу деку в суміші лушеного ядра, оболонки і нелушеного зерна, що наводить до додаткового дробіння лушеного ядра і завдяки цьому зниженню виходу готової продукції;

- В даній конструкції верстату не забезпечується охолодження робочих органів в процесі аспірації, що погіршує експлуатаційні властивості робочих органів, призводить до їх нагрівання і впливає на якість зерна, при

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

цьому недостатньо повно виділяються оболонки після луцення на першій деці, тому надходження оболонок в суміші з ядром і нелуценым зерном на другу деку не тільки погіршує ефективність луцення, але і наводить до дробіння ядра;

- Немає пристроїв регулювання швидкості течії повітря в робочій зоні верстату в залежності від аеродинамічних властивостей оболонок, домішок і зерна, які мають різні інтервали зваженої швидкості. Для оболонок зважена швидкість знаходиться в інтервалах 1,5...5.0м/с, для ядра луценого зерна - 6,5...13м/с. Таким чином для виділення оболонок, з урахуванням зміни продуктивності верстату, необхідно мати параметри регулювання зваженої швидкості продуктів луцення.

- Немає візуального контролю зазору між вальцем і декою;

- При надходженні продукту з дозуючого валка на лоток відбувається розсіювання продукту, що погіршує рівномірність розподілу зерна по довжині живильного механізму і відповідно рівномірність навантаження і ефективність луцення.

Задачею на рішення якої направлений запропонований винахід є підвищення строків служби робочих органів, зниження питомих енергозатрат при збільшенні ефективності луцення і зменшенні дробіння зерна.

Суть винаходу полягає в тому, що верстат містить станину, живильний механізм з засувкою, валиком і заслінкою, пісковиковий валець, деку з системою деко утримувачів, заслінку регулювання продуктивності, штурвали регулювання зазору між вальцем і деками, дверц, при цьому в приймальному патрубку, вище рівня живильного механізму, змонтований блок дискових магнітів з люком і ребрами, що спрямовують потік продукту на площину блоку магнітів, при цьому система важільної підвісної деки зв'язана з двома керуючими шарнірно- поворотними важільно-гвинтовими механізмами для просторової зміни розмірів профілю поперечного перерізу робочої зони з

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

можливістю реалізації трьох ступенів свободи, причому дозуючий валок і загрузочна заслінка мають конгруентну форму, а пневмосепаруючий канал і поворотний клапан регулювання потоку повітря зв'язані з шарнірним важільно-гвинтовим механізмом, на вході і виході зерна з деки встановлені зносостійкі щитки з конфігурацією, що повторює траєкторії руху потоку зерна, в боковій стінці станини, на рівні утворення зазору між пісковиковим вальцем I декою, виконане вікно для контролю зазору.

Причино-наслідковий зв'язок суттєвих відрізняльних ознак полягає в тому, що для вилучення металоманітних домішок з зернової маси в приймальному патрубку, вище рівня живильного механізму, змонтований блок дискових магнітів з люком і ребрами, що спрямовують потік продукту на площину магнітів, для підвищення рівномірності завантаження робочої зони, дозуючий валок і загрузочна заслінка мають конгруентну форму, для продовження строків служби робочих органів і настанови ефективних режимів лущення, шляхом зміни профілю поперечного перерізу в робочій зоні, що забезпечує можливість реалізації трьох ступенів свободи, також передбачена система важільної підвіски деки, зв'язаної з двома керуючими шарнірно-поворотними важільно-гвинтовими механізмами, в цьому випадку час впливу на кожную зернівку в робочій зоні знижується, при цьому траєкторія руху зернівок складає частину кола пісковикового вальця, тому для зменшення дробіння зерна на вході і виході зерна з деки встановлені зносостійкі щитки з конфігурацією, яка повторює траєкторії руху потоку зерна, для регулювання швидкості і витрати повітряного потоку аспіраційної системи, з урахуванням зміни навантаження на верстат і аеродинамічних властивостей продуктів лущення, передбачено пневмосепаруючий канал і поворотний клапан регулювання потоку повітря, які зв'язані з шарнірним важільно-гвинтовим механізмом, а в боковій стінці станини на рівні утворення зазору між пісковиковим вальцем і декою виконане вікно контролю зазору.

					<i>Модернізація лущильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

На кресленні показано «Верстат для лущення зерна плівчастих культур», який містить патрубок 1 для завантаження продукту, ребра 2 для спрямування потоку продукту на площину блоку дискових магнітів 3, розташованих на магнітоутримувачі 4, напрямні накладки 5, люк, який закривається герметичними дверцятами 6 при відкритті якої роблять очистку поверхні блоку дискових магнітів, станину 7 з приймальним влаштуванням 8 в якому встановлений циліндричний дозуючий валик 9 з регулюючою заслінкою 10, які мають конгруентну форму, що виключає розкидання зерна і забезпечує рівномірну його подачу по довжині робочої зони, пісковиковий або абразивний валець 11, деку 12, при необхідності можлива настанова декількох послідовно дек 12, щитки 13 і 14, які розташовані перед вхідним і вихідним зазором робочої зони з конфігурацією траєкторії, що повторює рух потоку зерна, два незалежних важеля 15, одинарний шарнір 16 для регулювання кута нахилу \square ; деки відносно шарнірів 17, регулюючий механізм 18 настанови зазора між пісковиковим або абразивним вальцем 11 і декою 12, покажчик 19 контролю зазору по шкалі 20 між вальцем 11 і декою 12, збірно-вивідне влаштування продукту з верстату зі скатною площиною 21, поворотний клапан регулювання направлення потоку повітря 22 з пневмосепаруючим каналом 23, які зв'язані з шарнірним важільно-гвинтовим механізмом 24, оглядову відкидну кришку 25 з жалюзійним влаштуванням подачі повітря з приміщення в робочу зону, що забезпечує зміну перерізу пневмосепаруючого каналу 23 і необхідну швидкість повітряного потоку в робочій зоні при відсмоктуванні оболонок з одночасним охолодженням робочих органів, Електродвигун 26, для приведення в обертання гнучкою передачею вальця 11 з механізмом натягнення клиноремінного приводу 27, вікно контролю зазору 28, виконане в боковій стінці станини, на рівні утворення зазору між вальцем 11 і декою 12.

					<i>Модернізація лущильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

Робота верстата полягає в наступному: через приймальний патрубок 1 роблять подачу зерна і з допомогою ребер 2 його спрямовують на площину блоку дискових магнітів 3, при цьому наявні в зерновій масі магнітні домішки притягаються до магнітів, а очищене зерно подається з приймального влаштування 8 на дозуючий циліндричний валок 9 і при відкритій засувці 10 потік зерна через вхідний зазор подається в робочу зону між вальцем 11, що обертається і декою 12. Наявність конгруентної форми дозуючого валка 9 і регулюючої заслінки 10 забезпечують рівномірний розподіл потоку зерна, що надходить на валець 11 і деку 12.

З метою регулювання режимів лушення зерна і досягнення найбільш високого ефекту, необхідно змінювати профіль поперечного перетину в робочій зоні, в цьому випадку створюються умови траєкторії руху зернівок по колу вальця 11 з скороченням часу впливу зусиль при лущенні і підвищеної концентрації дотичних сил, що забезпечує інтенсифікацію зсувних процесів з їх переверненням над нормальними, які досягаються в зоні деформації зерна. Внаслідок цього оболонки зерна піддаються в основному зсувним зусиллям, що сприяє чинності зсувних деформацій по лініям сполучення оболонок і практично виключає тиск і руйнування ядра при лущенні зерна. Цьому сприяють також змінні характеристики геометрії радіального зазору і профілю поперечного перерізу між вальцем 11 і декою 12.

Так, при обробці проса необхідна настанова клиновидного, а зерна гречки - серповидного профілю поперечного перерізу робочої зони, що досягається застосуванням шарнірного важільно-гвинтового механізму 17 і механізму регулювання 18, шляхом зміни ланки ДФ і настанови куту \square , при цьому реалізується три ступеня свободи лінійного переміщення деки 12 в тривимірній системі координат. В даному випадку система важільної деки 12 з двома керуючими шарнірно-поворотними 17 і важільно-гвинтовими механізмами 15, при настанові в крайній нижній ділянці конструкції,

					<i>Модернізація лущильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

відповідає найбільшій довжині пари важелів СЕ підвісної системи, чим забезпечується найбільше наближення до прямолінійного руху деки 12. Означена система регулювання деки 12 дозволяє не тільки забезпечити ефективно встановлювати режими лушення, але і за рахунок розширення можливості використання робочої зони (при виробленні робочої зони деки 12) шляхом зміни її положення можливо продовжити строк служби. Для створення стабільних режимів лушення навантажені елементи деки 12 піддаються зносу, що форсуються в зонах вхідного і вихідного зазорів, з цією метою встановлюють пересувні змінні зносостійкі щитки 13 і 14, які по мірі зносу переставляють в необхідне положення.

При виході продуктів лушення зерна з робочої зони, повітряним потоком захоплюються оболонки, при цьому відбувається водночас охолодження робочих органів абразивного вальця 11 і деки 12. Продукти лушення надходять на скатну площину 21, при цьому з допомогою поворотного клапана 22 регулюється направлення повітряного потоку, а шарнірним важільно-гвинтовим регулюючим механізмом 24 швидкість його подачі, що забезпечує відділення і переміщення оболонок по пневмосепаруючому каналу 23 за межі верстату. З використанням важільно-гвинтового механізму 24, зв'язаного з поворотним клапаном 22, можна змінювати площу поперечного перерізу пневмосепаруючого каналу 23 і в залежності від навантаження на верстат регулювати витрата повітря, яке подається через жалюзійну решітку в оглядовій відкидній кришці 25.

