

# ЗМІСТ

с.

## АНОТАЦІЯ

## ВСТУП

## 1 ДОСЛІДНИЦЬКО - КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз існуючих методів дозування сипучих матеріалів

#### 1.1.1 Обґрунтування вибору методу дозування сипучих матеріалів

### 1.2 Технологічна частина

#### 1.2.1 Опис технологічного процесу

#### 1.2.2 Визначення річного об'єму випуску сипучих матеріалів

#### 1.2.3 Опис технологічної схеми

### 1.3 Основні кінематичні та силові розрахунки

#### 1.3.1 Опис конструкції автомата

#### 1.3.2 Опис роботи автомата

### 1.4 Будова основних вузлів автомата

#### 1.4.1 Вузол виготовлення, заповнення і від'єднання пакетів

#### 1.4.2 Механізм розмотування стрічки

#### 1.4.3 Пневматичний повітрерозподільювач

### 1.5 Опис пневмосхеми автомату

### 1.6 Розрахункова частина

#### 1.6.1 Розрахунок пневмокамери вузла зварки пакета

#### 1.6.2 Розрахунок об'єму пневмокамер для визначення витрати повітря на автоматі

#### 1.6.3 Розрахунок кінематики автомата

1.6.4 Опис роботи системи керування комплексом фасування сипучих матеріалів

1.6.5 Розрахунок черв'ячної передачі

1.6.6 Розрахунок циліндричної передачі

1.6.7 Надійність циліндричної зубчатої передачі

## **2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ**

2.1 Розрахунок вібробункера

2.2 Розробка інформаційної моделі системи керування

## **3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР**

3.1 Обґрунтування вибору і опис функціональної схеми автоматичного регулювання, технологічного контролю, захисту

3.2 Способи реалізації заданих функцій

3.3 Принцип роботи функціональної схеми

3.4 Використання об'єктів

3.5 Середовище програмування LabVIEW

3.6 Меню Operate

3.7 Графіки Waveform Graph і XY Graph

3.8 Case Structures

3.9 GPIB

3.10 Алгоритм роботи

## **4 ОБґРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

5.1 Аналіз і характеристика потенційних небезпек та шкідливостей на ділянці фасування сипучих матеріалів

5.2 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції на ділянці фасування сипучих матеріалів

5.3 Пожежна профілактика на ділянці фасування сипучих матеріалів

5.4 Безпеки в надзвичайних ситуаціях

5.4.1 Оцінка стійкості підприємства до уражаючих факторів ядерного вибуху

5.4.2 Практична оцінка стійкості цеху підприємства до впливу ударної хвилі ядерного вибуху

## **6 ЕКОЛОГІЯ**

## **ВИСНОВКИ**

## **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАННЯ**

## АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему: “Інформаційно-вимірювальна система установки для вагового дозування тукосумішей” містить \_\_\_\_\_ ст. пояснювальної записки, та \_\_\_\_\_ аркушів графічного матеріалу, відноситься до технологічної галузі.

Викладений у даній роботі матеріал стосовно розробки електронного блоку керування пристроєм для вимірювання зношення в процесі тертя зразків циліндричної форми, яке дозволяє зменшити трудоемкість процесу вимірювання.

В процесі проектування пророблено наступні питання: проведено аналіз існуючих методів дозування сипучих матеріалів; проведено опис конструкції і принцип роботи автомату; проведено розрахунки об’єму пневмокамер і витрати повітря на автоматі; зроблено розрахунок вібробункера на ЕОМ.

В роботі розроблена модель системи керування, проведений аналіз її роботи, складений алгоритм роботи, побудована сітка Петрі, яка моделює послідовність фасувальних операцій системи автоматичного фасування а також розроблено програмне забезпечення для дослідження її функціонування.

На запропонованій моделі можемо оцінити час необхідний для виконання заданого числа циклів, час перебування кожного із переходів в активному стані, побудували графік досяжності системи і таким чином отримали дані для оптимізації процесу автоматичного фасування сумішей.

Спроектований електронний блок дозволяє: зчитувати дані із індуктивного та тензометричного давачів; вимірювати температуру досліджуваного зразка; керувати кроковим двигуном; вивід вимірювальної інформації на РК дисплей, організоване керування виконавчими пристроями, завдяки яким процедура вимірювання стала автоматизованою.

## ВСТУП

Одним з найважливіших завдань народного господарства являється задоволення потреб населення.

Пріоритетне значення надається рішенню соціальних проблем в сфері праці – головній сфері діяльності людини. В першу чергу треба суттєво скоротити важкі і монотонні роботи, знизити долю ручної праці, особливо при виконанні шкідливих для здоров'я людини робіт. Це дозволить звільнити людей від малокваліфікованої роботи, зробити їх діяльність більш змістовною, яка приносить задоволення, а працю більш продуктивною, творчою і привабливою.

Тому одним з найважливіших напрямків розвідку народного господарства являється комплексна автоматизація виробничих процесів на основі широкого впровадження різних автоматів, автоматичних ліній, робототехніки. Вона дозволяє забезпечити створення автоматизованих комплексів різного технологічного призначення, гнучких виробничих систем і перейти на рівень автоматизованих технологій.

Одним з найважливіших аспектів автоматизації ручної праці являється створення автоматів для виконання технологічних операцій в небезпечних або шкідливих для здоров'я людини умовах. Загазованість, запиленість або вибухонебезпечність робочого середовища – все це потребує виведення людини з небезпечної зони праці

# 1 ДОСЛІДНИЦЬКО КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз існуючих методів дозування сипучих матеріалів

Дозатори неперервно-циклічної (порційної) дії нараховують велику кількість типорозмірів і широко використовуються в багатьох галузях [6].

Для здійснення порційного дозування використовують різні конструкції дозаторів. Один з них – барабанний дозатор з перервним обертанням барабана. Однак, можливий інший розв’язок цього завдання.

Барабан можна не зупиняти, але тоді відстань по ньому між сусідніми комірками при заданій швидкості обертання повинна забезпечити час, необхідний для здійснення зняття з позиції дозування наступної порції.

Змінюючи в допустимих межах відношення

$$S/V=t_c,$$

можна отримати найбільш зручний варіант для забезпечення заданого технологічного результату,

де  $S$  – відстань між сусідніми комірками по дузі кола барабана, м;

$V$  – кутова швидкість барабана м/с;

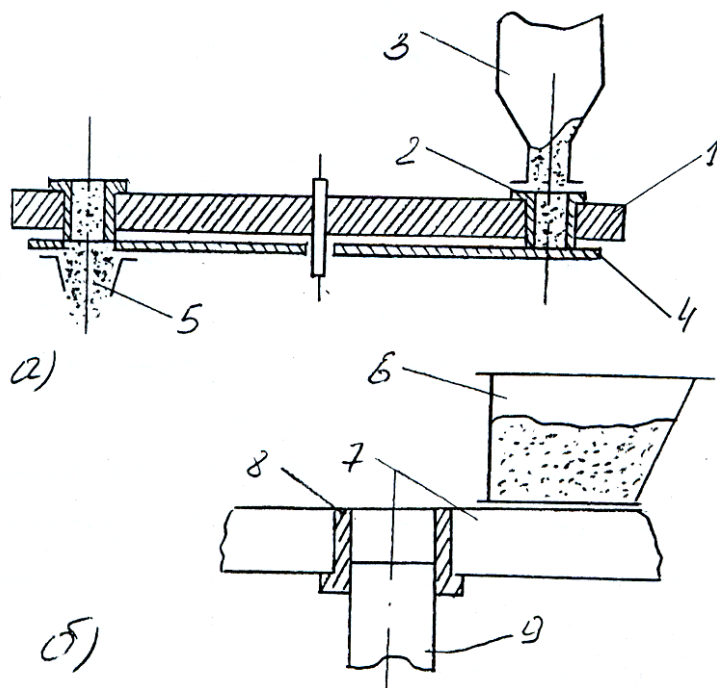
$t_c$  – час зняття готової продукції і підготовки до прийому наступної, с.

Розраховуючи продуктивність, слід врахувати тривалість заповнення і спорожнення комірки.

Дисковий дозиметр (рисунок 1.1) по принципу дії аналогічний барабанному. В диску 1, що обертається, розміщені з визначеним кроком мірні циліндри 2, туди з бункера 3 поступає дозуючий матеріал. Випускна дія мірних стаканів на позиції заповнення перекрита нерухомим столом 4. У зоні розвантаження випускні отвори попадають над лотком 5, куди висипається відміряна доза. Мірні циліндри можна замінити для отримання різних по величині доз.

Широко застосовується дозатор камерного типу (рисунок 1.1 б), наприклад, в кривошипних таблеточних автоматах і брикетних пресах.

Цей дозатор являється модифікацією дискового дозатора. Бункера з сипучим матеріалом переміщуються над поверхнею стола 7 у якому встановлена матриця, яка виконує функцію мірного циліндра 8. Об'єм дози регулюється переміщенням по висоті штока 9.



: а) з мірними циліндрами      б) камерного типу

Рисунок 1.1 - Дискові дозатори

Відомі також конструкції дозиметрів, в яких величина мірного об'єму регулюється за допомогою поршня, що переміщається в рухомому мірному циліндрі [6]. Величина дози може також регулюватись за допомогою штока, який проходить в процесі дозування відстань рівну висоті шару сипучого матеріалу, що ущільнюється в мірному циліндрі в процесі стискування.

Поршневі дозатори застосовуються, наприклад, фірмою IMASPA (Італія) в автоматі Z25/097, фірмою CONREEZTEX MACHINERY (Англія) в автоматі для розфасовки хімічних матеріалів [6].

Велика кількість фасувально-упакувальних автоматів включає в свою конструкцію дозатор з вимірними стаканами або, як його називають, мірниковий або стаканчиковий.

Використання полімерних плівок в якості упаковального матеріалу дозволяє створити цілу групу фасувально-упакувальних автоматів, умовно названих автоматами безтарної упаковки. Подібними автоматами фасуються і упаковуються більшість видів продовольчих товарів і хімічної продукції.

Дозатори з мірними стаканами встановлені в фасувально-упакувальних автоматах серії АРТ. На рисунку 1.2 приведена схема дозаторів з вимірними стаканами.

На вертикальному валі 3 закріплений верхній диск 4 з чотирма отворами по колу, в яких встановлено стакани 7. Нижче верхнього диска вмонтований нижній диск 5, який може переміщатися по валу. В кожному диску, аналогічно до верхнього, знаходяться нижні стакани 8 так, що верхні стакани вільно заходять в них. Нижні стакани в даній частині зрізані під кутом 60 градусів.

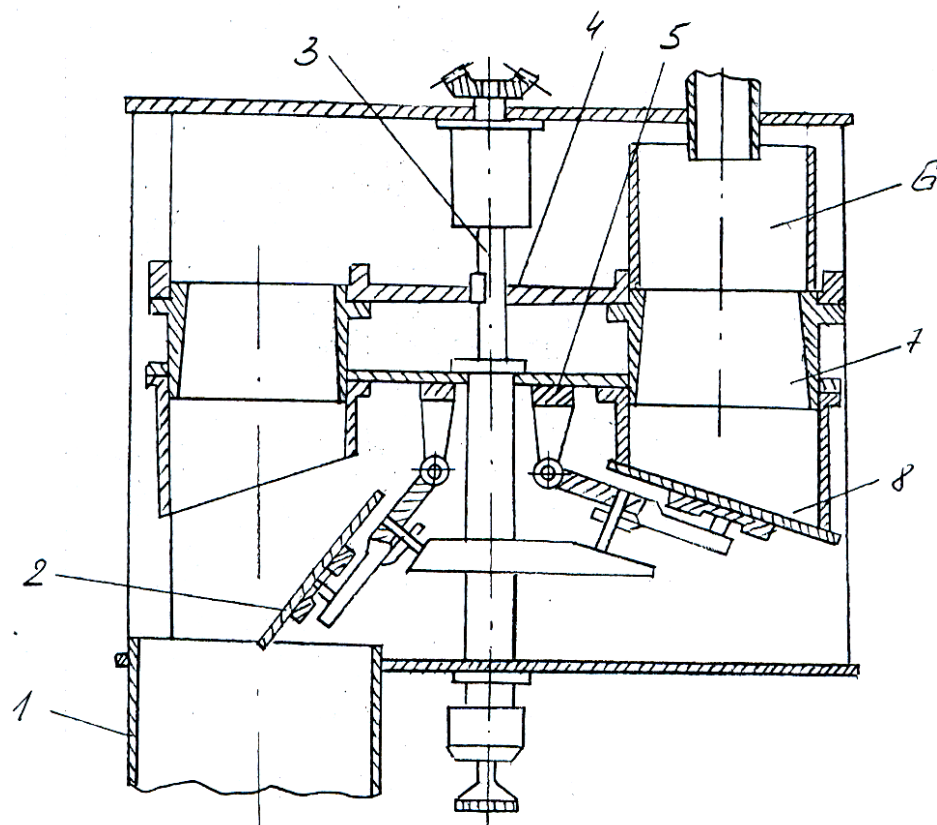


Рисунок 1.2- Схема дозатора з вимірними стаканами

До нижнього диска прикріплений механізм з рухомими днищами 2.



При обертанні вала мірні стакани по черзі проходять зону заповнення дозуючим продуктом з бункера 6, і зону вивантаження в воронку 1. При цьому дно щільно прикривають зрізи мірників знизу при їх заповненні і відкриваються на позиції вивантаження. Розмір дози встановлюється переміщенням нижнього диска із закріпленими на ньому стаканами відносно нерухомого верхнього.

Дозатор автомата АП5 аналогічний описаному вище, за винятком того, що частина нижніх стаканів не має зрізу дна, прикриваючи мірники знаходиться в горизонтальній площині, тобто перпендикулярно їх осям.

На даному етапі питанням підвищення ефективності роботи дозаторів з мірними стаканами приділяється більше уваги. Останнім часом отримали розвиток деякі прийоми, які дозволяють збільшити стабільність дозування. Перш за все необхідно вибирати найбільш технологічну конструкцію бункера в залежності від фізико-механічних можливостей дозуючого матеріалу. В деяких випадках в бункерах встановлюються перемішувачі з різними по конструкції збудниками. В активній зоні бункера розміщуються два лопатних колеса, так, що вони крутяться на зустріч одне одному, ущільнюють сипучий матеріал і сприяють більш стабільному заповненню ними мірних стаканів.

Для підвищення точності дозування з успіхом застосовують метод стабілізації дози вібрацією. Суть методу полягає в тому, що мірні стакани в процесі заповнення їх сипучими матеріалами підлягають вібрації. Точність дозування гранульованих і порошкоподібних матеріалів залежить від амплітуди, частоти і часу коливань, геометрії мірного стакана, розмірів і об'ємної маси частинок матеріалів, їх фізичних параметрів.

На величину об'ємної маси дози можуть здійснювати значний вплив сили електричної взаємодії, які суттєво залежать від стану навколишнього середовища. Тому в конструкціях дозаторів, особливо для дозування малих доз, де похибка дозування найбільш відчутна, необхідно передбачувати пристрої зняття виникаючих зарядів статичної електрики.

На рисунку 1.3. показана схема дозатора з вібраційними стаканами до автоматів АРЖ і АР5Ж [9]. Дозатор складається з бункера 5 для подачі матеріалу та двоярусної каруселі, закріпленої на валі 2, яка складається з двох дисків. Верхній диск виконаний так, що його внутрішня частина 3 і зовнішнє кільце 4 має можливість повертатися відносно одне одного. Приводом конфоркоподібного диска служить диск нижнього яруса 11, який передає обертання за допомогою пальців 12 і 13, між якими знаходиться електричний елемент 1. На периферії каруселі встановлені мірні ємності, виконані з двох телескопічних стаканів 15, 16 з регульованим об'ємом. Дно утворює кришка 14, яка обертається на шарнірі, і яка керується кулачковим копиром.

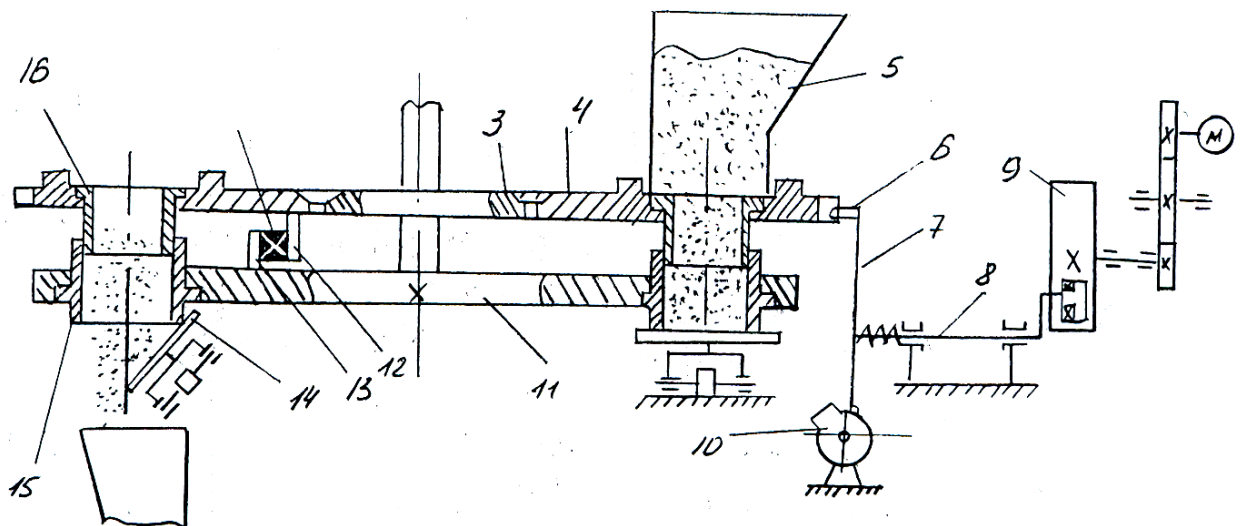


Рисунок 1.3 - Схема дозатора з віброуючими стаканами

Верхня і нижня частини мірника струшуються вібратором при зупинці каруселі. Вібрація передається від ексцентрикового шківa 9, який повертається через кривошип 7, що здійснює коливання навколо валика 8 і палець 6, який попадає в виїмку на кільці 4. Кулачок 10 по закінченню загрузки відтискає кривошип від диска, палець звільнюється і карусель повертається в наступну позицію.

Стабілізація об'ємної маси дозуючого матеріалу в вібраційному мірнику проходить за проміжок часу обумовлений фізичними параметрами

процесу. З метою усунення ряду лімітуючих операцій при розфасовці запропонований варіант об'ємного дозування, який включає наступні фази:

- заповнення мірних ємностей з вібростабілізацією маси доз;
- силові ущільнення доз за допомогою пуансона і виштовхування ущільненої дози в пакет.

З цією ж метою запропонований спосіб вакуумного дозування. Ущільнення сипучого матеріалу здійснюється вакуумуванням заповнюючої мірної ємності [8].

### 1.1.1 Обґрунтування вибору методу дозування сипучих матеріалів

Розвиток торгівлі фасованими товарами викликав необхідність розробки і виготовлення нових високопродуктивних конструкцій фасовочного обладнання.

При розфасовці матеріалів використовуються два методи дозування: ваговий і об'ємний [10].

Ваговий метод використовується для фасовки більш цінних продуктів, де повинна бути забезпечена висока точність дозування, в середньому 0,1...0,2 % від ваги порції. Процес зважування упаковок для забезпечення такої високої точності забирає багато часу, так як після швидкого наповнення упаковки на 80...85 % заданої ваги решту 20...15 % досипається повільно тонким потоком, щоб уникнути доступу зайвого продукту і забезпечити задану точність. В кінцевому випадку вагові пристрої відрізняються малою продуктивністю, а компоновка їх по декілька штук в один агрегат значно збільшує габарити всієї установки, затрудняє його експлуатацію.

Об'ємний метод фасовки має значно вищу продуктивність. Деякі автомати при достатньо компактній конструкції дають 300...400 наповнень в хвилину і більше.

Однак, по точності дозування цей метод значно поступається ваговому методу.

Зміна об'ємної ваги продукту і його вологості – все це відображається в кінцевому результаті. Тоді всі порції при об'ємному дозуванні можуть коливатися в значних межах.

З метою підвищення продуктивності при одночасному дотримуванні високої точності, починається широке застосування фасовки продукту по об'єму з послідуєчим контролем упаковок на ваговому апараті.

Об'ємні дозуючі пристрої застосовуються для фасовки різних продуктів і матеріалів. Об'ємні дозатори для фасовочних установок по своїй конструкції подібні до описаних раніше. Величина дози тут регулюється або розміром дозувальної камери, в яку примусово подається дозуючий продукт, або кількістю обертів шпинделя, чи зміною подачі продукту іншим подаючим пристроям.

Принцип роботи дозуючого пристрою показано на рисунку 1.4.

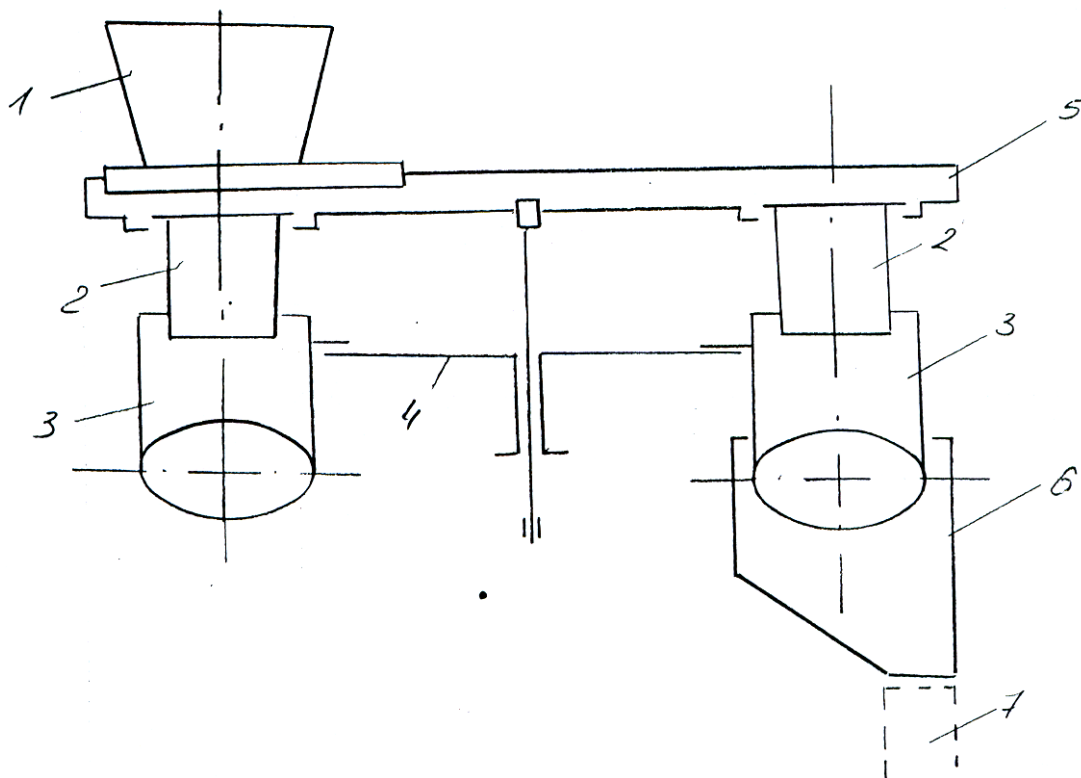


Рисунок 1.4- Схема камерного дозатора

Перевага об'ємних дозаторів над ваговими полягає в простоті конструкції і експлуатації. При цьому об'ємні дозатори відрізняються

більшою продуктивністю і широкими межами вимірювань, що при фасовочних роботах має явні переваги. Точність об'ємних дозаторів в середньому лежить в межах 10...30 %, що практично допустимо для фасованих продуктів.

