

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра ПО та ЕМ



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему
**Розробка енергоефективної установки для сушіння та пакування
фруктів**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Козаченко М. О.

(прізвище, ініціали)

курс _____ групи

Керівник доц. Безбах І. В.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: _____

_____ (посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2023 р., протокол № _____.

Завідувач кафедри ПО та ЕМ _____
(назва кафедри) (підпис)

Олег БУРДО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

| | |
|----------------------|---|
| Факультет | <u>низькотемпературної техніки та інженерної механіки</u> |
| Кафедра | <u>ПО та ЕМ</u> |
| Ступінь вищої освіти | <u>магістр</u> |
| Спеціальність | <u>131 «Прикладна механіка»</u> |
| Освітня програма | <u>«Машини і технології пакування»</u> |

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ПО та ЕМ

Олег БУРДО

«___» _____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Козаченко Микола Олександрович

1. Тема роботи Розробка енергоефективної установки для сушіння та пакування фруктів
Затверджена наказом академії від 25.10.2022 р наказ № 749-03
2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи _____
3. Вихідні дані роботи: масова продуктивність сушарки за вологою сировиною $G_n=50$ кг/год; вид матеріалу, що висушується - яблука; початкова і кінцева вологість висушеного матеріалу $\omega_n=85\%$, $\omega_k=14\%$; початкова температура матеріалу $t_{31}=15\text{ }^\circ\text{C}$; температура повітря на вході в сушарку $t_1=20\text{ }^\circ\text{C}$.
4. Перелік питань, які потрібно розробити: технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ; критичний огляд існуючого технологічного обладнання; обґрунтування розробки обраної конструкції; технічний проект; енергетичний аналіз лінії сушіння яблук; техніка безпеки і правила експлуатації машини
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Установка для сушіння та пакування фруктів (Лист 1), Установка для сушіння та пакування фруктів (Лист 2), Паковальна машина (Лист 3), Барабан (Лист 4), Повітропровід (Лист 4), Деталювання (Лист 5), Енергетичний аналіз технологічної лінії (Лист 6)

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

| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
|---|-------------|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Техніка безпеки і правила експлуатації машини | | | |

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Безбах І. В.
Завдання прийняв до виконання _____ Козаченко М. О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|----|---|--------------------------------|----------|
| 1. | технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ | | |
| 2. | критичний огляд існуючого технологічного обладнання | | |
| 3. | обґрунтування розробки обраної конструкції | | |
| 4. | технічний проект | | |
| 5. | енергетичний аналіз лінії сушіння | | |
| 6. | техніка безпеки і правила експлуатації машини | | |

Здобувач – дипломник _____ Микола КОЗАЧЕНКО

Керівник роботи _____ Ігор БЕЗБАХ

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 Козаченко Микола _____
підпис

Зміст

| | |
|--|----|
| Реферат | 5 |
| Вступ..... | 6 |
| 1. Технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ | 7 |
| 2. Критичний огляд існуючого технологічного обладнання | 11 |
| 3. Обґрунтування розробки обраної конструкції..... | 30 |
| 4. Технічне завдання на проектування..... | 31 |
| 5. Технічний проект | 36 |
| 5.1. Опис запропонованої машини, принцип дії, устрій | 36 |
| 5.2 Технологічний розрахунок..... | 46 |
| 5.3 Силовий розрахунок, вибір електродвигуна приводу стрічки | 47 |
| 5.4 Кінематичний розрахунок приводу барабана | 47 |
| 6. Енергетичний аналіз лінії сушіння яблук..... | 50 |
| 7. Техніка безпеки і правила експлуатації машини | 57 |
| Використані літературні джерела..... | 60 |
| Специфікації | 61 |

| | | | | | | | | |
|------------------|------------|------------------------|---------------|-------------|--|-------------|------------|----------------|
| | | | | | КРМ.ПОтаЕМ.1. 749-03.1.1 | | | |
| <i>Змін</i> | <i>Ар-</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб</i> | | <i>Козаченко М. О.</i> | | | Розробка енергоефективної установки для сушіння та пакування фруктів | <i>Літ.</i> | <i>Арк</i> | <i>Аркушіє</i> |
| <i>Перевірів</i> | | <i>Безбах І. В.</i> | | | | | 4 | 60 |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ОНТУ | | |
| <i>Затв.</i> | | <i>Бурдо О. Г.</i> | | | | | | |

Реферат

У даній дипломній роботі наведено критичний огляд існуючого обладнання. Розроблено технічне завдання. Виконані необхідні розрахунки підтверджують працездатність машини.

Розрахунково-пояснювальна записка включає 60 стор.

Графічна частина включає - 6 листів А1

Вступ

Вже більше 50 років технологія НВЧ - нагрівання застосовується в промисловості. Для того щоб уявити переваги цієї техніки, слід наочно звернутися до теорії НВЧ – нагріву.

На даний момент існують НВЧ - нагрівачі різних моделей. Поряд з класичними камерними системами, як наприклад, НВЧ - піччю, НВЧ - нагрівання застосовується також в промислових, працюючих безперервно сушильних і нагрівальних установках. Багаторічний досвід в області НВЧ - нагрівання і інноваційних ідей є базисом НВЧ - установок від фірми Linn High Therm (LHT) [1].

Процеси, проведені в цих установках, а саме процеси сушіння і нагріву, настільки різноманітні, також як і в традиційних термічних процесах. НВЧ - нагрівання може значно прискорити процес сушіння і нагріву і, в такому випадку, заощадити енергію і гроші.

Обробка матеріалів з допомогою НВЧ демонструє велике кількість перспективних переваг по порівнянні з традиційними технологіями нагріву, наприклад покращує якість виробів, скорочення інтервалу управління процесом, економію енергії і витрат на енергію завдяки більше високому ККД, зниження рівня забруднення навколишнього середовища, зниження собівартості обладнання і більш високу гнучкість установки [2,3].

1. Технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ

Розроблену установку планується застосовувати для сушіння яблук.

Зазвичай сушать найрізноманітніші сорти яблук, проте для масової переробки необхідно вибирати ті сорти, які мають високий вміст цукрів та кислот, ароматну білу або світло-жовту м'якоть.

Залежно від якості одержуваної продукції підготовку яблук до сушіння виробляють кількома способами, що обумовлює кілька видів сушіння:

звичайне сушіння - плоди не очищаються від шкірки та насінневого гнізда;

покращена сушіння - плоди не очищаються від шкірки, не видаляється насінневе гніздо.

Збір.

Сушать лише зрілі яблука. Однак збір виробляють у технічній стадії зрілості, тобто коли в плодах закінчилося накопичення вуглеводів і кислот і вони набули властиві помологічного сорту розміри, форму, аромат і плодоніжка у них легко відокремлюється від плодушки. У такій стадії знімання виробляють, щоб уникнути збільшення падалиці.

Знімати плоди потрібно акуратно, струшувати з дерева категорично забороняється.

Доставка.

На пункт переробки яблука доставляються в ящиках ємністю 10-12 кг на автомашинах або ресорних візках. Переповнювати ящики плодами не слід, тому що при встановленні їх один на одного верхні плоди будуть пом'яті, розчавлені, що прискорює їх загнивання.

Зберігання.

Плоди зберігають у тих же ящиках, в яких вони надійшли або їх викладають на стелажі в приміщенні. У процесі зберігання яблука дозрівають та

стають придатними для сушіння. Термін зберігання, отже, і дозрівання яблук різний: для ранніх сортів – 4 - 6, для пізніх – 8 - 12 днів. Яблука надходять на переробку в міру дозрівання.

Сортування (калібрування)

Має важливе значення при наступних підготовчих операціях: різанні, обкурюванні, сушінні. Так, наприклад, в яблукорізці ножі встановлюють на певний розмір плодів, при обкурюванні різні за величиною часточки або кухлі яблук насичуються SO₂ не однаково.

Калібрування проводять на калібрувальних машинах різних типів барабанних, тросових, шнекових та ін. Сортують яблука на 3-4 розміри.

Сортування за якістю провадиться на інспекційних стрічкових або роликкових транспортерах. Відбраковуються запліснявілі, биті, перезрілі та недозрілі, а також плоди з червоточинами, у яких видаляються зіпсовані місця та сушать їх окремо.

За відсутності обладнання сортують на столах одночасно за розмірами та якістю.

Мийка.

Відсортовані яблука мийуть у мийних машинах або у ваннах з проточною водою з метою видалення з плодів мікроорганізмів, прилипшого бруду, пилу.

Різання.

Ріжуть яблука на часточки або кружки завтовшки 0,7-1,0 см. Сушена продукція з плодів, порізаних на кружечки, має більш привабливий вигляд. Для видалення шкірки, насінневого гнізда та розрізання плодів на часточки або кухлі застосовують спеціальні машини - яблукорізки. Ці операції, зроблені вручну, призводять до низької продуктивності та великих відходів.

Очищені від шкірки плоди відразу після різання поміщають у розчин 2-3%-ної концентрації кухонної солі, що сприяє збереженню натурального ко-

льору. Після цього їх негайно розкладають на чисті дерев'яні таці та обкурюють сірчистим газом, або обробляють розчином сірчистого ангідриду.

Обкурювання.

Техніка обкурювання така сама, як і при виготовленні сушеного персика. Доза-1,5-2,0 г сірки на 1 кг плодів, тривалість обкурювання -30-35 хв.

Таці з обкуреними плодами виставляють на стелажі сушильної площадки під безпосередній вплив променів сонця. Через 24-30 годин кружечки перевертають, а ще приблизно через такий же час підноси складають у штабелі і досушують у тіні. Тривалість сушіння, залежно від погодних умов, становить 3-6 днів. Вихід сухих яблук - 10-13% •

Сушіння.

Вирівнювання вологи. Коли в часточках або кружечках залишиться не більше 20% вологи, сушіння вважається закінченим. За такої вологості вони еластичні, при згинанні не ламаються, у них не відчувається сиріої м'якоті. Однак такий вміст вологи одночасно у всіх часточок або кружечків досягається лише після 12-15-денного вмісту продукції в дерев'яних ящиках.

Технологічний процес приготування сушених яблук покращеною сушкою такий самий, як і вищеописаний, тільки в останнього плоди не очищаються від шкірки. За рахунок шкірки коричневого або світло-бурого кольору на часточках або кружечках якість продукції оцінюється нижче, ніж продукції, висушеної способом французького сушіння.

Тривалість сушіння за цим способом збільшується на 50-70 %. При звичайній сушці дотримуються ті ж технологічні процеси, що і при поліпшеній сушці, по плодів не вирізається насінневе гніздо. Тривалість сушіння-8-12 днів. Вихід -14-20%.

Сушені яблука після вирівнювання вологи сортують за якістю, що відповідає вимогам ДСТУ, і упаковують у дерев'яні ящики ємністю 25 кг, картонні коробки — 12,5 кг, крафт-мішки чотиришарові непросочені місткістю

до 20 кг, а також джгутові мішки призначені для заводської обробки) ємністю 40-50 кг.

Крім вищевказаних способів яблука ще сушать без видалення шкірки, серцевини та неокуреними.

Продукція при цьому виходить темного кольору та поганої якості.

Сушені яблука повинні зберігатися в чистих, дезінфікованих складах при відносній вологості повітря 60-65%.

2. Критичний огляд існуючого технологічного обладнання

Під НВЧ - нагріванням розуміють процес, в якому енергія з частотою від МГц до 300 ГГц проникає в нагрівається матеріал в якості електромагнітної хвилі з довжиною хвилі в діапазоні від 1 м до 1 мм, а потім перетворюється в тепло (див. рис. 1).

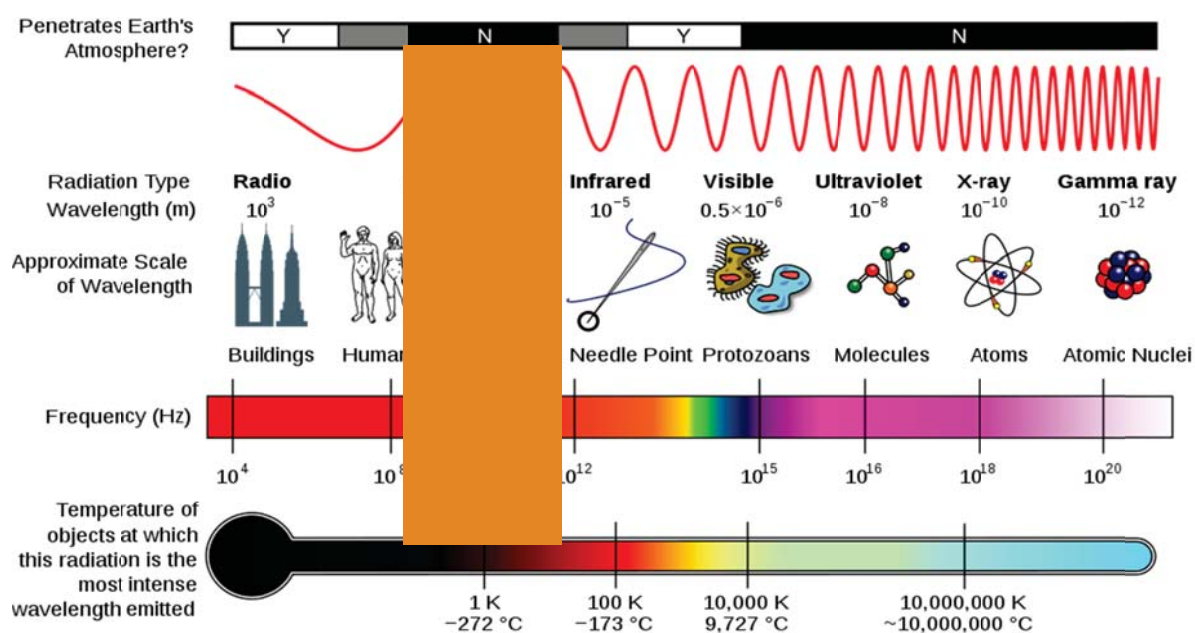


Рис. 1 Спектр електромагнітного випромінювання

У розпорядженні НВЧ - техніки знаходяться, переважно, 4 частоти індуктивних статичних вимірювальних установок (частота для промислового застосування, науково - дослідного і медичного радіобладнання), які можуть відрізнятися друг від друга в залежності від правил конкретної держави. Найвищий показник частоти складає 28000 або 30000 МГц, однак, промислове і економічне застосування такої частоти в великих масштабах ще не потрапило в поле зору. Низька частота в розмірі 915 МГц має певне застосування, яке лише в певних випадках виправдовує своє застосування. Побутові НВЧ - печі, використовувані в усьому світі, мають частоту розміром 2450 ± 50 МГц.