Порівняльні іспити запропонованого верстату і прототипу показали, що коефіцієнт лушення зерна гречки першої і другої фракції зерна досягає по прототипу - (45...57)% при дробінні ядра в межах (2.5...2, 9)%, відповідно в запропонованому верстаті - (66...72)% і (1.1...1,6)%.

Питома витрата електроенергії по прототипу складає (0.044...0,049) кВт.г на 1кг зерна гречки, в запропонованому верстаті, за рахунок

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

можливості стабілізації режимів лушення і регулювання профілю робочого зазору з перевагою над зусиллями зтиску і тертя дотичних сил наводить до питомої витрати електроенергії в межах (0,031...0,035)кВт.г на 1кг зерна гречки.

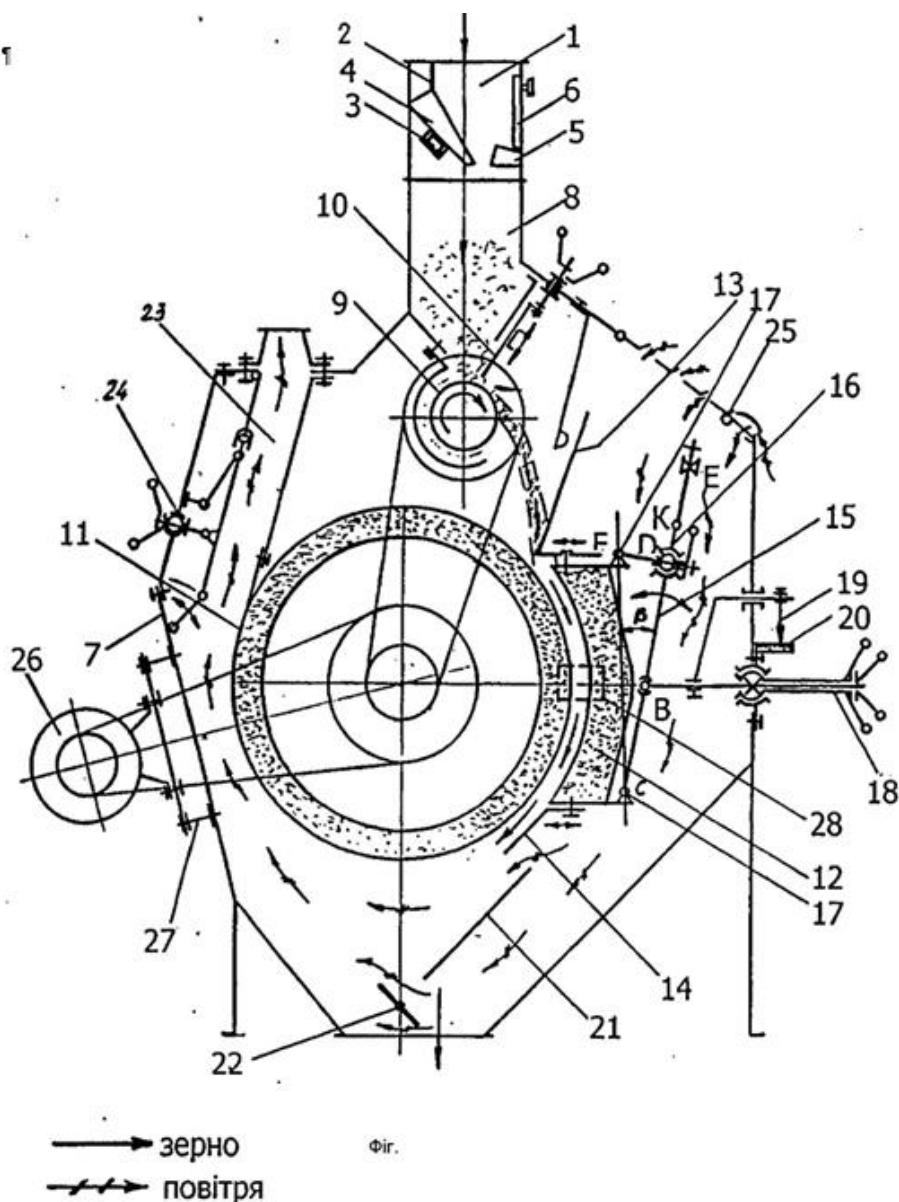


Рис. 1.7. Схема лущильного верстату.

Таким чином, конструктивні особливості робочих органів запропонованого верстату забезпечують не тільки збільшення коефіцієнтів лушення зерна і продуктивності на (25...27)%, при зниженні дробіння ядра на 43,0%, але і за рахунок перерозподілу видів деформації впливу робочих

органів на зерно знижується питома витрата електроенергії на (28...31)% в порівнянні з прототипом.

Збільшення зони використання робочої поверхні деки в процесі зносу підвищує використання на (50...55)% матеріалу і якість робочого органу при зміщенні деки.

Експериментальний зразок, запропонованої конструкції верстата виготовлено на Хорольському механічному заводі (Полтавська обл.) і встановлено на Родевіловському комбінаті хлібопродуктів (гречкозавод), (Ровенська обл.) де проведені виробничі іспити Миргородською Державною машиноіспитальною станцією (МІС) і який рекомендовано до серійного виробництва і сертифіковано.

Розглянемо корисну модель луцильного верстату по патенту України № 131973.

Корисна модель належить до галузі переробки зерна круп'яних культур в крупу, переважно для луцення зерна плівчастих круп'яних культур в основному гречки та проса.

Відомий вальцедековий верстат СВУ-2 (див. "Технологическое оборудование предприятий для хранения и переработки зерна" / Под ред. А.Я. Соколова / 5-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 1984) включає приймальний бункер, живильний валик, шарнірну заслінку, абразивний барабан, абразивну або еластичну деку, механізми для переміщення деки, випускний пристрій.

Вальцедековий верстат має ряд недоліків, основний з них полягає в неможливості паралельного відведення деки від вальця, що не дозволяє отримати чітко теоретичний серповидний зазор між вальцем і декою при переробці зерна гречки. Крім цього, перехід з обробки однієї із круп'яних культур на іншу, вимагає значних трудовитрат на заміну деки і перебудову положення декотримача, тому, що форма зазорів між вальцем і декою для

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

вищеназваних культур різна (серповидна для гречки та клиноподібна для проса).

Є ряд моделей вальцедекових верстатів аналогічних за конструктивним влаштуванням, але вони зберігають усі перераховані недоліки (див. "Шелушение зерна крупяных культур". Совершенствование технологического оборудования. Филин В.М., Филин Д.В. - М.: Делипринт, 2002. - 135 с).

Найбільш близьким вальцедековим верстатом того ж призначення до заявленої корисної моделі по максимальній кількості подібних ознак є дводековий луцильний верстат типу 2ДШС-3 (див. "Технологическое оборудование предприятий для хранения и переработки зерна" / Под ред. А.Я. Соколова / 5-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 1984). Він складається з наступних складальних одиниць і механізмів: станини, приймально-живильного пристрою, абразивного валка, верхнього і нижнього декотримача, аналогічних по конструкції, випускного пристрою, механізмів керування верхньої та нижньої деками, електрообладнання та контрольно-вимірювальної апаратури.

Станина виконана литою з прорізами для виведення декотримачів. Приймальний пристрій живлення складається з приймального патрубку з оглядовим вікном засувки, приймального бункера, живильного валика, секторної заслінки, напрямних лотків та патрубка для підключення верстата до аспіраційної мережі.

Живильний валок приводиться в рух від абразивного валка через клинопасову передачу. Абразивний валок виконується зазвичай з залитої абразивної маси і приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу.

Декотримачі виконують зварної конструкції з можливістю закріплення абразивних або еластичних (в даний час зазвичай виконаних з поліуретану) дек. Для заміни зношених дек, кожен декотримач відводиться в крайнє

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

положення, від'єднують важелі підвісу і декотримачі виводять з верстата. Кожен декотримач має механізм грубого привалу-відвалу і механізм поступового наближення деки.

Для отримання різної форми регульованого робочого зазору (серповидного для гречки та клиновидного для проса) застосовують різні механізми регулювання робочої зони верстата, що ускладнює процес експлуатації даного виду технологічного устаткування.

Наявність двох дек забезпечує на одному верстаті дві обробки зерна, що веде до спрощення всього технологічного процесу крупозавода (зменшується кількість підйомів зерна, повітряних сепараторів, фільтрів і т. д.). У той же час на другий пропуск потрапляють оболонкові продукти, які декілька знижують ефективність луцення.

Конструкція верстата типу 2ДШС-3 вибрана найближчим аналогом.

Найближчий аналог і корисна модель, що заявляється, мають наступні спільні ознаки:

станина;

приймально-живильний пристрій;

абразивний валок; дві деки; декотримачі;

механізми управління деками.

До причин, що перешкоджають досягненню зазначеного нижче технічного результату при використанні найближчого аналога, відноситься те, що у відомому вальцедековому верстаті при переході з обробки однієї круп'яної культури на іншу необхідно змінювати декотримачі.

Одним з недоліків найближчого аналога є застосування в механізмі установки дек зубчасто-цівкового механізму, що призводить до значної похибки при установці деки. У той же час різниця середніх діаметрів сусідніх фракцій гречки становить 0,2-0,3 мм. Це вимагає підвищених вимог до установлювального механізму вальцедекового верстата.