Даний дозатор керуючого типу з чотирма камерами. Сипучий продукт з прийомного бункера 1 поступає самотоком в мірну камеру яка складається з двох частин 2 і 3, з'єднаних між собою. Об'єм камери регулюється вручну шляхом піднімання і опускання нижньої частини камери 3 за допомогою регульованого диска 4.

Камери знаходяться по колу дозованої каруселі 5, яка обертається безперервно. Коли наступна камера буде над воронкою 6, під яку автоматично подається пакет (пустий) 7, дно камери відкривається, продукт через воронку 6 висипається в пакет 7 і дно знову закривається.

Дозатор має блокуючий пристрій, який не допускає відкриття дна камери, якщо при її підході до воронки ще не буде пустого пакета.

Непогані результати отримуються при дозуванні об'ємним методом порошкоподібних речовин, нездатних до утворення комків [10].

Вимірювання встановлених доз матеріалу по об'ємному методу в простих випадках здійснюється резервуарами або мірниками. Об'ємні мірники обладнанні чіткими і зручними для знімання показів шкали приладами, які показують об'єм матеріалів. Градування шкал повинно співпадати з точністю дозування.

Результати дозування залежать від виду наповнення мірника. При повній і спокійній загрузці об'ємного мірника сипучим матеріалом вага дози отримується мінімальною.

При ущільненні, прикладанням додаткового навантаження або вібрацією, кількість матеріалу, який поміщається в мірнику, збільшується, тобто збільшується і вага вимірної дози.

Коефіцієнт ущільнення для різних матеріалів коливається в межах 1,1...1,5. Сухі, легко сипучі матеріали ущільнюються легше, ніж погано

сипучі матеріали з великим коефіцієнтом внутрішнього тертя.

Для одержання більш точних результатів об'ємного дозування необхідно дотримуватися однакового режиму роботи, так як різна інтенсивність наповнення тари, зміна висоти з якої поступає матеріал, зміна ступені струшування його в тарі – все це може привести до значного коливання ваги вимірної дози.

Об'єм матеріалу, захопленого за один оберт дозатора рівний:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} lk ,$$

де  $D$  – внутрішній діаметр мірного стакану, м;

$l$  – внутрішня довжина стакану, м;

$k$  – коефіцієнт заповнення.

Коефіцієнт заповнення барабана (стакана) залежить від сипучості матеріалу, розмірів впускної воронки і т.п. Як правило, цей коефіцієнт встановлюється для будь-якого роду матеріалу і конструкції дозатора експериментально. Забезпечення заданої точності ваги порції матеріалу потребує точного встановлення процесу роботи. Треба періодично перевіряти одержані дози на контрольних вагах, і при зміні ваги дози приймати певні міри.

## 1.2 Технологічна частина

### 1.2.1 Опис технологічного процесу

Технологічний процес фасування і упакування тукосумішей включає в себе наступні стадії [10]:

- а) сушіння тукосумішей;
- б) транспортування і сепарація;

- в) мелення крупних частинок;
- г) упаковка, складування готового продукту і відвантаження споживачам.

Тукосуміш безперервно подається насосами по підвідних трубопроводах в кільцевий жолоб сушильної башти із жолоба тукосуміш ежектується стисненим повітрям, тиском 0,35...0,4 МПа, через гумові шланги форсунками і в розпиленому стані подається в сушку.

Необхідне для сушки повітря всмоктується з атмосфери вентиляторами і проходить послідовно через масляний фільтр, повітряний підігрівач і подається по тангенціальних каналах в сушильну башту.

Сушка тукосумішей проводиться гарячим повітрям з температурою 120...150<sup>0</sup>С. Очистка повітря проводиться на масляному фільтрі.

Підігрівання повітря здійснюється в 48 калориферах парою з тиском 0,6 МПа. Кінцевий підігрів повітря здійснюється в 16 калориферах парою з тиском 1,2 МПа.

В зимовий період експлуатації в роботу включається 11 калориферів попереднього ступеня підігріву, підігриваючи конденсатом пари 0,6 і 1,2 МПа.

Конденсат поступає через конденсатовідбірника в бак конденсату і насосом відкачується в тепло пункт. В літній період експлуатації частина конденсату із калориферів пари 0,6 МПа і 1,2 МПа направляється на перший ряд калориферів пари 6 МПа і в цей період працює як конденсатна степінь підігріву.

Гаряче технологічне повітря проходить двома паралельно-працюючими вентиляторами через сушку, де проходить сушіння тукосумішей.

За рахунок випаровування вологи тукосумішей, температура гарячого повітря знижується до 65-80<sup>0</sup>С. Після сушки, повітря з порошком тукосуміші розділяється на 2 потоки і поступає на циклони, в яких виділяється біля 80% порошку тукосумішей, а порошок, що залишився з вологим повітрям транспортується в рукавних фільтрах.

В рукавних фільтрах повітря очищається від порошку тукосумішей і вентилятором викидається в атмосферу. Для більш ефективної очистки повітря від порошку тукосумішей, рукави рукавного фільтра, періодично продуваються в протилежному напрямку теплим продувним повітрям. Повітря для цього втягується з атмосфери вентилятором, очищується в циркуляційному маслофільтрі і нагрівається до температури 45-70°C в повітрепідігрівачі.

Суха тукосуміш з вологістю до 0,3% вловлена в циклонах і рукавних фільтрах, по загальному трубопроводу поступає на повітряно-прохідні сепаратори, де здійснюється її розділення на дрібні і крупні фракції

Дрібна фракція відділяється від транспортного повітря в пневмоциклоні і через проміжний бункер поступає на шлакові пневматичні транспортери і подається в бункери готової продукції.

Крупна фракція окремим потоком шлаковими пневматичними транспортерами подається в бункер системи роздрібнення крупної фракції або бункера накопичення крупної фракції.

Із дванадцяти бункерів готової продукції, які знаходяться а кожній технологічній лінії сушки, передбачена вигрузка тукосумішей в мішки з чотирьох бункерів. Із восьми останніх бункерів передбачена вигрузка в залізничні цистерни за допомогою пневматичних жолобів.

З бункерів готової продукції тукосуміш за допомогою розфасовочного автомату розфасовується в упаковочні мішки, або пакети і транспортується стрічковим конвейєром до спірального спуску, а звідти на склад і там складається на піддони.

### 1.2.2 Визначення річного об'єму випуску сипучих матеріалів

Задана виробнича продуктивність автомата  $N = 3000$  пакетів/год

Робота на підприємстві на розфасовці організована по двозмінному режимі.



З врахуванням семигодинної роботи автомата, визначаємо випуск пакетів в день [12]:

$$N^k = 3000 * 2 * 7 = 42000 \text{ пакетів}$$

В році кількість робочих днів рівна  $n=255$ .

З врахуванням необхідних годин для наладки ремонту і можливих простоїв:

$$N_p = n * N^k = 255 * 42000 * 0,85 = 9103500 \text{ пакетів/рік.}$$

Річна потреба:

$$N_p = 9000000 \text{ пак/рік.}$$

### 1.2.3 Опис технологічної схеми

Тукосуміш відповідних сортів поступає в бункер готової продукції, де проводиться її дозування в ламіновані і поліетиленові пакети вагою від 0,5 до 1 кг. Дозування тукосумішей проводиться автоматично на об'ємному дозаторі з точністю не нижче  $\pm 1\%$  [9].

Пакети зварюються в вузлі зварки, де також наноситься штамп і транспортуються з допомогою стрічкового вагового конвейєра до спірального спуску.

По спіральному спуску пакети транспортуються на склад, де штабелями складаються по 500 кг на піддони і складуються на складах готової продукції.

Складені по партіях на піддони пакети транспортуються електропогрузчиком в залізничні вагони або контейнери для відправлення споживачам.

## 1.3 Принцип роботи автомата

### 1.3.1 Опис конструкції автомата

На рисунку 1.5 показано кінематичну схему розфасовочного автомата [11]. Автомат має електродвигун 1, який через запобіжну муфту передає рух на розподільчий вал 4. На валу 4 встановлена коробка 16 гвинтової передачі, яка передає рух на вал 7, що перетинається під кутом  $90^\circ$ . На ньому закріплені кулачки 8, що керують золотниковими механізмами 9, і призначені для синхронізації роботи силових пневмомеханізмів.

Від вала 4 через конічну зубчасту передачу 10, 11 з передаточним відношенням 2:1 одержує рух вал 12, а від нього через циліндричні шестерні 17, 18, 19 із загальним передаточним відношенням 2:1 одержує рух вал 14 дозатора 20. Таким чином за чотири оберти вала 4 вал дозатора робить один оберт.

Над дозатором встановлено завантажувальне пристосування: заповнюючий механізм 26 і бункер електровібрацій 27.

Механізм утворення пакета складається з двох розмоточних механізмів 31, зварочного вузла, механізму перехвату і ножиць 32. Кожен із розмотувальних механізмів, 31, призначений для рівномірної розмотки стрічки 34 і постійного її натягування. Він складається із рулонотримача 31, натяжних роликів 33 і перегинаючих роликів 35.

Зварочний вузол, змонтований на кінцях важелів 46 силового механізму, являє собою дві паралельні плити, які мають можливість взаємного зближення без порушення їх взаємної паралельності. На плитах змонтовані зварочні колодки. Вузол перехвату складається з двох зажимів 52, 53. Один з них одночасно являється вузлом нанесення дати. Обидва зажими змонтовані на коробці, яка рухається в вертикальному напрямку.

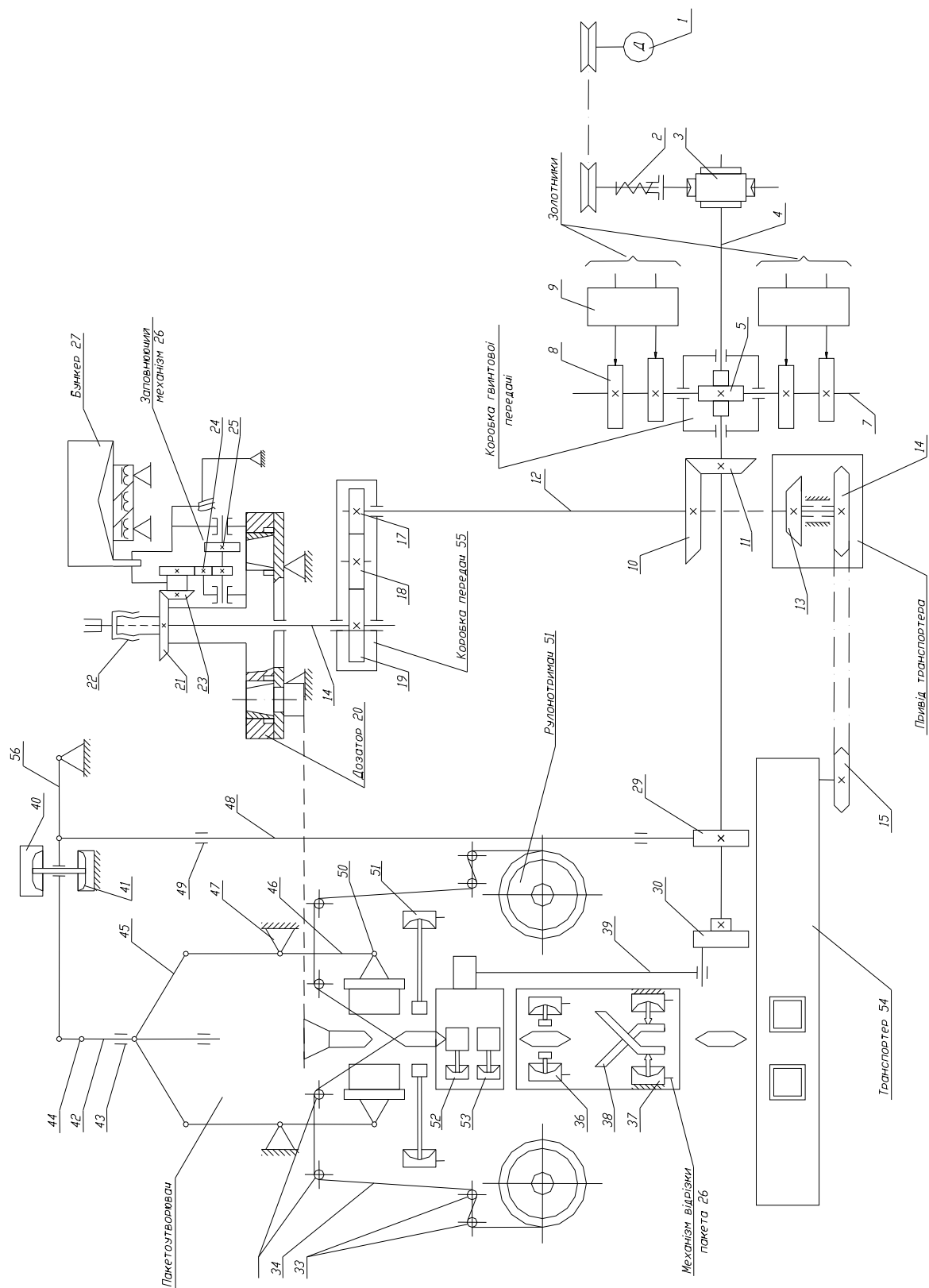


Рисунок 1.5. Кінематична схема автоматизованого комплексу фасування силічних матеріалів

Проскопаралельний рух в вертикальному напрямку цей вузол одержує від маховика 39, який з'єднаний з кривошипом 30, встановленим на валу 4.

Конструкція кривошипа дозволяє міняти радіус встановлення пальця і тим самим забезпечує змінну величину ходу рухомого зажиму.

Ножиці, встановлені на автоматі, являються ножицями технічного типу. Відрізка пакета проводиться ножицями (ножами 38), які приводяться в рух пневмоциліндрами 37.

Кріплення ножиць передбачає їх встановлення в різні положення по висоті чим забезпечується відрізка пакетів різної довжини.

Силовий вузол, який призначений для стиснення і розтиснення зварочних колодок, складається з важеля 56 закріпленого в опорі двох пневмокамер: більшої 40 і меншої 41, встановлених так, що їх силова дія направлення одна проти другої; штанги 42, встановленої в направляючих 43, з'єднаних з важелем 56 через компенсуючу ланку 44 і важелів 45 і 46.

Кінці важелів 46 попарно з'єднані із зварочними вузлами 50. Крім цього, через компенсуючу ланку важіль 56 зв'язаний з штовхачем 48, встановленим в направляючих 49. Вільний кінець штовхача 48 впирається в кулачок 29, встановлений на розподільчому валі 4.

В нижній частині машини встановлений транспортер 54, призначений для передачі пакетів від автомата до місця упаковки.

### 1.3.2 Опис роботи автомата

Автомат працює наступним чином.

Електродвигун 1 приводить в рух розподільчий вал 4, який синхронізує роботу вузлів дозування і загрузки, силового вузла, вузла виготовлення пакетів, а також через коробку 16 і кулачковий вал 7 керує системою повітрерозподілення.

Вал 4 через допоміжну зубчату передачу 10 приводить в рух вал 12, через шестерню 17, паразитну шестерню 18 і шестерню 19, рух передається

на вал 14 дозатора 20.

Сумарне передаточне число передачі від вала 4 до 14 рівне  $14 \cdot 1$ . Шнек дозатора 20 має 4 мірні ємності, тому за 1 оберт вала 4 дозатор через воронку видає одну дозу продукту в пакет, що формується в зварочному вузлі. Доза продукту видається в пакет під час розтягування зварочних колодок після зварки пакета.

Кулачок, встановлений на валу 8 переміщає шток золотника, а той переключає подачу стисненого повітря, тобто: подає повітря в пневмокамеру 41, а пневмокамеру 40 з'єднує з атмосферою. Одночасно з цим кулачок 29 своїм випуклим участком свого профіля натискає на шток 48, який через компенсуючу ланку діє на важіль 56.

Таким чином, одночасно під дією пневмокамери 41 і штока 48 важіль 56 переміщується відносно опори за годинниковою стрілкою і через компенсуючу ланку 44 переміщає штангу 42, яка через важелі 45 діє на важіль 46 і зварочні вузли розтягуються (і роз'єднуються) до положення показаного на рисунку.

В цей момент другий золотник переключає подачу стиснутого повітря, тобто, подає стиснуте повітря в обидві камери рухомого зажиму 53, 52, а обидві камери нерухомого зажиму 56 з'єднують з атмосферою. Завдяки цьому нерухомий зажим звільняє стрічку, а рухомий навпаки, затискає її.

Третій золотник системи повітророзподілення в цей момент з'єднує обидві пневмокамери 37 ножиць 38 з атмосферою, розводить ножі 38 в крайнє розтиснене положення. До цього моменту кривошип 30 підводить палець в крайнє верхнє положення.

При дальшому зближенні вала 4 палець 39 кривошипа 30 починає опускатися вниз і через шатун 39 переміщає вниз рухомий зажим 52, 53, який завдяки зажатому положенню зварочних губок переміщає стрічку вниз змотуючи її одночасно з двох бобін 31.

Після роз'єднання зварочних колодок, дозатор 20 видає в воронку порцію сипучого матеріалу, який за час переміщення стрічки вниз повністю

висипається в пакет. В той момент, коли рухомий зажим займає крайнє нижнє положення, золотниковий механізм 9 проводить переключення на пряму подачі стиснутого повітря. Тепер стиснуте повітря подається в пневмокамеру 40, пневмокамери нерухомого зажиму і пневмокамеру рухомого зажиму 52, 53 з'єднують з атмосферою.

Ножиці відрізають пакет, нерухомий зажим фіксує стрічку, зварочні колодки під дією важелів силового вузла затискають стрічку і зварюють наступний пакет, а рухомий зажим з розкритими губками переміщається в верх.

Після досягнення ним крайнього верхнього положення знову проходить переключення подачі стиснутого повітря, рухомий зажим фіксує стрічку, а нерухомий зажим її звільняє.

В воронку подається наступна порція продукту, рухомий зажим протягує стрічку, продукт із воронки висипається в пакет і цикл повторюється.

Готові пакети видаються на транспортер видачі пакетів 54.

## 1.4 Будова основних вузлів автомата

### 1.4.1 Вузол виготовлення, заповнення і від'єднання пакетів

Вузол виготовлення, заповнення і від'єднання пакетів складається із системи дозоутворення і видачі дози в пакет, системи утворення порожнини пакета і системи переміщення і від'єднання пакета від загальної стрічки.

Система дозоутворення складається із приводу і дозуючого пристрою [7]. Привід дозуючого пристрою включає вертикальний вал 14 встановлений в стойці і коробку передач 55, в якій встановлені шестерні 17, 18 і 19.

Вертикальний вал 14 приводу дозатора одержує рух від розподільчого вала 4 через конічну пару 10, 11 з передаточним відношенням 2:1.

Від вала 12 обертовий рух передається до вала дозатора через шестерні

17, 18 і 19 з передаточним відношенням 2:1. Таким чином, за чотири оберти вала 4 приводу, вал дозатора робить один оберт.

Дозатор встановлений на корпусі вузла передач. Вертикальний вал 13 дозатора встановлений на радіально-опорних підшипниках 80, 81.

Диск нижній 2 закріплений нерухомо, а диск верхній 1, на шпонці 21, встановлений рухомо і несе чотири мірних стакана.

Верхній диск 1 встановлений рухомим в осьовому напрямку. Для його переміщення впоперек осі вала служить спеціальна гайка 17, яку можна штопорити в потрібному положенні спеціальною контрагайкою 18.

На поверхні нерухомого нижнього диска 9 знаходяться чотири стакани 12. Всередину кожного стакана входить свій стакан верхнього диска 2. Верхній і нижній стакан і диск 1 утворюють мірну ємність телескопічного типу.

Піднімаючи чи опускаючи з допомогою ручки 17 верхній диск 1, ємність мірних стаканів відповідно збільшується або зменшується.

Крім стаканів 12 в розподільному диску 7 встановлено два скребки 25. Вони застосовуються для очистки нижнього диска 9 від залишків продукту і скидання їх через спеціальні отвори в спеціальну тару.

Кільце 22 застосовується для запобігання попадання в підшипник 81 дозуючого продукту.

В нижньому диску 2 є вікно, виконане з можливістю перекриття його шиббером.

Дозатор працює таким чином. Вал 13 одержує обертовий рух від приводу автомата. Через шпонку 21 обертання вала передається на верхній диск 1 з прикріпленими до нього стаканами, які через нижні стакани обертають диск 7 разом із скребками 10.

Стакани утворюючи мірну ємність, по черзі проходять над вікном видачі дози в воронку, за кожен цикл роботи автомата над вікном видачі проходить один мірний стакан.

В проміжній ємності постійно знаходиться фасований продукт. При

переміщенні цієї ємності продукт висипають в мірний стакан, який переносить його до вікна видачі.

Під вікном видачі встановлено воронку, через яку продукт попадає в порожнину пакета.

Скребки 10 звільняють нижній диск 9 від залишків продукту і тим самим підтримують постійну точність дозування.

Величина дози регулюються гайкою 17, для цього необхідно попередньо трішки відпустити контрагайку 18. При обертанні гайки 17 за годинниковою стрілкою диск 2 піднімається вгору і доза збільшується, а при обертанні гайки проти годинникової стрілки – доза зменшується.

Дозування продукту проходить синхронно з утворенням порожнини пакета, в яку всипається утворена доза.

Утворення порожнини пакета в автоматі проходить при допомозі двох вертикальних і горизонтальних швів.

Вертикальні шви утворюються двома парами зварочних колодок встановлених вертикально на кронштейнах, які в свою чергу встановлені на каретках, котрі переміщаються по направляючих кронштейна. Каретки: ліва і права одержують зворотного – поступальний рух від пневмокамер і системи вентилів.

Для плавної роботи зажим зварочних колодок виконується з допомогою пневмокамери, а розведення колодок і звільнення стрічки, в момент її переміщення – від кулачка на розподільчому валі 4 через систему важелів 38, 45 і 46 .

Пневмокамера 40 і пневмокамера важеля 41 встановлені так, що їх силова дія направлена одна проти одної. Коли певний золотник включає подачу стисненого повітря в пневмокамеру 40, то пневмокамера 41 з'єднується з атмосферою. Горизонтальний шов утворюється однією парою зварочних колодок, на горизонтальних планках. Планки встановлено на пружній підв'язці, яка складається з пружин, які прикріплені до кронштейна, жорстко зв'язаного з каретками.



Зворотно–поступальне переміщення горизонтальних зварочних колодок здійснюється з допомогою кареток.

Кінці важелів приводу вузла утворення горизонтального шва зв'язані з каретками з допомогою кронштейнів і регульованого упора.

Силова дія на зварочні колодки для утворення горизонтального шва проходить від важелів, через шток.

Стискання всіх зварочних колодок - і вертикальних і горизонтальних, проходить одночасно.