Джерелами нагріву служать, наприклад, нагрівальні елементи опору і інфрачервоні промені, хоча ці елементи знаходяться в середовищі матеріалу, що нагрівається. Завдяки температурному випромінюванню і конвективному теплообміну їх енергія передається на поверхню матеріалу і звідти переміщається до внутрішньої частини, для того щоб забезпечити наскрізний прогрів матеріалу. Теплопровідність, адсорбція і питома теплоємність матеріалу визначають при цьому, головним чином, процес нагріву.

Чутливі матеріали при певних обставинах не допускають високу температуру, і якщо матеріал має погану теплопровідність, то в цьому випадку неминучий тривалий процес, тому при виробництві певних виробів з застосуванням традиційних технологій нагріву встановлюють межі. Для того, щоб обійти ці межі, необхідно приділити більше уваги високочастотній техніці.

НВЧ - нагрівання відрізняється від традиційних систем нагріву за рахунок того, що тепло не повинно надходити в обхід нагрівання навколишнього газу і теплоізоляції в матеріалі, що нагрівається, а може безпосередньо підводитись в об'єм матеріалу. Він зберігає в собі потенціал енергоефективного методу нагріву.

Перетворення електромагнітної енергії в теплову енергію здійснюється завдяки електромагнітним властивостям матеріалу, і в принципі залежить від матеріалу, температури і частоти. Так як в процесі нагріву, в більшості випадків, використовують лише одну частоту, а температурна залежність електродинамічних властивостей не відома, аналіз здійснюється тільки в залежності від самого матеріалу.

Для того щоб описати будь-який матеріал необхідні три параметра, а саме: електрична провідність, магнітна проникність і абсолютна діелектрична проникність. Для абсолютної діелектричної проникності часто використовують застаріле назва діелектрична константа або діелектрична проникність або коефіцієнт втрат.

Так як тіло нагрівається одночасно по всьому об'ємі, в внутрішній частині утворюється висока температура, поверхня стикається з "холодним зовнішнім середовищем" і, тим самим, охолоджується. Внутрішня середовище надає теплоізолюючу дію, так як сусідні молекули мають таку ж температуру. Розподіл температури, тим самим, є протилежним по відношенню до традиційного нагрівання. У багатьох випадках, цей ефект є бажаним, так як поверхня зберігає свій стан, а тепло досягає внутрішньої частини може зібратися швидше.

Швидкістю поширення НВЧ є швидкість світла в вакуумі або в повітрі. Якщо НВЧ - джерело увімкнено, то він безпосередньо присутній в нагрівається тілі і відразу ж починає перетворення енергії. При швидкому відключенні процес нагріву відразу припиняється. Не існує тривалих процесів нагріву і охолодження печі.

Неполярні матеріали (наприклад, повітря, тефлон, кварцове скло не можуть перетворювати енергію і, тим самим, їх не нагрівають. НВЧ проникають через ці матеріали, але не слабшають при цьому. Загалом нагрівається матеріал, який в стані провести перетворення енергії, розглядають в якості «нагрівачів», так як матеріал сам по собі представляє джерело нагріву. Металевий корпус печі (НВЧ - камера) служить для того щоб спрямовувати НВЧ назад на матеріал, так що не буде втрачена НВЧ - енергія і обслуговуючий персонал не буде піддаватися НВЧ - випромінюванню.

Сушіння, що є прикладом промислового застосування низькою температури, має особливе місце в виробничому процесі і, в деяких випадках, визначає навіть виробничу швидкість або тривалість виробничого циклу. Тим самим, під час оптимізації всього процесу, процес сушіння вивчається ретельно. У керамічною промисловості час сушіння складає від 10 до 14 днів, а сушіння великих деталей іноді триває навіть кілька місяців, і це не рідкість. Так як існує прагнення досягти більш короткого терміну постачання і незначну складську потужність, то НВЧ - сушіння буде займати більше значиму

роль. Чому це так, залежить від фізики НВЧ - техніки або розширення і властивостей електромагнітних хвиль. У спеціальних випадках з допомогою НВЧ - обробки може бути навіть досягнуто покращення матеріалу.

Перевагою НВЧ - сушіння є протилежний температурний градієнт, так як у внутрішньої частини матеріалу утворюється більше висока тиск пара і сушіння здійснюється зсередини назовні. У холодних зовнішніх шарах конденсується частина пара і залишає поверхня вологою і прозорою до тих пір. Бувай зсередини більше не додатись пар, а поверхня потім почне сохнути. Так як вода з огляду високого фактор А втрат, як правило, перетворює найбільше кількість енергії, то в залежності від сухий маси і від ступеня сушіння у внутрішньої частини відбувається лише незначне перетворення енергії (НВЧ пересуваються посилено далі), хоча цю енергію , можливо використовувати в другому місці. У результаті цього можлива ефективна сушіння з видаленням всіх «водяних гнізд». У результаті різного споживання енергії висушеного матеріалу, в принцип, можливі різні виробничі процеси, хоча якщо рівень вологості складає близько 15 %, то це не має суттєвого відмінності. Тут вода визначає хід процесу. У діапазоні від 5 % до 15 % суха маса може сама грати важливу роль. Якщо матеріал сам може перетворити НВЧ - енергію, то температура матеріалу може підвищитися, хоча температурна залежність діелектричної константи визначає процес. У результаті цього в певних хімікатах може розщеплюватися зв'язана вода. При низькій вологості, а саме нижче 5 %, НВЧ - сушіння може стати неефективним. Однак, бажано перед цим провести випробування матеріалу, щоб переконатися в тому, що може бути досягнуто необхідна температура.

1. Конвеєрні НВЧ - печі серії MDBT

У початку 90-их років фірма LINN HIGH THERM GmbH разом з фірмою Riedhammer GmbH почали свою роботу в області НВЧ - нагріву. Для того щоб покрити потреби промислових сушарок була розроблена конвеєрна СВЧ піч [патент DE 198 47 299].

На основі простої і гнучкої схеми, як модульна конструкція, вдалося сконструювати конвеєрну сушарку (MDBT), яку застосовувати в різних застосуваннях. Основним застосуванням є сушіння різних виробничих процесів.

Конвеєрна СВЧ піч серії MDBT має наступні переваги по порівнянні з традиційними установками нагріву:

1. Швидке однорідне нагрівання.
2. Миттєва експлуатаційна готовність або управління теплопродуктивністю без затримки.
3. Гарна придатність для автоматизації виробничих процесів.
4. Без втрат акумульованого тепла.
5. Низьке специфічне споживання енергії.
6. Більше короткий період виробничого циклу.
7. Більше швидкий прогрів товстих шарів.

У товстих матеріалах або об'ємній насипній масі проникнення НВЧ в матеріал і миттєве перетворення НВЧ - енергії в теплову енергію сприяє швидкому сушінню, в відмінність від традиційного сушильного обладнання. Якщо тривалість сушіння деяких матеріалів займала раніше кілька годин або навіть днів, то зараз вона значно скоротиться. Додатково з'являється можливість, отримувати вироби покращеної якості. Так як нагрівання матеріалу здійснюється в об'ємі, це дає можливість уникати перегріву. У ізоляційних матеріалах, які мають поганий коефіцієнт теплопровідності, процес сушки триває довше, а саме тепло, отримане традиційним способом не досягає внутрішньої частини, і там почнеться процес сушіння. У НВЧ - сушінні теплопровідність матеріалу грає лише другорядну роль.

Звичайно область застосування конвеєрної печі не обмежується тільки сушінням матеріалу. У харчовий промисловості НВЧ - нагрівання застосовується близько 50 років. У якості прикладу тут згадується виробництво хліба, нарізаного скибками, в то час як, НВЧ - нагрівання використовують для пастеризації [4]. Крім того, випічка хліба без скоринки з допомогою НВЧ показала себе з енергозберігаючою сторони, більше 40 % менше споживання енергії завдяки скорочення процесу випічки по порівнянні з традиційної хлібопекарської піччю, час випічки з НВЧ складає близько 10 хв, а з допомогою традиційної хлібопекарської печі - близько 24 хв. Виробництво рису швидкого приготування з допомогою НВЧ складає до 90 % економії енергії, смакові якості при цьому не змінюються, а його виробництво можливо і без застосування води (рис. 3). Так як наступне сушіння відсутнє, то в цьому випадку , можливо заощадити достатню кількість енергії.



Рис. 2. Установка серії MDBT для виробництва рису швидкого приготування (встановлена НВЧ-потужність 21 кВт, продуктивність 300 кг/год)

Цей принцип нагріву використовують для розморожування, кальцинування, загартування, термічною обробки і для прискорення синтезу.

Більше застарілі конвеєрні НВЧ - печі засновані на принципі використання малої кількості генераторів (магнетронів) з високою потужністю на прямокутних НВЧ - камерах. З цього слід, що в такий установці складно отримати однорідне НВЧ – поле. У місцях подачі електроенергії магнетронів передається висока потужність, однак, яка не може рівномірно розподілитися

в обсязі камери. Додатково завдяки прямокутній формі камери відображення НВЧ енергія транспортується назад в магнетрон. Усе це наводить до щодо нерівномірному розподілу НВЧ – поля.

Конвеєрні НВЧ - печі фірми LNT ґрунтуються на принципі багатьох невеликих магнетронів і циліндричній мікрохвильовій камері. Завдяки розподілу великої кількості магнетронів на стінках камер, виходить рівномірне подання енергії багатьма маленькими НВЧ – потужностями. У результаті цього, одержується однорідний розподіл НВЧ. Цей ефект підтримується за рахунок заокруглення камери, яке рівномірно відображає падаючі НВЧ в камері обсягу.

У якості прикладу для такої установки нового дизайну зображена конвеєрна СВЧ піч серії MDBT 70+24/1040/210/16300, яка служить для нагріву і сушіння бобових. Обладнання має довжину нагріву 16,3 м і ширину стрічки 1 м. (Рис. 4).



Рис. 3. Конвеєрна СВЧ піч серії MDBT 70+24/1040/210/16300 фірми LINN HIGH THERM (встановлена НВЧ- потужність 70 кВт, продуктивність 2000 – 3000 кг/год)

Для цієї печі була обрано модульна конструкція, яка дозволяє пізніше перебудувати без великих витрат. При цьому НВЧ - генератори (магнетрони) розташовані в вигляді спіралі навколо поздовжньої осі камери циліндра, так що буде досягнуто рівномірний розподіл поля. Конвеєрна стрічка проходить через листову обшивку, яка оснащена вторинними щілинними антенами, так що можливий подальший вплив поля. Впускні / випускні отвори облицьовані спеціальною поглинаючою речовиною, для того, щоб не перевищувати встановлені максимальні граничні показники витоку випромінювання. У залеж-

ності від розміру отвори вбудовують додаткові поглинаючі зони, які сприяють відновленню витоку випромінювання. У великих отворах застосовують додатковий процес поглинання. Застосовувані магнетрони охолоджуються повітрям, до чого нагрітий охолодний повітря надходить у піч та може поглинати вологість. Вологе повітря висмоктують потім з печі за допомогою системи відкачування. Ця конвеєрна СВЧ піч може бути оснащена з НВЧ - потужністю до 100 кВт.

Камерна вакуумна НВЧ - сушарка серії МКСТ

Для вакуумного сушіння використовують запатентовану НВЧ - піч серії МКСТ (рис. 5). Це універсальна експериментальна установка підходить для самих різних способів застосування, наприклад, для сушіння дерева, кераміки, хімічних речовин, харчових продуктів, будівельних матеріалів, загартування армованого волокна (склопластик) і багатьох інших .



Рис. 4. Камерна СВЧ-сушарка серії МКСТ-9,6 200/2500

НВЧ - встановлення складається з циліндровий НВЧ - камери з внутрішнім діаметром в розмірі 550 мм і довжиною 3485 мм. НВЧ - установка призначена для роботи з нормальним тиском, низьким вакуумом (10 мбар) і незначним надлишковим тиском інертного газу. У наявність є 12 магнетронів, кожен з яких за 800 Вт /2,45 ГГц (в загальному 9,6 кВт), потужність яких постійно , можливо встановити в діапазоні від 15% до 100%.

НВЧ - сушіння в бочці серії MIDD

Результатом тривалою спільної роботи з німецькою ядерної промисловістю (Nukem) фірма LINN HIGH THERM запатентувала процес, який випарює рідкі відходи з допомогою НВЧ . Вихідний причиною застосування була сушіння / кристалізація легко радіоактивних сольових розчинів, повернення у вихідний стан шламів, охолоджувальної і промивною рідини.

Процес НВЧ - сушіння в бочці - це процес сушіння, регульований за рахунок випаровування (Microwave In Drum Drying - MIDD- процес).

Найкращі важливі властивості і переваги MIDD- процесу, можливо порівняти з системами, що використовують ТЕНи:

- Тепло безпосередньо виробляється в розчині через весь об'єм.
- При цьому утворюються лише мінімальні температурні градієнти і, тим самим, гарантується по можливості однорідна сушіння / кристалізація
- Тривалість процесу суттєво скорочено по порівнянні з системами з ТЕН.

Установка MIDD наводиться в рух напівбезперервно. Для початку закачується певне кількість рідких відходів в контейнер для поховання, в той час як індуктивний нагрівання (під дном бочки) попередньо нагріває його. Потім починається НВЧ - нагрівання, а рідкі відходи безперервно додаються. Контейнер для поховання і НВЧ – аплікатор витримують до абсолютного тиску розміром 900 мбар. Утворений пар відсмоктують з допомогою нагнітача . Краплинний віддільник фільтрує частинки пилу і захоплені краплі води з потоку пара , раніше чим , він конденсується в пластинчастий теплообмінник. Конденсат затримується в окремому контейнері . У кінці процесу припиняється подання рідких відходів і рідина, що залишилась випаровується в контейнері для поховання з адаптованою НВЧ – потужністю. Після охолодження контейнера , його замінюють новим контейнером для поховання і цикл починається знову.

Конденсат , можливо використовувати далі або переробляти , а тверді , сухі відходи , можливо поховати в контейнер. У час процесу зворотний охолоджувач циркуляційної води стежить за тим, щоб охолоджуюча рідина пластинчастого теплообмінника знаходилася нижче певною межі температури для забезпечення повної конденсації.