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

Іншим недоліком є складність у заміні одних декотримачів із своїми установлювальними механізмами на інші при переході на обробку іншої круп'яної культури. Це вимагає значних витрат часу при поділі вихідного зерна на шість фракцій. Згідно з Правилами ведення технологічного процесу на крупозаводах необхідно перебудувати усі вальцедекові верстати, які працюють з кожною фракцією, і до простою всієї технологічної лінії.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити вальцедековий верстат, позбавлений вище викладених недоліків, і в якому забезпечується швидкий перехід з обробки однієї круп'яної культури на іншу.

Поставлена задача вирішена у вальцедековому верстаті, що містить станину, на якій установлені приймально-живильний пристрій, абразивний валок, розташований під приймально-живильним пристроєм, дві деки, сполучені з відповідними декотримачами аналогічних конструкцій, а також механізми управління деками, сполучені з декотримачами тим, що на відміну від прототипу, друга дека, її декотримач і механізми управління другою декою установлені з протилежної сторони щодо абразивного валка та його вертикалі, приймально-живильний пристрій виконано з можливістю подачі зерна на обидві сторони абразивного валка, а абразивний валок установлений з можливістю обертання в протилежних напрямках.

Завдяки введенню у відомий об'єкт сукупності суттєвих відмінних ознак вальцедековий верстат може обробляти різні круп'яні культури при мінімальному переналаштуванні верстата. Вальцедековий верстат може використовуватися в декількох модифікаціях.

Наприклад, права дека й абразивний валок можуть створювати робочу зону для обробки гречки, а ліва дека й абразивний валок можуть створювати робочу зону для обробки проса. Тоді одним перекидним клапаном і реверсом руху абразивного валка можливо переходити з обробки однієї круп'яної культури на іншу.

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

Можливе використання вальцедекового верстата для обробки двох різних фракцій, наприклад ліворуч переробляється фракція № I гречки, а при перемиканні можливо праворуч переробляти фракцію № II гречки.

Крім цього другу деку можливо використовувати як запасну при переробці однієї круп'яної культури (тоді час між замінами дек, як найменш зносостійкими елементами, збільшується вдвічі).

На кресленні зображена схема пропонованого вальцедекового верстата.

Верстат складається з бункера 1, абразивного валка 2, першої деки 3 декотримача 4, усталовленого в супорті 5. Супорт 5 переміщається за допомогою гвинтового механізму 6, забезпеченого штурвалом 7. Переміщення супорта 5 здійснюється по жорстких напрямних 8. Для перекидання деки 3 і утворення клиновидного зазору між першою декою 3 та абразивним валком 2, верстат забезпечений гвинтовим пристроєм 9 з штурвалом 10. Декотримач 4 усталовлений на супорті 5 шарнірно, через тягу 15 та ексцентрик 16, положення якого регулюється гвинтовим пристроєм 9. Гвинтові механізми 6 та 9 відносяться до механізму управління положенням першої деки 3. Всі механізми, складальні одиниці та деталі усталовлені на станині вальцедекового верстата не показаної на схемі.

Для направлення продукту на протилежну сторону абразивного валка 2 в бункері усталовлений перекидний клапан 11.

Стінки приймального патрубкa верстата та перекидний клапан 11 утворюють приймально-живильний пристрій. З протилежного боку абразивного валка 2 усталовлена друга дека 12 у своєму декотримачі аналогічної конструкції. Для регулювання положення другої деки 12 декотримач забезпечений гвинтовим механізмом 13. Для регулювання кутового положення другої деки усталовлений гвинтовий механізм 14.

При переробці гречки, після притирання абразивної деки по абразивній циліндричній поверхні валка 2, дека 3 в супорті 5 переміщається по жорстких

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

напрямних 8, що дає можливість зберігати паралельність між поверхнями абразивного валка 2 і абразивною декою 3, при відведенні останньої. Дека 3 з супортом 5 устанавлюються в робоче положення від штурвала 7 за допомогою гвинтового механізму 6. Декотримач 4 устанавлений на супорті 5 шарнірно, через ексцентрик 16, з можливістю регулювання положення деки 3 за допомогою гвинтового механізму 9 від штурвала 10. Тобто для отримання клинового зазору, що необхідно при переробці проса, є можливість за допомогою ексцентрикового механізму відхилити деку 3 від вертикалі. При цьому шарнірні зв'язки мало впливають на зміну робочого зазору між абразивним валком 2 і декою 3. Установа деки 3 в жорстких напрямних 8, з можливістю повороту від жорсткого ексцентрикового механізму, дозволяє збільшити точність налаштування верстата, із збереженням цих вимог при всьому терміні експлуатації верстата.

Вальцедековий верстат при переробці гречки працює в наступному порядку. У приймальний бункер 1 надходить зерно (не лущене) та по напрямних потрапляє в робочий зазор між абразивним валком 2 і абразивною декою 3. Треба відмітити, що при переробці гречки встановлюють серповидний робочий зазор, що дозволяє мати дві зони активного впливу на зерно гречки, в основному, на початку і в кінці робочої зони. Зернівка на початку робочого зазору виявляється притиснутою одною з граней свого тетраедра до абразивної деки 3 і відчуває зусилля мікрорізання з боку абразивного валка 2. Абразивна дека 3, при цьому, надає гальмуючого впливу на просування зернівки. Зернівка продовжує сповзати під впливом зусиль з боку абразивного валка 2 по робочому зазору униз. У середній зоні абразивної деки 3, де зазор збільшений, зернівка гречки має можливість повернутися і чергові грані з оболонкою будуть підставлені під абразивну дію мікрорізців абразивного валка 2, що обертається. У такий спосіб, відбувається всебічна обробка зерна гречки.

					<i>Модернізація лущильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Ядро гречки та оболонки виходять з верстата через випускний пристрій (на схемі не показаний). При переробці зерна проса перекидають клапан 11 і встановлюють клиновий робочий зазор між декою 12 і абразивним валком 2 за допомогою гвинтових механізмів 13 і 14. При цьому установлюють деку 12 з еластичного матеріалу: гуми або поліуретану. Абразивний валок 2 отримує рух від електродвигуна через пасову передачу. За допомогою зміни послідовності підключення фаз у електромоторі змінюють напрямок руху абразивного валка. Виконують це за допомогою перемикача в електричному контурі. Зазор, що поступово зменшується, дозволяє ефективно знімати частини оболонок, що залишилися, з зерна, яке обертається, швидкообертливим абразивним валком 2.

Перевага корисної моделі полягає в тому, що для переходу з одної оброблюваної круп'яної культури на іншу необхідно перекинути клапан і здійснити реверс обертання абразивного валка. Такі дії займають кілька секунд на відміну від прототипу, де операція переналагодження може зайняти кілька годин.

Розглянемо корисну модель луцильного верстату по патенту України № 131974.

Корисна модель належить до галузі переробки зерна круп'яних культур в крупу і призначена для луцення зерна плівчастих круп'яних культур, в основному гречки та проса.

Відомий вальцедековий верстат СВУ-2 [див. "Технологическое оборудование предприятий для хранения и переработки зерна" / Под ред. А.Я. Соколова / 5-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос. 1984] включає приймальний бункер, живильний валик, шарнірну заслінку, абразивний барабан, абразивну або еластичну деку, механізми для переміщення деки, випускний пристрій.

Вальцедековий верстат має ряд недоліків, основний з них полягає в неможливості паралельного відведення деки від вальця, що не дозволяє

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

отримати чітко теоретичний серповидний зазор між вальцем і декою при переробці зерна гречки. Крім цього перехід з обробки однієї із круп'яних культур на іншу вимагає значних трудовитрат на заміну деки і перебудову положення декотримача, тому що форма зазорів між вальцем і декою для вищеназваних культур різна (серповидна для гречки та клиноподібна для проса).

Найбільш близьким вальцедековим верстатом того ж призначення за максимальною кількістю спільних ознак є дводековий луцильний верстат типу 2ДШС-3 [див. "Технологическое оборудование предприятий для хранения и переработки зерна" / Под ред. А.Я. Соколова / 5-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос. 1984]. Він складається з наступних складальних одиниць і механізмів: станини, приймально-живильного пристрою, абразивного валка, верхнього і нижнього декотримача, аналогічних по конструкції, випускного пристрою, механізмів керування верхньою та нижньою деками, електрообладнання та контрольно-вимірювальної апаратури.

Станина виконана литою з прорізами для виведення декотримачів. Приймальний пристрій живлення складається з приймального патрубка з оглядовим вікном, засувки, приймального бункера, живильного валика, секторної заслінки, напрямних лотків та патрубка для підключення верстата до аспіраційної мережі.

Живильний валок приводиться в рух від абразивного валка через клинопасову передачу. Абразивний валок виконується зазвичай з залитої абразивної маси і приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу.

Декотримачі виконують зварної конструкції з можливістю закріплення абразивних або еластичних (в даний час зазвичай виконаних з поліуретану) дек. Для заміни зношених дек кожен декотримач відводиться в крайнє

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

положення, від'єднують важелі підвісу і декотримачі виводять з верстата. Кожен декотримач має механізм грубого привалу-відвалу і механізм поступового наближення деки.

Для отримання різної форми регульованого робочого зазору (серповидного для гречки та клиновидного для проса) застосовують різні механізми регулювання робочої зони верстата, що ускладнює процес експлуатації даного виду технологічного устаткування.