Одержані зварочні шви на стрічці ламінованого паперу утворюють порожнину пакета, в який засипають фасований продукт.

Переміщення стрічки проходить з допомогою рухомого вузла, здійснюючого зажим пакета і переміщення його на один крок.

Вузол зажиму пакета закріплений на каретці, яка переміщається по направляючих. В момент розтискання зварочних колодок відбувається зажим пакета, що здійснюється пневмокамерами і переміщенням пакета на певний крок.

Відділення готового зафасованого пакета, проводиться ножицями. Відрізка пакета проводиться пневмокамерами 34, 37, а повернення ножів в початкове положення пружинами.

Встановлення ножиць показано на кресленні. Ножиці встановлені на кронштейнах, які можуть переміщатися вгору і вниз по направляючих валах. Упор 4 необхідно встановити таким чином, щоб вал міг легко обертатися.

Для фіксації упора 4 служить гайка. Для правильної відрізки пакета необхідно обертанням кільця 9 встановити ножиці в потрібному положенні по висоті. Ножі 6 і 7 закріплені гвинтами 32 і 22 в щоках 8. Щоки 8 через опорні підшипники 36 і 37 положені на вісь 10, закріплену в кронштейн 3.

Робочі площини ножів притиснуті одна до одної за допомогою гайки через пружинну шайбу 35, яка створює постійний натяг.

Відрізка проводиться пневматичними камерами 1, а повернення ножів в початкове положення – пружинами 21.

Розкриття ножів обмежується упорами. Для зняття і встановлення ножів необхідно відгвинтити гайку 33 і зняти болти 33, трохи звільнити гайки на гвинтах 22 і зняти ножі, витягуючи їх з пазів важелів.

Встановлення ножів проводиться в зворотньому порядку.

#### 1.4.2 Механізм розмотування стрічки

На плиті тумби автомата встановлені механізми розмотування стрічки, механізм розмотування стрічки лівий 7 і механізм розмотування стрічки правий 6.

Механізм розмотування стрічки правий складається з корпусу, в якому на підшипниках встановлений вал, на вільний кінець якого встановлюється бобіна паперової стрічки. Закріплення бобіни проводиться рукоятками, встановленими в гайці.

На валу встановлений барабан, який зв'язаний з тормозним важелем 29. На одному кінці важеля встановлений розмотуючий ролик.

Другий кінець важеля з'єднаний з віссю, встановленою в підшипниках. Тормозна колодка встановлена на важелі з допомогою осі.

В момент переміщення стрічки важіль піднімається. розторможуючи барабан, і стрічка змотується з бобіни до тих пір, коли важіль під дією своєї сили тяжіння на опуститься настільки, що тормозна колодка прийде в притискання з барабаном і зупинить його.

Механізм розмотування стрічки лівий аналогічний.

#### 1.4.3 Пневматичний повітрерозподілювач

На автоматі встановлено два пневматичні повітрерозподілювачі [5]. Кожен повітрерозподілювач складається з блока, в якому встановлені два золотники 6. Зворотньопоступальний рух золотники здійснюють при взаємодії кулачків 8 і пружин, які знаходяться в корпусах золотників.

Кулачок передає рух на важіль приводу блоку золотників, який переміщає шток золотника.

Всі золотники в автоматі двохсторонньої дії, а силові пневмомеханізми - пневмокамери-односторонньої дії.

Конструкція вузлів повітророзподілення дозволяє до кожного золотника під'єднати силові пневмомеханізми як односторонньої, так і двохсторонньої дії, а також два пневмомеханізми односторонньої дії, які працюють по чергово.

В автоматі до золотників, якими керують кулачки 41 і 42 під'єднано по одній пневмокамері затиску зварочних колодок і пневмокамера відводу зварочних колодок.

Дві пневмокамери ножиць керовані кулачками 36 під'єднані паралельно до одного золотника і діють одночасно.

В протифазі підключені пневмокамери 40 і 41 керовані кулачком 38.

Для того, щоб золотник працював правильно, необхідно поворотом кулачка перевести ролик 20 в крайнє нижнє положення, а регульований упор виставити таким чином, щоб верхній торець золотника був в одній площині з верхнім торцем блока 1. Положення упора зафіксувати гайкою.

В крайньому нижньому положенні золотник повинен опиратися на пластину, а між верхнім торцем штовхача і основою гнізда золотника повинен бути зазор не менше 0,5 мм.

### 1.5 Опис пневмосхеми автомата

Конструкцією автомата передбачено виконання ряду силових операцій з допомогою пневматичних мембранних камер[4].

Їх застосування покращує динаміку автомата, покращує надійність і довговічність роботи механічних вузлів, покращує процес обслуговування.

Пневмосхему автомата складають: вхідний редуктор тиску 1, тип БВ 57-13, кран 2, ресівер 3, звукопоглинач (глушник)м4, регулятор тиску 5 типу

В62-12, три золотникових вузла, в кожному з яких встановлено по 2 золотника; пневмокамера зажиму вертикальних зварочних колодок 6, пневмокамера відводу зварочних колодок 7, дві пневмокамери вузла нижнього зажиму стрічки 9, дві пневмокамери приводу вузла горизонтального шва 12.

Стиснуте повітря до автомату під'єднується від цехової пневмомережі через відстійник для відділення вологи.

При встановленні ручки крана в положення ВКЛ стиснуте повітря з пневмомережі заповнює обидва ресивера 3.

Манометр 8 повинен показати тиск стиснутого повітря 0,3...0,4 МПа. Якщо він показує іншу величину тиску, то потрібно відрегулювати редуктор тиску 1.

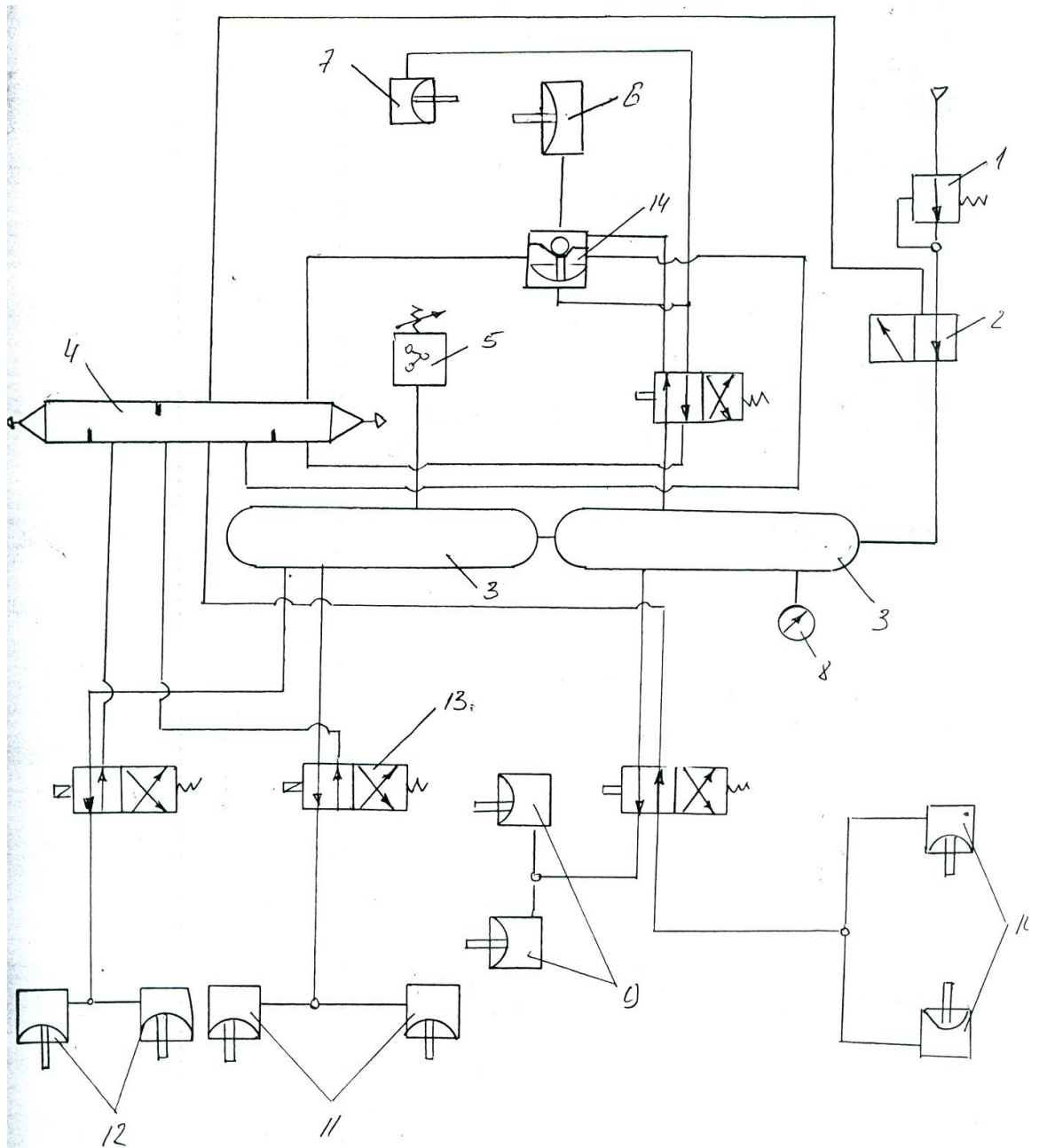


Рисунок 1.6 - Пневматична схема автоматизованого комплексу

1 – редуктор тиску (тип бв 57-13); 2 – кран; 3 – ресивер; 4 – глушник; 5 – реле тиску; 6 – камера пневматична (затиск вертикальних зварювальних колодок); 7 – камера пневматична (відвід зварювальних колодок); 8 – манометр; 9 – камера пневматична нижнього зажиму; 10 – камера пневматична дати; 11 – камера пневматична механізму відрізки пакета; 12 – камера пневматична приводу вузла горизонтального шва; 13 – золотник; 14 – клапан.

## 1.6 Розрахункова частина

### 1.6.1 Розрахунок пневмокамери вузла зварки пакета

Силовий вузол, який призначений для затиску і розтиску зварочних колодок, складається з важеля 1 (рис. 1.7), закріпленого рухомо в опорі 2, двох пневмокамер - великої 3 і малої 4, встановлених так, що їх силова дія направлена одна проти одної і штанги 5, встановленої в направляючих 6 і з'єднаних шарнірно з важелем 1 через компенсуючу ланку 7; важелів 8, одні кінці яких шарнірно з'єднані із зварочними вузлами 11. Крім цього, через компенсуючу ланку 12 важіль 1 зв'язаний з штовхачем 13, який впирається в кулачок.

При подачі повітря в пневмокамеру 3, вона діє на важіль з силою  $F_n$ . Зусилля передається на штангу 5, яка рухаючись, діє через важелі 8 на другий важіль 9, в результаті чого, колодки стискаються і зварюється пакет.

В залежності від товщини ламінованого паперу, на робочій поверхні колодок треба створити зусилля порядку  $F_{iv} = 60 \dots 160 \text{ Н}$ . [10]

Враховуючи площу колодки, можна знайти зусилля, яке треба створити на важелі 9

$$F = F_{cb} * S_{кол},$$
$$S_{кол} = 2 * S; S_{кол} = 2 * 10,8 = 21,6 \text{ см}^2,$$

де  $S$  – площа зіткнення 1 пари колодок.

$$S = a * b; S = 12 * 0,9 = 10,8 \text{ см}^2,$$
$$F = 160 * 21,6 = 3456 \text{ Н}.$$

Так як всі важелі з'єднані шарнірно, то тертя враховуємо тільки для сили  $F$ , тобто в місцях переміщення каретки із зварочними вузлами по направляючим, тоді

$$F = F' f,$$

$$F' = F/f; F' = 3456/0.66 = 5236,4 \text{ Н}$$

де  $F'$  - сила на зварочних колодках з врахуванням тертя кареток

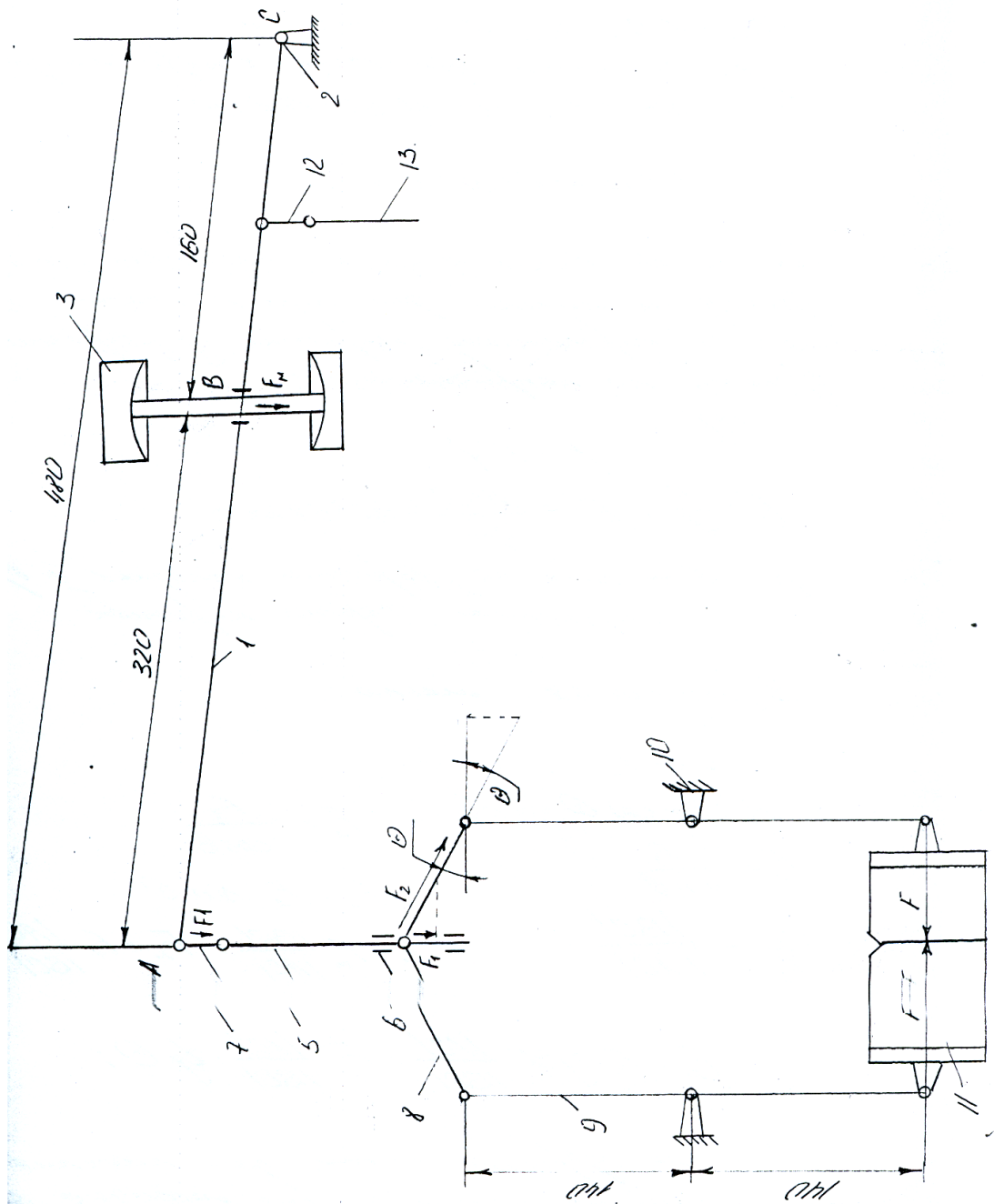


Рисунок 1.7 - Важіль

З рисунка маємо:

$$F=F_3,$$

$$F_3=F_2*\cos Q,$$

$$F_2=F_3/\cos Q,$$

$$F_2=F_1/\sin Q,$$

$$F_1=F_2*\sin Q,$$

$$\frac{F_1}{F_m} = \frac{|BC|}{|AC|},$$

$$F_1=F_m * \frac{|BC|}{|AC|},$$

$$F_1=F_m * \frac{|AC|}{|BC|},$$

$$F_m = F_3 * \operatorname{tg} Q * \frac{|AC|}{|BC|} = F * \frac{|AC|}{|BC|} * \operatorname{tg} Q; .$$

Формула, одержана нами, дає можливість визначити зусилля, яке необхідне для створення на штоці пневмокамери:

$$F_m = F * \frac{|AC|}{|BC|} * \operatorname{tg} Q;$$

$$F_m = 523,64 * \frac{480}{160} = \operatorname{tg} 15^\circ = 420,93 \text{кґ.с};$$

Для розрахунку геометричних параметрів пневмокамери використовуємо геометричні елементи теорії розрахунку камери з плоскою мембраною.

Складність розрахунку мембранної камери зв'язана з тим, що мембрана, виконуючи функції поршня по перетворенню тиску в ціленаправлену силу і переміщення, одночасно являється лінійним пружним елементом зв'язуючим жорсткий центр з корпусом.



Деформації розтягування мембрани, що утворюються при переміщенні жорсткого центра, утворюють силу, направлену протилежно переміщенню. Тому зусилля на штоці:

$$F = pSe - R(p_1x),$$

де  $pSe$  – зусилля на штоці, яке створюється дією тиску  $p$  на мембрану і жорсткий центр, тобто  $F_M = pSe$ ;  $Se$  – ефективна площа мембрани, яка визначається як площа, добуток якої на тиск дає зусилля на штоці при його нульовому ході;  $R(p_1x)$  – зусилля, викликане деформацією розтягування мембрани.

На рисунку 1.8 зображено спрощену конструкцію мембранної камери, затиснутої по зовнішньому контуру, діаметром  $D$ , в корпусі і по внутрішньому контуру – в жорсткому центрі діаметром  $d$ .

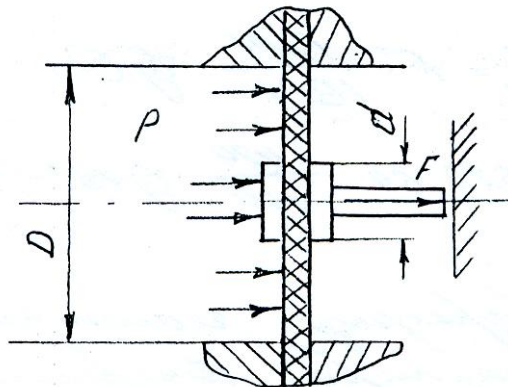


Рисунок 1.8 - Мембранна камера

Існує декілька теорій розрахунку ефективної площі мембрани. Візьмемо не дуже складний розрахунок:

$$F = \pi/12 * p(D^2 + Dd + d^2).$$

Залежність являє собою статичну характеристику мембранної камери по зусиллю

$$F=F(p).$$

Звідси:

$$S_e = \Pi/12 * p(D^2 + Dd + d^2).$$

Або це можна зобразити так:

$$S_e = \Pi D^2/4 * (1 + K + K^2)/3,$$

де  $K=d/D$ .

Як видно – із збільшенням  $K$ , зусилля на штоку росте.

У використовуваних пневмокамерах з плоскою мембраною  $Y=0,25 \div 0,85$

Потрібне зусилля на штоці ми розраховували:  $F_M=4200\text{Н}$ .

Тиск в мережі беремо порядку  $0,3 \dots 0,4$  МПа.

Отже:

$$S_e = \frac{F}{P} = \frac{4209.3}{3 * 10^5} = 1.403 * 10^{-2} \text{ м}^2$$

Враховуючи, що  $K=0,25 \dots 0,85$ , можемо розраховувати  $D$  і  $d$ .

При  $K=0,5$ ,  $D=0,175$  м,  $d=0,0875$  м.

### 1.6.2 Розрахунок об'єму пневмокамер для визначення витрати повітря на автоматі

На автоматі встановлено: пневмокамеру затискну вертикальних зварочних колодок, пневмокамеру відводу зварочних колодок, дві пневмокамери вузла нижнього затиску стрічки, дві пневмокамери вузла затиску пакета, дві пневмокамери вузлів ножиць, дві пневмокамери приводу вузла горизонтального шва [5].

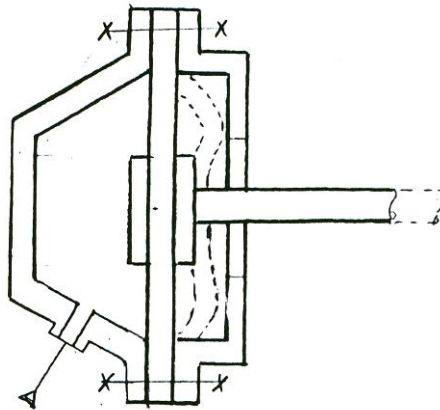


Рисунок 1.9 – Пневмокамера

Об'єм пневмокамер приблизно дорівнює

$$V_k = V_{\text{цик}} + V_{\text{гвал.}}$$

Камера затиску вертикальних зварочних колодок:

$$V^1 = V_1 + V_2,$$

$$V_1 = V_{\text{цик}} = 1/4 \Pi d^2 * h = 1/4 \Pi * 3^2 * 1,5 = 3,345 \text{ см}^3,$$

$$V_{\text{с кол}} = 1/3 \Pi h (r_1^2 + r_1 * r_2 + r_2^2) = 1/3 \Pi * 5 (8,75^2 + 8,75 * 5,5 + 5,5^2) = 98,25 \text{ см}^3,$$

$$V_k^1 = 319,2 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Дві камери вузла горизонтального шва мають об'єм також 320 см<sup>3</sup>, так

як вони однакові по розмірах з камерою затиску вертикальних зварочних колодок.

Камера відводу зварочних колодок:

$$V^2 = V_1 + V_2,$$

$$V_1 = V_{\text{цик}} = 1/4 \pi * 10^2 * 1 = 78.53 \text{ см}^3,$$

$$V_2 - V_{\text{ус кол}} = 1/3 \pi * 1.3(5^2 + 5 * 2 * 2^2) = 53.09 \text{ см}^3,$$

$$V^2 = 131.63 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Камера механізму відрізки пакета:

$$V^3 = V_1 + V_2,$$

$$V_1 = V_{\text{цик}} = 1/4 \pi * 8^2 * 1 = 50.27 \text{ см}^3,$$

$$V_2 - V_{\text{ус кол}} = 1/3 \pi * 1.3(4^2 + 4 * 2 * 2^2) = 27.23 \text{ см}^3,$$

$$V^3 = 77.5 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Камера вузла нанесення дати:

$$V^4 = V_1 + V_2,$$

$$V_1 = V_{\text{цик}} = 1/4 \pi * 6^2 * 1 = 28.27 \text{ см}^3,$$

$$V_2 - V_{\text{ус кол}} = 1/3 \pi * 1.3(3^2 + 3 * 1.5 * 1.5^2) = 16.49 \text{ см}^3,$$

$$V^4 = 44.76 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Камера вузла затиску пакета:

$$V^5 = V_1 + V_2,$$

$$V_1 = V_{\text{цик}} = 1/4 \pi * 5^2 * 1 = 19.63 \text{ см}^3,$$

$$V_2 - V_{\text{вст. кол}} = 1/3 \pi * 1.3(2.5^2 + 2.5 * 1.5 * 1.5^2) = 12.83 \text{ см}^3,$$

$$V^5 = 32.46 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Об'єм всіх камер рівний:

$$V=3V^1+V^2+2V^3+2V^4+2V^5,$$

$$V=3*320+13.2+2*78+2*45+2*33=1404 \text{ см}^3=1,5 \text{ дм}^3,$$

$$V_{\text{шлангів}}=250 \text{ см}^3=0,25 \text{ дм}^3.$$

Об'єм сумарний:

$$V=V_{\text{камер}}+V_{\text{шл}},$$

$$V=1,5+0,25=1,75 \text{ дм}^3.$$

Продуктивність автомата: 3000 пак/год.