Установка MIDD наводиться в рух з допомогою програмованого логічного контролера (ПЛК). Поряд зі усіма масовими потоками температура , рівень наповнення , а також диференційне тиск контролюється і вимірюється , для того щоб зробити висновок спільного витрати маси на густина рідкого шару поверх вже висохлого матеріалу. Цей шар має значну роль для автоматизованого режиму роботи установки. Усе виміряні дані візуалізують і документують з допомогою окремого самописця. Процес візуалізують з допомогою сенсорною панелі. Усі повідомлення документуються . Результатом численних тестів і подальших розробок цього процесу фірма LINN HIGH THERM сконструювала готовий для серійного виробництва прототип серії MIDD (Рис. 6) . Нова установка була розроблена і виготовлена для тривалого промислового застосування. Установки , запитувані ядерної промисловістю, відповідають всім умовам технічної безпеки, були розроблені в спільної роботі з партнером німецькою ядерної промисловості.

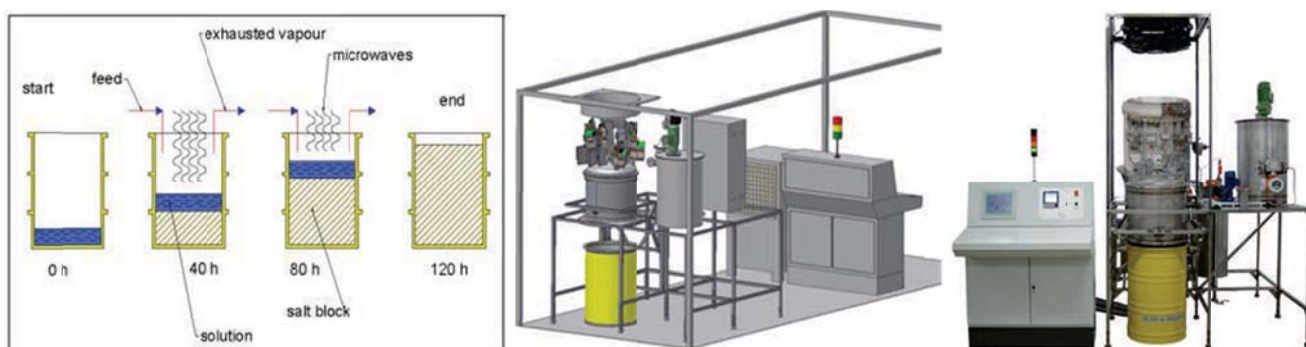


Рис. 5. Схема MIDD-процес (ліворуч) та новий MIDD-прототип (праворуч)

Важливим для процесу є те, щоб по можливості досягти гарного ККД, а також однорідного електромагнітного поля . Це досягається за рахунок дев'яти 900 Вт стандартних магнетронів , які поряд з незначними витратами на технічне обслуговування і ремонт мають дуже тривалий термін служби. Усі компоненти, складаються з нержавіючої сталі, тефлону або силікону. У час розробки було також звернено увагу на те , щоб усі компоненти легко піддавалися чистці, технічному обслуговуванню і заміні.

Камерна НВЧ - сушарка серії МКТ

При НВЧ - сушінні, можливо для визначення необхідною НВЧ - потужності використовувати основне правило , яке говорить , що для випаровування 1 кг . води в година необхідно 1 кВт НВЧ - потужності . Це правило діє до тих пір, поки є достатня кількість початковий вологості.

Багатомодовий періодичний режим роботи складається з НВЧ - камери, яка закривається двері. НВЧ - потужність частіше всього знаходиться на бічних сторонах та / або на склепіння або на задньої стіні . Установки можуть бути оснащені, як це представлено на малюнку, роликовою транспортною системою. У цих установках використовуваний матеріал , частіше всього, нерухомий, тому необхідно дуже однорідне НВЧ - розподіл в камері, для того щоб уникнути нерівномірного нагріву. Такі установки частіше в його використовують для сушіння або нагріву виробу, занадто великого розміру, занадто важкого або занадто чутливого, щоб транспортувати їх в безперервную встановлення. Використання установок періодичного режиму роботи часто є перевагою для тривалого часу сушіння.

У якості прикладу для багатомодового періодичного режиму зображена камерна НВЧ-сушіння з НВЧ-потужністю розміром в 30 кВт і обсягом камери 21 м³ (рис.7).

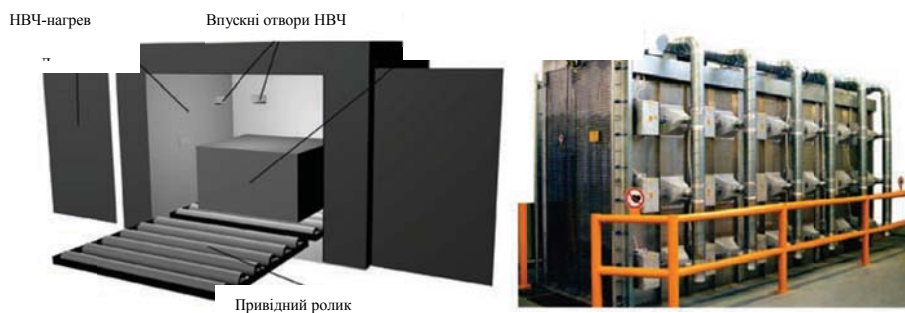


Рис. 6. Принципова схема установки багатомодового періодичного режиму (ліворуч) та камерної НВЧ-сушарки серії МКТ-30 (праворуч)

Камерну НВЧ - сушарку застосовують для сушіння промислової кераміки або шліфувальних кіл, пов'язаних смолою, які можуть заїхати в встановлення на металевих станинах. НВЧ - енергія виробляється 38 магнетронами, які розташовані по обидві сторони камери, щоб гарантувати рівномірний нагрівання. Також по обидві сторони знаходиться система вентиляції, так що гарантується однорідна сушіння всіх частин. Для того щоб гарантувати НВЧ - щільність, жалюзійні ворота в НВЧ - режимі притискаються пневматично [патент DE 101 53 944].

Інший областю застосування є природне і синтетичне нагрівання каучуку. До цих пір для холодного часу року згідно останньому рівнем техніки попередній нагрівання натурального каучуку ґрунтувався на застосуваннях великих камер нагріву, в яких стандартні каучукові пластини попередньо нагрівалися днями або навіть тижнями. Насамперед всього, час попереднього нагріву в зимові місяці займало багато часу, так як піддони частково поставляли при низьких температурах до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ або нижче. Незначна термопровідність каучуку і великий Об'єм піддонів неминуче наводять до тривалому попередньому нагрівання, так як нагрівання здійснюється за рахунок теплого повітря, складника $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

НВЧ - спосіб гарантує попередній нагрівання окремих піддонів по бажанню від 0,5 до 2 годин. Перевагою НВЧ є те, що вони можуть проникати в

матеріал, а також виділяти тепло всередині каучуку. У результаті цього весь піддон, можливо нагріти однорідно і швидко.

Тим самим завдяки застосування двох НВЧ - установок, можливо уникнути застосування тепляків (складові кілька 1000 м^3). Це наводить до значному відновлення потреб табори і капіталовкладення, так як більше не слід зберігати каучук, наприклад, для однієї тижня виробництва в тепляки.

Лабораторні НВЧ - печі серії МКЕ

У результаті різноманіття матеріалів і виробничих процесів необхідно спочатку проконтролювати, в якого ступеня оптимально використовувати НВЧ - процес для тканини. Для таких цілей використовують спеціальні лабораторні НВЧ - печі, з допомогою яких на фірмі Linn High Therm , можливо проводити спеціальні досліді.

Багатомодова установка типу **МКЕ** оснащена двома магнетронами. Ці магнетрони можуть вмикатися як окремо так і разом, і при потужності в 2,45 ГГц кожен з них має по 800 Вт. НВЧ безпосередньо підводяться в циліндричну НВЧ - камера . Управління НВЧ - потужністю здійснюється за рахунок відповідного потенціометра .

Для теплоізоляції використовують квадратовидний короб з ізоляційних волокнистих плит з корисним обсягом в один літр. Вимірювання температури поверхні проби відбувається безконтактно з допомогою пірометра . Запис аналізу цих даних здійснюється за рахунок програмного забезпечення DASYLab. Встановлення розроблено для застосування в лабораторії, раніше всього, в діапазоні низькою температури . Завдяки цій установці можливо отримати перші загальні відомості про поведінку НВЧ різних матеріалів (рис. 8).



Рис. 7. Лабораторна НВЧ-піч серії МКЕ-1,6

НВЧ - печі серії МЕК і МРН

У якості спеціальних установок для нагріву рідких, високов'язких матеріалів використовують проточні НВЧ – установки. Рідина протікає в НВЧ прозорою тефлоновою трубці (труба з РТФТ) через зону нагріву і в результаті цього нагрівається за рахунок НВЧ. При цьому, рідину можливо однорідно нагріти по спільному обсягом без дотику зі стінками нагрівальною НВЧ - камери (рис . 9).



Рис. 8. Проточні НВЧ-установки типу МЕК (зліва або в середині) та МРН (праворуч)

Промисловим застосуванням є попередній нагрівання ливарної смоли. При цьому виробляють пластмасові ізолятори для установок високого напру- ги, в результаті чого смола завантажується в металеву форму. Час загарту- вання смоли в формі, так званий час желатинізації, визначає на скільки ви- сокою є продуктивність установки. Для того щоб скоротити час желатиніза- ції і, тим самим, підвищити продуктивність можливий попередній нагріван-

ня ливарний стали до 50% масової частки мінерального наповнення Al_2O_3 і SiO_2 , раніше чим вона потрапить в форму. У як опцію виявив себе нагрівання до 100 °С, причому вдалося скоротити час желатинізації до 40 %. Для того отримати цей ефект слід рівномірно нагріти литьову смолу до певної температури. Якщо це не так, то смола при скороченому часу желатинізації не зможе повністю затвердіти. З застосуванням традиційних нагрівачів, які нагрівають металевий трубопровід, через який протікає смола, було неможливо досягти рівномірний нагрівання, так як лише ті частини смоли, які вступають в контакт з трубою, нагріваються.

У час НВЧ - нагрівання литьова смола протікає через прозору НВЧ - трубу з PTFE. Тим самим, НВЧ можуть зовні крізь трубу нагріти смолу. Так як НВЧ можуть проникнути в литьову смолу, весь об'єм смоли нагрівають поступово.

Поряд з скороченням часу желатинізації НВЧ - нагрівання приносить ще і інші переваги, в результаті цього вдалося підвищити міцність.

У якості іншої області застосування, можливо згадати загартування прутків склопластиків. Прутки з склопластиків виготовляють в процесі пултрузії і використовують, наприклад, в якості сердечників для оптичного кабелю. Імпрегновані штучною смолою скловолокна повинні затвердіти, для того щоб вони отримали свою граничну густину. При цьому особливо важливо повністю прожарити прутки, щоб отримати оптимальні властивості виробу. З застосуванням традиційних методів це було не завжди гарантовано, так як сердечник прутків через погану теплопровідність місцями не повністю затвердів.

Завдяки НВЧ - нагріванню вдалося усунути цю проблему так як НВЧ розжарює прутки зсередини, так що було гарантовано їх затремлення повністю. Застосовувані для цього НВЧ - установки дуже компактні і досягають необхідний нагрівання в протоці довжини нагріву 30 см. При виробництві

кронштейна для кабелів бортового дротяного кільця з скловолокна були, наприклад, замінені шестиметрові трубчасті печі традиційної конструкції .

Обертова трубчаста НВЧ - сушарка серії MDRT

У якості спеціальною установки для порошку і гранулята використовують трубчасту НВЧ- піч, що обертається типу MDRT. Матеріал подається в трубу, що обертається з PTFE і кварцового скла і при цьому нагрівається за рахунок НВЧ. Установка може працювати як в вакуумному середовищі так і в середовищі захисного газу. обертається трубчасту НВЧ - установку можливо використовувати для термообробки і наплення гранулятів, порошку і волокон. У цією установці матеріал також не вступає в контакт з зоною нагріву (Мал. 10).



Рис. 10 Обертова трубчаста НВЧ-сушарка типу MDRT (НВЧ-потужність 2,7 кВт або 5,4 кВт)

Гібридні НВЧ - печі серії МНТ

У цієї установці мова йде про гібридні НВЧ-печі, які розраховані на застосування високих температур. Нагрів може проводитися ТЕН або НВЧ, або в комбінації. НВЧ - камера сконструйована в прямокутній формі і складається з нержавіючої сталі. Термоізоляція складається з 3 або 4 шарів пластин керамічної вати і розміщена всередині стінок НВЧ – камери. Ізоляція гібридної НВЧ - печі розрахована на 1800 °С. Вона оснащена 8 магнетронами, які мають частоту 2,45 ГГц по 900 Вт потужністю нагріву і можуть бути підключені окремо. Загальна наявна в наявність НВЧ - потужність складає тим самим 7,2 кВт.

Магнетрони закріплені безпосередньо на НВЧ - камері, так що здійснюється пряме випромінювання НВЧ в камері. За два магнетрони знаходяться на зворотній стороні, по обидві сторони бічних сторін і на поду НВЧ - камери. Впуск НВЧ розташований змщено, для того щоб покращити рівномірність НВЧ – поля. Можливі варіанти з температурою застосування до 1400 °С, 1600 °С і 1800 °С. Управління загальної НВЧ - потужністю може вибірково здійснюватися з допомогою потенціометра або програмного регулятора. Для традиційного нагріву використовують 6 нагрівальних елементів опору, наприклад, з силіциду молібдену з загальної потужністю в 9 кВт (рис. 11).



Рис. 11. Розташування магнетронів у НВЧ-камері (ліворуч) та гібридної НВЧ-печі типу МНТ-1600 (праворуч)

Гібридне НВЧ - нагрівання комбінують з традиційними способами нагріву. Загальноприйнятими видами нагріву є нагрівання гарячим повітрям і нагріванням ТЕН, але також можливі і інші види, як наприклад, газова топка або інфрачервоне нагрівання.

Гібридне НВЧ - нагрівання з додатковим нагріванням гарячого повітря досягає високу загальноприйнятну температурну однорідність завдяки рециркуляції повітря в камери. Необхідна ізоляція щоб захистити металеву НВЧ - камеру і скоротити втрати тепла . Гаряче повітря, частіше всього, використовують при середніх температурах, також як він, наприклад, необхідний при видалення органічного в'язучого в керамічних деталі.