Наявність двох дек забезпечує на одному верстаті дві обробки зерна, що веде до спрощення всього технологічного процесу крупозавода (зменшується кількість підйомів зерна, повітряних сепараторів, фільтрів і т. д.). У той же час на другий пропуск потрапляють оболонкові продукти, які декілька знижують ефективність лущення.

Лущильний верстат типу 2ДШС-3 вибрано як найближчий аналог.

Найближчий аналог і вальцедековий верстат, що заявляється, мають такі спільні ознаки:

станина;

приймально-живильний пристрій;

абразивний валок, розташований під приймально-живильним пристроєм;

дві деки: верхня і нижня;

обидві деки установлені з одної сторони абразивного валка;

декотримачі аналогічних конструкцій;

механізми управління верхньою і нижньою деками, сполучені з декотримачами.

До причин, що перешкоджають досягненню зазначеного нижче технічного результату при використанні найближчого аналога, належить те, що у відомому вальцедековому верстаті при переході з обробки однієї круп'яної культури на іншу необхідно замінювати декотримачі.

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Одним з недоліків даного верстата є застосування в механізмі установки дек зубчасто-цівкового механізму, що призводить до значної похибки при установці деки. У той же час різниця середніх діаметрів сусідніх фракцій гречки становить 0,2-0,3 мм. Це вимагає підвищених вимог до установчого механізму вальцедекового верстата.

Іншим недоліком є складність у заміні одних декотримачів із своїми установочними механізмами на інші при переході на обробку іншої круп'яної культури. Це вимагає значних витрат часу (при поділі вихідного зерна на шість фракцій, згідно з Правилами ведення технологічного процесу на крупозаводах, необхідно перебудувати усі вальцедекові верстати, які працюють з кожною фракцією) і до простою всієї технологічної лінії.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити вальцедековий верстат позбавлений вищевикладених недоліків, і в якому забезпечується швидкий перехід з обробки однієї круп'яної культури на іншу.

Поставлена задача вирішена у вальцедековому верстаті для луцення зерна, що містить станину,

на якій установлені приймально-живильний пристрій, абразивний валок, розташований під приймально-живильним пристроєм, верхня і нижня деки, розташовані одна під другою, установлені з одної сторони абразивного валка і сполучені із відповідними декотримачами аналогічних конструкцій,

а також механізми управління верхньою і нижньою деками, сполучені з відповідними декотримачами тим, що, згідно з корисною моделлю, він містить дві додаткові деки, два додаткові відповідні

декотримачі і два механізми управління додатковими верхньою і нижньою деками, при цьому перелічені деки, відповідні декотримачі і механізми управління додатковими деками установлені з протилежної сторони абразивного валка, приймально-живильний пристрій виконано з

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

можливістю подачі зерна на обидві сторони абразивного валка, який установлений з можливістю обертання в протилежних напрямках.

Завдяки введенню в відомий об'єкт сукупності суттєвих відмінних ознак вальцедековий верстат

може обробляти різні круп'яні культури при мінімальному переналаштуванні верстата. Вальцедековий верстат може використовуватися в декількох модифікаціях.

Наприклад, праві деки і абразивний валок можуть створювати робочу зону для обробки гречки, а ліві деки і абразивний валок можуть створювати робочу зону для обробки проса. Тоді одним перекидним клапаном і реверсом руху абразивного валка можливо переходити з обробки однієї круп'яної культури на іншу.

Можливе використання вальцедекового верстата для обробки двох різних фракцій, наприклад ліворуч переробляється фракція №I гречки, а при перемиканні можливо праворуч переробляти фракцію № II гречки.

Крім цього, лівосторонні деки можливо використовувати як запасні при переробці однієї круп'яної культури на правосторонніх деках (тоді час між замінами дек, як найменш зносостійкими елементами, збільшується вдвічі).

На кресленні зображена схема пропонованого вальцедекового верстата з додатковими деками. Верстат складається з бункера 1, абразивного валка 2, дек 3 та 12, декотримачів 4 та 17, установлених в супортах 5 та 18.

Супорт 5 переміщається за допомогою гвинтового механізму 6, забезпеченого штурвалом 7. Переміщення супорта 5 здійснюється по жорстких напрямних 8. Для перекидання деки і утворення клиновидного зазору між декою 3 та валком 2 верстат забезпечений гвинтовим пристроєм 9 з штурвалом 10. Декотримач 4 установлений на супорті 5 шарнірно, через тягу 15 та ексцентрик 16, положення якого регулюється

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

гвинтовим пристроєм 9. Гвинтові механізми 6 та 9 належать до механізму управління положенням деки 3.

Аналогічно побудована дека 12 з декотримачем 17, установленими на супорті 18. Супорт 18 рухається від гвинтового механізму 19, забезпеченого штурвалом 20. Супорт 18 рухається в напрямних 21. Для налаштування серповидного робочого зазору декотримач 17 установлений шарнірно на ексцентрику 22 через тягу 23. Положення ексцентрика 22 регулюється за допомогою гвинтового механізму 24, забезпеченого штурвалом 25.

Всі механізми, складальні одиниці та деталі встановлені на станині вальцедекового верстата, не показаної на схемі. Для направлення продукту на протилежну сторону абразивного валка 2 в бункері установлений перекидний клапан 14. Стінки приймального патрубка 1 та перекидний клапан 14 утворюють приймально-живильний пристрій вальцедекового верстата.

На протилежній стороні абразивного валка 2 розташовані додаткові деки 26 та 27 зі своїми механізмами управління положенням дек, аналогічної конструкції. Так, для переміщення деки 26 установлений гвинтовий механізм 11. Для утворення клинового зазору між декою 26 і абразивним валком 2 встановлено гвинтовий механізм 13.

При переробці гречки, після притирання абразивної деки по абразивній циліндричній поверхні валка 2, дека 3 в супорті 5 переміщається по жорстких напрямних 8, що дає можливість зберігати рівну відстань між крайніми точками деки (верхня та нижня крайки) і поверхнею абразивного валка 2, при відведенні деки 3. Дека 3 з супортом 5 установлюються в робоче положення від штурвала 7 за допомогою гвинтового механізму 6 і фіксується. Таким чином серповидний зазор між валком 2 і декою 3 буде зберігатися при будь-якому відведенні деки гвинтовим механізмом 6. Така функція відсутня у сучасних конструкціях вальцедекових верстатів.

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Декотримач установлений на супорті 5 шарнірно, через ексцентрик 16, з можливістю регулювання положення деки 3 за допомогою гвинтового механізму 9 від штурвала 10. Тобто, для отримання клинового зазору, що необхідно при переробці проса, є можливість за допомогою гвинтового механізму 9 відхилити деку 3 від вертикалі. При цьому шарнірні зв'язки мало впливають на зміну робочого зазору між абразивним валком 2 і декою 3. Установка деки 3 в жорстких напрямних 8, з можливістю повороту від жорсткого ексцентрика 16, дозволяє збільшити точність налаштування верстата, із збереженням цих вимог при всьому терміні експлуатації верстата.

Вальцедековий верстат при переробці гречки працює таким чином. У приймальний бункер 1 надходить зерно (потік I, зерно не лущене) та по напрямних потрапляє в робочий зазор між абразивним валком 2 і абразивною декою 3. Треба відмітити, що при переробці гречки встановлюють серповидний робочий зазор, що дозволяє мати дві зони активного впливу на зерно гречки, в основному, на початку і в кінці робочої зони. Зернівка на початку робочого зазору виявляється притиснутою одною з граней свого тетраедра до абразивної деки 3 і відчуває зусилля мікрорізання з боку абразивного валка 2. Абразивна дека 3 при цьому надає гальмуючий вплив на просування зернівки. Зернівка продовжує сповзати під впливом зусиль з боку абразивного валка 2 по робочому зазору униз. У середній зоні абразивної деки 3, де зазор збільшений, зернівка гречки має можливість повернутися і чергові грані з оболонкою будуть підставлені під абразивну дію мікрорізців абразивного валка 2, що обертається.

Є ймовірність, що не усі зернівки будуть оброблені таким чином і зажадають додаткового проходу через вальцедековий верстат. Тому з огляду на великий діаметр абразивного валка 2 установили деку 12 під декою 3. Це дозволяє відмовитися від зайвих підйомів продукту норіями, вводити продукт в робочий зазор наступного вальцедекового верстата, виключити

					<i>Модернізація лущильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		57

додатковий розгін продукту в робочій зоні. Згадані дві останні стадії обробки впливають на вихід цілого ядра, тому їх виключення дозволяє значно підвищити вихід ядра вищої якості. Таким чином розігнані до робочої швидкості зернівки надходять до деки 12, що збільшує вірогідність обробки абразивним вальцем наступної грані зернівки. Зростає вдвічі термін обробки зерна, що сприяє повній обробці зерна за один прохід. Ядро гречки та оболонки виходять з верстата (потік II) через випускний пристрій не показаний на схемі. У такий спосіб відбувається всебічна обробка зерна гречки.

При переробці зерна проса перекидають клапан 14 і встановлюють клиновий робочий зазор між декою 26 і абразивним валком 2. Також змінюють напрям руху обертання абразивного валка 2 проти годинникової стрілки.

За допомогою гвинтового механізму 11 дека 26 відводиться від абразивного валка 2, утворюючи серповидний зазор. Але при переробці проса необхідний клиновий зазор, тому гвинтовим механізмом 13 здійснюється повертання деки 26 відносно осі. При цьому встановлюють додаткові деки 26 і 27 з еластичного матеріалу: гуми або поліуретану. Робочий зазор, що поступово зменшується, дозволяє ефективно знімати швидкообертаним абразивним валком 2 частини оболонок, що залишилися, з зерна, яке теж повільно обертається навколо своєї осі.