Розхід повітря:  $Q=1,75*3000=5,25 \text{ м}^3/\text{год}$ .

### 1.6.3 Розрахунок кінематики автомата

Продуктивність автомата:

$$N=3000 \text{ пак/год.} = 50 \text{ пак/хв.}$$

$$N= n_{\text{зв}} * i_{\text{рем н}} * i_{\text{кап н}} * i_{\text{ред}} * i_{\text{кор. н}} * 4,$$

де  $i_{\text{ред}}$  – передаточне число червячного редуктора.

$$i_{\text{ред}} = \frac{1}{30},$$

$$i_{\text{кор. н}} = \frac{Z_{11}}{Z_{10}} = \frac{25}{50} = \frac{1}{2},$$

де  $i_{\text{кор. н}}$  - передаточне число коробки передач.

$$i_{\text{кор.п}} = \frac{Z_{17}}{Z_{18}} * \frac{Z_{18}}{Z_{19}} = \frac{20}{34} * \frac{34}{40} = \frac{1}{2};$$

де  $i_{\text{пас. п}}$  – передаточне число пасової передачі.

Міняючи шківни можна добитися різного значення  $i_{\text{пас.п}}$  в залежності від необхідної продуктивності.

$$n_{\text{зв}} = 1440 \text{ об/хв.}$$

Для електродвигуна 4А71 N=0,75кВт (ГОСТ 19523-74).

Для N =50 пак/хв.

$$i_{\text{пас. п}} = \frac{N}{n_{\text{зв}} * i_{\text{ред}} * i_{\text{кор.п}} * 4} = \frac{50}{1440 * \frac{1}{30} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * 4} = \frac{50}{48}.$$

#### 1.6.4 Опис роботи системи керування комплексом фасування сипучих матеріалів

Електрична схема система керування комплексом фасування сипучих матеріалів в пакети предствлена на рисунку 1.10 [ 1 ], [ 2 ].

Схема складається з наступних блоків і вузлів:

- вузла приводу;
- блоку зварки пакетів.

Вузол приводу.

Привід складається з електродвигуна М1 теплового реле КК, кнопок керування SB1, SB2, SB3, SB4 і контактів реле тиску К4, включеного послідовно в мережу живлення котушки магнітного пускача КМ.

Кнопки Пуск SB1 і Стоп SB2 знаходяться на автоматі і використовуються при його наладці.

Вмикається схема пакетником Q1 у виробничу трьохфазну мережу напругою 380 В.

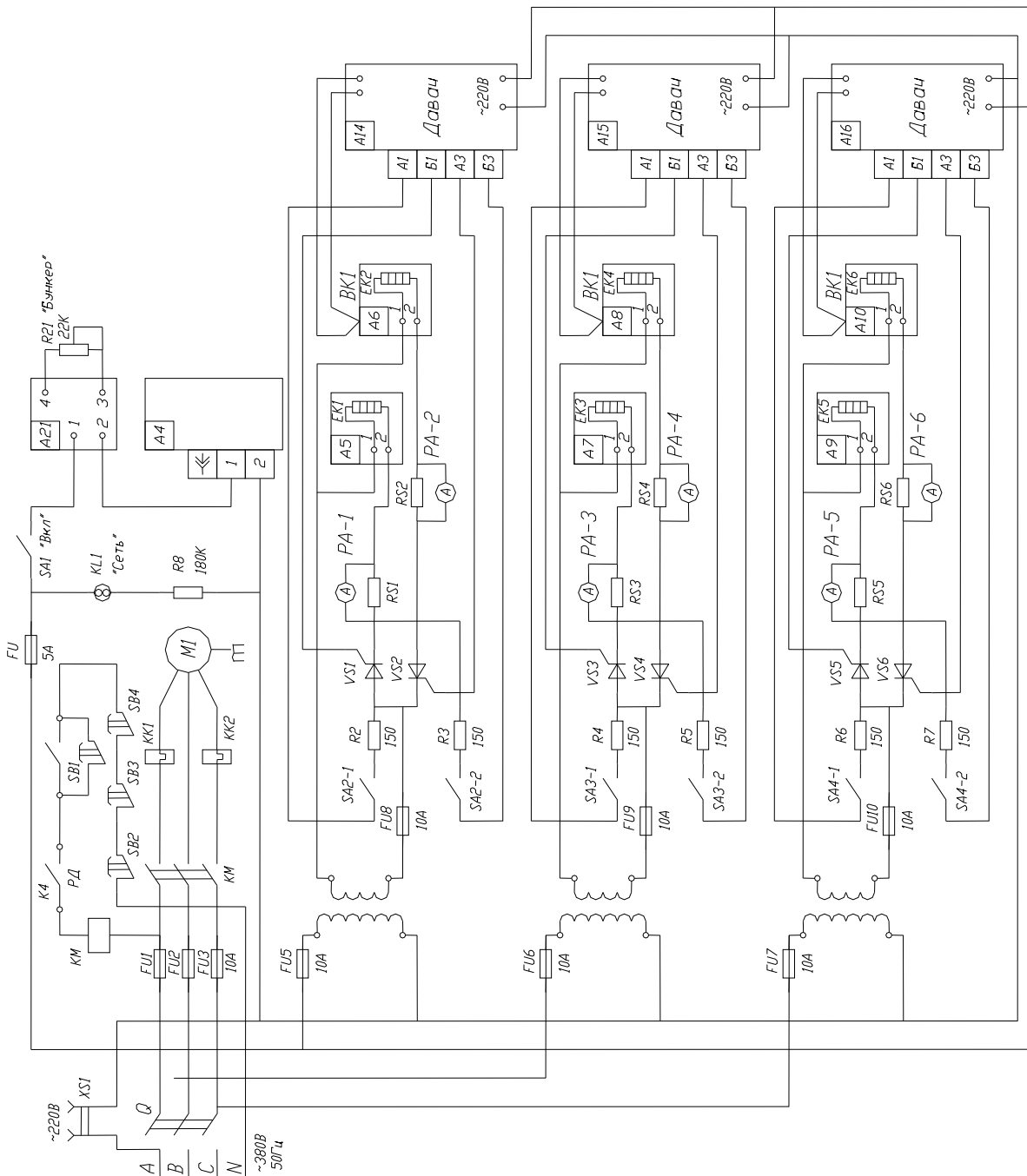


Рисунок 1.10 - Електрична функціональна схема автоматизованого комплексу фасування силових матеріалів

### Блок зварки пакетів

Блок зварки пакетів складається з трьох вузлів зварки. Вузол зварки складається з понижуючого трансформатора Т1; безконтактного вимикача – зібраного на двох тиристорах Т10-25 (VS1-VS6); датчика температури.

В двох електротермічних установках температура однакова і підтримується за допомогою датчиків А14, А15, а температура установки ЕК5 і ЕК6 підтримується за допомогою датчика А16.

Схема вузла зварки пакетів служить для підтримування необхідної

температури зварки і працює наступним чином.

При включенні пакетника  $Q_1$  з вторинної обмотки трансформатора  $T_1$  напруга 36 В подається на нагрівальний елемент електротермічної установки. Для цього відкриваються пари тиристорів при допомозі включення тумблера SA2, SA3 або SA4. Для регулювання швидкості нагріву елемента включається додатня і від'ємна хвиля напруги живлення через пари тиристорів VS1/ VS6. Напруга відкривання тиристорів поступає з опору на керуючі електроди тиристорів через резистори R2/R7 і включені тумблери SA2, SA3 або SA4.

Проходить нагрів нагрівальних елементів електротермічних установок.

Коли температура в установці досягне визначеного значення, датчик дає команду на включення відповідного проміжного реле. Контакти реле розривають мережу керування тиристора і він закривається, так як живиться змінною напругою. Температура установки починає знижуватись і досягнувши заданого нижнього значення мережі приводить до того, що потенціометр (температура) дає команду на включення реле. Температурний цикл повторюється.

#### 1.6.5 Розрахунок черв'ячної передачі

*Вихідні дані:*

$N_B = 20,88$  об/хв – частота обертання черв'ячного колеса;

$F_t = 1521.68$  Н - колова сила на колесі.

Розрахунок проводимо по [14].

Для вінця черв'ячного колеса приймаємо бронзу БрО10Ф1, відлиту в кокіль, для черв'яка – вуглецеву сталь з твердістю HRC > 45. В цьому випадку по табл. 4.8 [14]. основне допустиме контактне напруження:

$$[Q_H] = 221 \text{ МПа.}$$

Розрахункове допустиме напруження:



$$[Q_H] = [Q_H] K_{HL},$$

де  $K_{HL}=0,67$ .

$$[Q_H] = 221 * 0,67 = 148 \text{ МПа.}$$

Передаточне відношення передачі  $U=46$ , число витків черв'яка  $Z_1=1$ ,  
тоді:

$$Z_2 = Z_1 * U = 1 * 46 = 46.$$

Приймаємо попередньо коефіцієнт діаметра черв'яка  $g=12,5$  і  
коефіцієнт навантаження  $K=1,2$ .

Міжосьова віддаль з умови контактної міцності буде рівна:

$$A_w = \left( \frac{Z_2}{g} + 1 \right) * \sqrt[3]{\frac{170}{Z_2 / g * \{Q_H\}}} * T_2 K$$

$$A_w = \left( \frac{4,6}{12,5} + 1 \right) * \sqrt[3]{\left( \frac{170}{4,6/12,5 * 148} \right)^2 * 174,99 * 1,2 * 10^3} = 128,4 \text{ мм.}$$

Модуль дорівнює:

$$M = \frac{2a_w}{z_2 + g}$$

$$M = \frac{2 * 128,4}{46 + 12,5} = 4,39.$$

Приймаємо по ГОСТ 2144-76 стандартні значення:

$$M=5\text{мм,}$$

$$g=12,5,$$

$$z_2=46.$$

Перераховуємо міжосьову відстань:

$$A_w = \frac{5 \cdot (46 + 12,5)}{2} = 146,25 \text{ мм.}$$

Основні геометричні параметри черв'яка:

ділительний діаметр:  $d_1 = g \cdot m = 12,5 \cdot 5 = 62,5 \text{ мм}$

діаметр впадин витків черв'яка:  $d_{f1} = d_1 - 2,4m = 62,5 - 2,4 \cdot 5 = 50,5 \text{ мм}$

діаметр вершин витків:  $d_{a1} = d_1 + 2m = 62,5 + 2 \cdot 5 = 72,5 \text{ мм}$

ділительний кут підйому  $j$  по табл. 4.3 при  $Z_1 = 1$ ;  $g = 12,5$ ;  $j = 4^{\circ}35'$ .

Основні геометричні параметри вінця червячного колеса:

ділительний діаметр червячного колеса:  $d_2 = z_2 \cdot m = 46 \cdot 5 = 230 \text{ мм}$

діаметр вершин зубів червячного колеса:  $d_{a2} = d_2 + 2m = 230 + 2 \cdot 5 = 240 \text{ мм}$

діаметр впадин зубів червячного колеса:  $d_{f2} = d_2 - 2,4m = 230 - 2,4 \cdot 5 = 218 \text{ мм}$

ширина вінця червячного колеса:  $b_2 < 0,75 d_{R1} = 0,75 \cdot 72,5 = 54,38 \text{ мм.}$

Колова швидкість черв'яка

$$U_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60},$$

де  $n_1 = n_b \cdot U = 20,88 \cdot 46 = 960,48 \text{ об/хв.}$

$$U_1 = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 10 \cdot 960,48}{60} = 31,67 \text{ м/с.}$$

Момент на червячному колесі:

$$T_{4K} = F_t \cdot R = 1521,68 \cdot 0,115 = 174,99.$$

Швидкість ковзання:

$$U_s = \frac{U_1}{\cos j} = \frac{31,67}{\cos 4^{\circ}35'} = 31,77 \text{ м/с.}$$

ККД передачі з врахуванням втрат в опорах, втрат на розбризування і переміщення масла:

$$n = (0.95 / 0.96) * \frac{tgj}{tg(j + S)}$$

$$n = (0.95 / 0.96) * \frac{tg4^{\circ}35'}{tg4^{\circ}35'} = 0,779 \dots 0,787$$

По таблиці 4.7 [14] значення коефіцієнта динамічності  $K_S = 1,25$ .

Коефіцієнт нерівностей розподілу навантаження:

$$K_p = 1 + \left(\frac{Z^2}{Q}\right)^3 * (1-x),$$

де  $Q = 154$  – коефіцієнт деформації черв'яка

$$K_p = 1 + \left(\frac{46}{154}\right)^3 (1-0,6) = 1,01.$$

Коефіцієнт навантаження:

$$K = K_v * K_p = 1,01 * 1,25 = 1,26.$$

Перевіряємо контактне напруження:

$$U_H = \frac{170 * g}{Z^2} * \sqrt{\frac{T_2 K (Z_2 / g + 1)^3}{Q W^3}}$$

$$U_H = \frac{170 * 12.5}{46} * \sqrt{\frac{174.99 * 1.26 * (46 / 12.5 + 1)^3 * 10^3}{146^3}} = 86,8 \text{ МПа,}$$

$$U_H < [U_H],$$

$$86,8 \text{ МПа} < 148 \text{ МПа.}$$

### 1.6.6 Розрахунок циліндричної передачі

Редуктор циліндричний двохступінчатий, отже загальне передаточне число:

$$U = U_1 * U_2,$$

$$U_1 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{130}{82} = 1.59,$$

$$U_2 = \frac{d_3}{d_2} = \frac{130}{82} = 1.59,$$

$$U = 1.59 * 1.59 = 25.$$

Момент на вихідному валу:

$$T_3 = T_2 = 5,07 \text{ Н*М.}$$

Частота обертання вихідного вала:

$$n_3 = 960.48 \text{ об/хв.}$$

Тоді на вихідному валу момент рівний:

$$T_1 = \frac{T_3}{U * n},$$

де  $n = 0.96$  – ККД циліндричного редуктора.

$$T_1 = \frac{5.07}{25 * 0.96},$$

$$n_1 = 960,48 * 2,5 = 2401,2 \text{ об/хв.}$$

### 1.6.7 Надійність циліндричної зубчатої передачі

Розрахунок по критерію опору контактній втомі проводимо по [14]. Ймовірність безвідмовної роботи  $P_H$  по критерію опору контактної втоми визначаємо, як ймовірність того, що контактне напруження не перевищує границі контактної виносливості, тобто:

$$P_H = f(V_H), (V_H < V_{Hlim}).$$

Середнє значення контактних напружень:

$$V_H = 600 \text{ Мпа.}$$

Середнє значення границі міцності:

$$V_{Hlim} = 780 \text{ Мпа.}$$

Визначаємо коефіцієнти варіації частих коефіцієнтів навантаження:

$$V_{HB} = \frac{1}{9} * \frac{K_{HB} - 1}{K_{HB}}$$

$$V_{HV} = 0.17 * \frac{K_{HV} - 1}{K_{HV}},$$

де  $K_{HB} = 1,15$  – коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження по ширині вінця;  $K_{HV} = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує динамічне навантаження, що виникає в зачепленні;  $K_L = 1$  – коефіцієнт зовнішнього навантаження;  $K_{Hj} = 0,8$  – коефіцієнт, який враховує розподіл навантажень між зубцями.

Отже,

$$V_{HB} = \frac{1,15-1}{9*1,15} = 0,014;$$

$$V_{HV} = 0,17 * \frac{1,2-1}{1,2} = 0,028.$$

Коефіцієнт  $V_{Hj}$  вибирається з таблиці [3, ст.. 117].

$$V_{Hj} = 0,05.$$

З врахуванням того, що коефіцієнт варіації коефіцієнта зовнішнього навантаження  $V_j = 0,1$ , обчислимо коефіцієнт варіації коефіцієнта навантаження:

$$V_{HE} = \sqrt{V_1^2 + V_{HB}^2 + V_{HV}^2 + V_{Hj}^2}$$

$$V_{HE} = \sqrt{0,1^2 + 0,014^2 + 0,028^2 + 0,05^2} = 0,116.$$

Коефіцієнт варіації контактного напруження:

$$V_{Hj} = 0,5 V_{HE}$$

$$V_{Hj} = 0,5 * 0,116 = 0,058.$$

Значення коефіцієнта варіації границі виносливості зразка  $V_{Hlim} = 0,8 \dots 0,10$ , беремо  $V_{Hlim} = 0,9$ .

Визначаємо коефіцієнт варіації зубчастого колеса:

$$V_{Hlim} = \sqrt{(V_{Hlim}^0)^2 + 0,05^2} = \sqrt{0,09^2 + 0,05^2} = 0,1058.$$

Коефіцієнт запасу міцності посереднім напруженням:

$$П_H = \frac{V_{H\lim}}{V_y} = \frac{780}{600} = 1,3$$

Звідси, квантіль нормального розподілення:

$$U_p = - \frac{n_H - 1}{\sqrt{n_H^2 * V_{H\lim}^2 + V_{VH}^2}} = - \frac{1.3 - 1}{\sqrt{1.3^2 * 0.1058^2 + 0.058}} = -2.197.$$

По таблиці 1.1 [3, с. 23] в залежності від  $U_p$  визначаємо ймовірність безвідмовної роботи по критерію опору контактній втомі.

$$P_H = 0,98.$$

Розрахунок на опір втомі при згині

У відповідності з рекомендаціями для покращення коліс приймаємо коефіцієнт варіації границі виносливості базового взірця:

$$V_{Flim}^0 = 0.09,$$

а середнє значення  $V_{Flim}^0$  обчислимо за формулою:

$$V_{Flim}^0 = (1,35 HB + 100) * \frac{1}{1 + U_p * V_{Flim}},$$

для якої  $HB = 300$  - твердість зуба колеса.

Отже,

$$V_{Flim}^0 = (1,35 * 300 + 100) * \frac{1}{1 + 1,28 * 0,09} = 571 \text{ МПа}.$$

Визначаємо середнє значення і коефіцієнт варіації границі виносливості зубчатого колеса:

$$V_{Flim} = V_{Flim}^0 * K_Z K_{FL} * \Pi_{KI},$$

де  $K_Z$  – коефіцієнт, що враховує багатоеlementність зубчатого колеса;

$K_{FL}$  = коефіцієнт довговічності;  $\Pi_{KI}$  – добуток коректуючих коефіцієнтів.

$$V_{Flim} = \sqrt{(j_Z V_{Flim})^2 + 0.14^2} = \sqrt{(0.6 * 0.09)^2} = 0.15,$$

де  $j_Z=0.8$  – коефіцієнти вибрані в залежності від  $V_{Flim}^0$ .

Коефіцієнт запасу міцності по середньому напруженні:

$$n_F = V_{Flim} / V_F = \frac{457}{280} = 1.63.$$

Квантіль нормованого нормального розподілення

$$U_p = - \frac{n_F - 1}{\sqrt{n_F^2 V_{Flim} + V_{VF}^2}} = - \frac{1.63 - 1}{\sqrt{1.63^2 * 0.15^2 + 0.12^2}} = -2.31.$$

Отже, за квантіллю  $U_p$  знаходимо ймовірність безвідмовної роботи зубчатого колеса (таблиця 1.2 [3, с. 24].

$$P_F = 0,9895$$

Ймовірність безвідмовної роботи  $P$  зубчатої передачі визначаємо, як добуток ймовірностей безвідмовної роботи по окремим критеріям.

Для такого типу коліс в яких найбільш небезпечні втомні порушення, ймовірність безвідмовної роботи рівна:

$$P = P_H P_F = 0.98 * 0.989 = 0.969.$$

Рекомендації по експлуатації циліндричного редуктора



Тривалість експлуатації циліндричного редуктора та надійність в значній мірі визначаються інтенсивністю і видом зношування його деталей.

Для зменшення зношування, зменшення витрат на тертя та охолодження деталей змащуючі матеріали.

Для редуктора рекомендуються наступні сорти масла:

- масло трансмісійне, згідно ТУ 38101529-79;
- масло трансмісійне TV<sub>n</sub>-15, згідно ГОСТ 23652-79 (для роботи при  $t = +35$ );
- У -50 – індустріальне.
- Не допускається нагрів редуктора та підшипникових вузлів на 40<sup>0</sup>С вище температури навколишнього середовища.
- Редуктор повинен працювати при вологості до 95% (при температурі  $t = 20^0$ С) пр зниженій по можливості запиленості. Зчеплення та підшипникові вузли змащуються партерним способом.

## 2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ

### 2.1 Розрахунок вібробункера

Вібробункери призначені для автоматизації завантажувальних операцій різних видів виробничих процесів. Вони являються універсальними засобами завантаження робочих позицій технологічного обладнання, в даному випадку для завантаження дозатора автомата сипучими матеріалами [1].

Вібробункер являє собою конструкцію з однією двохмасовою пружною коливальною системою

Верхню масу (активну) складає чаша 1 з прикріпленими до неї деталями і верхній фланець торсіона 2. Нижню масу (реактивну) складає нижній диск 12 з всіма прикріпленими до нього деталями і нижній фланець торсіона 2.

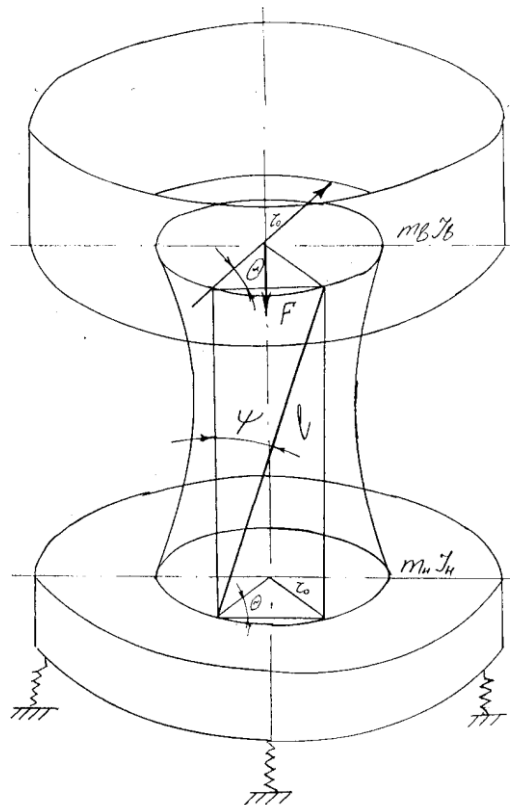


Рисунок 2.1 - Схема для розрахунку пружної системи

Верхня і нижня маси з'єднанні між собою пружною системою у вигляді шести плоских пружин, утворюючих разом з фланцями суцільний решітчастий гіперболоїдний торсіон 2.

В конструкцію бункера входить стійка 3, встановлена в центрі торсіону. Вона з'єднана з верхньою і нижньою масами бункера через амортизатори 18, 21 призначені для віброізоляції бункера.

Стойка 3 в верхній частині прикріплена до верхнього фланця торсіону через амортизатор 18, через шайби 17, що затягнуті до упору гвинтами 33.

Конус 16 закріплений в чаші через конус 14 гвинтами 13, які мають ліву різьбу.