Рис. 12. Вторинне використання вуглецевих волокон (зліва і справа) та гібридних конвеєрних НВЧ-печей (середина)

При гібридному НВЧ - нагріві з додатковим нагріванням опору використовують елементи нагріву , щоб досягти високу попередню температуру нагріву, наприклад , для спікання. І тут також необхідна ізоляція камери . З додатковим нагріванням опору можна, можливо попередньо нагріти матеріали, які лише при високих температурах поглинають НВЧ – енергію. Тому в діапазоні низькою температури відбувається майже традиційний нагрівання з нагріванням гарячого повітря і нагріванням опору, а НВЧ вносить свій внесок лише при більше високих температурах. Додаткове проникнення гарячого повітря може також мати перевага і в процесах з застосуванням низькою

температури, наприклад, під час сушіння, щоб прискорити відведення вологості .

Областями застосування обох гібридних нагрівів є в здебільшого видалення органічного в'язучого і спікання кераміки порошкового металу.

Для області застосування високих температур фірма LINN HIGH THERM GmbH виробляє спеціальні конвеєрні гібридні НВЧ - печі для вторинного використання вуглецевого волокна , відходів виробництва і деталей, знятих з виробництва (рис. 12).

3. Обґрунтування розробки обраної конструкції

Внаслідок зростання населення, світовий попит на енергію та якісну їжу продовжує зростати. Енергоспоживання та якість у процесах виробництва харчових продуктів є важливими параметрами, які необхідно ретельно вивчити та проаналізувати.

Сушіння складає до 25 % промислового споживання енергії у розвинутих країнах [3]. Свіжозбирані продукти зазвичай мають високу вологість, що унеможливорює негайне зберігання.

Найбільш популярними сушарками є конвективні сушарки зі змішаним потоком. Конвективні сушарки зазвичай асоціюються з низьким тепловим ККД. У конвективних шахтних найчастіше використовують гази згоряння палива та безпосередньо направляють їх у продукт. Існує ризик потрапляння канцерогенів у продукт.

Дослідження, присвячені питанням сушіння, є актуальними. Щоб звести до мінімуму втрати продукту, отримати якісні продукти, знизити навантаження на навколишнє середовище, необхідні нові конструкції ефективних сушарок.

4. Технічне завдання на проектування

1. Найменування і область застосування:

- 1) Машина призначена для сушіння фруктів та овочів;
- 2) Область застосування в лініях сушіння фруктів та овочів;
- 3) Поставка машини на експорт не передбачена.

2. Підстава для розробки:

1) Підставою для розробки є завдання на дипломний проект по кафедрі ПО та ЕМ ОНТУ.

3. Мета і призначення розробки:

1) розробка проводиться з метою:

- створення енергоефективної машини для сушіння фруктів та овочів;

4. Джерела розробки.

1) При розробці машини повинні бути використані наступні джерела:

- патенти, каталоги, науково-технічна література;

- авторські свідоцтва.

5. Технічні вимоги:

1) Машина складається з наступних основних складальних одиниць:

транспортер для завантаження продукту 1, регулятор товщини шару 2, вентилятор для відведення вологого повітря 3, рама 4, натяжний пристрій барабану 5, 6, 7, привід барабану 8,9,10, магнетрони 11, ворошители 12, опорні ролики 13, радіопрозора стрічка 14, перфорована стрічка 15, камера сушіння 16, дверцята 17.

2) Габаритні розміри, не більше:

- довжина - 8100 мм;

- ширина - 3400 мм;

- висота - 3300 мм.

3) Маса – 2000 кг

4) Машина повинна встановлюватися в лініях переробки фруктів та овочів;

5) Вимоги до засобів захисту і стійкості до миючих засобів:

- все зовнішні металеві поверхні машини повинні бути пофарбовані світло-коричневої емаллю ПФ-115 по ГОСТ 6465-63, 5-го класу до впливу спеціальних засобів - 4/1 по ГОСТ 9.032-7;

7) Вимоги до мийних засобів, мастил:

- машина повинна митися засобами, що застосовуються в консервній промисловості для миття технологічного обладнання без пошкоджень і псування;

8) Запасні частини повинні забезпечувати роботу машини до першого капітального ремонту.

6. Показники призначення:

1) Продуктивність – 50 кг / год;

2) Встановлена потужність приводу, кВт - до 5.

7. Вимоги до надійності:

1) Гарантійний термін, міс - 12;

2) Коефіцієнт готовності - 0,95;

3) Коефіцієнт технічного використання - 0,9;

4) Напрацювання на відмову, годину не менше - 100;

5) Вимоги до машини в плані стійкості від зовнішніх впливів вібрації та електричних магнітних полів не пред'являються.

8. Вимоги до технологічності:

1) Спеціальні вимоги до технологічності не пред'являються.

9. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації:

1) коефіцієнт застосовності, % не менше - 35;

2) коефіцієнт повторюваності, не менше - 2,5.

10. Вимоги до безпеки:

1) При розробці машина забезпечує виконання вимог до безпеки обслуговуючого персоналу згідно:

- ОСТ 27-00-216-75 «Система стандартів безпеки праці, машини і обладнання продовольчі. Загальні вимоги безпеки »;

- «Інструкція з техніки безпеки до виробничої санітарії для консервної, харчоконцентратної і овочесушильної промисловості»;

2) Звукова потужність, яку випромінює машина в режимі номінальної продуктивності в виробничому приміщенні не повинна створювати на робочому місці рівня звуку і рівня звукового тиску в октавних смугах частот спектра перевищують допустимі Гігієнічних норм звукового тиску і рівня на робочих місцях № 1004-73.

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ГОСТ 8.055-73;

3) Рівні віброшвидкості в октавних смугах частот на робочому місці у жорстко закріпленої машини, що працює в режимі номінальної продуктивності, не повинні перевищувати допустимих «Санітарними нормами СН-245-71».

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ГОСТ 13731-68.

11. Естетичні і ергономічні вимоги.

1) Вимоги технічної естетики:

- композиційної рішення машини повинні відповідати функціональному призначенню і бути технічно і економічно обґрунтованим;

- забезпечити єдність стильового рішення елементів форми машини;

- форма машини в композиційному відношенні повинна відповідати умовам експлуатації;

- для обробки поверхні застосувати лакофарбовий матеріал з гладкою напівматовою структурою;

- кількість кольорів для забарвлення машини не більше 3;

2) Ергономічні вимоги:

- допустимі зусилля, прикладені до робочих органів машини, а також допускається вага об'ємних елементів машини по ГОСТ 27-00-216-75;

- конструкція форми машини повинна забезпечити обслуговуючому персоналу легкість доступу до функціональних зон і безпеку роботи з її обслуговування;

- передбачити надійний захист обертових частин машини.

При розробці забезпечити патентну чистоту по Україні та іншим країнам, так як виробництво машини для поставки на експорт не намічається, згідно ЗП-1-70.

13. Вимоги до складових частин продукції:

3) Основним матеріалом для виготовлення машини є вуглецева сталь звичайної якості ГОСТ 380-74 і нержавіюча сталь ГОСТ5632-72;

4) Застосовувані в машині матеріали і комплектуючі вироби повинні відповідати вимогам державних і галузевих стандартів, технічних умов.

12. Умови експлуатації:

1) Сировина, що підлягає переробці, має відповідати вимогам ГОСТів і технічних умов;

2) Машина повинна надійно працювати на режимах при температурах навколишнього середовища від +10 °С до +45 °С;

3) Режим роботи - дві зміни на добу протягом сезону переробки;

4) Обслуговування машини періодичне;

5) Обслуговуючий персонал - три робочих 2-го розряду;

6) Після транспортування і зберігання машина підлягає монтажу.

13. Вимоги до маркування та упаковки:

1) Маркування та упаковка машини повинні відповідати вимогам ОСТ 27-00-37-71 «Машини та обладнання продовольчі. Загальні технічні умови »;

2) Консервація машини повинна проводитися відповідно до вимог ГОСТ 13168-69;

3) Машина призначена для встановлення на бетонну підлогу.

14. Вимоги до транспортування, зберігання:

1) Транспортування машини може здійснюватися будь-яким видом транспорту у відповідності з їх правилами перевезень;

2) Спеціальні правила захисту від ударів при навантаженні і розвантаженні не передбачаються;

3) Упаковка і консервація повинні забезпечувати збереження машини протягом 24 місяців з дня її відвантаження споживачеві.

15. Стадії та етапи розробки (відповідно до ГОСТ 2.103-68):

1) Розробка технічного завдання, його погодження та затвердження;

2) Розробка документації на дослідний зразок:

- розробка конструкторських документів, призначених для виготовлення та випробування дослідного зразка;

- виготовлення і заводські випробування дослідного зразка;

- коригування конструкторських документів за результатами виготовлення і випробувань дослідного зразка;

- міжвідомчі випробування дослідного зразка;

- перший етап заводських випробувань проводиться на підприємстві-виробнику, другий - на підприємстві-споживачі.

16. Порядок контролю і приймання:

1) Розробка проекту ведеться одностадійно;

2) Конструкторська документація підлягає узгодженню і затвердженню відповідно до ОСТ 27.00-5-74 і ОСТ 27-00-4-75.

5. Технічний проект

5.1. Опис запропонованої машини, принцип дії, устрій

Конструкції сушарок досить різноманітні і відрізняються за низкою ознак: способу підведення тепла - конвективні контактні сушарки; теплоносії, що використовується - повітря, димові гази, пара, електронагрів;

способу організації процесу - сушарки періодичної, безперервної дії; взаємному напрямку руху матеріалу та сушильного агента - прямоточні та протиточні сушарки;

станом висушуваного матеріалу - нерухомий шар, безперервно пересипається матеріал та ін.

Стрічкові багатоярусні сушарки (рис. 13) складаються з корпусу 1, всередині якого розташований ряд транспортерних стрічок 5 з прогумованої тканини або металевої сітки.

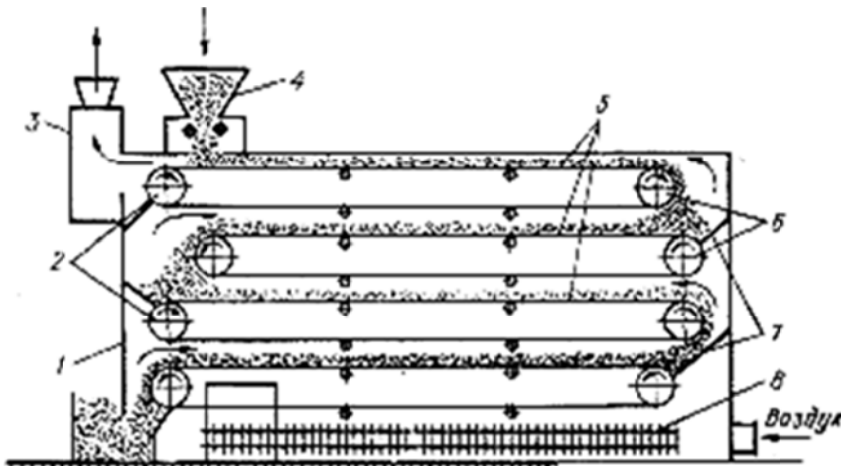


Рис. 13. Стрічкова сушарка

Кожна з нескінченних стрічок натягнута між привідним 6 та веденим 2 барабанами. Вологий матеріал надходить у вантажувальну воронку 4. Повітря засмоктується вентилятором 3 і перед надходженням у сушарку нагрівається калорифером 8, розташованим у нижній частині сушарки, як показано на малюнку. Провідні та ведомі барабани суміжних стрічок зміщені один щодо одного по вертикалі. Верхні частини суміжних стрічок рухаються у

протилежних напрямках (на малюнку показано стрілками). Матеріал на верхній стрічці рухається зліва направо. Дійшовши до кінця стрічки, він висипається на нижчу стрічку, а починає рухатися в протилежному напрямку. Такий рух здійснюється багаторазово, поки матеріал не досягне вихідного отвору.

У сушарці є перегородки 7, за допомогою яких створюється протитік повітря щодо матеріалу, що висушується. При пересипанні зі стрічки на стрічку матеріал, що висушується, переміщується і його поверхня оновлюється. Крім того, в цей момент повітря стикається з усією поверхнею кожної частинки, що інтенсифікує процес сушіння.

Стрічкові багатоярусні сушарки застосовуються для сушіння сипких і кристалічних продуктів, що не вимагають ручної праці на завантаження та вивантаження продукту, досить компактні.

За основу розробки взято стандартну стрічкову сушарку.

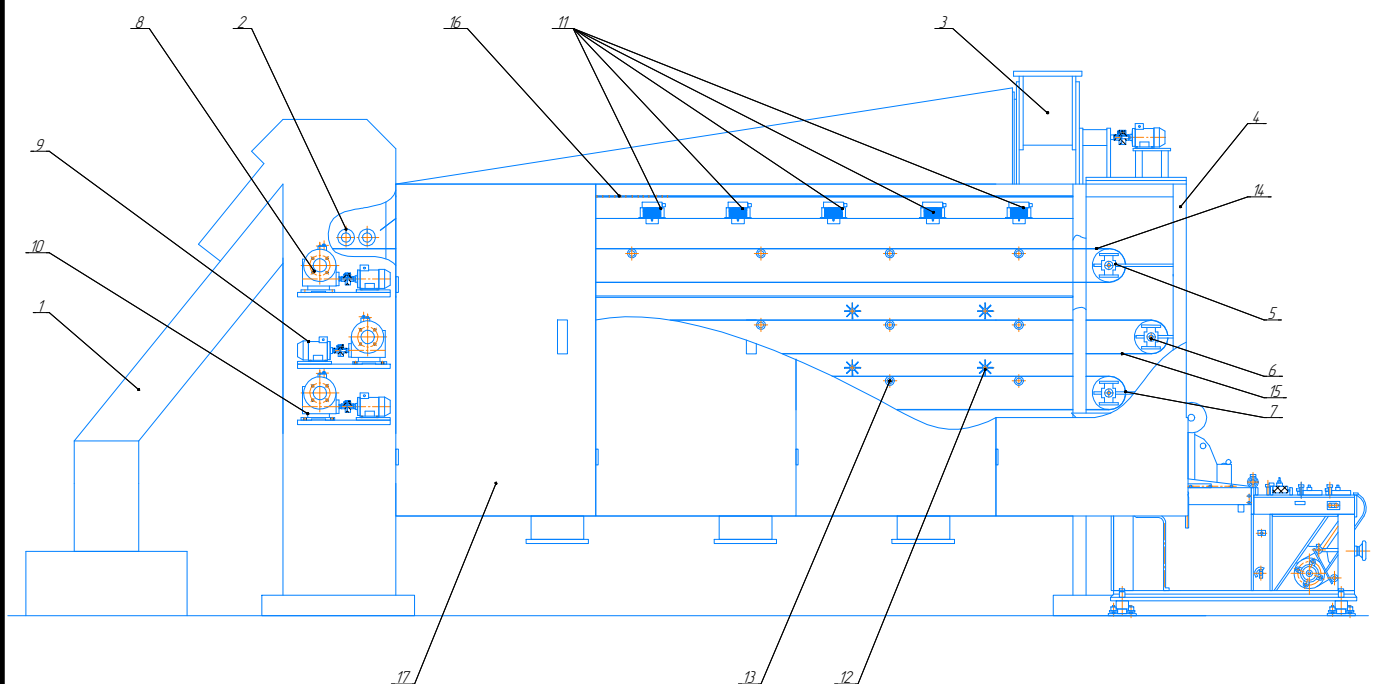


Рис 14. Конструкція розробленої установки

Розроблена сушарка складається з наступних основних складальних одиниць: транспортер для завантаження продукту 1, регулятор товщини шару 2, вентилятор для відведення вологого повітря 3, рама 4, натяжний пристрій барабану 5, 6, 7, привід барабану 8,9,10, магнетрони 11, ворошители 12,

опорні ролики 13, радіопрозора стрічка 14, перфорована стрічка 15, камера сушіння 16, дверцята 17, привід регулятора товщини шару 18, дверцята 19, вентилятор для охолодження продукту 20, пакувальна машина 21.