Аналогічно налаштовується і дека 27, за допомогою своїх аналогічних механізмів. Через деякий час зерно, що рухається по поверхні абразивного валка 2, потрапляє під вплив деки 27, де процес повторюється. Слід зауважити, що робочий зазор між додатковою декою 27 та абразивним валком 2 декілька зменшують відносно верхньої пари (абразивного валка 2 і деки 26). Таким чином шлях обробки збільшується приблизно в два рази, що дає свої переваги, крім цього можливо окремо відрегулювати першу робочу зону з декою 26 та другу робочу зону з декою 27.

					<i>Модернізація лушильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

Перевага корисної моделі полягає в тому, що збільшується час обробки продукту, зменшується кількість основного технологічного і допоміжного обладнання (вальцедекових станків, норій, сепараторів, вентиляторів та фільтрів). Для переходу з одної оброблюваної круп'яної культури на іншу необхідно перекинути клапан і здійснити реверс обертання абразивного валка. Такі дії займають кілька секунд, на відміну від найближчого аналога, де операція переналагодження може зайняти кілька годин.

1.5. Висновки і обґрунтування вибраного напрямку проектування

Як слідує з огляду, сучасні вальцедекові верстати мають ряд недоліків пов'язаних з конструкцією. В першу чергу великі втрати часу на налагодження верстату в зв'язку з переходом до обробки іншої культури. Це пов'язано з заміною деки.

Враховуючи цей основний недолік, пропоную компонування верстату виконати з двома деками розташованими по різні сторони верстату.

					<i>Модернізація луцильного верстату</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

2. Модернізація луцильного верстату

Розділи технічного завдання	Зміст графи
1. Найменування і область застосування	Луцильний верстат безперервної дії призначений для луциння зерна гречки та проса. Застосовується як в масовому виробництві, так і в одиничному.
2. Підстава для розробки	Завдання на дипломний проект видане кафедрою «ТОМтаБЖД»
3. Мета і призначення розробки	Поліпшити основні показники луцильного верстату
4. Джерела розробки	Джерелом розробки є документація, розроблена кафедрою ТОМтаБЖД
5. Технічні вимоги	<p>а) Луцильний верстат складається з: станини, живильника валкового типу, що обертається, напрямної лійки, абразивного вальця, деки для гречки та деки для проса, механізму регулювання робочого зазору, механізму регулювання кута нахилу деки, електрошафи, в якому розташоване все електрообладнання верстату, електродвигунів з приводами;</p> <p>б) основні технічні параметри:</p> <ul style="list-style-type: none"> - продуктивність - 5 тон / годину; - тип верстату – вальцедековий з двома деками; - принцип дії - неперервний; - регулювання продуктивності – безступінчасте. - сумарна потужність приводу, кВт - 5,64; <p>Габарити верстату, мм: - довжина - 2300; - ширина - 1025; - висота - 2995.</p> <p>Маса, кг - 450.</p>
6. Стадії і етапи розробки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сучасний стан та перспективи розвитку машин даного призначення; 2. Технічне завдання; 3. Технічна пропозиція; 4. Ескізний проект: <ul style="list-style-type: none"> - розробка функціональної схеми; - технологічний розрахунок; - розробка кінематичної схеми; - кінематичний розрахунок. 5. Технічний проект: - силовий розрахунок; <ul style="list-style-type: none"> - виконання складальних креслень; - виконання креслень складальних одиниць.

2.1. Технічна пропозиція

Для збільшення асортименту продукції, що випускається, спрощення конструкції і підвищення надійності верстата замінили механізми налагодження на робочий розмір, та механізми регулювання кута нахилу деки застосував нову компоновку з двома деками по обидві сторони вальцедекового верстату (див. рис. 2.1).

2.2. Опис можливих варіантів конструктивно-функціональних розробок

Розглянемо технологічні операції, що виконуються верстатом:

- підтримування певного рівня зерна в бункері над живильником;
- подача живильником зерна в необхідній кількості і рівномірно по ширині верстата;
- формування робочого потоку перед зоною луцення;
- обробка зерна в першій робочій зоні;
- перевертання зернівки перед другою зоною обробки;
- обробка зерна у другій робочій зоні;
- виведення зерна з луцильного верстату.

2.3. Опис функціональної схеми

Розглянемо технологічну схему роботи луцильного верстату (рис. 2.1).

Верстат складається з бункера 1, абразивного валка 2, першої деки 3 декотримача 4, установленого в супорті 5. Супорт 5 переміщається за допомогою гвинтового механізму 6, забезпеченого штурвалом 7. Переміщення супорта 5 здійснюється по жорстких напрямних 8. Для перекидання деки 3 і утворення клиновидного зазору між першою декою 3 та абразивним валком 2, верстат забезпечений гвинтовим пристроєм 9 з штурвалом 10. Декотримач 4 установлений на супорті 5 шарнірно, через тягу 15 та ексцентрик 16, положення якого регулюється гвинтовим пристроєм 9. Гвинтові механізми 6 та 9 відносяться до механізму управління положенням першої деки 3. Всі механізми, складальні одиниці та деталі установлені на станині вальцедекового верстата не показаної на схемі. Для направлення продукту на протилежну сторону абразивного валка 2 в бункері установлений перекидний клапан 11.

Стінки приймального патрубку верстата та перекидний клапан 11 утворюють приймально-живильний пристрій. З протилежного боку абразивного валка 2 установлена друга дека 12 у своєму декотримачі аналогічної конструкції. Для регулювання положення другої деки 12

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

декою 3. Треба відмітити, що при переробці гречки встановлюють серповидний робочий зазор, що дозволяє мати дві зони активного впливу на зерно гречки, в основному, на початку і в кінці робочої зони. Зернівка на початку робочого зазору виявляється притиснутою одною з граней свого тетраедра до абразивної деки 3 і відчуває зусилля мікрорізання з боку абразивного валка 2. Абразивна дека 3, при цьому, надає гальмуючого впливу на просування зернівки. Зернівка продовжує сповзати під впливом зусиль з боку абразивного валка 2 по робочому зазору униз. У середній зоні абразивної деки 3, де зазор збільшений, зернівка гречки має можливість повернутися і чергові грані з оболонкою будуть підставлені під абразивну дію мікрорізців абразивного валка 2, що обертається. У такий спосіб, відбувається всебічна обробка зерна гречки.

Ядро гречки та оболонки виходять з верстата через випускний пристрій (на схемі не показаний). При переробці зерна проса перекидають клапан 11 і встановлюють клиновий робочий зазор між декою 12 і абразивним валком 2 за допомогою гвинтових механізмів 13 і 14. При цьому установлюють деку 12 з еластичного матеріалу: гуми або поліуретану. Абразивний валок 2 отримує рух від електродвигуна через пасову передачу. За допомогою зміни послідовності підключення фаз у електромоторі змінюють напрямок руху абразивного валка. Виконують це за допомогою перемикача в електричному контурі. Зазор, що поступово зменшується, дозволяє ефективно знімати частини оболонок, що залишилися, з зерна, яке обертається, швидкообертотним абразивним валком 2.

Перевага полягає в тому, що для переходу з одної оброблюваної круп'яної культури на іншу необхідно перекинути клапан і здійснити реверс обертання абразивного валка. Такі дії займають кілька секунд на відміну від прототипу, де операція переналагодження може зайняти кілька годин.

2.4. Розрахунок вальцедекового верстату

2.4.1. Мета і завдання розрахунку.

Розрахунок при проектуванні нового вальцедекового обладнання зводиться до визначення геометричних параметрів робочих органів (рис. 10.2).

2.4..2. Дані для розрахунку.

Прийняті умовні позначення:

A , M і L — відповідно товщина, висота і довжина деки, м;

D і L — діаметр і довжина вальця верстата, м;

l_p і δ — довжина по колу і зазор робочої зони, м;

					Модернізація лушильного верстату	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N_{δ} , N_d і F_{δ} , F_d — нормальні і дотичні сили взаємодії зерна відповідно з вальцем і декою, Н;

d — діаметр оброблюваного зерна, м;

β — кут втягування зерна в робочу зону, град;

α — кут обхвату вальця декою, град;

Q — продуктивність вальцедекового верстата, кг / с;

l , b і c — відповідно довжина, ширина і товщина одиночного зерна, м;

γ — об'ємна маса зерна, кг/м³;

f і φ — коефіцієнт і кут тертя зерна об поверхню вальця.

$v_{пр}^1$ — швидкість руху продукту в робочій зоні, м/с;

k_c — коефіцієнт проковзування продукту в робочій зоні;

$v_{п}^1$ — швидкість руху продукту в щілині живильника, м/с;

k_z — коефіцієнт заповнення робочої зони.

T — нормальне зусилля притиснення деки до абразивного вальця, Н;

ω_v — кутова швидкість абразивного вальця, рад/с;

k_d — кількість дек;

k_z — коефіцієнт заповнення робочої зони;

2.4.3. Схема розрахунку.

Дивись рис. 2.2 та 2.3.

2.4.4. Розрахунок.

Розрахунки виконані в Excel та представлені в додатках (стр.92).

Діаметр еквівалентної кулі:

$$d = \sqrt[3]{(9 \cdot l \cdot b \cdot c / 8)}, \text{ м,}$$

де l — довжина зерна, м;

b — ширина зерна, м;

c — товщина зерна, м.