Для зручності встановлення бункера на автомат і регулювання його по висоті, стійка 3 закріплена з підставкою 8.

Між верхньою і нижньою масами рівномірно по колу встановлені три електромагнітних вібропривода, які складаються з електромагніта 5 і якоря 4. Якір прикріплений до чаші бункера, а електромагніт до диска 6 нижньої маси. Між торцями магнітопроводів електромагніта 5 і якоря 4 знаходиться однакові у всіх трьох електромагнітних приводах зазори величиною 0,6...0,05 мм.

На обмотку електромагнітів 5 подають пульсуючу напругу. Під дією вимушуючих сил, якори 4 періодично притягуються до електромагнітів 5 з частотою пульсуючої напруги.

Внаслідок ефекту резонансу в системі з похилими плоскими пружинами створюються гвинтові коливання чаші 1, а також нижньої (реактивної) маси 12. Вібрація передається сипучому матеріалу, завантаженому в чашу, який в результаті вібрації переміщається по її днищу.

Розрахунок коливальної системи вібробункера зводиться до розрахунку параметрів пружинних підвісок, які забезпечують потрібну частоту власних коливань системи. Від точності розрахунку і настройки вібробункера на заданий режим в значній мірі залежить потрібне зусилля вібробункера і стійкість роботи вібробункера.

Кутова частота власних коливань вібробункера  $W_0$  визначається за формулою:

$$W_0 = \sqrt{\frac{C}{M}},$$

де  $M$  – приведена маса системи;  $C$  – жорсткість пружних підвісок чаші вібробункера.

Так, як  $W_0 = 2\pi V_0$ , то власна частота коливань системи, виражена числом коливань за одиницю часу  $V$ , буде рівна:

$$V_0 = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{C}{M}}$$

Оскільки рухома частина вібробункера закріплена на 6-ти похилих пружинних підвісках, утворюючих разом з фланцями цокольний решітчастий гіперболоїдний торсіон і маса її розподілена по визначеній поверхні, то для того, щоб використати формулу для визначення жорсткості підвісок, необхідно рухому масу вібробункера привести до точки кріплення плоских пружин.

Вихідні дані для розрахунку:

Резонансна настройка	$Z = \frac{W}{W_0} = 0.94$
Модуль пружності матеріалу пружин (допустиме напруження на виносливість)	$E = 2,1 * 10^6 \text{ кг/см}^2$
Межа виносливості матеріалу	$Z = 3000 \text{ кг/см}^2$
Модуль Юнга	$G = 8 * 10^5 \text{ кг/см}^2$
Кутова частота коливань	$W = 314 \text{ с}^{-1}$
Кут похилу пера	$\Phi = 20^\circ$
Радіус спряження	$R = 9 \text{ см}$
Довжина пера	$L = 165 \text{ мм}$
Кількість пер торсіона	$I = 6$

Визначаємо приведену масу вібробункера. Активна (робоча) маса:

	М (Г*с <sup>2</sup> /см)	I (Г*см/ с <sup>2</sup> )
Чаша	5,31	3902
Кільце	2,12	1239
Дно	10,84	4351
Конус	2,33	480
Кришка –конус	0,39	2
Кришка	4,11	31
Фланець верхній	3,99	235
З якоря	4,38	996
Всього	33,4	11236
	$M_b=34.1$	$I_b =$
	(Г*с <sup>2</sup> /см)	(Г*см/ с <sup>2</sup> )

Реактивна маса

	М (Г*с <sup>2</sup> /см)	I (Г*см/ с <sup>2</sup> )
Фланець нижній	3,4	233
Основа	10,29	2123
Реактивна плита	30,1	7091
Кожух	3,86	1292
Електромагніт	8,51	1910
Всього	56,8	12650
	$M_H = 57.3(Г*с^2/см)$	$I_H = 12900$
		(Г*см/ с <sup>2</sup> )

Пружна система повинна забезпечити напрямок на середньому радіусі  $r_c$  мотка і потрібну резонансну настройку, яка володіє достатньою міцністю при заданих амплітудах переміщення.

Кут  $\beta$  визначається:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{(1+M) * r_c C}{(1+M') r C},$$

де  $S = \sin \theta \operatorname{tg} \Psi$ ;

$$M = \frac{I_{\epsilon}}{I_H};$$

$$M = \frac{M_B}{M_H};$$

$m_B, m_H, I_B, I_H$  – відповідно маси і моменти інерції чаші і реактивної плити;

$r$  – радіус кріплення пера;  $\Psi$  – кут нахилу осі пера до вертикалі;

$\theta$  – кут утворений радіусом  $r$  і проекцією осі пера на горизонтальну площину:

$$\cos \theta = \frac{\sin \beta}{2p},$$

де  $p = \frac{r_0}{l}$ , де  $l$  - довжина пера.

Кут  $\Psi$  визначається з рівняння:

$$\sin^4 \Psi - 4 \left[ \left( \frac{1+M}{1+M'} * \frac{r_c}{r_0} \operatorname{tg} \beta \right)^2 + 1 \right] p^2$$

Настройку  $Z = \frac{W}{W_0}$ , яка забезпечує стабільність роботи живильника при мінімальній вимушуючій силі  $P$ , вибирають в межах 0,93/0,96. ( $W_0$  – власна частота коливань). Жорсткість пружної системи, яка забезпечує величину  $Z$ .

$$C = \frac{W^2}{Z^2} * M,$$

де  $M$  – приведена маса системи :

$$M = \frac{m_b * S^2}{1 + M^1} + \frac{I_b}{Z_0^2 * (1 + M)}$$

Жорсткість гіперболоїдного торсіона:

$$C_{\Gamma\Gamma} = \frac{K_1 * E_e}{L^3},$$

де

$$K_1 = r * \frac{\sin^2 O}{\cos^2 \Psi} + \frac{r^3}{3} - \cos^2 O + \frac{r - 0.63}{3p^2} * \frac{G}{E} \cos \Psi,$$

$i$  – число пер торсіону;  $E$ ,  $G$  – відповідно модуль поздовжньої пружності і модуль зсуву;

$$r = \frac{h}{b}.$$

Стійкість пружної системи при мінімальних габаритних розмірах забезпечується вибором довжини пер  $L_{\min}$ .

## 2.2 Розробка інформаційної моделі системи керування

З розвитком цифрової техніки з'явилась можливість створення ланки гнучких і мобільних систем керування.

Інформаційну модель системи керування будемо таким, щоб було наглядно видно рух повідомчих сигналів до модулів керування і спрацювання механізму, налагодження і вмикання двигуна руху конвеєра.

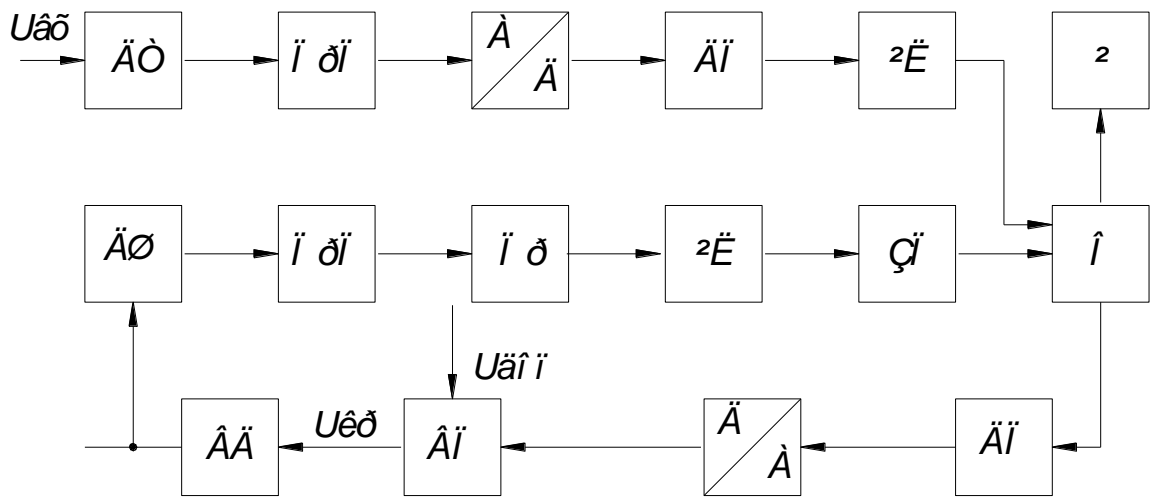


Рисунок 2.2 – Схема інформаційної моделі

ДТ - тензодатчик; ПрП - пристрій передачі; А/Д - аналого-цифровий перетворювач; ДП - диференційний підсилювач; ІП - інтегруюча ланка; ДШ - датчик швидкості; Пр - перетворювач; ЗП - запам'ятовуючий пристрій; О - обчислювач; І - індукуючий пристрій; Д/А - цифро-аналоговий перетворювач; ВП - вихідний підсилювач;  
 ВД - виконавчий двигун.

Для перевірки проектованої системи складаємо матрицю інцендентності. Аналізуючи матрицю інцендентності можна оцінити керованість, контрольованість сітки Петрі – моделі системи керування.

Для спрощення аналізу дещо спростимо сітку, об'єднавши пункти технологічного процесу в переходах.



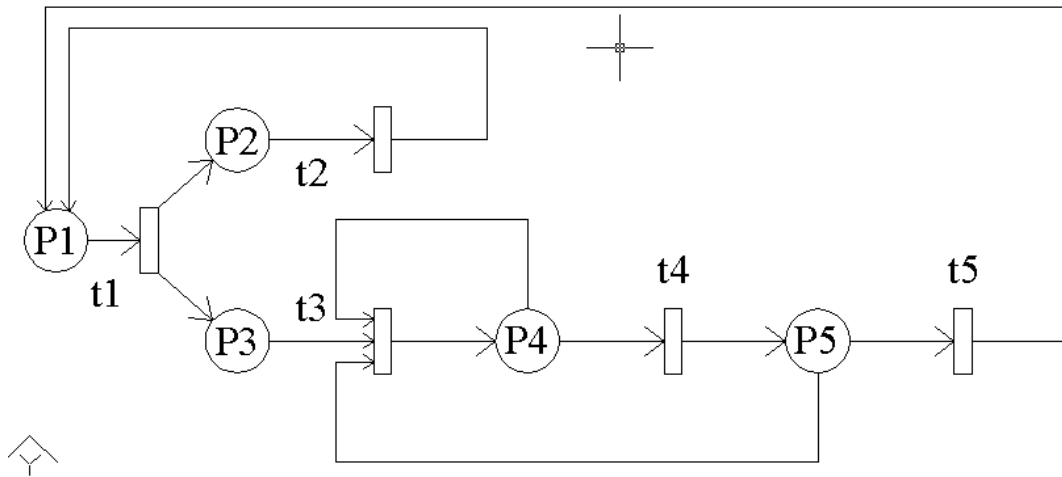


Рисунок 2.3 - Сітка Петрі

Для сітки Петрі з п'ятьма переходами і п'ятьма позиціями складаємо матрицю інцедентності, елементами якої є цілі числа, які визначаються виразом. [16, с. 128-140].

$$P_i = [M(:,1)M(:,1)..]$$

$$P_i = [M(:,2)..]$$

...

$$P_5$$

$$T_i = [0, t_1, t_2 + t_3, t_2 + t_3 + t_4 + \max(t_2, t_5)]$$

$$stem(TT, P_i)$$

$$dt = sum(T(i,:))$$

$$dt = T(1,:), T(2,:), T(3,:), T(4,:), T(5,:)$$

Таблиця 2.1 - Матриця інцедентності

M0	P1	P2	P3	P4	P5	
M1	1	0	0	0	0	{Q}
M2	0	1	1	0	0	{t1}
M3	0	1	0	1	0	{t3}
M4	0	1	0	0	1	{t4}
M5	1	0	0	0	0	max{t2, t

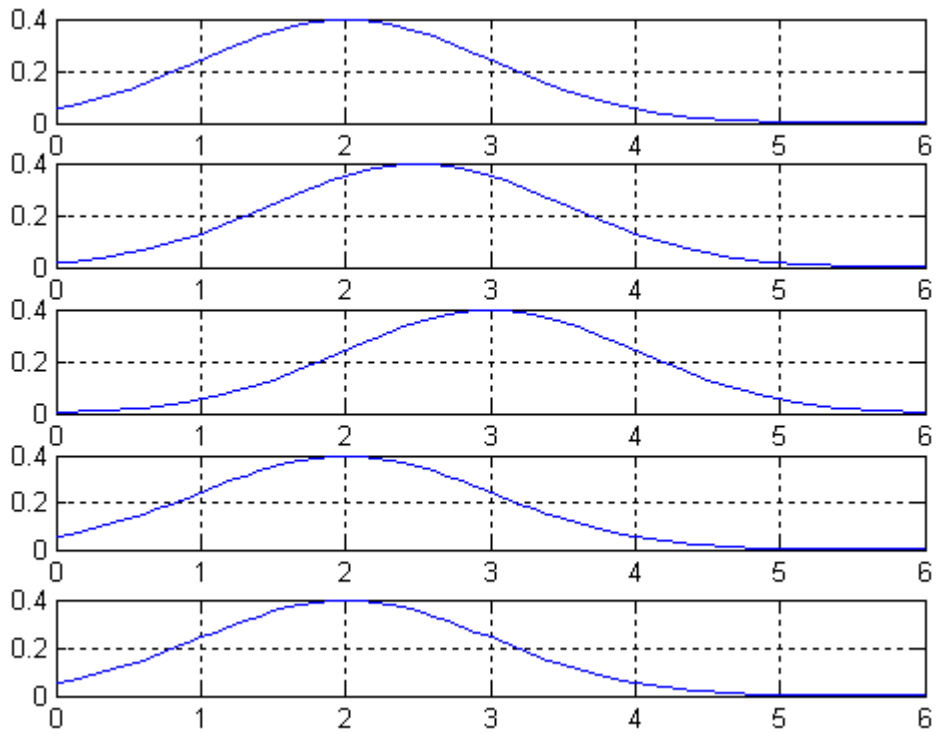


Рисунок 2.4 – Графічне зображення Петрі

Стан позицій досліджуваного графа Петрі протягом одного циклу (фасувальної операції). Стовпці матриці ММ відповідають станам позицій графа  $P_i$ , рядки – окремим станам фасувального циклу.

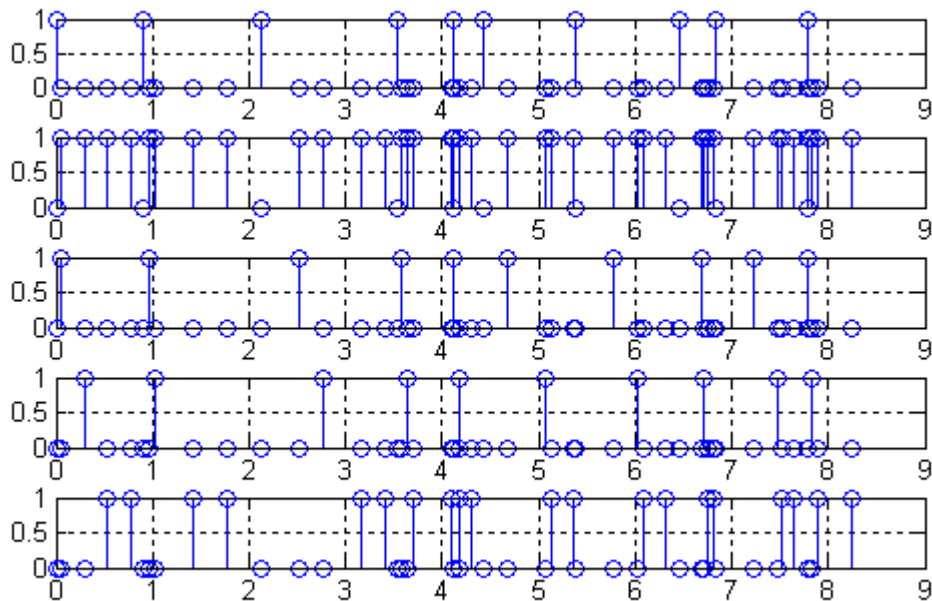


Рисунок 2.5 – Графічне моделювання фасувального циклу

$$\begin{array}{rcccccc} \text{MM} = & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Час тривання 10-ти кратного циклу фасувальних операцій  $TN = 53.0623$ .

В алгоритмі вказуємо кожний пункт виконання технологічного процесу і результату справдження покладених умов, а також дії системи при виконанні тієї чи іншої умови.

Таким чином розроблено модель системи керування, проведено аналіз її роботи, складено алгоритм роботи, побудовано сітку Петрі, яка моделює послідовність фасувальних операцій системи автоматичного фасування а також розроблено програмне забезпечення для дослідження її функціонування.

На запропонованій моделі можемо оцінити час необхідний для виконання заданого числа циклів, час перебування кожного із переходів в активному стані, побудували графік досяжності системи і таким чином отримали дані для оптимізації процесу автоматичного фасування сумішей.

## **3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР**

### **3.1 Обґрунтування вибору і опис функціональної схеми автоматичного регулювання, технологічного контролю, захисту**

Знайомство з технікою ООП у цій роботі ілюструється прикладами, об'єднаними рамками наступної навчальної задачі. Потрібно розробити програму, що створює на екрані ряд графічних зображень (крапки, окружність, лінія, квадрат) і може переміщати ці зображення по екрані. Для переміщення зображень у програмі будуть використовуватися клавіші керування курсором, клавіші Home, End, PgUp, PgDn (для переміщення по діагональних напрямках) і клавіша Tab для вибору переміщуваного об'єкта. Вихід із програми – клавіша Esc. Технічна реалізація програми зажадає використання засобів двох стандартних бібліотек – CRT і GRAPH. Щоб не відволікати увагу від основних проблем ООП, при описі реалізації навчальної задачі особливості використання засобів цих бібліотек, що дуже коротко коментуються в текстах програми.

Функціональна схема теплотехнічного контролю і автоматики є основним технічним документом, який визначає функціональну структуру і об'єм автоматизації та встановлює зв'язки між технологічним обладнанням або окремими його вузлами та засобами КВП і автоматики з показом всіх зв'язків між ними.

Вибір апаратури теплотехнічного контролю і автоматизації виробництва виконуємо згідно функціональної схеми, правил вибору та робочих параметрів технологічного процесу.

### **3.2 Способи реалізації заданих функцій**

Для вимірювання зношення зразків [2] при обертанні використовуємо індуктивний та тензометричний давач переміщення, що може забезпечити дану точність і легко інтегрується в ІВС систему. Провертання зразка буде здійснюватися за допомогою крокового двигуна для забезпечення потрібної швидкості та плавності провертання кільця.

Функції відображення параметрів кільця та інтерфейсу із користувачем реалізуємо за допомогою багатофункціонального графічного дисплея на рідких кристалах [20]. Для ручного керування використовуємо дискретні кнопки. Для віддаленого керування обрано інтерфейс RS-232. Для живлення всієї системи керування пристроєм для вимірювання зношення в процесі тертя зразків циліндричної форми використовуємо 100Вт блок живлення, робоча напруга якого складає 24В.

Функціональна схема блоку керування показана на рисунку 3.1. Система вимірювання складається з каретки, тензометричного датчика, щупів, які кріпляться на державках і переміщуються поздовж по направляючих і впоперек по салазках, за допомогою крокового двигуна. Вимірювання здійснюється індуктивним датчиком, який підпружинений пружинами.

В процесі обертання створюється тертя між зразком і контр зразком, яке приводить до зношення матеріалу зразка і зміни його діаметрального розміру. Зміна контролюючого діаметрального розміру викликає переміщення вимірювальних щупів, один з яких жорстко зв'язаний з корпусом індуктивного датчика, а другий – з підстроювальним болтом, в кінці якого впресована для точності вимірювання вимірювальна п'ятка, викликаючи відповідну зміну сигналу, який через схему узгодження потрапляє на вхід АЦП.

### 3.3 Принцип роботи функціональної схеми

При вимірюванні здійснюємо запис графіку зміни діаметральних

розмірів зразка по всій його довжині. Порівняння графіків дозволяє визначити величину лінійного зношення зразків.

Дані про вимірювання виводяться на LCD дисплей, та передаються через послідовний асинхронний інтерфейс UART на персональний комп'ютер.

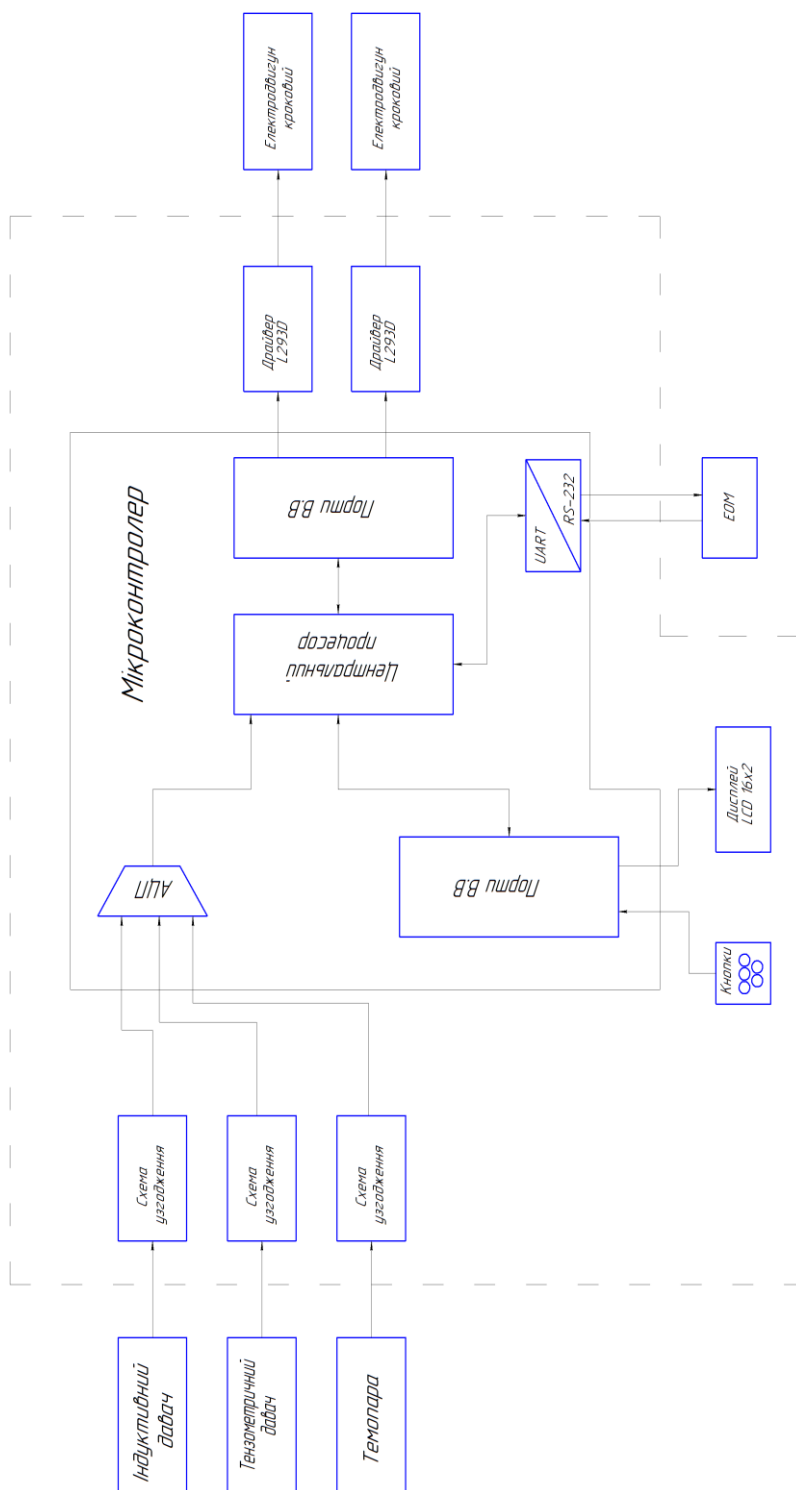


Рисунок 3.1 – Функціональна схема приладу

### 3.4 Використання об'єктів

Ідею інкапсуляції полів і алгоритмів можна застосувати не тільки до графічних об'єктів, але і до всієї програми в цілому. Ніщо не заважає нам створити об'єкт-програму і навчити його трьома основним діям: ініціалізації (Init), виконанню основної роботи (Run), завершенню (Done). На етапі ініціалізації екран переводиться в графічний режим роботи і створюються і відображаються графічні об'єкти (100 екземплярів Tpoint і по одному екземплярі TLine, TCircle, TRect). На етапі Run здійснюється сканування клавіатури і переміщення графічних об'єктів. Нарешті, на етапі Done екран переводиться в текстовий режим і завершується робота всієї програми.