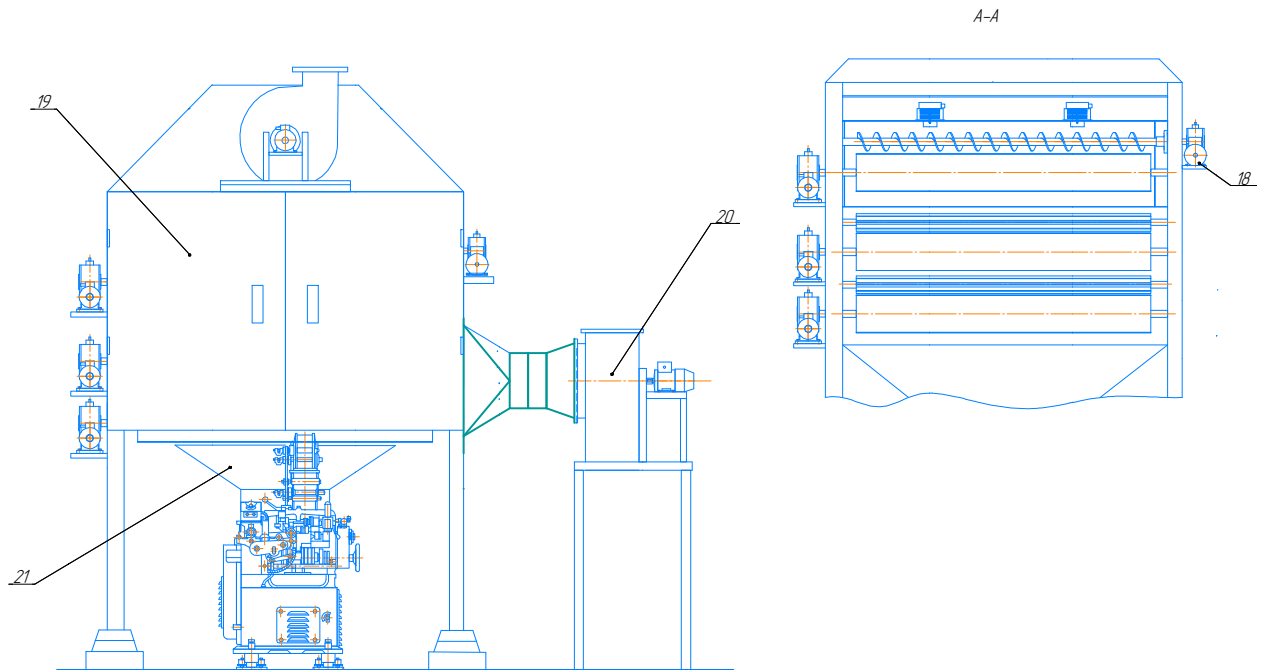


Рис 15. Конструкція розробленої установки

Також виникла ідея сумістити стрічкову сушарку з пакувальною машиною. Що складається з завантажувального бункера 1 всередині якого знаходиться розподільний пристрій 2, який дозволяє дозувати матеріал. Далі знаходиться формуюча камера 3, до якої продукт потрапляє на конвеєрі 4. Пакувальна плівка знаходиться у рулоні 5, та подається до зони пакування через систему самоцентруючихся роликів 6. Коробка з продуктом потрапляє в блок поперечної запайки/ блок різання 7. Блок виконує поперечну пайку та розрізання плівки.

Горизонтальна пакувальна машина Pearl



Горизонтальна пакувальна машина флоу-пак нового покоління. Базова повна сервоверсія модельного ряду пакувальних горизонтальних машин Р?-FM. Надійність, якість, простота налагодження на новий продукт.

Призначення

Для виробництва закритих упаковок типу " флоу-пак" з полімерних плівок , що термозварюються, в бобіні. Міцна структура, компактні розміри, сучасне програмне забезпечення. У цій моделі оптимально поєднуються висока технологічна гнучкість, надійність, здатність до миттєвої переналагодження та крайня простота експлуатації.

Принцип роботи

Головна особливість пристрою апарату - це поверхня завантаження, зазвичай звана "конвейєром подачі", вздовж якої "штовхачі" несуть продукти, що підлягають упаковці. Далі продукти проходять через "формував пакетів", який обертає плівку навколо продукту і таким чином формує пакет із продуктом. "плівка", спочатку намотана на рулон, розмотується через систему роликів і проходить через формував пакетів, де формується труба, всередині якої розміщуються продукти.

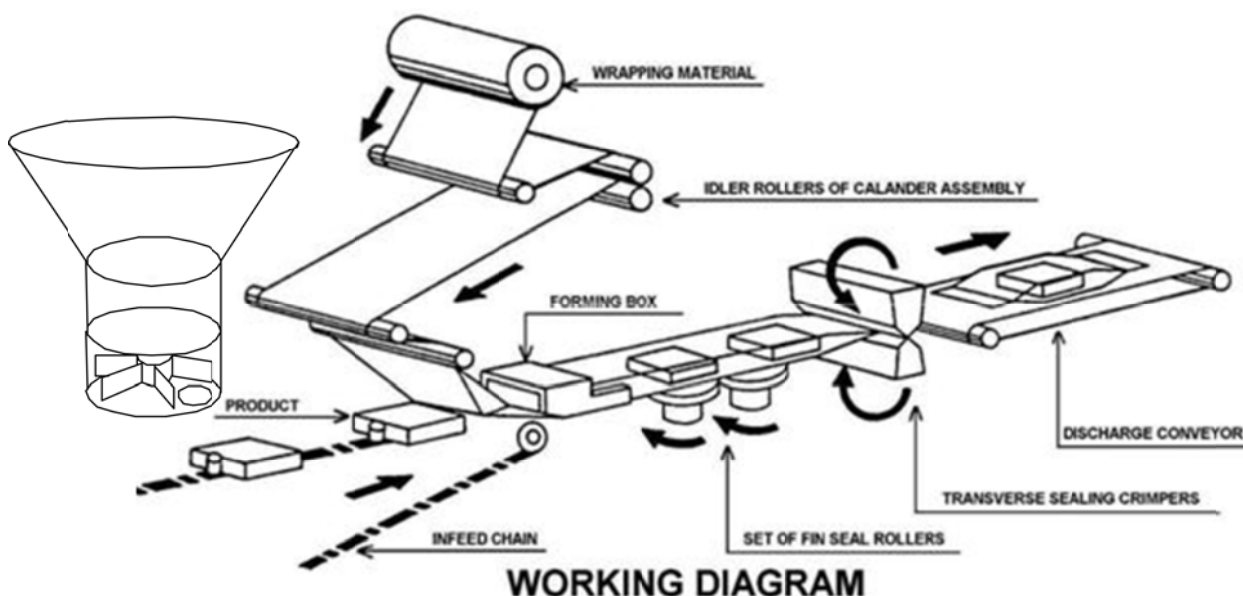


Рис. 16. Принципова схема пакувальної машини

Труба з продуктами переміщається вперед, проходячи спочатку через систему поздовжнього зварювання, а потім через систему поперечного зварювання, синхронізованої за швидкістю з плівкою. Блок запаювання через рівні проміжки часу запаює (закриває) пакет і відрізає його від рукава, формуючи упаковку. Стрічковий конвеєр, відомий як "конвеєр розвантаження", розташований на виході блоку поперечної запайки. Цей конвеєр дозволяє упаковці транспортуватися назовні з апарата та розміщуватись у відповідних контейнерах або коробках.

Опис вузлів обладнання

- 1 - КОНВЕЄР ПОДАЧІ: Транспортує до місця упаковки продукти, попередньо покладені між штовхачами, що тягнуть.
- 2 - РУЛОНО-ТРИМАНІЙ ВАЛ З САМОЦЕНТРОВКИ: Вал з конусами самоцентрування, між якими затискається рулон обгорткової плівки.
- 3 - ПАНЕЛЬ УПРАВЛІННЯ: Панель, за допомогою якої здійснюється керування всіма діями апарата.
- 4 - БЛОК ПОПЕРЕЧНОЇ ЗАПАЙКИ/ БЛОК РІЗАННЯ: Блок виконує поперечну пайку та розрізання плівки.
- 5 - ВИМКНЮВАЧ МЕРЕЖІ: Вимикач для вмикання/вимкнення електроживлення апарата.
- 6 - ГАЛЬМО РОЛИКА: Гальмо не дає розкручуватися рулону при зупиненому апараті.
- 7 - РУЛОН: Рулон з намотаною плівкою для пакування.
- 8 - КАЛАНДР: Група валиків для розмотування плівки та збереження її натягу перед попаданням плівки у тунель-формувавч.
- 9 - КНОПКИ СТАРТУ ТА ЕКСТРЕННОЇ Зупинки: Додаткова панель кнопок старту та екстреної зупинки.
- 10 - ТУНЕЛЬ ФОРМУВАННЯ: Формує трубу із плівки необхідного розміру.

- 11 - НІЖКА ОПОРИ: Незалежна ніжка, що регулюється, для вирівнювання положення машини.
- 12 - Вузол поздовжньої зварювання: Виконує поздовжню запайку плівки.
- 13 - МАХОВИК УПРАВЛІННЯ БЛОКОМ ПОПЕРЕЧНОЇ ЗАПАЙКИ: Використовується для ручного контролю блоку поперечної запаювання.
- 14 - КОНВЕЄР РОЗВАНТАЖЕННЯ: Вузол для транспортування упакованого виробу назовні з апарата.
- 15 - ЕЛЕКТРИЧНИЙ ЩИТ: Містить усередині силові агрегати та вузли керування.
- 16 - ПНЕВМОВВОД: Сполучна муфта для підключення шланга зі стисненим повітрям.

Склад машини

- Транспортер, що подає, довжиною 2м зі змінними штовхачами з нетоксичного матеріалу.
- Регульований тунель - формувальник перерізу упаковки, що задає поперечну форму упаковки під конкретний продукт.
- Три пари роликів для протягування та поздовжнього зварювання пакувальної плівки.
- Зварювальні губки, що обертаються, для поперечного зварювання, з вбудованим регульованим ножем. Точне чавунне лиття. Ширина губок 250 мм.
- Утримувач бобіни, що самоцентрується, з компенсаційним гальмом. Ширина бобіни до 600 мм.

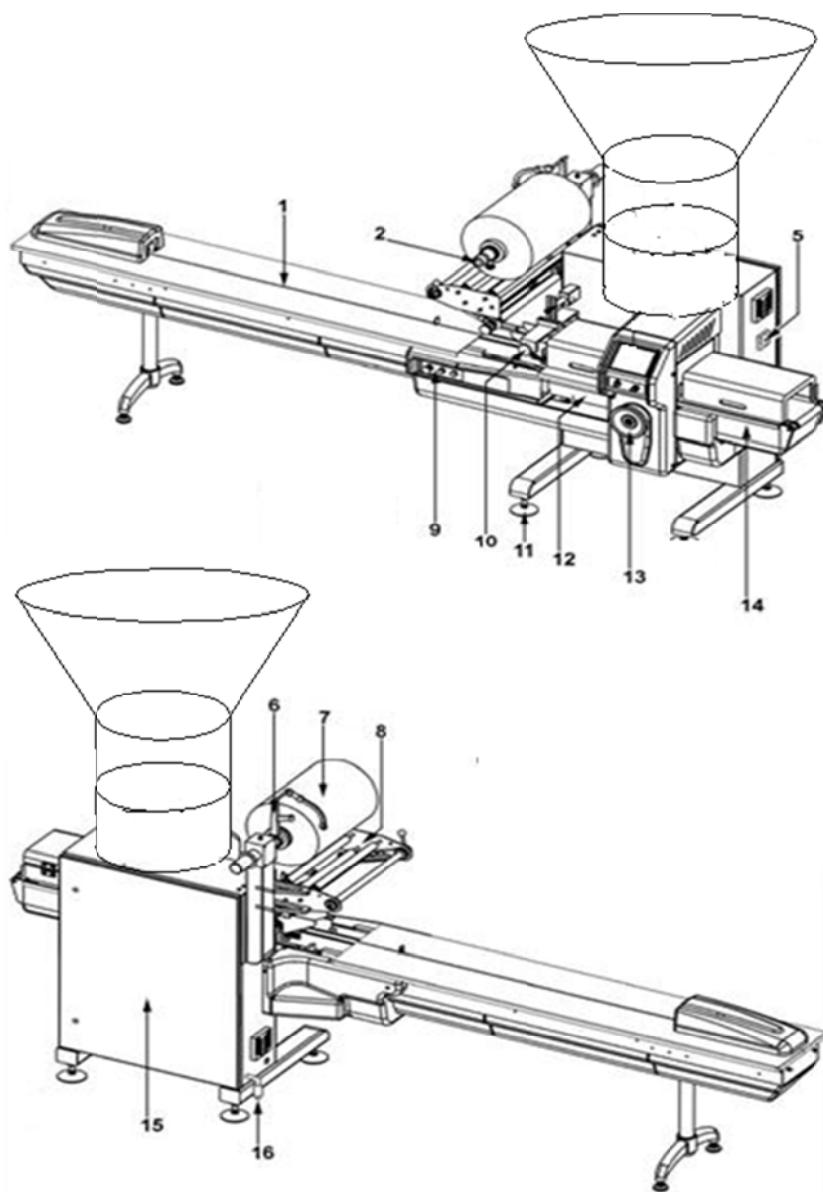


Рис. 17.