Мінімальне дроблення досягається при величині зазору більшого наведеного діаметру $d < \delta \leq l$.

Вибравши коефіцієнт обкатування k_o (число повних обертів по одному з напрямів кочення, зазвичай $k_o = 2 \dots 4$) для трьох основних напрямів кочення зерна і прийнявши коефіцієнт проковзування k_c (відношення шляху ковзання зерна до загальної віддалі переміщення ковзанням і коченням, ($k_c = 0,3 \dots 0,6$)), обчислюють довжину робочої зони

$$l_p = k_o \cdot (l + b + c) \cdot \pi / k_c, \text{ м.}$$

У відповідності зі схемою розрахунку знаходять кут обхвату вальця декою

$$\alpha = 360 \cdot l_p / (\pi \cdot D), \text{ град.,}$$

де D — діаметр вальця, м.

$$D = 360 \cdot l_p / (\pi \cdot \arccos(\delta / l)), \text{ м.}$$

Тоді з конструктивних міркувань, вибирають значення D (більшість вальцедекових верстатів мають $D = 600$ мм), за яким обчислюють висоту деки

									Лист
									64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$H_p = (D+2\delta) \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) = (D+2\delta) \cdot \operatorname{tg}(180 \cdot l_p / (\pi \cdot D)), \text{ м.}$$

Оскільки конструктивно допустима висота деки становить $H_d = (0,25 \div 0,5)D$, розраховують необхідну кількість дек

$$K_d = H_p / H_d = H_p / ((0,25 \div 0,5)D).$$

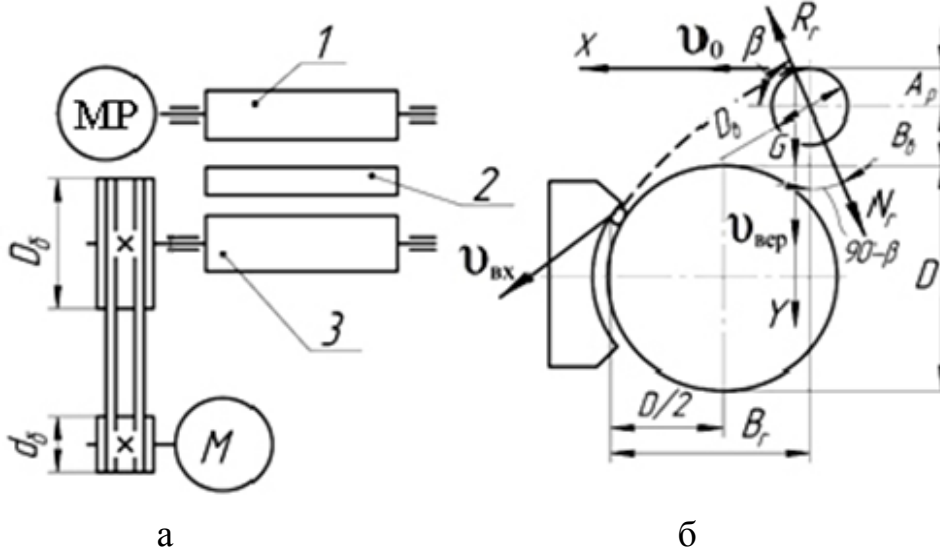


Рис. 2.2 - Кінематична схема а) та траєкторія польоту зернівки б) в вальцедековому верстаті.

Якщо $K_d < 1$, при конструктивній розробці беруть схему з одною декою висотою $H \geq H_p$; при отриманні $1 < K_d \leq 2$ розробляють двохдековий верстат з висотою деки $H \geq H_p/2$; в разі $K_d > 2$ проведений розрахунок необхідно повторити, змінивши початкові дані.

Довжина вальця

$$L_p = Q / (\delta \cdot v_{\text{пр}}^1 \cdot \gamma \cdot k_3), \text{ м,}$$

де k_3 — коефіцієнт заповнення робочої зони верстата. Рекомендоване значення $k_3 = 0,4 \dots 0,5$;

$v_{\text{пр}}^1$ — рекомендована швидкість продукту, м/с;

γ — об'ємна маса продукту, кг/м³.

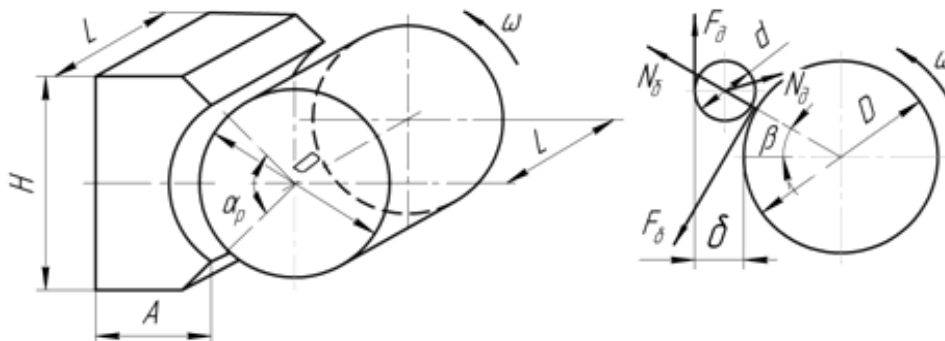


Рис. 2.3 – Схема вальцедекового верстата

Виходячи з конструктивних міркувань, величину $L \geq L_p$ приймають за дійсну довжину вальця вальцедекового верстату.

Ширина щілини живильника складе $\delta_{\text{ж}} > 5d$.

Середня швидкість продукту в щілині живильника

$$v_{\text{жв}}^1 = Q/(\delta_{\text{ж}} \cdot \gamma \cdot L), \text{ м/с.}$$

Уточняють необхідну ширину щілини живильника

$$\delta_{\text{п, max}} = k_{\text{п}} \cdot Q/(\delta_{\text{ж}} \cdot \gamma \cdot L), \text{ м,}$$

де $k_{\text{п}}$ — коефіцієнт запасу пропускної можливості живильника ($k_{\text{п}} = 1,5$).

Потім здійснюють розрахунок швидкостей робочих органів машини, передавальних відносин, діаметрів шківів та інших параметрів (рис.10.2).

На основі аналізу взаємодії зерна з декою і вальцем виводиться умова для визначення швидкості продукту, яка наближається до середнього значення швидкості щодо рухливих робочих органів

$$v_{\text{пр}}^1 = (v_{\text{д}} + v_{\text{в}}^1) \cdot k_{\text{с}}/2, \text{ м/с,}$$

де $v_{\text{д}}$ — швидкість робочої поверхні деки. Дотримуючись прийнятого конструктивного виконання, $v_{\text{д}} = 0$;

$k_{\text{с}}$ — значення коефіцієнта проковзування продукту, що досягається в процесі перекочування частинок по робочих поверхнях, $k_{\text{с}} = 0,3 \dots 0,6$.

З останнього виразу представляється можливим обчислити колову швидкість робочого вальця

$$v_{\text{в}}^1 = 2 \cdot v_{\text{пр}}^1/k_{\text{с}}, \text{ м/с.}$$

А також частоту його обертання

$$n_{\text{в}}^1 = 60 \cdot v_{\text{в}}^1/(\pi \cdot D), \text{ об/хв.}$$

За аналогією виконаного розрахунку здійснюється обчислення кінематичних параметрів живильного валка. Якщо середня швидкість продукту в живильнику

$$v_{\text{п}}^1 = (v_{\text{з}} + v_{\text{жв}}^1)/2, \text{ м/с,}$$

залежить від швидкості руху живильного валика $v_{\text{жв}}$, то, виходячи з конструктивного рішення заслінки $v_{\text{з}} = 0$, обчислюється колова швидкість обертання живильного валка

$$v_{\text{жв}}^1 = 2 \cdot v_{\text{п}}^1, \text{ м/с.}$$

За значенням прийнятого з конструктивних міркувань діаметра живильного валка $D_{\text{ж}}$ можливо обчислити його частоту обертання

$$n_{\text{жв}}^1 = 60 \cdot v_{\text{жв}}^1/(\pi \cdot D_{\text{ж}}), \text{ об/хв.}$$

Кінематичні параметри абразивного вальця і живильного валка, роблячи істотний вплив на траєкторію польоту продукту з живильника в робочу зону, визначають її геометричні параметри. Координати траєкторії руху частки обчислюють

$$y = g \cdot t^2/2 \quad \text{і} \quad x = v_0 \cdot t,$$

де t — тривалість польоту частинки, с;

v_0 — горизонтальна складова швидкості польоту частинки, максимальне значення якої дорівнює коловій швидкості живильного валка $v_0 = v_{\text{в}}^1$.

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

У зв'язку з тим, що швидкість падіння частинок зерна на поверхню вальця повинна бути рівною швидкості руху продукту в робочій зоні, висоту падіння частки знаходять

$$y_{\max} = B_v = (v_{\text{пр}}^1)^2 - (v_v^1)^2 / 2g, \text{ м.}$$

Отже, вираховують і дальність польоту частинок в горизонтальному напрямку

$$x_{\max} = B_r = (v_v^1)^2 \sqrt{2B_v/g}, \text{ м.}$$

Вибирають електродвигун з найближчою частотою обертання $n_{\text{дв}}$, об/хв до частоти обертання вальця, і визначають передаточне відношення між валом абразивного вальця машини і електродвигуном

$$i^1 = \omega_{\text{дв}} / \omega_v = n_{\text{дв}} / n_v,$$

де $\omega_{\text{дв}}$ — кутова швидкість обертання електродвигуна, рад/с.