### 3.5 Середовище програмування LabVIEW

В даній роботі я використовую середовище програмування LabVIEW [15]. Дана програма використовується для програмування програмно-апаратних засобів і створення вимірювальних систем, збір, обробка і відображення даних, дистанційне керування вимірювальними приладами і тестування виробів. Автоматизовані системи збору даних і обробки даних, управління на базі персонального комп'ютера з використанням нових технологій програмного середовища LABVIEW, включаючи дистанційне керування автоматизоване управління і сама різна фізичне природи і використання дротяних і бездротових каналів. Також дана програма використовується в учбовому процесі і використовує стандартний пакет, призначений для автоматизації лабораторного обладнання LabView.

При запуску LabView з'являється діалогове вікно. Воно складається з наступних компонентів: Меню зі стандартними елементами типу File Exit

Набор кнопок для створення і відкриття VI, налаштування пристроїв збору даних, і пошуку довідкової інформації.

-Натисніть на кнопку New для створення нового VI. Натисніть на стрілку у кнопки New для вибору - відкрити порожній VI або відкрити діалогове вікно з додатковими параметрами створення нового додатка .- Натисніть кнопку Open для того, щоб відкрити існуючий VI. Натисніть на стрілку у кнопки Open для того, щоб відкрити файл зі списку нещодавно відкритих .

- Натисніть на Кнока Configure для налаштування пристроїв збору даних. Натисніть на стрілку у кнопки Configure для налаштування LabVIEW .

- Натисніть на кнопку Help для запуску довідкової системи LabVIEW. Натисніть на стрілку у кнопки Help для інших можливостей допомоги, включаючи NI Example Finder (пошук прикладів). Коли ви натискаєте на кнопку New у діалоговому вікні Labview, відкривається вікно створення нового файлу. Також можна відкрити це вікно через меню (File New). При виборі шаблону в списку Create new, поруч відображається вид створюваного документа - лицьова панель в секції Front panel і схема в секції Block diagram preview, а так само показується опис шаблону в секції Description. Натисніть на кнопку ОК, щоб відкрити шаблон. Також, можна просто зробити подвійне клацання на імені шаблону в списку. Якщо в списку немає відповідного для вашої задачі шаблону, можна почати з порожнього VI (blank VI) і створити потрібний додаток.



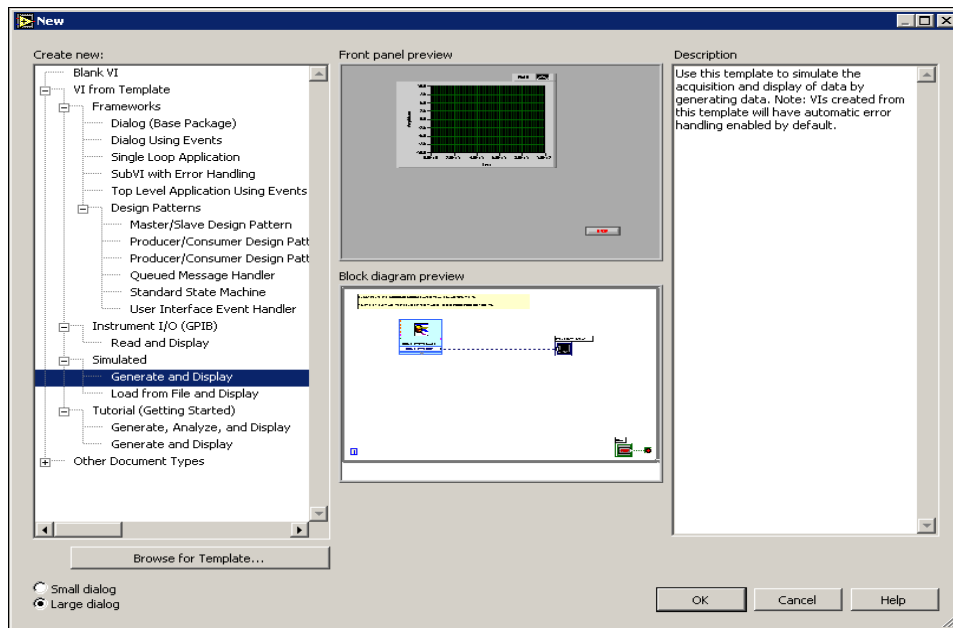


Рисунок 3.2 – Створення програми

Відкриття існуючого документу. Щоб завантажити існуючий VI, натисніть кнопку Open в початковому діалоговому вікні, або відкрийте файл через меню File Open. З'явиться діалогове вікно, в якому можна буде вибрати потрібний файл і відкрити його. Прі завантаженні VI, може з'явитися вікно, в якому відображається процес завантаження:

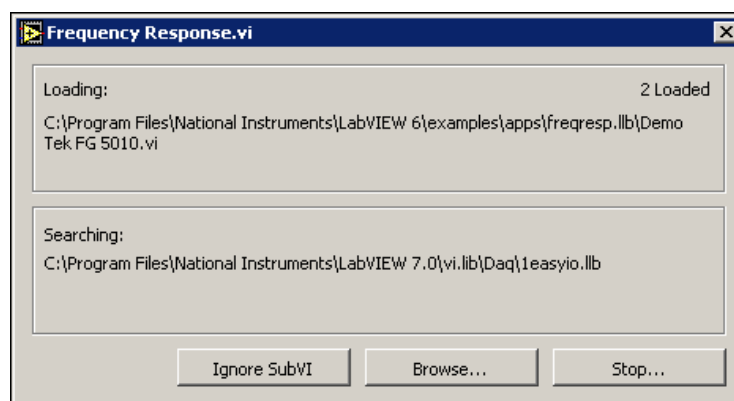


Рисунок 3.3 –Frequency Response

Тут відображається інформація про завантаження SubVI (підпрограм) на згадку, кількості вже завантажених SubVI. Якщо LabVIEW не може виявити потрібний файл, починається пошук його в каталогах, заданих в VI

Search Path (список каталогів можна відредагувати, зайшовши в меню Tools Options і вибравши розділ Paths. Ви можете пропустити завантаження SubVI натиснувши на кнопку Ignore SubVI або знайти потрібний файл самостійно, натиснувши на кнопку Browse. Завантаження можна в будь-який момент зупинити, натиснувши на кнопку Stop.

### 3.6 Меню Operate

Містить елементи, які використовуються для керування роботою VI. Меню Tools містить елементи для налаштування LabVIEW, ваших проектів, і VI. [19] Меню Browse містить елементи, які дозволяють вивчити властивості даного VI, а так само його ієрархію. Меню Window містить елементи, які дозволяють налаштувати вид поточного вікна і палітр. Також можна отримати доступ до вікна зі списком помилок (Error List window) і подивитися вміст буфера обміну. Меню Help містить елементи для пояснення та визначення можливостей лабвью та інших компонентів, надає доступ до документації LabVIEW і до технічної підтримки National Instruments. Лицьова панель і схема. Когда ви створюєте новий порожній VI, з'являється вікно лицьовій панелі. Крім лицьовій панелі, з'являється ще кілька вікон (палітри), які використовуються при створенні VI. В іншому вікні міститься схема (block diagram). На малюнку приведений загальний вигляд цих вікон і вказані їх.

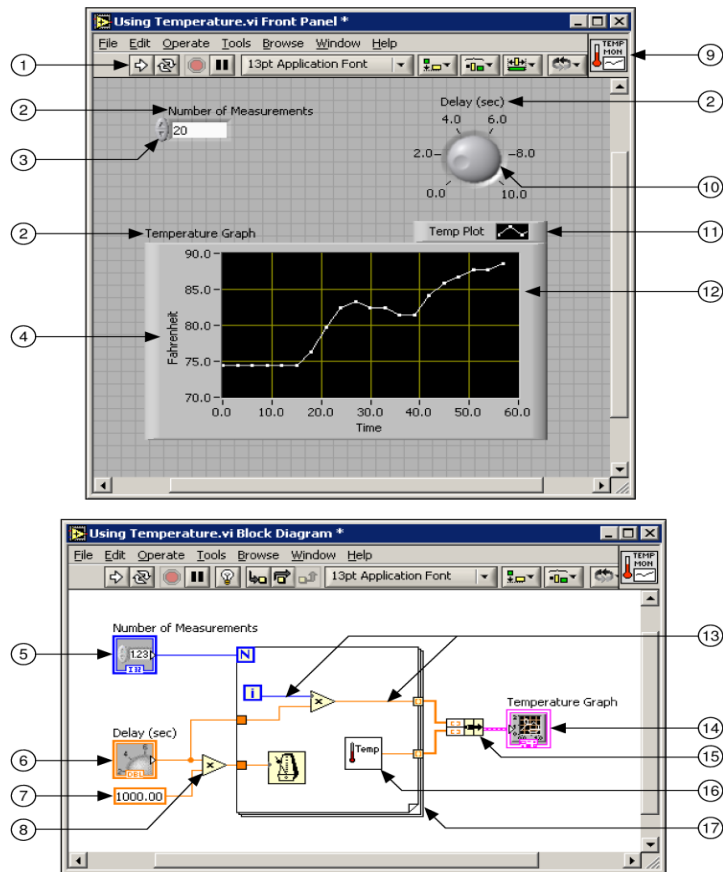


Рисунок 3.4– Front Panel

1. Панель інструментів (Toolbar)
2. Ярлик (Label)
3. Цифровий регулятор (Numeric Control)
4. Ярлик (Label)
5. Термінал цифрового регулятора (Numeric Control Terminal)
6. Термінал ручки (Knob Terminal)
7. Чисельна константа (Numeric Constant)
8. Функція множення (Multiply Function)
9. Піктограма (Icon)
10. Ручка (Knob Control)
11. Опис графіка (Plot Legend)
12. Графік (XY Graph)
13. З'єднання, нитка даних (Wire Data Path)
14. Термінал графіка (XY Graph Terminal)
15. Функція об'єднання в кластер (Bundle Function)
16. Підпрограма, сабві (SubVI)
17. Цикл for (For Loop Structure)

### 3.7 Графіки Waveform Graph і XY Graph

Графіки знаходяться в палітрі Controls Graph Indicators. Графік

Waveform Graph служить для відображення функцій типу  $y = f(x)$ , де кожному значенню  $x$  відповідає одне єдине значення  $y$ . Графік відображає масив значень  $y$ , при цьому по осі  $x$  значення розподілені рівномірно. XY graphs відображає будь-який набір точок із заданими координатами  $(x, y)$ . На вхід графіка подається двовимірний масив з координатами точок. Крім того, на вхід графіка Waveform Graph можна подавати кластер з трьох елементів - початкове значення  $x$ , приріст  $dx$  і масив значень  $y$ . Щоби відобразити на Waveform Graph 2 графіка одночасно, потрібно подати на вхід 2D масив. Тоді кожен стовпець масиву інтерпретується як окремий набір даних  $y$ , і виводиться на графік. Так само можна подати на вхід кластер - початкове значення  $x$ , приріст  $dx$  і двовимірний масив. Другий спосіб: на вхід графіка подати масив кластерів, в кожному кластері повинен міститися масив із значеннями  $y$ .

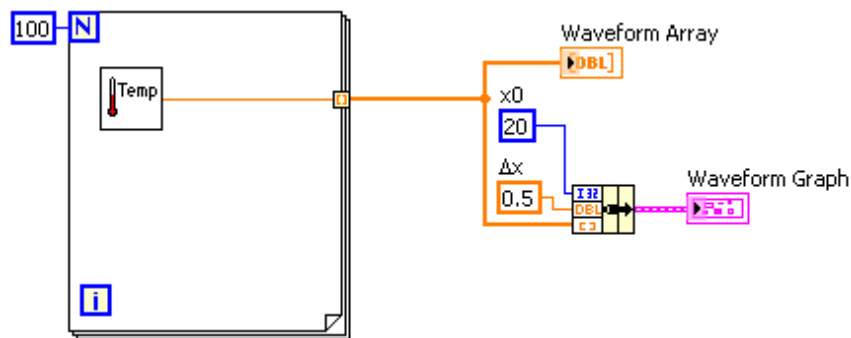


Рисунок 35 - Waveform Graph(a)

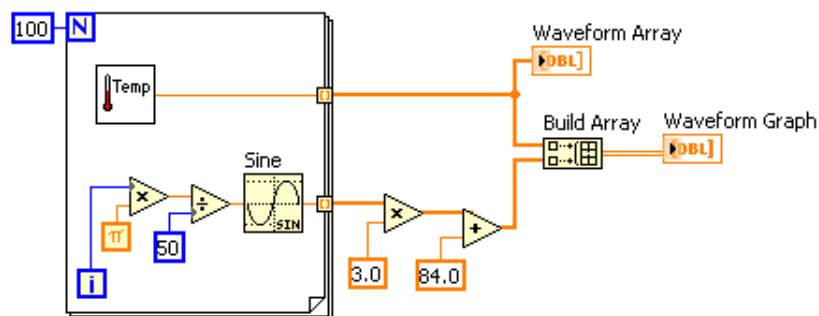


Рисунок 3.6- Waveform Graph(б)

Щоб вивести один графік, на вхід XY Graph треба подати кластер з двома масивами - в одному з яких значення  $x$ , а в іншому - значення  $y$ ,

соответственно. Також можна подати масив з кластерів, в кожному з яких міститься по два значення -  $x$  та  $y$ . Щоб вивести кілька графіків одночасно, потрібно подати на вхід масив з кластерів, в кожному з яких міститься по два масиви зі значеннями для  $x$  та  $y$ . Інший спосіб: подати на вхід масив кластерів, в кожному кластері міститься масив точок графіка. Кожна точка - це кластер з двома значеннями,  $x$  та  $y$ .

### 3.8 Case Structures

Структура Case дозволяє здійснити вибір одного з двох (або більше) випадків, і виконати в залежності від цього вибору потрібну підпрограму. Case structure схожа на конструкцію `if ... then ... else` в звичайних текстових мовах програмування (а ще більше на `Select case`;) Дуже просто - на полі діаграми ставиться рамочка Case structure, зверху в ній є перемикач випадків

Клацаючи по стрілках, можна подивитися які випадки доступні (за замовчуванням лише два - `true` і `false` відповідно).

На вхід подається якесь значення, і в залежності від нього вибирається потрібний випадок. Якщо на вхід подається логічне значення число, то значень всього два (як уже говорилося).

Для кожного передбаченого значення можна написати свою підпрограму (перемикатися між ними можна, клацаючи по стрілочка). Одне із значень вибирається значенням за умовчанням (`default`), і підпрограма відповідна цьому значенню буде виконана, якщо на вхід буде подано будь-яке значення, для якого підпрограма не задана.

Наприклад, якщо задані випадки для чисел 1,2,3 а на вхід подати число 4, то буде виконана дефолтна підпрограма.

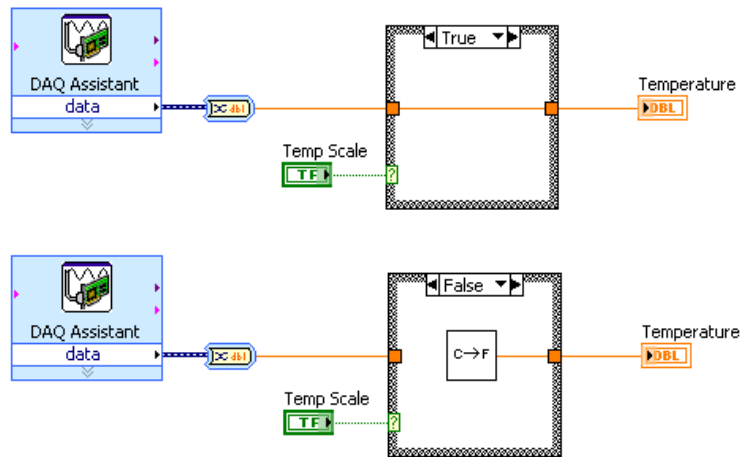


Рисунок 3.7- Case structure

Залежно від шкали відбувається або не відбувається перерахунок градусів за Цельсієм у градуси за Фаренгейтом. В принципі, тут було б достатньо функції Select, але у Case structure більш широкі можливості - адже всередину рамки можна додати ще багато чого більш складного:) Плюс, вибір здійснити можна не з двох, а набагато більшого числа випадків, що за допомогою тієї ж Select організувати можна, але досить кострубато. У Case structure можна використовувати тунелі. При цьому, якщо подати щось на вхід, то тунель з'явиться для всіх випадків.

Можна використовувати, можна не використовувати - за бажанням. З вихідними тунелями дещо складніше. Їх теж можна не підключати в кожній підпрограмі. При цьому тунель буде відображатися у вигляді білих квадратних дужок. Якщо в кожному випадку щось (не обов'язково одне і те ж, головне щоб тип даних збігався) буде підключено до тунелю, то квадратик тунелю буде заповнений суцільним кольором.

Якщо клацнути по тунелю правою кнопкою миші і вибрати Use Default If Unwired, то для випадків з не підключеним тунелем, буде використовуватися значення з дефолтного випадку.

### 3.9 GPIB

Стандарт ANSI / IEEE 488.1-1987, також відомий як General Purpose Interface Bus (GPIB), описує інтерфейс для комутації між приладами і контролерами різних виробників.

Він містить інформацію про електричні, механічних і функціональних параметрах. GPIB - це цифровий, паралельний 8-бітний інтерфейс зв'язку, зі швидкістю передачі даних від 1 Мбайт / сек і вище. Шина підтримує один контролер (зазвичай комп'ютер) і до 14 додаткових пристроїв.

Стандарт ANSI / IEEE 488.2-1992 є продовженням (і розширенням) стандарту 488.1. Шина GPIB складається з 24 проводів, з них 8 - лінії передачі даних, 5 ліній управління шиною (TN, EOI, IFC, REN, і SRQ), 3 лінії квитування (встановлення зв'язку), і 8 ліній землі. У GPIB використовується побайтно асинхронна схема передачі даних. Так як одиницею даних є байт, дуже часто для передачі даних по шині використовуються повідомлення, що складаються з рядків у кодуванні ASCII.

Всі пристрої і інтерфейси GPIB повинні мати унікальний номер від 0 до 30. Зазвичай номер 0 присвоюється самому інтерфейсу GPIB, а номери від 1 до 30 доступні для інших пристроїв. Всі пристрої GPIB діляться на три типи: передавальні, що приймають та керуючі (talkers, listeners, controllers). Що вони роблять, думаю зрозуміло з назви. В якості контролера найчастіше виступає комп'ютер, який управляє потоками даних, переданих по шині.

Зупинити процес передачі даних по GPIB можна наступними трьома способами: У GPIB є спеціальна лінія (EOI), і останнім байтом можна подати сигнал на неї. Можна помістити спеціальний символ кінця рядка (end-of-string, EOS) в кінці передається повідомлення.

Деякі прилади використовують цей метод замість (або на додаток) до попереднього приймального приладу (listener) вважає передаються байти, і при досягненні деякого заздалегідь певної кількості припиняє прийом даних. Тому потрібно стежити, щоб лічильник byte count був рівний або навіть більше, ніж передбачувана кількість байтів, які потрібно передати.

Для того, щоб досягти максимальної можливої швидкості передачі даних по шині GPIB, потрібно обмежити кількість пристроїв на шині і відстань між пристроями.

Типові обмеження наступні: Максимальна відстань між будь-якими двома пристроями - 4 метри, і в середньому 2 метри відстані між пристроями. Максимальна сумарна довжина кабелю - 20 метрів. Максимум 15 пристроїв підключених до однієї шині, причому принаймні 2-3 повинні бути запитані (підключені до джерела струму).

Для високошвидкісних операцій має бути зроблено наступне:

Всі пристрої повинні бути запитані. Довжина кабелів повинна бути як можна менше. Для того, щоб вийти за межі цих обмежень, можна використовувати спеціальне обладнання - подовжувач шини (bus extender) для збільшення довжини кабелів і розширювач шини (bus expander) - для збільшення одночасно підтримуваних пристроїв.

Архітектура системи програмного забезпечення для GPIB аналогічна архітектурі пристроїв DAQ. Інтерфейс GPIB використовує набір драйверів для пристроїв, за допомогою яких здійснюється взаємодія даного пристрою з комп'ютером на все більш високому рівні, закінчуючи вашою програмою в LabVIEW.

### 3.10 Алгоритм роботи

Пристрій призначений для вимірювання зношення в процесі тертя зразків циліндричної форми.

Він складається з приводу обертання, вузла навантаження і системи вимірювання зношення в процесі дослідження.

Привід обертання складається з основного крокового двигуна, з запобіжної фрикційної муфти, вала і шківів.

Обертання здійснюється за рахунок пасової передачі.



Вузол навантаження складається з контрзразка , штока , кронштейна. Задаючи деформацію за рахунок стискання пружини навантаження поворотом рукоятки створюємо зусилля в зоні тертя в границях 200-300 Н згідно завдання.

Для дискретних значень контактного зусилля можна використовувати постійний вантаж з декількох знімних гирь.

Система вимірювання складається з каретки, індуктивного тензометричного датчика, щупів, які кріпляться на державках і переміщуються поздовж по направляючих і впоперек по салазках, з допомогою додаткового крокового двигуна.

Вимірювання здійснюється індуктивним датчиком, який підпружинений пружинами.

В процесі обертання створюється тертя між зразком і контр зразком, яке приводить до зношення матеріалу зразка і зміни його діаметрального розміру.

Зміна контролюючого діаметрального розміру викликає переміщення вимірювальних щупів, один з яких жорстко зв'язаний з корпусом індуктивного датчика, а другий – з підстроєчним болтом, в кінці якого впресована для точності вимірювання вимірювальна п'ятка, викликаючи відповідну зміну сигналу, що реєструється самописцем.

В результаті здійснюється запис графіку зміни діаметральних розмірів зразка по всій його довжині.