- Три незалежні сервоприводи на електричному валу, повний електронний контроль головних функцій, програмування, запам'ятовування налаштувань, прості операції для введення нових даних. Усі основні функції із заміни формату автоматизовані: встановлення у фазу продукту, регулювання довжини упаковки, регулювання уповільнення, регулювання центрування друку за фотоміткою, температура зварювальних груп. Регулювання висоти зварювальних губок механічне. Машина укомплектована рідкокристалічним кольоровим сенсорним екраном високої графічної роздільної здатності, PLC Siemens. Функція "немає продукту - немає упаковки" (опційно).

- Автоматичне відкриття зварювальних губок.

- Можливість запам'ятовування до 30 програм.
- Всі елементи, що направляють і опорні площини, що знаходяться в контакті з продуктом, що упаковується, виконані з нержавіючої сталі.
- Відсутність механічних ланцюгів передач: усі механічні та електронні елементи розташовані знизу відповідних груп. Електронні компоненти розташовані у спеціальній шафі позаду машини.
- Конструкція консольного типу: усі групи легко демонтуються. Передня частина машини вільна від механічних компонентів. Машина має міцну та красиву структуру з легким доступом до всіх її частин. Зручне керування розташування сенсорного екрана.
- Рама та конструкція машини виконані з вуглецевої сталі зі спеціальним захисним шаром лакофарбового покриття.
- Вихідний стрічковий транспортер завдовжки 1000 мм.
- Запобіжні пристрої відповідно до міжнародних вимог та норм.
- Комплект швидкозношуваних запчастин та інструментальний ящик.

Технічні характеристики

- Продуктивність: механічна до 100 циклів за хвилину, на замовлення - до 150 циклів за хвилину (друга пара губок).
- Продукт: для широкої гама продуктів.
- Розмір продукту: необхідно узгодити
- Довжина від 40мм до 500мм
- Ширина від 5мм до 230 мм.
- Висота від 5мм до 100 мм* (у стандартній версії)
- Пакувальний матеріал поліпропілен двоосноорієнтований BOPP.
- Габаритні розміри та дані базової машини:
- Висота вантажної поверхні конвеєра, мм : 850±25
- Висота розвантажувальної поверхні конвеєра, мм : 850±25
- Довжина машини, мм : 3900
- Ширина машини, мм : 1065

- Довжина конвеєра навантаження, мм : 2000
- Довжина конвеєра розвантаження, мм : 1000
- Висота осі тримача рулону, мм : 1465
- Вага машини, мм : 530
- Споживання, кВт: 5,6
- Живлення: 380В, три фази, земля, 50Гц

Розроблено креслення вказаної машини.

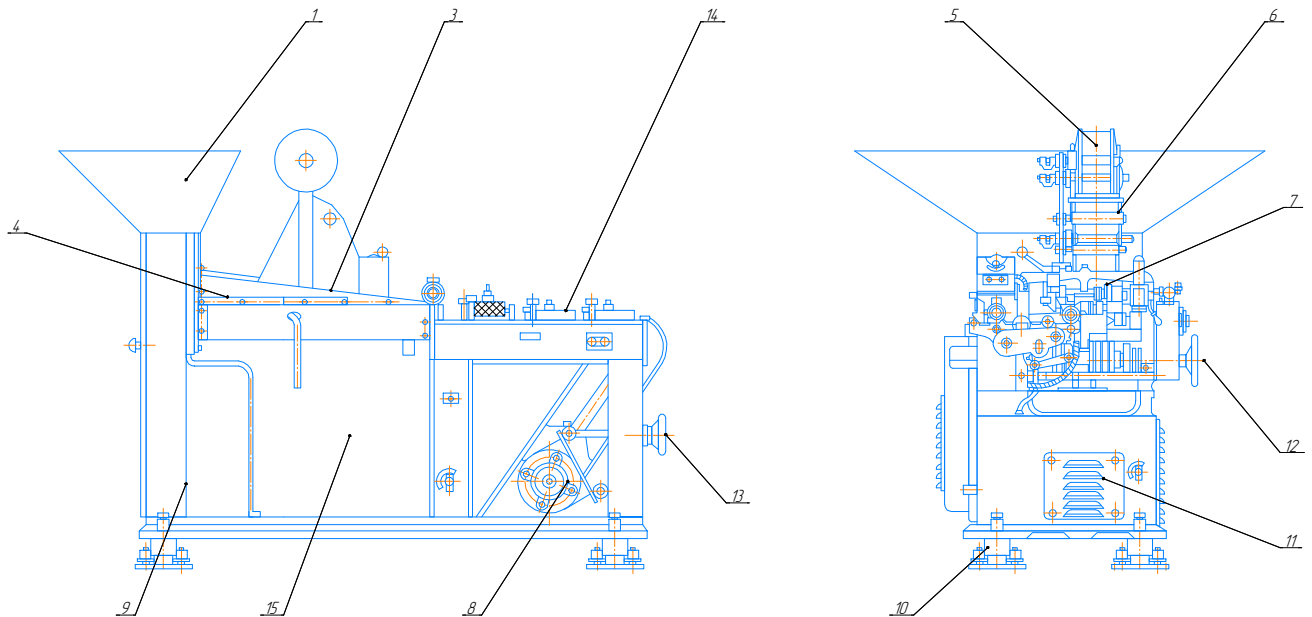


Рис. 18. Креслення паковальної машини

Машини складається з завантажувального бункера, розподільного пристрою 2, формуюча камера 3, конвеєр 4, рулон 5, ролики 6, блок різання 7.

Установка працює у наступному порядку. Продукт завантажується транспортером, потрапляє в простір між шнеками та у вигляді шару однакової товщини розподіляється на стрічці. Стрічку та усі деталі, що знаходяться у зоні дії магнетронів виконано із радіопрозорих матеріалів. Камеру сушіння виконано перфорованою для можливості виходу повітря. Розмір отворів сітки безпосередньо пов'язаний з довжиною хвилі мікрохвильового випромінювання. Діаметр отворів сітки підібраний так, що для мікрохвиль сітка – є перешкодою. Продукт потрапляє в зону дії магнетронів та нагрівається. Вологе повітря відводиться вентилятором. Після чого продукт потрапляє на наступ-

ну стрічку, в зону охолодження. Збоку установки знаходиться вентилятор, що забезпечує охолодження продукту. Охолоджений продукт потрапляє у зону пакування та запаковується у коробки та плівку.

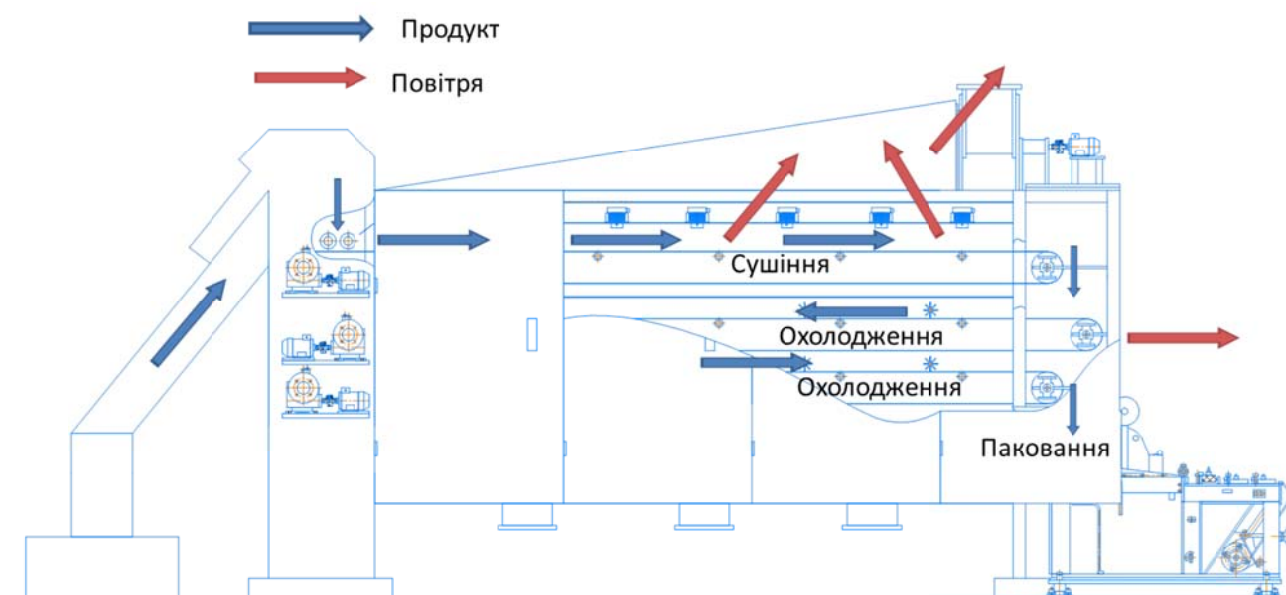


Рис. 19. Опис роботи установки

5.2 Технологічний розрахунок

Для розрахунку сушарки використовують наступні вихідні дані:

1) Масова продуктивність сушарки за вологою сировиною

$$G_{\text{п}} = 50 \text{ кг/год;}$$

$$G_{\text{п}} = 0,014 \text{ кг/с;}$$

2) вид матеріалу, що висушується;

3) Початкова і кінцева вологість висушуваного матеріалу, %;

$$W_{\text{п}} = 85 \text{ \%}$$

$$W_{\text{к}} = 14 \text{ \%}$$

4) місто, в якому буде встановлена сушарка, або кліматичні параметри повітря температура і вологість навколишнього повітря для літніх та зимових умов);

| Літо | Зима | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|
| $t_0 = 22,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | $t_0 = -3,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | м. Одеса |
| $\varphi = 61 \text{ \%}$ | $\varphi = 88 \text{ \%}$ | |

5) Початкова температура матеріалу

$$t_{31} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

6) Температура повітря на вході в сушарку

$$t_1 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

7) Температура відпрацьованого агента сушіння на виході із сушарки

$$t_2 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Матеріальний баланс процесу сушіння. Визначення витрати тепла в калорифері та витрати повітря

Матеріальний баланс за загальною масою:

$$G_{\text{п}} = G_{\text{к}} + W \quad (1)$$

Матеріальний баланс по сухій речовині:

$$G_{\text{п}} \cdot \frac{100 - \omega_{\text{п}}}{100} = G_{\text{к}} \cdot \frac{100 - \omega_{\text{к}}}{100} \quad (2)$$

На підставі матеріальних балансів за загальною масою та сухою речовиною визначають кількість випаровуваної із сировини води та вихід сухого продукту:

$$W = G_{\text{п}} \cdot \frac{\omega_{\text{п}} - \omega_{\text{к}}}{100 - \omega_{\text{к}}} = 0,014 \cdot \frac{85 - 14}{100 - 14} = 0,012 \text{ кг/с;}$$

де: $G_{\text{п}}$ – маса вологого матеріалу, кг/с;

$G_{\text{к}}$ – маса сухого продукту, кг/с;

W – маса випареної води, кг/с;

$w_{\text{п}}$ - початкова вологість матеріалу, %;

$w_{\text{к}}$ - вологість сухого продукту, %;

Для розрахунку витрати сухого повітря використовуємо І-х діаграму

Літо

$$x_0 = 0,01 \text{ кг/кг}$$

$$x_2 = 0,014 \text{ кг/кг}$$

Матеріальний баланс сушильної установки з вологи:

$$W + L \cdot x_0 = L \cdot x_2 \quad (3)$$

звідки витрати сухого повітря L

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} = \frac{0,012}{0,014 - 0,01} = 3 \text{ кг/с}$$

де: L - Витрата сухого повітря в сушарці, кг/с;

x_0, x_2 - вологовміст повітря початковий і на виході з сушарки, кг /кг.

Тепловий баланс (кількість тепла на процес)

Витрати теплоти на випаровування вологи

$$Q_{\text{вип}} = W \cdot r = 0,012 \cdot 2376 \cdot 10^3 = 28512 \text{ Вт}$$

Витрати теплоти на нагрів продукту

$$Q_3 = G_{\text{п}} \cdot C \cdot (t_{32} - t_{31}) = 0,014 \cdot 2250 \cdot (60 - 15) = 1417,5 \text{ Вт}$$

$t_{32} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ температура сушіння зерна

$Q_{\text{втр}}$ - втрати теплоти в довкілля, приймають як

3...5% від корисної витрати тепла, Вт;

Загальна кількість тепла на процес

$$Q = 28512 + 1417,5 = 29929,5 \text{ Вт}$$

Обираємо промисловий магнетрон 2m278, потужністю 2000 Вт

Кількість магнетронів становить 15 шт

Розрахунок та підбір циклону

З таблиці 5 вибираємо тип циклону ЦН-11,

діаметр вихлопної труби, площу її поперечного перерізу вибираємо за формулою:

$$d_{\text{т}} = 0,8 \text{ м}$$
$$S_{\text{т}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{т}}^2}{4} = \frac{3,1 \cdot 0,8^2}{4} = 0,5 \text{ м}^2$$

Загальну площу перерізу вихлопних труб циклонів визначаємо за формулою:

$$S_{\text{общ}} = \frac{L \cdot V_0}{v_{\text{ср}}} = \frac{3 \cdot 0,1}{1} = 0,3 \text{ м}^2$$

Кількість циклонів визначаємо за формулою:

$$z = \frac{S_{\text{общ}}}{S_{\text{т}}} = \frac{0,3}{0,5} = 1 \text{ шт}$$

5.3 Силовий розрахунок, вибір електродвигуна приводу стрічки

Орієнтовно необхідна для обертання приводного барабана потужність може бути визначена за формулою:

$$N = 0.078 D^3 \cdot L \cdot \rho \cdot \sigma \cdot n$$

Де D – діаметр барабана, м; L -довжина барабана, м; ρ – насипна маса матеріалу, кг/м^3 ; n -число обертів барабана $1/\text{с}$; σ - коефіцієнт залежить від типу насадки та ступеня заповнення барабана.