Вибирають значення коефіцієнта проковзування ψ для клинопасової передачі і мінімальну величину розрахункового діаметра шківів $d_{\text{дв}}$ на валу привідного електродвигуна. За вибраними даними розраховують діаметр веденого шківів на валу абразивного вальця

$$d_v = d_{\text{дв}} \cdot i^1 \cdot \psi, \text{ м.}$$

Вибирають остаточну величину діаметра великого шківів d_v і обчислюють дійсні значення:

передаточного відношення;

$$i = d_v / (d_{\text{дв}} \cdot \psi);$$

кутової швидкості абразивного вальця

$$\omega_v = \omega_{\text{дв}} / i, \text{ рад/с};$$

частоти обертання абразивного вальця

$$n_v = 30 \cdot \omega_v / \pi, \text{ об/хв};$$

колової швидкості абразивного вальця

$$v_v = D \cdot \omega_v / 2, \text{ м/с.}$$

Привід живильного валика виконаємо від індивідуального моторредуктора. Враховуючи визначену частоту обертання живильного валика, знайдем передаточне відношення між ним і привідним електродвигуном

$$i_{\text{дв.жв}}^1 = n_{\text{дв.жв}} / n_{\text{жв}}^1,$$

де $n_{\text{дв.жв}}$ — частота обертання електродвигуна моторредуктора (найближча до частоти обертання живильного валика, або 1500 об/хв — найбільше поширена синхронна частота обертання електродвигунів).

За попереднім передаточним відношенням $i_{\text{дв.жв}}^1$ знаходимо по довіднику моторредуктор. Треба розглянути декілька типів моторредукторів і вибрати з ближчим передаточним відношенням і з більшим к.к.д. По вибраному моторредуктору уточнюють частоту обертання живильного валика і робочу щілину живильної засувки.

Уточнюють теоретичну продуктивність вальцедекового верстату

$$Q_p = L \cdot \gamma \cdot v_{\text{пр}} \cdot \delta \cdot k_3, \text{ кг/с.}$$

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Виконаємо розрахунок потужності, необхідної для приводу верстата і обґрунтування вибору привідного електродвигуна, що задовольняє заданим умовам роботи (рис.10.4).

Активна площа вальця $S_1 = L \cdot l_p, \text{ м}^2$ і підраховується загальна кількість зерен, що одночасно знаходяться в робочій зоні

$$K = S_1 \cdot \kappa_3 / d^2.$$

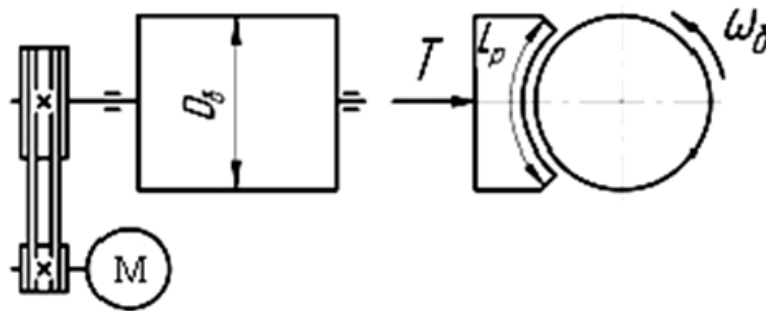


Рис. 2.4. Схема розрахунку.

Тоді нормальне зусилля притиснення деки до абразивного вальця визначиться з виразу

$$T = K \cdot F \cdot K_{ц}, \text{ Н},$$

де F — зусилля руйнування зерна стисненням;

$K_{ц}$ — коефіцієнт нерівномірності і зниження навантаження для збереження цілісності ядра, $K_{ц} = 0,004 \dots 0,006$.

Сила тертя абразивного вальця об продукт становить

$$F_B = f \cdot T, \text{ Н},$$

а момент опору обертанню абразивного вальця обчислюють

$$M_B = F_B \cdot D/2, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Отже, втрати потужності на тертя абразивного вальця об продукт знаходять

$$N_B = M_B \cdot \omega_B, \text{ Вт}.$$

Аналогічно обчислюють втрати потужності на подолання сил тертя продукту об деку

$$N_d = M_{пр} \cdot \omega_{пр},$$

де $\omega_{пр}$ — кутова швидкість руху продукту,

$$\omega_{пр} = 2 \cdot v_{пр} / (D + \delta), \text{ рад/с}.$$

Момент опору руху продукту

$$M_{пр} = \kappa_d \cdot m \cdot \omega_{пр} \cdot f \cdot v_{пр}^2, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Враховуючи $\omega_{пр}$, отримують

$$M_{пр} = \kappa_d \cdot m \cdot f \cdot v_{пр}^2, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де m — маса продукту, що знаходиться одночасно в робочій зоні між декою і абразивним вальцем.

Маса продукту, що знаходиться одночасно в робочій зоні між декою і абразивним вальцем

$$m = L \cdot l \cdot \delta \cdot \gamma \cdot \kappa_3, \text{ кг};$$

де κ_3 — коефіцієнт заповнення робочої зони, $\kappa_3 = 0,4 \dots 0,5$.

За величиною маси продукту, що знаходиться одночасно в робочій зоні, обчислюють втрати потужності на подолання сил тертя продукту об нерухому деку

$$N_d = \kappa_d \cdot m \cdot f \cdot v_{\text{пр}}^3 / (D + \delta), \text{ Вт.}$$

До втрат потужності слід віднести також витрати на подолання динамічних сил інерції, пов'язаних з розгоном потоку продукту до робочої швидкості $v_{\text{пр}}$

$$N_p = Q \cdot v_{\text{пр}}^2, \text{ Вт.}$$

Отже, повні витрати потужності на подолання сил інерції, і опору руху робочих органів у машині, обчислюють

$$N_{\text{ст}} = (\kappa_d \cdot (N_d + N_b) + N_p) / (\eta_{\text{п}}^{j_{\text{п}}} \cdot \eta_{\text{пп}}^{j_{\text{пп}}}), \text{ Вт,}$$

де $\eta_{\text{п}}, \eta_{\text{пп}}$ — коефіцієнти корисної дії підшипників та пасової передачі в машині;

$j_{\text{п}}, j_{\text{пп}}$ — кількість зазначених елементів у привідному пристрої;

Тоді потужність привідного електродвигуна складе

$$N_{\text{дв}} \geq N_{\text{ст}}, \text{ Вт.}$$

2.4.5. Висновок з розрахунку.

У результаті розрахунку визначена потужність для приводу вальцедекового верстата (див. додаток сторінка 74-75). Це дозволяє винайти по довідникам тип і модель привідного електродвигуна.

2.5. Опис кінематичної схеми

На вихідному валу електродвигуна встановлений приводний шків d_6 , який через ремінну передачу пов'язаний з веденим шківом D_6 , який розташований на валу абразивного вальця 3 (рис. 2.2).

Привод живильника складається з моторредуктора МР, який приводить в рух живильний валик 1.

Дека 2 приводиться в робоче положення за допомогою гвинтових, важільних та ексцентрикових механізмів.

2.6. Опис розробленої конструкції луцильного верстату

Верстат вальцедековий СГР-600 (та його модифікація - СГР-600М) ТУ У 14311353.004-99 призначений для луцення зерна гречки і проса на круп'яних заводах, фермерських та індивідуальних сільськогосподарських підприємствах.

Верстат виготовляється по 3-ій категорії ГОСТ 15150 в кліматичному виконанні «У» для внутрішнього ринку та експорту в країни з помірним кліматом. При цьому верстат надійно працює в робочих режимах при температурі від мінус 10 до плюс 40°C, відносній вологості 80% при

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Модернізація луцильного верстату					

середньорічній температурі плюс 15°C, атмосферному тиску від 650 до 800 мм. рт. ст. (86,6-106,7 кПа).

Для деки використовується гумовотканинна пластина марки РТД-2, або інший матеріал, рекомендований заводом-виготовлювачем. Гарантія на верстат не поширюється на швидкозношувану деку для проса.

Пристрій і робота

Верстат СГР-600 складається з наступних основних вузлів і механізмів: збірної станини, валка, деки з декотримачем, блоку магнітного, живильника, лотка, механізму регулювання зазору між декою і валком, аспіраційного патрубку.

Блок магнітний призначений для вилучення із зернової маси металомагнітних домішок. В живильнику знаходиться живильний валик, що приводиться в обертання клинопасовою передачею від валка. За допомогою регулювальної заслінки з двома регулювальними гвинтами і живильного валика продукт розподіляється по всій ширині живильника і подається в лоток, який призначений для подачі зерна в робочу зону між валком і декою.

Лоток регулюється за допомогою механізму регулювання положення лотка наступним чином. Обертанням рукоятки проти годинникової стрілки лоток підводиться до упору в валок, після чого рукоятку необхідно відвернути за годинниковою стрілкою на 2,5...3 обороту і переконатися, що валок не торкається нижньої частини лотка щоб уникнути іскроутворення. Застопорити лоток болтом із контргайкою на бічних стінках верстата. Дека в декотримачі встановлена на опорний вал.

Механізм регулювання зазору складається з двох незв'язаних між собою тяг і двох маховиків. Він дозволяє встановити зазор між декою і валком, а також встановити вид робочої зони - серповидної для гречки чи клиноподібної для проса. Аналогічний механізм встановлений і на другій деці з іншого боку верстата.