Порівняння отриманих графіків дозволяє визначити величину лінійного зношення

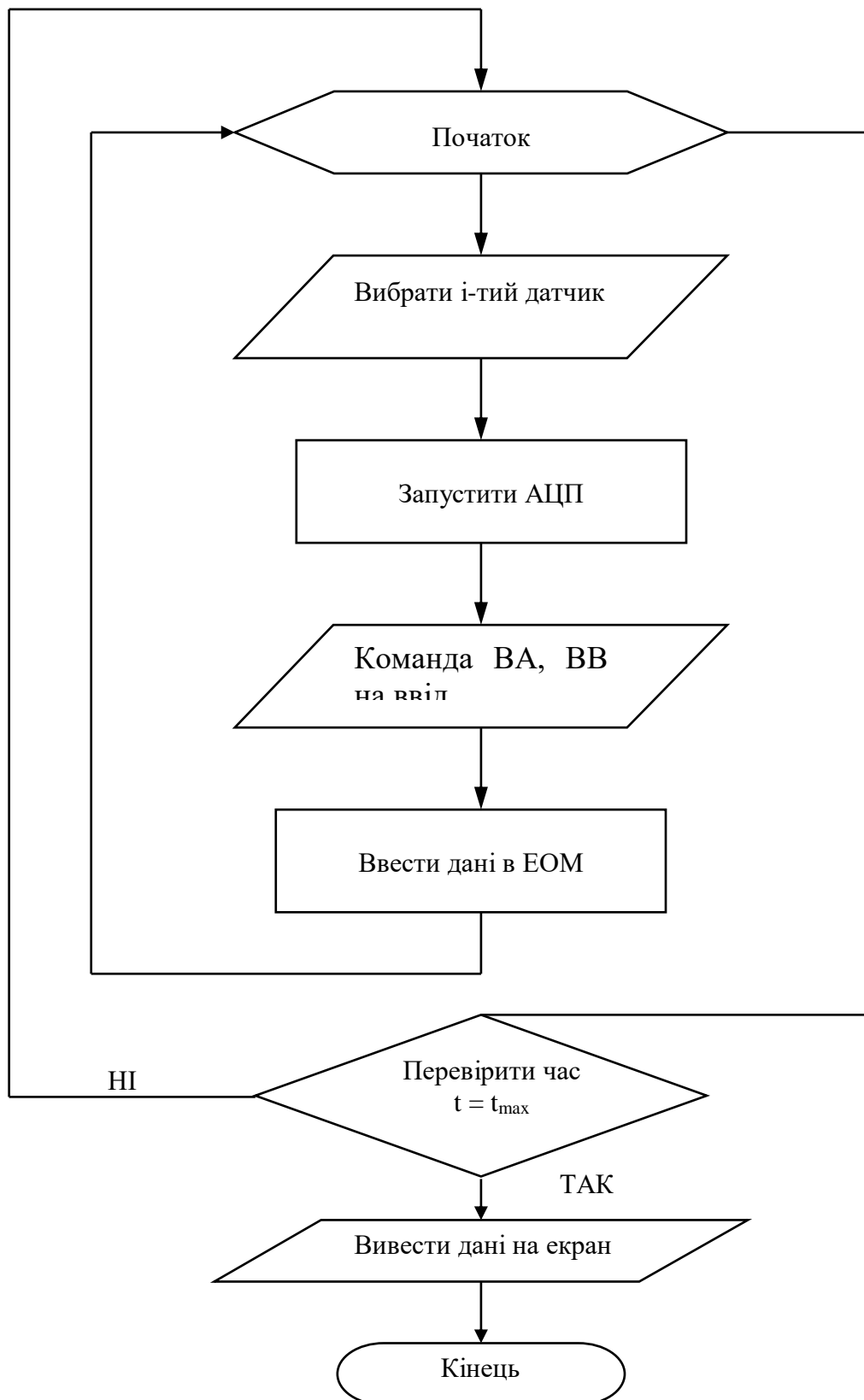


Рисунок 3.10 – Блок схема роботи стенду

## 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 4.1 Організаційна частина

#### 4.1.1 Характеристика технічного рівня проектного виробу

Одним з основних напрямків розвитку сучасного виробництва є всебічна його автоматизація. В даному випадку розглядається автоматизація процесу фасування і упакування сипучих матеріалів. Спроектований автоматизований комплекс призначений для експлуатації в середовищі, яке задовільняє наступним вимогам:

- 1) відсутність струмопровідного пилю,
- 2) вологість повітря не більше 93%,
- 3) температура середовища  $-30^{\circ}\text{C} \dots + 40^{\circ}\text{C}$ .

Автомат експлуатується в умовах кліматичного виконання УХЛІ категорії розміщення 4 за ГОСТ 15150-89

Склад показників технічного рівня і якості проектного виробу обумовлений положеннями, які приведені в ГОСТ 22.851-77, а також таблицю застосовувальності показників передбаченого стандартом системи показників якості продукції (СПЯП).

Комплексний показник якості проектного виробу визначається за формулою [12]:

$$P_k = \sum_{i=1}^n K_i D_i \quad (4.1)$$

де  $K_i$  – відносні показники якості;

$D_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -ого одиничного показника якості, який визначає його власну значимість.

$$\sum_{i=1}^n D_i = 1$$

В розрахунок комплексного показника якості може бути використаний такий перелік груп одиничних показників:

- показник призначення;
- показник надійності;
- показник продуктивності;
- ергономічні показники;
- статичні показники;
- показники подібності;
- показники уніфікації і стандартизації;
- показник безпеки.

Основні дані для визначення показника якості приведені в таблиці 4.1.

Згідно формули (4.1) комплексний показник якості проектного виробу буде рівний:

$$P_k = 1,05$$

Таблиця 4.1 – Показники технічного рівня і якості проєктованого виробу

Результати диференційної оцінки технічного рівня	Одиниця показника	Значення показника		Назва показника
		Проектний варіант	Базовий варіант	
1,0		-	-	показник призначення
1,02	%	98	96	показник надійності
1,07	оп/с	8000	7500	показник продуктивності
1,2		9	7,5	показник ергономічності
1,0		-	-	показник естетичності
1,0		-	-	показник транспортабельності
1,2	%	90	75	показник уніфікації і стандартизації
1,0		-	-	показник екологічності
1,01	%	97	95,5	показник безпеки
1,0		-	-	показник точності

#### 4.1.2 Планування технічної підготовки виробництва проєктованого виробу

Планування технічної підготовки включає [12]:

- а) визначення трудомісткості і обсягу робіт конструкторської підготовки виробництва;
- б) розрахунок трудомісткості і обсягу робіт технологічної підготовки виробництва;
- в) моделювання сіткової моделі технічної підготовки виробництва проєктованого виробу;

Перелік етапів конструкторської підготовки виробництва визначається згідно ГОСТ 2.103-68. До них відносяться: технічні завдання,

технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект, розробка робочої документації.

Трудомістність окремого етапу конструкторської підготовки визначається за формулою:

$$T_k = N_{чк} * K_c * K_r * K_{\phi},$$

де  $N_{чк}$  – норми часу на одну облікову одиницю конструкторської підготовки в залежності від ступеня складності і новизни;  $K_c$  – коефіцієнт серійності виробництва проєктованого виробу;  $K_r$  – коефіцієнт габаритності в залежності від маси проєктованої конструкції;  $K_{\phi}$  – поправочний коефіцієнт при невідповідності фактичних і нормативних форматів технічної документації.

У відповідності із ЄСТПВ встановлені етапи технологічної підготовки виробництва: технологічний контроль креслень, складання міжцехових технологічних маршрутів, розробка технологічних процесів.

Трудомістність технологічної підготовки виробництва в розрізі окремих етапів визначається як:

$$T_T = N_{чт} * N_d,$$

де  $T_T$  – трудомістність технологічної підготовки;  $N_{чт}$  – норма часу на проєктування технологічного часу виготовлення однієї деталі;  $N_d$  – кількість облікових одиниць.

Розрахунки трудомістності конструкторської і технологічної підготовки виробництва приведені в таблиці 4.2., а на рисунку 4.1 представлена модель сіткового графіку технічної підготовки виробництва. Критичний шлях проходить таким чином: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 і становить 444 дні.

Таблиця 4.2 - Вихідні дані для побудови сіткового графіку планування технічної підготовки виробництва

Найменування робіт	Код роботи	Дні
1. Технічне завдання	1 – 2	10
2. Технічна пропозиція	2 – 3	27

3. Ескізний проект	3 – 4	33
4. Розробка електричних схем	4 – 5	25
5. Розробка монтажних схем	5 – 6	10
6. Контроль схем	5 – 7	2
7. Складання технічного паспорту	6 – 7	2
7. Нормоконтроль	7 – 9	10
8. Складання технічного опису	7 – 8	2
9. Перевірка на патентну чистоту	9 – 10	30
10. Складання технічних умов на виготовлення	9 – 11	14
11. Розробка-виготовлення і випробування експериментального пакету	10 – 11	7
12. Розробка технологічних маршрутів	11 – 12	60
13. Замовлення і придбання комплектуючих	12 – 13	50
14. Розробка технологічних процесів:	11 – 19	20
складання	13 – 14	25
виготовлення друкованих плат	13 – 15	16
фарбування	13 – 17	6
паяння	13 – 18	12
механічна обробка	13 – 16	25
15. Складання замовлень і узгодження технічних умов на матеріалах	14 – 19	3
	15 – 19	3
16. Одержання матеріалів	16 – 19	3
	17 – 19	3
	18 – 19	10
	19 – 20	90
17. Монтаж і наладка обладнання і складання оснастки	20 – 21	30
18. Наладка технологічного процесу	21 – 22	25
19. Запуск виробництва		

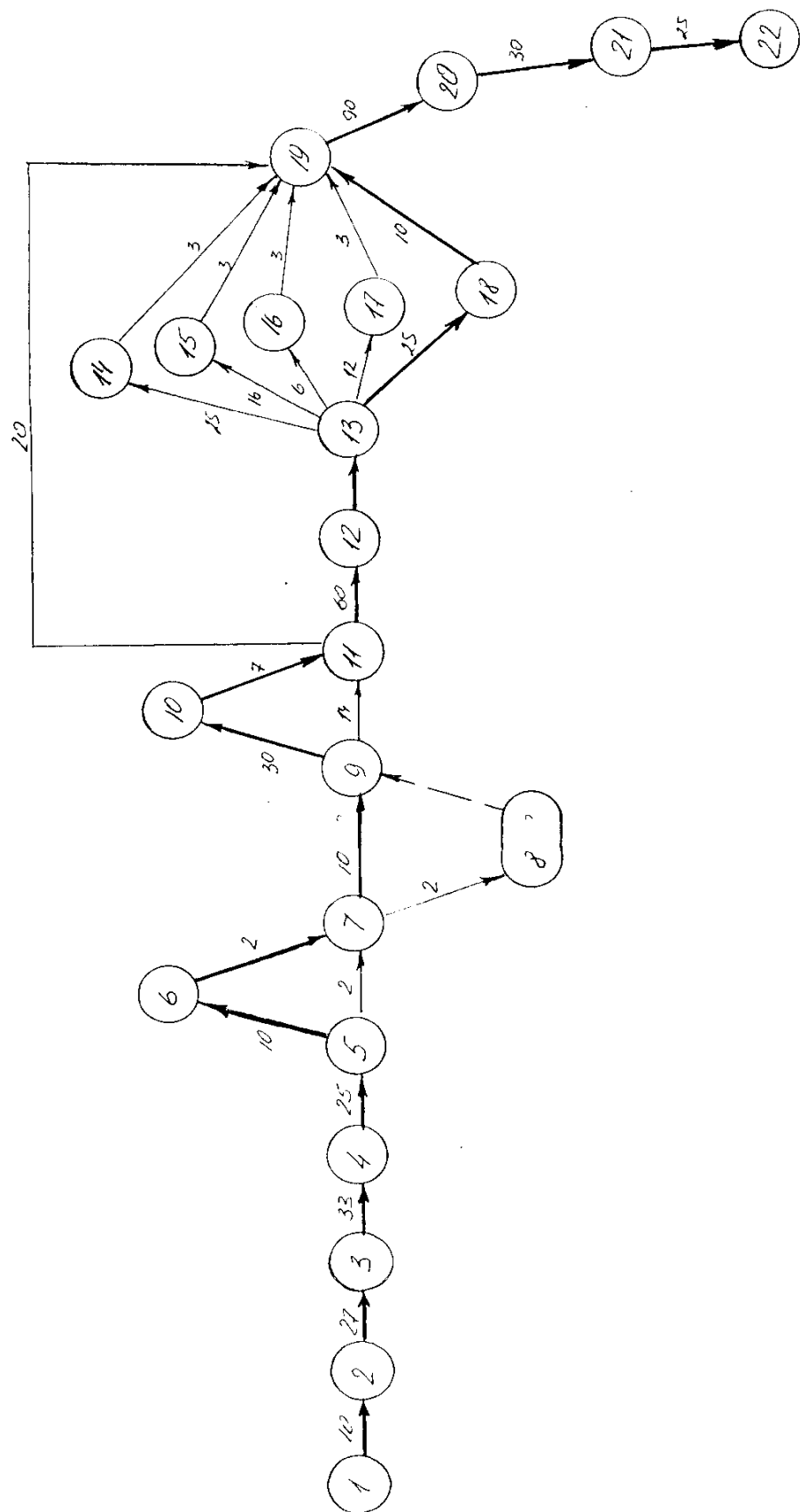


Рисунок 4.1 – Модель сіткового графіку технічної підготовки виробництва



## 4.2 Економічна частина

### 4.2.1 Визначення економічної ефективності нового виробу

Економічний ефект визначається по умовах використання нового виробу за розрахунковий період [12]:

$$E_{\text{рп}} = P_{\text{рп}} - Z_{\text{рп}},$$

де  $E_{\text{рп}}$  – економічний ефект за розрахунковий період;

$P_{\text{рп}}$  – вартісна оцінка результатів використання нового виробу за розрахунковий період;

$Z_{\text{рп}}$  – вартісна оцінка затрат на виробництво і використання нового виробу.

Розрахунковий період визначається:

$$T_p = T_{\text{тп}} + T_{\text{в}} + T_{\text{е}},$$

де  $T_p$  – величина розрахункового періоду;

$T_{\text{тп}}$  – тривалість робіт по технічній підготовці виробництва;

$T_{\text{в}}$  – тривалість виготовлення нового виробу;

$T_{\text{е}}$  – тривалість часу використання нового виробу згідно технічного завдання;

$T_{\text{тп}} = T_{\text{кр}} = 4444$  дні;

$T_{\text{в}} = 60$  днів;

$T_{\text{е}} = 15$  років = 5475 днів.

Отже, розрахунковий період складає:

$$T_p = 444 + 60 + 5475 = 5979 \text{ (днів)}$$

### 4.2.2 Розрахунок затрат на виготовлення нового виробу

Затрати на виробництво нового виробу за розрахунковий період визначаємо за формулою [12]:

$$Z_{\text{вн}} = \sum_{t=t_n}^{t_k} Z_{\text{нет}'} K_{\text{нпт}},$$

де  $Z_{nst'}$  - поточні витрати на виробництво;

$K_{npt}$  - коефіцієнт приведення.

Розрахунок поточних витрат на виготовлення виробу проводиться по варіантах в розрізі таких калькуляційних статей:

- а) сировина і матеріали (за мінусом повернутих відходів);
- б) куповані напівфабрикати і комплектуючі вироби;
- в) паливо і енергія на технологічні цілі;
- г) основна і додаткова заробітна плата;
- д) перерахування на зарплату;
- е) витрати на підготовку і освоєння виробництва;
- є) витрати на утримання і експлуатацію обладнання;
- ж) цехові (загальновиробничі) витрати;
- з) заводські (загальногосподарські) витрати;
- и) інші виробничі витрати.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних гуртових цін:

$$M_z = \sum_{i=1}^n H_{mi} C_{oi},$$

де  $H_{mi}$  - норма затрат на сировину і матеріали;

$C_{oi}$  - гуртова ціна за одиниці витрат сировини і матеріалів [12]

$n$  – кількість найменувань сировини і матеріалів.

Розрахунок вартості купованих напівфабрикатів, деталей та виробів проводиться за формулою:

$$K_{nd} = \sum_{i=1}^n H_i C_{ni},$$

де  $H_i$  - кількість купованих напівфабрикатів і деталей;

$C_{ni}$  - гуртова ціна купованих напівфабрикатів і деталей [12].

Затрати енергії на технологічні цілі визначається за формулою:

$$Z_{em} = \sum_{i=1}^e H_{ei} T_{ei},$$

де  $H_{ei}$  - норма витрат енергії на виготовлення одного виробу, кВт/год;

$T_{ei} = 8,03$  коп – тариф за одиницю витрат енергії [12]

$e$  – кількість видів енергії.

$$Z_{em} = 240 * 8,03 = 19,272 \text{ грн}$$

Таблиця 4.3 – Визначення затрат на сировину і матеріали

Найменування матеріалів і ресурсів	Одиниці виміру	витрат на виготовлен-	Ціна за одиницю, грн	затрати сировини і матеріалів,	Величина відходів, грн	Затрати без відходів, грн	транспортуно-заготівельні	Загальна сума затрат, грн
Основні								
Сталь	кг	500	0,55	275	20	255	27,5	282,5
Чавун	кг	30	0,47	14,1	3	11,1	1,41	12,51
Алюміній	кг	15	2,1	31,5	3	28,5	3,15	31,65
Допоміжні								5,98
Разом	-	-	-	-	-	-	-	332,64

Затрати на основну заробітну плату виробничих працівників визначається на основі даних про трудомісткість виготовлення всіх деталей по видах робіт, величини тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати працівників.

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n T_i T C_i K_0 ,$$

де  $Z_0$  - затрати на основну заробітну плату;

$T_i$  - трудомісткість і-тих виробів видів робіт по виготовленню виробу;

$T C_i$  - величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду і-тих видів робіт;

$K_0$  - коефіцієнт доплат, що входять до основної заробітної плати ( $K_0=1,4$ );

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду:

$$T C_i = T C_1 T K_c ,$$

де  $T C_1$  - величина тарифної ставки першого розряду;

$T K_c$  - середній тарифний коефіцієнт робіт

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку витрат на куповані напівфабрикати і деталі

№ п/п	Найменування комплектуючих виробів	Кількість на один виріб, шт	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Транспортно-заготівельні, грн	Загальні затрати, грн.
1	Підшипники	25	1,2	30	2	32
2	Штифти	12	0,05	0,6	0,06	0,66
3	Шайби	50	0,05	2,5	0,025	2,53
4	Гвинти	80	0,05	4	0,4	4,4
5	Гайки	140	0,05	7	0,7	7,7
6	Болти	130	0,05	6,5	0,65	7,15
7	Резистори	7	0,05	0,35	0,035	0,385
8	Транзистори	4	0,08	0,32	0,032	0,352
9	Тиристори	6	1,20	7,2	0,72	7,92
10	Діоди	3	1,00	3,00	0,3	3,3
	інше	-	-	45	4,5	50
	разом	-	-	61,47	4,622	116,397

$$TK_c = \sum_{i=1}^p K_i T_{ij} / \sum_{i=1}^p T_{ij} ,$$

де  $K_i$  – тарифні коефіцієнти і-тих розрядів;

$T_{ij}$  - трудомісткість і-тих робіт j-их розрядів;

p – кількість розрядів;

Тарифні коефіцієнти з другого по сьомий розряди складають [12]:

II – 1,08;                      5 - 1,54;

III - 1,2;                      6 – 1,8;

4 – 1,35;                      7 – 1,89;

Середні тарифні коефіцієнти згідно формули:

$$T_{kc} = [(1,2*2,5)+(1,35*6)+(1,54*0,5)+(1,35*8)+(1,8*23)+ \\ +(1,8*3)+(1,2*3)+(1,35*9)+(1,54*2)+(1,08*2)+(1,2*5)+ \\ +(1,08*1)+(1,2*1,6)+(1,35*4)+(1,54*1,2)+(1,2*1,2)+ \\ +(1,35*3)+(1,54*5,4)+(1,35*3)+(1,54*2,4)+ +(1,89*0,3)]/85,4 = 126,532/85,4 = \\ 1,48$$

Таблиця 4.5 – Розрахунок трудомісткості робіт по виготовленню

Перелік етапів по виготовленню	Трудомісткість робіт, нормо-год						
	Заготівельна	механічна	Гальванічна	Фарбувальна	Складальна	монтажна	Регулювання
1. Виготовлення бункера	2,5	8	3	2	1,6	1,2	1,3
2. Виготовлення дозатора	6	23	9	5	4	3	2,4
3. Виготовлення механізму виготовлення пакета	0,5	3	2,0	1,0	1,2	5,4	0,3
Всього	9	34	14	8	6,8	9,6	4

Величини тарифних ставок і-тих видів робіт:

$$ТС_1 = 50,84 * 1,48 = 75,24 \text{ коп};$$

$$ТС_2 = 56,45 * 1,48 = 83,55 \text{ коп};$$

$$ТС_3 = 46,72 * 1,48 = 69,15 \text{ коп};$$

$$ТС_4 = 33,91 * 1,48 = 50,19 \text{ коп};$$

$$ТС_5 = 40,97 * 1,48 = 60,64 \text{ коп};$$

$$ТС_6 = 40,97 * 1,48 = 60,64 \text{ коп};$$

$$ТС_7 = 59,51 * 1,48 = 88,07 \text{ коп}.$$

Затрати на основну заробітну плату:

$$Z_0 = [(9 * 75,24) + (34 * 83,55) + (14 * 69,15) + (8 * 50,19) + (6,8 * 60,64) + (9,6 * 60,64) + (4 * 88,07)] * 1,4 = 8844,93 \text{ коп}$$

Таблиця 4.6 – Розрахунок затрат на зарплату виробничих робітників

Види робіт, розряди (тарифні коефіцієнти)	Продумість робіт, Часовий	Годинна тарифна ставка, коп	Величина тарифної зарплати, коп	Коефіцієнт доплат основної	Величина основної	Коефіцієнт додагкової	Величина додагкової	Сума основної додагкової	Зарплати
1. Зготівельні операції	2,5	44,78	111,95	-	-	-	-	-	-
3(1,2)	6	50,32	301,92	-	-	-	-	-	-
4(1,35)	0,5	54,72	28,71	-	-	-	-	-	-
5(1,54)	8	46,52	372,16	-	-	-	-	-	-
2. Механічна обробка	23	61,42	1412,55	-	-	-	-	-	-
4(1,35)	3	61,42	184,26	-	-	-	-	-	-
6(1,8)	3	41,32	123,96	-	-	-	-	-	-
6(1,8)	9	46,52	418,68	-	-	-	-	-	-
3. Гальванічна обробка	2	52,32	104,64	-	-	-	-	-	-
3(1,2)	2	32,76	65,52	-	-	-	-	-	-
4(1,35)	5	36,22	181,1	-	-	-	-	-	-
5(1,54)	1	32,76	32,76	-	-	-	-	-	-
4. Фарбувальні операції	1,6	36,22	57,95	-	-	-	-	-	-
2(1,08)	4	40,25	161	-	-	-	-	-	-
3(1,2)	1,2	46,44	55,73	-	-	-	-	-	-
2(1,08)	1,2	36,22	43,76	-	-	-	-	-	-
3(1,2)	3	40,25	120,75	-	-	-	-	-	-
4(1,35)	5,4	46,44	250,78	-	-	-	-	-	-
5(1,54)	1,3	50,52	65,68	-	-	-	-	-	-
6. Монтажні операції	2,4	57,42	137,81	-	-	-	-	-	-

4(1,35) 5(1,54) 7. Регулювальні операції 4(1,35) 5(1,54) 7(1,89)	0,3	70,58	21,17	-	-	-	-	-
Всього	85,4	988,12	4252,12	1,4	5953, 7	0,1	595,3 7	6549, 08

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується відносно до основної зарплати і приймається на рівні 10–11%.