Отримуємо:

$$N = 0.078 \cdot 1,9^3 \cdot 5 \cdot 992 \cdot 0,0146 \cdot 0,053 = 2,1 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун 4А112МА8 380 В, 50 Гц, ГОСТ 19523-81 750 об/хв.

5.4 Кінематичний розрахунок приводу барабана

кінематичний розрахунок приводу стрічкового транспортера

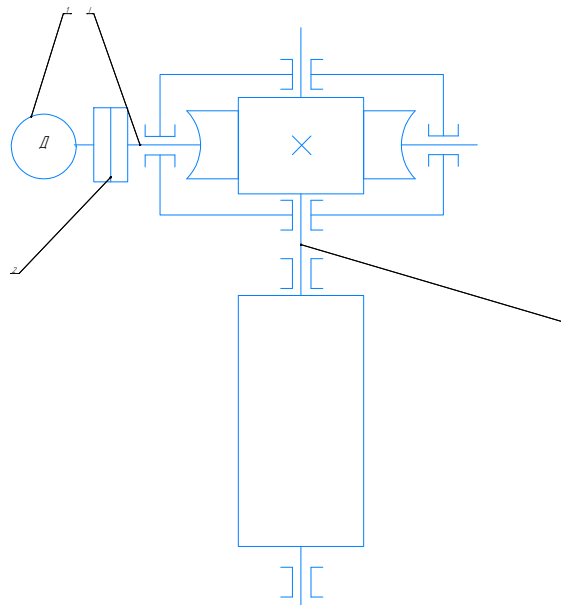


Рис. 20 Кінематична схема приводу ланцюгового транспортера

Привід використовується в стрічковому транспортері для переміщення сипких вантажів. Привід складається з електродвигуна 1, одноступінчастого черв'ячного редуктора. Вал електродвигуна I з'єднується з вхідним валом ре-

дуктора II за допомогою пружної компенсуючої муфти 2. Вихідний вал редуктора насаджено на приводний барабан ланцюгового транспортера.

Редуктор ондоступінчастий, циліндро-черв'ячний з горизонтальним тихохідним валом. Зубчасті колеса змащуються зануренням у загальну масляну ванну (картерне мастило).

Вихідні дані для розрахунку:

- крутний момент на робочому валу приводу $T_{рв}$, Н·м - 750;
- кутова швидкість робочого валу приводу $\omega_{рв}$, рад/с - 2,00;
- режим роботи – 0;
- термін служби L_h , Година - 20000.

5.4.1 Вибір та перевірка електродвигуна

Необхідна потужність електродвигуна

$$P_{эд}^{тр} = \frac{P_{рв}}{\eta_0}, \quad (5)$$

де $P_{рв}$ – потужність на робочому валу приводу:

$$P_{рв} = T_{рв} \cdot \omega_{рв} = 750 \cdot 2,00 = 1500 \text{ Вт};$$

η_0 – загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) приводу:

$$\eta_0 = \eta_m \cdot \eta_b \cdot \eta_T \cdot \eta_{цоп} \cdot \eta_{пп},$$

тут $\eta_m = 1$ – ККД муфти приводу ;

$\eta_T = 0,8$ – ККД тихохідної черв'ячної передачі редуктора

$\eta_{пп} = 0,99$ – ККД пари підшипників кочення на робочому валу приводу

(ККД передач зазначені з урахуванням втрат у підшипниках); тоді:

$$\eta_0 = 1 \cdot 0,97 \cdot 0,8 \cdot 0,94 \cdot 0,99 = 0,72215.$$

$$\text{Тоді } P_{эд}^{тр} = \frac{1500}{0,72215} = 2077,14 \text{ Вт}.$$

5.4.2 Необхідна частота обертання електродвигуна

Знаходиться з наступного діапазону частот обертання

$$Dn_{эд} = n_{рв} \cdot Du_{\Sigma}, \quad (6)$$

де - Частота обертання робочого валу приводу:

$$n_{рв} = \frac{30 \cdot \omega_{рв}}{\pi} = \frac{30 \cdot 2,00}{3,14} = 19,1 \text{ хв}^{-1};$$

Du_{Σ} - Діапазон можливих передавальних чисел приводу:

$$Du_{\Sigma} = Du_{ред} \cdot Du_{цоп},$$

тут $Du_{ред} = 31,5 \div 125$ –діапазон можливих передавальних чисел циліндро-черв'ячного редуктора (див. таблицю 8);

$Du_{цоп} = 3 \div 7$ –діапазон можливих передавальних чисел відкритої циліндричної передачі (див. таблицю 3);

тоді: $Du_{\Sigma} = (31,5 \div 125) \cdot (3 \div 7) = (31,5 \cdot 3) \div (125 \cdot 7) = 94,5 \div 875.$

Звідси: $Dn_{эд} = 19,1 \cdot (94,5 \div 875) = (19,1 \cdot 94,5) \div (19,1 \cdot 875) = 180 \div 16713 \text{ хв}^{-1}.$

5.4.3 Вибір електродвигуна

Виходячи з отриманих вище даних, вибираємо електродвигун змінного струму з короткозамкненим ротором єдиної серії АІ Р за ТУ 16-525.564-84 згідно з таблицями 4, 5 і рисунка 4 з технічними характеристиками, представленими в таблиці 13.

Таблиця 1 – Технічні характеристики вибраного електродвигуна

| Тип двигуна | Виконання | Кількість пар полюсів | Потужність, Ред, кВт | Частота обертання $n_{ед}, \text{ хв}^{-1}$ | Діаметр валу d, мм |
|-------------|-----------|-----------------------|----------------------|--|--------------------|
| АІР80В2У3 | 1М1081 | 1 | 2,2 | 2880 | 2,6 22 |

6. Енергетичний аналіз лінії сушіння яблук

Енергоаудит – це обстеження підприємства, організацій або окремих їх ланок з метою визначення можливостей механізмів ефективного використання енергії. Найголовніше завдання енергоаудиту полягає в тому, щоб знайти нераціональні втрати енергоресурсів та провести розрахунки визначають, енергетичну ефективність підприємства. Енергоаудит повинен визначити і запропонувати підприємству ті заходи, які допоможуть виявити недоліки в системі енергозабезпечення. Енергетичне обстеження здатне досягти економії в енергоспоживанні приблизно на 15%. Енергоаудит підприємств може, вироблятися, як в обов'язковому порядку, так і добровільно, це зокрема, стосується підприємств, які бажають отримати державні субсидії. Обов'язкове проведення обстеження стосується підприємств, які споживають ресурси, понад 6000 тонн умовного палива. У ці рамки на сьогодні, входять майже всі великі та середні російські підприємства.

Етапи проведення енергетичного аудиту.

Проведення енергетичного аудиту є дуже складним процесом. У розробку заходів, з енергозбереження дозволяють знизити витрати на виробництво одиниці продукції входять такі етапи:

1. Початковий етап - визначення параметрів по енергоефективності, включає проведення економічного обґрунтування проведення аудиту, вимір динаміки зміни сумарних витрат по енергоспоживанню за деякий час, ця операція необхідна для орієнтування аудитора в робочих процесах, що проводяться на підприємстві і оцінці рівня експлуатації обладнання, яке використовує електроенергію.

2. Визначення потенціалу енергоспоживання в цілому і окремих її елементів, отримання даних про підприємство та їх аналіз, для підвищення енергоефективності та вжиття заходів з енергозбереження.

3. Детальне обстеження технологічних схем з метою підвищення надійності енергокористування і розробки енергобалансу необхідного для раціонального використання енергоресурсів.

4. Підвищення якості та рівня безпеки в роботі електроустановок. Проведення інструментального обстеження підприємства з метою одержання впевненості в точності результатів досліджень.

5. Виявлення реального обсягу енергії, задіяного при максимальному використанні ресурсів, які можливо економити.

Проведення цього етапу базується на тлі узагальнень і критичного аналізу отриманої інформації, також проводиться отримання рекомендацій щодо зниження витрат на ресурси і з контролю за проведенням заходів з енергозбереження.

Завдання енергетичного аудиту.

У завдання енергетичного аудиту енергозбереження входить перевірка документації та звітів по енергоспоживанню і перевірка наявних на підприємстві, сучасних технологій обліку ПЕР.

У завдання енергоаудиту по енергоефективності входить оцінка економічної роботи енергообладнання відповідно нормам і правилам, а також технічної та проектної документації.

1. Реалізація ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) при існуючому рівні розвитку технологій і дотримання екологічних вимог до навколишнього природного середовища, а також впровадження нових енергозберігаючих технологій.

2. Вироблення гарантованих способів щодо підвищення використання ПЕР, вони проводяться для встановлення ефективного застосування ПЕР всіх видів енергії, що включає як класичні, так і поновлювані джерела енергії.

3. Проведення енергетичних обстежень.

4. Створення та модернізація систем обліку ПЕР.

Періодичність проведення аудиту.

Згідно законодавчо закріпленим вимогам, проведення енергетичного обстеження відбувається через кожні п'ять років.

Після проведення обстеження підприємству видається оновлений енергетичний паспорт. При з'явилися сумнівах в результатах енергоаудиту проводиться повторний аудит. При істотному зниженні енергоефективності підприємства призначається позачергове проведення енергоаудиту.

Вартість енергоаудиту.

Ціноутворення при проведенні енергетичного аудиту становить основну його проблему. Невірно оцінені витрати можуть підірвати довіру до всього звіту по обстеженню. Найскладніші обстеження і робота висококваліфікованих фахівців не можуть коштувати дешево. При розробці цін на види робіт з аудиту необхідно дотримуватися специфіки певного підприємства.

Питомі енерговитрати (на кілограм продукції) лінії представлені в таблиці 4.

Ефективність апарата визначається кількістю енергії, що витрачається на процес для досягнення необхідного технологічного ефекту. У таблиці: \mathcal{E} , кВт – кількість електричної енергії, споживаної установками, Q , кВт – кількість теплової енергії, споживаної установками, $\mathcal{E}_{уд}$, кДж/кг – питомі витрати енергії на виробництво продукції.

Питомі витрати енергії на виробництво продукції розраховували по формулі:

$$\mathcal{E}_{уд} = \frac{\mathcal{E} + Q}{G} \quad (7)$$

де G – продуктивність лінії, кг/с

Схема технологічної лінії

Яблука перевіряють, сортують за якістю, зрілістю, сортам і калібрують на три розміри (дрібні до 55, середні 55-75 і великі більше 75 мм). Технологічна лінія представлена на рис. 21. Плоди миють в універсальних машинах КУМ, оброблені отрутохімікатами при необхідності витримують 15-20 хв в

0,5 - 1%-ному розчині соляної кислоти і ополіскуюють. На машинах УТМ (НДР), " Унітекс " (ВНР), " Ексцельсіор " (Італія) та ФМК (США) трубчастими ножами вирізають насінневу камеру, зрізають шкірку товщиною 1 мм. Очищені плоди перевіряють і дочищають на стрічковому конвеєрі. Яблука ріжуть на кружки завтовшки 5-7 мм або часточки завдовжки не менше 30 і завтовшки 5 мм.

Для інактивації ферментів, що окислюють поліфеноли плодів з утворенням темнозабарвлених флобафенів, кружки плодів занурюють на 1-3 хв в 0,1-0,2% -ний розчин сірчистої або лимонної кислоти, або обкурюють 30-40 хв, або бланшують пором 35 хв.

На багатьох овочесушильних заводах яблука сушать у парових конвеєрних стрічкових сушарках за наступним режимом:

Питоме навантаження на стрічку, кг /м².... 7,5

Температура повітря над стрічками, ° С

першою..... 60-85

другий..... 60-80

третьої..... 60-70

четвертої..... 40-90

Тривалість сушіння, год..... 3-3,5

Вміст сухих речовин при сході зі стрічок, %

першою..... 25

другий..... 58

третьої..... 77

четвертої..... 80

Добова продуктивність сушарки ПКС-20400 кг сушених яблук, КСА-80 і СПК-90 - 2,1-2,2 т. Висушені плоди охолоджують, просіюють на віброситах, перевіряють, витримують 3-7 днів у засіках для вирівнювання вологості та упаковки. Лінія продуктивністю 120 кг/год (рис. 21) складається з стрічкових інспекційних конвеєрів, ковшових елеваторів, барабанної мийної маши-

ни, сита-трясучки з вібратором, вентиляторної мийної машини, елеватора, калібрувальної машини для сортування яблук за величиною на фракції 6 діаметром і 77 мм на сушіння і 40-45 мм на сік, двох розподільних конвеєрів, чотирьох карусельних машин для виїмки серцевини, і різання на часточки товщиною 3-5 мм, ланцюгового сульфітатора, де плоди в перфорованих відерках просуваються в розчині сірчистої кислоти і потім на сітці для стікання розчину, п'ятистрічкової конвеєрної сушарки з паровими калориферами, інспекційного конвеєра, двох приймальних бункерів, автоматичних ваг, напівавтомата для зварювання поліетиленових пакетів.