Через лючки при зупиненому валку проводиться контроль зазору і виду робочої зони між декою і валком. Валок приводиться в обертання клинопасовою передачею від двигуна, встановленого на задній стінці верстата. Через аспіраційний патрубок верстат під'єднується до аспіраційної мережі. Повітря, що відносить через нього легкі і дрібні домішки, разом з тим охолоджує поверхні валка і деки.

Продукт, що підлягає лущенню, надходить у прийомний патрубок на магнітному блоці, далі через живильник потрапляє на приймальний лоток,

					Модернізація лущильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

звідти в робочу зону між валком і декою. Пролуцившись між декою і валком продукт виводиться з верстата через вихідний патрубок, назустріч лущеному зерну рухається повітряний ноток, відносить з собою легкі частинки, лузгу, мучку, через аспіраційний патрубок. Забір проб здійснюється через спеціальний люк на бічних стінках. При переході на іншу культуру потрібно виконати реверс головного електродвигуна та перекинути клапан подачі продукту на іншу деку.

Для забезпечення нормальної роботи верстата перед вхідним патрубком необхідно встановити регульовану заслінку або шибер.

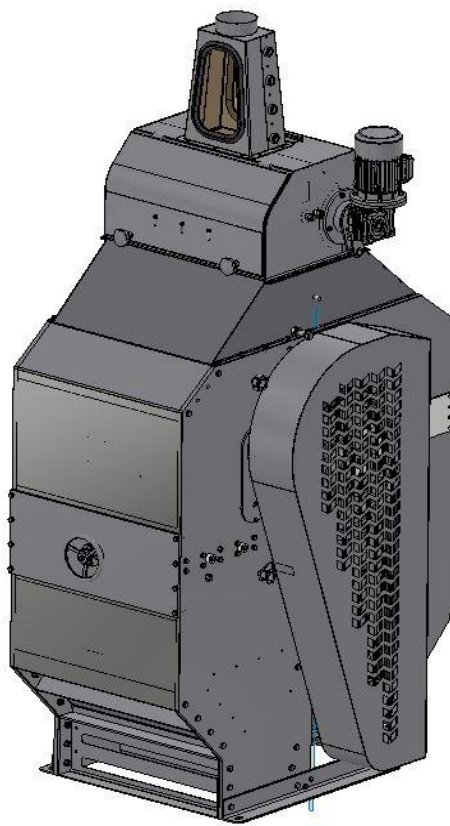


Рис. 2.5 – Загальний вид модернізованого вальцедекового верстата

Технічна характеристика луцильного верстату

- продуктивність - 5 тон / годину;
- тип верстату – вальцедековий з двома деками;
- принцип дії - неперервний;
- регулювання продуктивності – безступінчасте.
- сумарна потужність приводу, кВт - 5,64;

Габарити верстату, мм: - довжина - 1600; - ширина - 885; - висота - 1560.

Маса, кг - 950.

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

2.7. Правила безпечного обслуговування верстата

До обслуговування верстата допускаються тільки особи, які пройшли інструктаж з охорони праці та техніки безпеки.

Обслуговуючий персонал повинен володіти безпечними методами роботи і бути обережним.

Перед пуском, верстат необхідно заземлити. Місця підключення силової електропроводки слід ретельно ізолювати.

Верстат і приміщення повинні бути нормально освітлені і міститися в чистоті.

Забороняється: пускати верстат із зняттям його кришок корпусу.

Забороняється проводити будь-який ремонт верстата під час його роботи.

У разі виникнення стуку, підвищеного шуму і вібрації, перегріву підшипників і інших явищ, що вказують на несправність механізмів, необхідно негайно зняти навантаження і зупинити верстат, з'ясувати причину несправності й усунути її.

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Література

1. Подрібнююче обладнання: Монографія/Петров В.М. – Одеса. ОНТУ. – Одеса: Бондаренко М.О., 2024. – 316 с.:іл.
2. Розрахунки технологічного обладнання зернових виробництв: Навч. Посібник. /В.М. Петров. – Одеса: Бондаренко М.О.,2024.-182 с.: іл.
3. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти СВО «Бакалавр» , галузі знань № 13 «Механічна інженерія», спеціальності № 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та ІТ-сервіс обладнання» денної та заочної форм навчання. Укладачі: Г.А. Гончарук, Петров В.М. За ред. О.І. Гапонюка. Одеса: ОНТУ, 2024, 30 с.
4. Технологічне обладнання харчоконцентратного виробництва. Монографія / Петров В.М. - Одеса: ОНТУ. -Одеса: Бондаренко М.О., 2025. – 460 с. : іл. ISBN 978-617-8511-21-0
5. Технологічне обладнання борошномельних і круп'яних підприємств./ підручник/О.І. Гапонюк, Л.С. Солдатенко, Л.Г. Гросул, В.Ф. Петько, В.М. Петров, І.І. Гапонюк. Херсон: Олді-плюс, 2018. – 752 с.

					Модернізація луцильного верстату	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Розрахунок вальцедекового верстату

Параметр	Одиниця вимірювання	Позначення	Розрахункова формула	
Продуктивність	кг/с	Q		8
Довжина зернівки	м	l		0,7
Ширина зернівки	м	b		0,005
Товщина зернівки	м	c		0,002
Коефіцієнт обкатування		ko		0,003
Коефіцієнт ковзання		kc		3
Швидкість продукту у робочій зоні	м/с	v		0,58
Коефіцієнт заповнення робочої зони		kз		2
Об'ємна маса продукту	кг/м ³	γ		0,5
Коеф запасу проп.здатності живильника		kp		720
Частота обертання електродвигуна	об/хв	n		1,5
Діаметр шків на валу електродвигуна	м	d1		980
Діаметр вед.шків на валу барабана	м	d2		0,1
Коефіцієнт тертя		f		0,1
Висота деки	м	H		0,4
Діаметр валика живлення	м	Dв		0,38
Коефіцієнт ковзання ременя		ξ		0,1
Πи		π		0,024
				3,141592

Розрахунок				
Об'єм зернівки	м ³	Vз	$3\pi lbc/16$	1,767E-08
Діаметр еквівалентної кулі	м	d	$(6*Vз/\pi)^{0,33}$	0,0034
Довжина робочої зони	м	lp	$ko*\pi*(l+b+c)/kc$	0,16
Розмір робочого зазору	м	δ		0,003
Робоча ширина щілини живильника	м	δш	5d	0,017
Кут втягування зерна у робочу зону	град	β	ATAN(f/2)	11,31
Кут обхвату барабана декою	град	α	ACOS(δ/l)	53,13
Діаметр барабана	м	Dp	$360*lp/\pi ACOS(\delta/l)$	0,35
Уточнений діаметр барабана	м	D		0,4
Розрахункова висота деки	м	Hp	$(D+2*\delta)*TAN(\alpha/2)$	0,30
Уточнена висота деки	м	Hд		0,2
Уточнена висота деки		кд	Hp/Hд	1,01
Уточнена кількість дек		кд		1
Довжина барабана	м	Lp	$Q/(\delta*v*\gamma*kз)$	0,32
Уточнена довжина барабана	м	L		0,2
Попередня сер. швидкість продукту у щілині	м/с	vp	$Q/(\gamma*\delta ш*L)$	0,09
Розрахункова ширина щілини живильника	м	δп	$kn*Q/(\gamma*vp*L)$	0,03
Частота обертання барабана	об/хв	nб	$120*v/(\pi*D*kс)$	219,52
Частота обертання валика живлення	об/хв	nв	$120*vp/(\pi*Dв)$	36,17
Висота падіння продукту	м	Bв	$((v^2)-12*vp^2)/19,62$	0,20
Дальність польоту продукту	м	Bг	$2*vp*(2*Ba/9,81)^{0,5}$	0,04
Пер.віднош між вал.електр.і вал.барабана		i	n/nб	4,46
Діаметр відом.шківа на валу барабана	м	Dб	$d1*(1-\xi)$	0,44
Уточнений діаметр відом.ш. на валу барабана	м	Dб		0,44
Ут.пер.відношення між вал.ел.і вал.барабана		i	$Dб/(d1*(1-\xi))$	4,51
Кутова швидкість обертання барабана	рад/с	ωб	$\pi*n/(30*i)$	22,76
Частота обертання барабана	об/хв	nб	$30*\omegaб/\pi$	217,38
Окружна швидкість обертання барабана	м/с	vб	$\omegaб*Dб/2$	5,01
Пер.відн між вал.барабана і жив валиком		ip	nб/nв	6,01
Діаметр ведом.шківа на живильному валику	м	Dп	$d2*ip*(1-\xi)$	0,59
Уточн діаметр ведом.шківа на жив валику	м	Dп		0,59
Пер.відн між вал.барабаном і жив валиком		ip	$Dп/(d2*(1-\xi))$	6,05
Кутова швидкість обертання валика живлення	рад/с	ωв	$\omegaб/ip$	3,77
Частота обертання валика живлення	об/хв	nв	$30*\omegaв/\pi$	35,96
Окружна швидкість обертання жив.валика	м/с	vв	$Dв*\omegaв/2$	0,19
Розр швидкість продукту в щілині жив-ка	м/с	vp	$vв/2$	0,09
Розр швидкість продукту у робочій зоні	м/с	vпр	$vб/2$	2,50
Уточнена продуктивність	кг/с	Qp	$L*\gamma*\delta*vпр*kз$	1,62
Уточнена продуктивність	тон/годину	Q	$3,6*Qp$	5,84