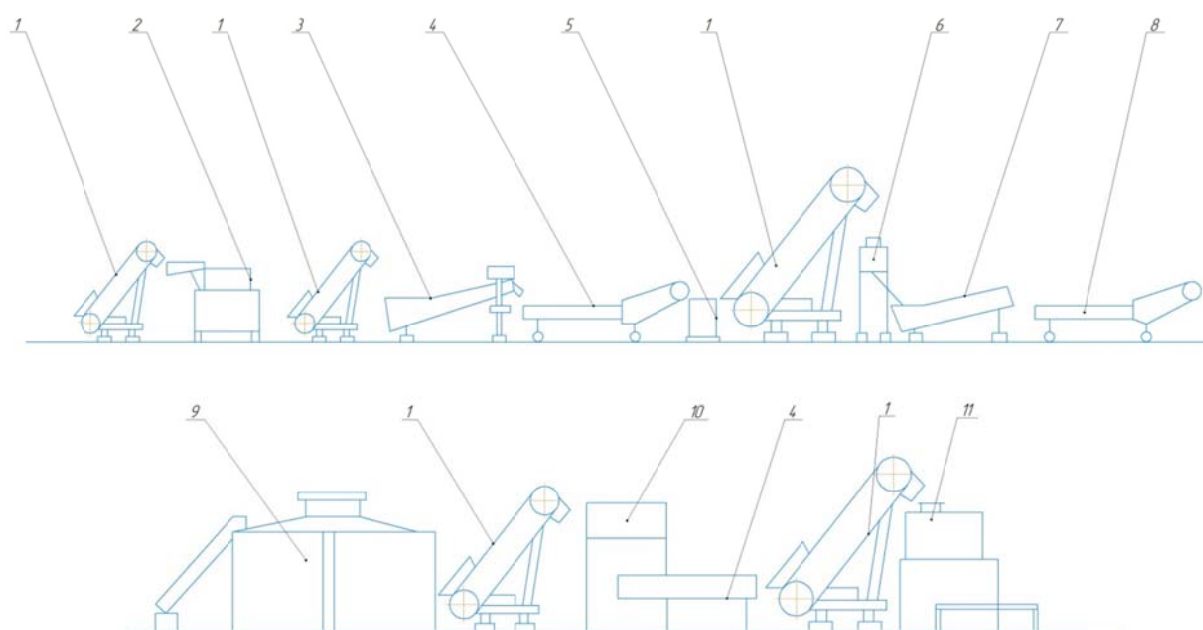


Рис. 21. Технологічна схема сушіння яблук: 1 - елеватор; 2 - мийна машина; 3 - мийна машина; 4 - інспекційний конвеєр; 5 - сито; 6-різальна машина; 7 - сульфітатор; 8 - інспекційний конвеєр; 9 - сушарка; 10 - бункер; 11 - напівавтомат для зварювання пакетів

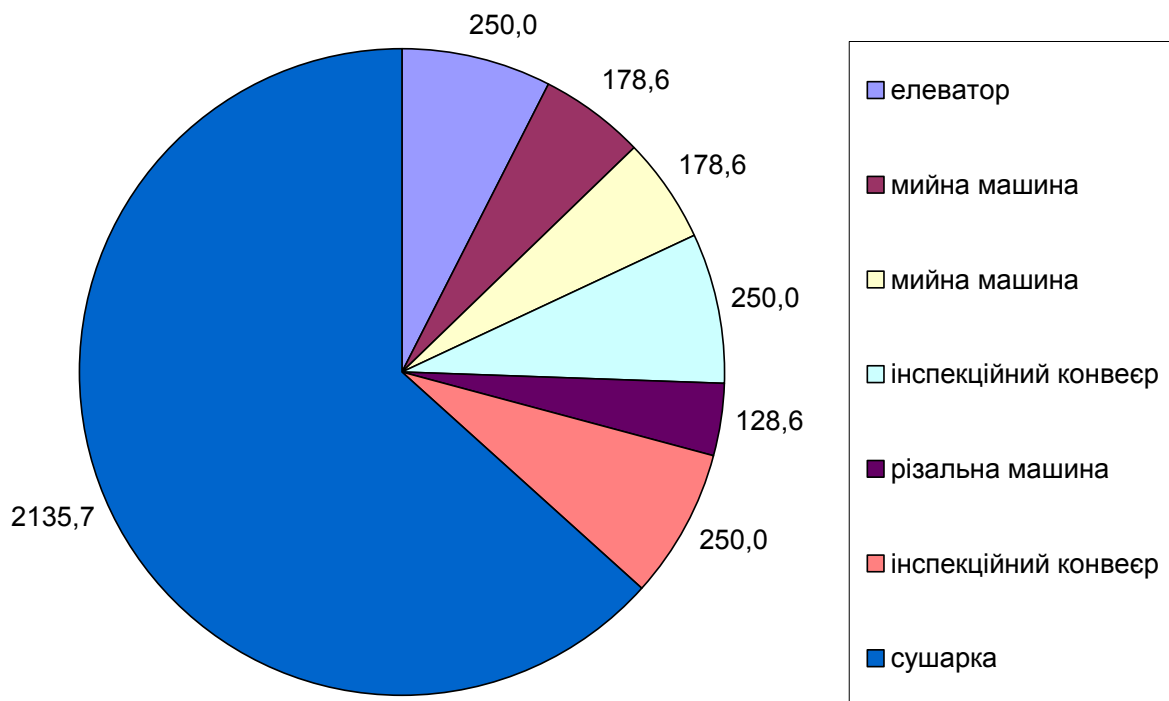


Рис. 22. Енерговитрати лінії до модернізації

Як видно з розрахунків, найбільш енерговитратний сегмент лінії - сушіння. Для зменшення енерговитрат потрібно застосування енергоефективної сушарки.

Після установки в лінію розробленої машини дозволить скоротити час сушіння та знизити загальні габарити.

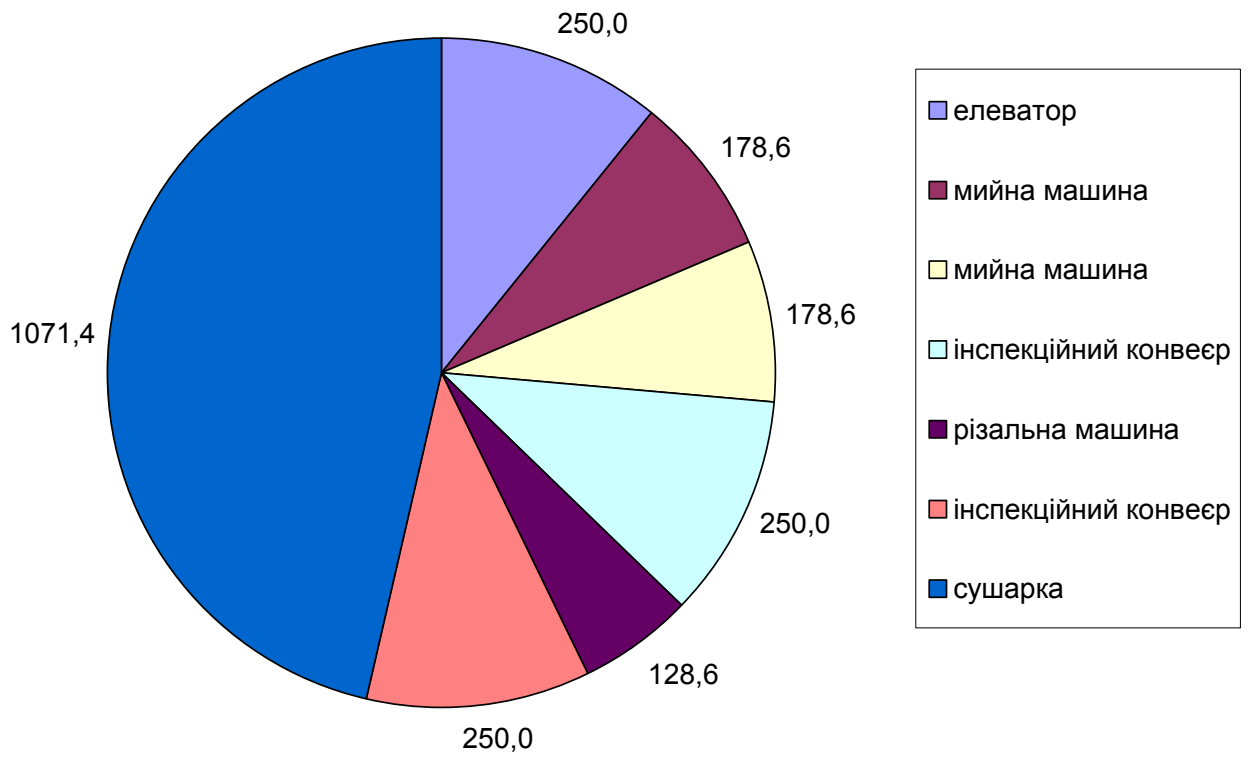


Рис. 23. Енерговитрати лінії після модернізації

7. Техніка безпеки і правила експлуатації машини

1) При розробці машина забезпечує виконання вимог до безпеки обслуговуючого персоналу відповідно до:

- ДСТУ 27-00-216-75 «Система стандартів безпеки праці, машини та обладнання продовольчі. Загальні вимоги безпеки»;
- «Інструкція з техніки безпеки до виробничої санітарії для консервної, харчоконцентратної та овочесушильної промисловості»;

2) Звукова потужність, що випромінюється працюючою машиною в режимі номінальної продуктивності у виробничому приміщенні не повинна створювати на робочому місці рівня звуку та рівня звукового тиску в октавних смугах частот спектра, що перевищують допустимі Гігієнічними нормами звукового тиску та рівня на робочих місцях № 1004-73.

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ДСТУ 8.055-73;

3) Рівні віброшвидкості в октавних смугах частот на робочому місці у жорстко закріпленої машини, що працює в режимі номінальної продуктивності, не повинні перевищувати допустимі «Санітарні норми СН-245-71».

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ДСТУ 13731-68.

Необхідними умовами безпечної експлуатації сушарки є:

- виготовлення і монтаж сушарки в точній відповідності з проектною та монтажною документацією;
- підгонка та приєднання всіх трубопроводів у відповідності з технологічною схемою, набивка и затяжка фланцевих з'єднань та їх герметизація;
- приєднання допоміжних пристроїв та механізмів, установка арматури контрольно-вимірювальних приборів, установка огорожень;
- випробування сушарки на міцність, герметичність і здача інспектору;

- проведення пробної експлуатації;
- проведення теплоізоляційних робіт;
- наявність інструкцій, затверджених у встановленому порядку, у відповідності з якими повинна проводитись експлуатація сушарки;
- своєчасне проведення ремонтних робіт;
- систематична перевірка запобіжних клапанів.

Порядок безпечної експлуатації апарату.

Перш за все, сушарка повинна працювати в оптимальному тепловому режимі, який відповідає технологічному режиму теплової обробки продукту. Сушарка повинна забезпечуватись системою автоматичного регулювання температури та тиску теплоносія, що входить і температури продукту, що виходить. Для візуального контролю за параметрами теплоносія і продукту підігрівник забезпечується:

- ртутним термометром кл.0,5 ГОСТ 28679-80 0-150 (контроль температури води);
- ртутним термометром кл.0,5 ГОСТ 28679-80 0-100 (контроль температури продукту, що виходить);
- манометром 0-1,5 атм ГОСТ 28679-80 кл.0,2 (контроль тиску)

Оскільки сушарка відноситься до судів, які підлягають інспектуванню, він повинен періодично оглядатись:

1. Зовнішній огляд, без попередження підприємства, не рідше 1 разу на рік. Одночасно повинні контролюватись правильність експлуатації та рівень технічної підготовки персоналу;
2. Внутрішній огляд не рідше 1 разу на 3 роки, при огляді перевіряється стан внутрішніх поверхонь та зварних швів;
3. Гідравлічне випробування з попереднім внутрішнім оглядом рідше 1 разу в 6 років на міцність та герметичність. У випадку, якщо сушарка не знаходилась в експлуатації більше року або ремонтувалася, зв'язаного з нанесенням заплат и т.п., то перед пуском вона повинна бути гідравлічно випро-

бувана. При усунені наслідків аварії повинні бути встановлені причини, винуватці аварії, а також розроблені заходи, направлені проти повторення подібних випадків.

4. Систематична очистка поверхонь теплообміну від забруднень, способи очистки підбираються в залежності від виду та ступеню забруднень (механічний, хімічний, гідравлічний, термічний).

Техніка безпеки при експлуатації апаратів.

Серед мір, які повинні прийматися керівництвом підприємства по створенню безпечних умов праці, слід назвати наступні:

1. Реєстрація сушарки в місцевій інспекції;
2. Оформлення спеціальної книги для реєстрації результатів випробувань та затвердження;
3. Організаційно-технічні заходи по створенню безпечних умов праці: затвердження інструкції по техніці безпеки для кожного робочого місця, інструктажі на робочому місці з проведенням реєстрації в спеціальному журналі, аналіз причин виникнення нещасних випадків та розробка заходів для попередження подібного у майбутньому;
4. Організація здачі техмінімуму по обслуговуванню сушарки;
5. Заборона підвищення тисків і температур в апараті і трубопроводах вище допустимих меж;
6. Внутрішній огляд сушарки допускається проводити лише при температурі не вище 30°C, напруга живлення освітлювальної апаратури та електроінструменту повинно бути 12В.
7. Вивішування забороняючих табличок в місцях, де можлива подача пари, продукту и т.п.
8. Використання лише регламентованого та справного інструменту.

Використані літературні джерела

1. <https://www.linn-high-temp.de/ru/o-nas.html>
2. Möller, M. und Waitz, R. Mikrowellen In-Fass Trocknung Effektives Eindampfen von radioaktiven Flüssigabfällen. In atw 52. Jg. (2007) Heft 12 - Dezember, S. 807-810, Internationale Zeitschrift für Kernenergie
3. Imenokhoyev, I.: Computergestützte 3D-Modellierung von Mikrowellen-Erwärmungsanlagen. Berichte aus der Verfahrenstechnik. Aachen: Shaker Verlag, zugl. Freiberg, TU Bergakademie Freiberg, Dissertation, 2007 - ISBN 978-3-8322-6604-2
4. Wübber, P. und Kintzel, N. Sparsam erwärmen mit Mikrowellen. In VDMA-Nachrichten Mai/2011 VDMA Verlag GmbH, Frankfurt am Main (Німеччина)
5. Безбах, І. В. Інтенсифікація термообробки неньютонівських харчових рідин в апараті з ротаційним термосифоном : автореф. дис.... канд. техн. наук : спец. 05.18.12 "Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв" / Безбах Ігор Віталійович ; наук. кер. О. Г. Бурдо ; Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса : ОНАХТ, 2002. – 17 с.
6. Tracking Industry 2020 Tracking report — June 2020 <https://www.iea.org/reports/tracking-industry-2020>
7. Energy parameters of corn drying in a hot air dryer powered by exhaust gas waste heat: An optimization case study of the food-energy nexus // Energy Nexus Volume 4, 30 December 2021, 100029 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772427121000292>
8. Методичні вказівки до курсового проектування "Стрічкова сушарка". Упорядник Світличний П. А. – Одеса, ОНАХТ, 2000 р. – 20 с.
9. Чубик І. А., Маслов А. М. Довідник з теплофізичних констант харчових продуктів і напівфабрикатів. - М: Харчова промисловість, 1965.-154 с.
10. Стабніков В.М., Баранцев В.І. Процеси та апарати харчових виробництв.- М.: Легка і харчова пром-сть, 1983.-328 с.

11. Баранцев В.І. Збірник задач з процесів та апаратів харчових виробництв.- М.: Агропромиздат, 1985.-136 с.

12. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Приклади та завдання за курсом процесів та апаратів хімічної технології.-Л.: Хімія, 1987. - 576 с.

13. Розрахунки та завдання з процесів та апаратів харчових виробництв /С.М.Гребенюк, Н.С.Міхєєва, Ю.П.Грачев та ін.-М.: Агропромиздат, 1987. - 307 с