Відрахування на соціальне страхування визначається в процентах до всієї заробітної плати виробничих робітників і становить 37%

$$B_c = (65,49/100)*37 = 24,24 \text{ грн}$$

Відрахування в фонд Чорнобиля та фонд зайнятості проводиться аналогічно. Проценти відрахувань становлять відповідно: 12 і 3 %:

$$B_{\text{ч}} = (6549,08/100)*12 = 7,858 \text{ грн}$$

$$B_3 = (6549,08/100)*3 = 1,9647 \text{ грн}$$

Затрати на підготовку і освоєння виробництва. Визначення чисельності конструкторів і технологів проводиться за формулою:

$$Ч_{\text{пт}} = T_{\text{пт}} / (B_{\text{ч}} * K_{\text{вн}}),$$

де  $T_{\text{пт}}$  – трудомісткість технічної підготовки виробництва;

$$T_{\text{пт}} = 444 \text{ дні} = 10658 \text{ год},$$

$B_{\text{ч}}$  = плановий річний бюджет часу одного працівника,  $B_{\text{ч}} = 1860 \text{ год}$ ,

$K_{\text{вн}}$  – коефіцієнт виконання норм часу працівниками,  $K_{\text{вн}} = 0,95$ .

$$Ч_{\text{пт}} = 10658 / (1860 * 0,95) = 6,03 \approx 8.$$

Розрахунок зарплати працівників за окладами:

$$ЗП_0 = \sum_{i=1}^k O_i 4П_{mi} 12$$

де  $O_i$  – розмір місячних окладів  $i$ -тих категорій працівників;

$4P_{mi}$  - чисельність  $i$ -тої категорії працівників;

$K$  – кількість категорій груп.  $K = 3$ .

$$O_1 = 150 \text{ грн}$$

$$O_2 = 130 \text{ грн}$$

$$O_3 = 100 \text{ грн}$$

$$4P_{m1} = 2 \quad ;$$

$$4P_{m2} = 3;$$

$$4P_{m3} = 3;$$

$$ЗП_0 = (150*2*12)+(130*3*12)+(100*3*12) = 11880 \text{ грн}$$

Величина основної і додаткової заробітної плати:

$$ЗП_{од} = ЗП_0 / (1 + K_d) ,$$

де  $K_d$  – коефіцієнт додаткової зарплати .

$$ЗП_{од} = 11880 / (1 + 0,1) = 10800$$

Величина затрат на підготовку і освоєння виробництва нового виробу:

$$ЗП_0 = (ЗП_{од} * 100) / ЗП_{пв} ,$$

де  $ЗП_{пв}$  – питома вага основної і додаткової зарплати в затратах на підготовку і освоєння виробництва приладу аналогу, %.

$$ЗП_0 * (10800 * 10) / 30 = 36000.$$

Сума затрат на утримання і експлуатацію розраховується в процентах до основної зарплати виробничих працівників. Аналогічно розраховуються цехові та заводські затрати. В укрупнених розрахуках проценти перерахованих затрат можна прийняти на рівні:

а) затрати на утримання і експлуатацію обладнання – 200%.

$$P_{yc} = (30 * 200) / 100 = (59,53 * 200) / 100 = 119,07 \text{ грн.}$$



б) цехові затрати – 160%.

$$P_{ц} = (30 \cdot 160) / 100 = (59,53 \cdot 160) / 100 = 95,26 \text{ грн.}$$

в) заводські затрати – 210%.

$$P_{з} = (30 \cdot 210) / 100 = (59,53 \cdot 210) / 100 = 125,03 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{виг}} = (P_{\text{ус}} + P_{\text{у}} + P_{\text{з}}) \cdot K_{\text{пр}},$$

де  $K_{\text{пр}} = 1,5$  – коефіцієнт приведення;

$$Z_{\text{виг}} = 509,05 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.7

Калькуляційні статті	Сума затрат по варіантах	
	Базовий	Проектний
1. Сировина і матеріали	25090	541,19
2. Куповані напівфабрикати і комплектуючі вироби	10000	2322,32
3. Паливо і енергія	17	19,272
4. Основна і додаткова зарплата	55,5	65,49
5. Нарахування на зарплату		
органом страхування		24,23
фонд Чорнобиля		7,86
фонд зайнятості		1,96
6. Затрати на підготовку і освоєння виробництва	130500	36000
7. Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	120	119,07
8. Цехові витрати	100	95,26
9. Загальнозаводські витрати	120	125,03
Повна вартість	40000	39321,68

#### 4.2.3 Визначення лімітної ціни

Лімітна ціна – це максимальна гуртова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нового приладу, відображає його споживчі властивості у порівнянні із зразками, що замінюються.

Лімітна ціна нового виробу [12]:

$$Ц_{л} = C_{пм} + П_{н} ,$$

де  $C_{пм}$  – максимальний рівень повної собівартості нового виробу;

$П_{н}$  – нормативна величина продукту;

$$C_{пн} = 0,85 * C_{па} * П_{к} ,$$

де  $C_{па}$  – повна собівартість приладу-взірця;

$$C_{па} = 40000 \text{ грн};$$

0,85 – нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нового виробу;

$П_{к}$  – показник якості (див. п. 6.1.1).

Нормативна величина прибутку на новий виріб приймається рівною 15% від повної собівартості. Відповідно:

$$C_{пм} = 0,85 * 40000 * 1,05 = 35700 \text{ грн.}$$

$$Ц_{л} = 35700 + (35700 * 15) / 100 = 41055 \text{ грн}$$

#### 4.2.4 Визначення затрат по експлуатації

Розрахунок затрат по експлуатації за розрахунковий період проводиться за формулою [12]:

$$З_{en} = \sum_{t=t_n}^{t_n} (ПЗ_{ebt} + K_t - П_t) * K_{np} ,$$

де  $ПЗ_{ebt}$  - поточні затрати по експлуатації виробу;

$K_t$  - разові (капітальні) затрати при використанні виробу;

$\Pi_i$  - залишкова вартість основних фондів, що вибувають.

Величина поточних експлуатаційних затрат за весь термін служби приладу складається з таких статей:

$$Z_z = \sum_{i=1}^t Z_{zni} + \sum_{i=1}^t Z_{ei} + \sum_{i=1}^t Z_{pi} + \sum_{i=1}^t Z_{di} + \sum_{i=1}^t Z_{ni} + \sum_{i=1}^t Z_{yni} ,$$

де  $Z_{zni}$  - затрати на основну і додаткову заробітну плату з нарахуванням в і-тому році;

$Z_{ei}$  - затрати по всіх видах енергії як самого приладу, так і технологічного процесу, де застосовується прилад в і-тому році його служби;

$Z_{pi}$  - затрати на ремонт приладу і технологічного обладнання;

$Z_{di}$  - витрати від браку;

$Z_{ni}$  - затрати на періодичні перевірки і наладки;

$t$  – термін служби;

$Z_{yni}$  - умовно-постійні витрати.

Затрати на основну і додаткову заробітну плату з нарахуваннями:

а) базовий варіант

$$Z_{zni}^d = (t_1/60) * TC_i * (1+K_{до}) * (1+K_{дд}) * (1+K_{вв}) * \Pi_1 * T_c ,$$

де  $t_1$  – час однієї вимірювальної дії замінюваного виробу,  $t_1=0,03$  с;

$TC_i$  – годинні тарифні ставки оператора;

$TC_i = 0,81$  коп

$K_{до} = 0,4$  – коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати;

$K_{дд} = 0,11$  – коефіцієнт додаткової зарплати;

$K_{вв} = 0,52$  – коефіцієнт відрахувань на зарплату;

$\Pi_1 = 7500$  оп/с – продуктивність базового приладу;

$T_c = 15$  років – термін служби.

$$Z_{zni}^{\bar{}} = (0,03/60) * 0,81 * (1+0,4) * (1+0,11) * (1+0,52) * 7500 * 15 = 107,626$$

б) проектний варіант

$$Z_{zni}^n = (t_2/60) * TC_i * (1+K_{до}) * (1+K_{дд}) * (1+K_{вв}) * \Pi_2 * T_c ,$$

де  $t_2 = 0,01$ с;

$\Pi_2 = 8000$  оп/с;

$TC_i = 0,73$  коп

$$Z_{zni}^n = (0,01/60) * 0,73 * (1+0,4) * (1+0,11) * (1+0,52) * 8000 * 15 = 34,48.$$

Затрати на енергію:

$$Z_{zni}^{\bar{},n} = M_{1,2} * (t_{1,2}/60) * \Pi_{1,2} * a * T_c ,$$

де  $a$  – тариф за 1 кВт/год, коп;

$M$  – потужність двигунів приводу, кВт;

$$Z_{ei}^{\bar{}} = 0,76 * (0,03/60) * 7500 * 8,03 * 15 = 3,43 \text{ грн};$$

$$Z_{ei}^n = 0,76 * (0,01/60) * 8000 * 8,03 * 15 = 1,22 \text{ грн}.$$

Затрати на ремонт базового виробу і технологічного обладнання:

$$Z_{pnn}^{\bar{}} = Z_{pbi}^{\bar{}} * \frac{\Pi_2}{\Pi_1} * K_{nn} * K_{ep} * T_c ,$$

де  $Z_{pbi}^{\bar{}}$  - затрати на ремонт замінюваного виробу

$K_{nn} = 1,2$  – коефіцієнт, що характеризує зростання продуктивності;

$K_{ep} = 1$  – коефіцієнт, який характеризує частку зменшення затрат на ремонт нового виробу при підвищенні його надійності.

$$Z_{pnn}^{\bar{b}} = 100 * (8000 / 7500) * 1,2 * 15 = 1920 \text{ грн}$$

Визначення втрат від браку:

а) базовий варіант

$$Z_{\bar{b}ni}^{\bar{b}} = V_{\bar{b}p} * T_p * P_{\bar{b}b} * T_c ,$$

де  $V_{\bar{b}p} = 30,0$  грн – вартість браку в результаті одного відказу;

$T_p = 8000$  – число годин роботи виробу на протязі року;

$P_{\bar{b}b} = 0,01$  – параметр потоку відказів виробу, що змінюється;

$$Z_{\bar{b}ni}^{\bar{b}} = 30,0 * 8000 * 0,01 * 15 = 36000 \text{ грн.}$$

б) проектний варіант

$$Z_{\bar{b}ni}^n = V_{\bar{b}p} * T_p * T_{\text{вп}} * T_c ,$$

де  $T_{\text{вп}} = 0,001$  - параметр потоку відказів нового виробу;

$T_p = 8500$  год;

$$Z_{\bar{b}ni}^n = 30 * 8500 * 0,001 * 15 = 3825 \text{ грн.}$$

До умовно-постійних затрат відносяться:

а) витрати на утримання і експлуатацію обладнання;

б) цехові (загальновиробничі) затрати;

в) заводські (загальногосподарські) витрати;

г) інші виробничі витрати;

Величина умовно-постійних затрат з врахуванням зростання продуктивності нового виробу може бути розрахована таким чином:

а) базовий варіант

$$Z_{yni}^{\sigma} = Z_{yni}^1 * \left[ \left( \frac{\Pi_2}{\Pi_1} - \left( \frac{\Pi_2}{\Pi_1} - 1 \right) \right) * K_{yn} \right] * T_c ,$$

де  $Z_{yni}^1$  - величина умовно-постійних затрат в і-тому році без врахування

зростання продуктивності нового виробу,  $Z_{yni}^1 = 250$  грн;

$Z_{yn} = 1,02$  – коефіцієнт, що враховує долю приросту умовно-постійних затрат на 1% приросту продуктивності нового виробу;

$$Z_{yni}^{\sigma} = 250 * \left[ \left( \frac{8000}{7500} - \left( \frac{8000}{7500} - 1 \right) \right) * 1,02 \right] * 15 = 3825 \text{ грн}$$

б) в проектованому варіанті величина умовно-постійних затрат на коефіцієнт зростання продуктивності нового виробу не коректується.

Визначення затрат на періодичні перевірки і наладки:

а) базовий варіант

$$Z_{ni}^{\sigma} = N_{пп} * Z_{пп} * (\Pi_2/\Pi_1) * T_c ,$$

де  $N_{пп} = 1$  - кількість перевірок виробу на протязі одного року;

$Z_{пп}$  – величина затрат на одну перевірку;

$$Z_{ni}^{\sigma} = (1 * 100 * 8000 * 15) / 7500 = 1600 \text{ грн}$$

б) проектний варіант

$$Z_{ni}^n = N_{пп} * Z_{пп} * T_c ,$$

$$Z_{ni}^n = 1 * 100 * 15 = 1500 \text{ грн.}$$

Величина поточних експлуатаційних затрат за весь термін служби становитиме:

а) базовий варіант

$$Z_3^{\bar{o}} = 43456,06 \text{ грн}$$

б) проектний варіант

$$Z_3^n = 5360,7 \text{ грн}$$

Разові (капітальні) затрати при використанні виробу:

а) базовий варіант

$$Z_{зан}^{\bar{o}} = C_{по} + B_d ,$$

де  $C_{по} = 39650$  – гуртова ціна, грн

$B_d = 800$  – витрати на доставку і монтаж, грн

$$Z_{зан}^{\bar{o}} = 39650 + 800 = 40450 \text{ грн}$$

б) проектний варіант

$$Z_{зан}'' = C'_{по} + B'_d$$

$$Z_{зан}'' = 41055 + 800 = 41855 \text{ грн}$$

Затрати по експлуатації виробу за розрахунковий період складають:

а) базовий варіант

$$Z_{ен}^{\bar{o}} = (Z_3^{\bar{o}} + Z_{зан}^{\bar{o}}) * K_{пр} ,$$

де  $K_{пр} = 1,5$  – коефіцієнт приведення

$$Z_{ен}^{\bar{o}} = (43456,06 + 40450) * 1,5 = 125859,09 \text{ грн}$$

б) проектний варіант

$$Z_{ен}'' = (Z_3'' + Z_{зан}'') * K_{пр} ,$$

$$Z_{ен}'' = (5360,7 + 41855) * 1,5 = 70823,55 \text{ грн}$$

4.2.5. Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації нового виробу.

Економічний ефект від виготовлення і експлуатації виробу за розрахунковий період складається з двох частин:

а) економічний ефект від виготовлення

$$E_B = (Ц_{\text{п}} - Z_{\text{пвр}}) - (Ц_{\text{б}} - Z_{\text{бвр}}),$$

де  $Z_{\text{пвр}} = 39321,68$  – затрати на виготовлення нового виробу, грн

$Z_{\text{бвр}} = 40000$  – затрати на виготовлення замінюваного виробу, грн;

$Ц_{\text{п}} = 41055$  грн;

$Ц_{\text{б}} = 39650$  грн;

$$E_B = (41055 - 39321,68) - (39650 - 40000) = 2083,32 \text{ грн}$$

б) економічний ефект від експлуатації:

$$E_c = Z_{\text{енр}}^{\text{б}} * (T_{02}/T_{01}) * Z_{\text{енр}}^{\text{н}},$$

де  $Z_{\text{енр}}^{\text{б}}$  - затрати поточні і разові по експлуатації замінюваного виробу;

$Z_{\text{енр}}^{\text{н}}$  - затрати поточні і разові по експлуатації нового виробу;

$T_{01}$  – термін служби замінюваного виробу;

$T_{02}$  - термін служби нового виробу;

$$E_c = 125859,09 * 15/15 - 70823,55 = 55035,54 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від виробництва і експлуатації:

$$E_{\text{вс}} = E_B + E_c = 2083,32 + 55035,54 = 57118,86 \text{ грн.}$$



Період окупності становить:

$$P_o = C_{\text{л}} * t / E_{\text{вс}}$$

де  $C_{\text{л}}$  – лімітна ціна;

$E_{\text{вс}}$  – економічний ефект;

$T$  – термін служби;  $t = 15$  років.

$$P_o = 41055 * 15 / 57118,86 = 5,26 \text{ років}$$

Таблиця 4.7 – Техніко-економічні показники

Показники	Базовий	Проектний	Різниця
Лімітна ціна	39650	41055	+1405
Затрати на енергію	3,43	1,22	2,21
Затрати на ремонт	1920	-	1920
Втрати від браку	36000	3825	32,175
Затрати на перевірки і наладки	1600	1500	100
Поточні експлуатаційні затрати			
Разові капітальні затрати	43456,06	5360,7	32095,36
Затрати на експлуатацію			
	40450	41855	1405
	125859,09	70823,55	55035,54
			124518,11

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз і характеристика потенційних небезпек та шкідливостей на ділянці фасування сипучих матеріалів

Безпека трудового процесу характеризується параметрами безпеки трудових операцій при виконанні нормативних завдань. Порухенням параметрів безпеки трудових операцій є поява шкідливих і небезпечних виробничих факторів, якщо їх поява не пов'язана з порушенням параметрів безпеки обладнання і виробничих процесів.

Загальна безпека праці являється сукупністю трьох складових: безпеки виробничого процесу, безпеки виробничого обладнання, безпеки трудового процесу.

У дипломному проекті розроблено автомат для автоматизованого фасування тукосумішей в пакети з поліетилену або ламінованого паперу.

Конструктивно можливе розпилення в повітрі пилу тукосумішей, який може викликати в людини фіброгідну дію. Граничнодопустима концентрація пилу у повітрі – 5 мг/м<sup>3</sup> (ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”) [17].

Робота на автоматі відноситься до легкої категорії (категорії I). Робота проводиться сидячи, стоячи або пов'язана з ходьбою, але не потребує фізичного систематичного напруження і підняття і перенесення вантажів.

Основні вимоги до споруд і приміщень, де проходить розфасовка, визначається відповідно до СН і СнП [18, 19].

Об'єм виробничого приміщення на одного працюючого повинен складати не менше 15 м<sup>3</sup>, площа – не менше 4,5 м<sup>2</sup> у відповідності до СН 245 – 71 [18].

Таблиця 5.1 – Оптимальні параметри мікроклімату

Періоди року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря
Холодний і перехідний (середньодобова температура повітря нижче +10 °С)	20..23	60..40	0,2
Теплий (середньодобова температура повітря +10°С і вище)	22..25	60..40	0,2

Висота цехів вибирається залежно від характеру технологічного процесу такою, щоб можна було забезпечити видалення зайвої запиленості, але не менше 3 м.

Для покращення умов праці в ДП розроблено встановлення біля кожного автомату місцевої витяжної вентиляції – усунення тим самим запиленості від кожного працюючого автомату.

Для роботи на автоматі необхідне раціональне освітлення, дозволяюче оператору слідкувати за показами пульта керування не напружуючи зору. Недостатність освітленості може призвести до погіршення зору оператора.

Для визначення необхідних рівнів освітленості використовуємо рекомендації [19]. В таблиці 8.2 дано визначення розряду зорових робіт.

Відстань до об'єкту розпізнавання від очей працюючого – більше 0,5 м.

Таблиця 5.2 – Розряд зорових робіт

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення, лк	Природне освітлення, %	Змішане освітлення, %
IV	200	4	2,4

В обов'язки оператора входить завантаження вібробункера, заправка поліетиленової плівки, контроль за пультом керування.

У виробничому приміщенні, де знаходиться автомат, повинно бути загальне рівномірне освітлення. Висота цеху – 4 м, тому в якості освітлювальних приладів використовуємо люмінесцентні лампи.

Коректований рівень звукового тиску на ділянці цеху біля проєктованого автомату допустимий до 80 дБ при частоті 16 Гц згідно ГОСТ 12.1.003 – 83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Сумарний час роботи в контактi з автоматами і машинами, що викликають вібрацію, не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни згідно ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности».

Заземлення автоматів для розфасовки сипучих матеріалів здійснюється до загальної шини цеху. З метою запобігання ураження електричним струмом, слід періодично перевіряти ізоляцію провідників, які знаходяться під напругою.

## 5.2 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції на ділянці фасування сипучих матеріалів

Застосування місцевої витяжної вентиляції ґрунтується на вловлюванні і видаленні шкідливих речовин безпосередньо біля джерела їх утворення, на запобігання їх розповсюдження по всьому приміщенні. Тоді, коли боротьба з пилом при допомозі загальнообмінної вентиляції дає малий ефект, то місцева вентиляція дозволяє повністю усунути запиленість приміщення.

Пристрої місцевої витяжної вентиляції роблять у вигляді укриття або місцевих відсмоктувачів (рисунок 7.1).

Кількість повітря  $L$  (м<sup>3</sup>/год), котру необхідно видалити від укриттів і відсмоктувачів, визначаєм за формулою:

$$L=F*v*3600, \quad [13, \text{с.60}]$$

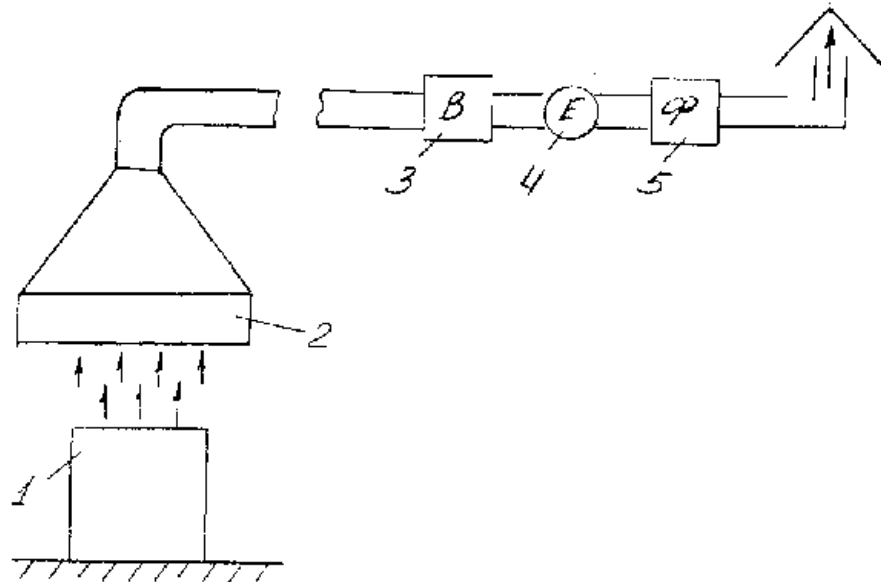
де  $F$  – площа відкритих отворів, через котрі засмокується повітря,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – швидкість повітря в цих отворах,  $\text{м/с}$ ;

$$v = 0,5 \div 1,25 \text{ м/с}$$

Прийmemo  $v = 0,7 \text{ м/с}$ ,  $F = 2,4 \text{ м}^2$ , тоді

$$L = 2,4 * 0,7 * 3600 = 6048 \text{ (м}^3\text{/год.)}$$



1 – автомат; 2 – витяжний зонт; 3 – вентилятор; 4 – електродвигун; 5 – фільтр

Рисунок 5.1 - Схема місцевої витяжної вентиляції

Укриття з відсмокувачем характерні тим, що джерело шкідливостей знаходиться всередині них і вони можуть бути використані як укриття-кожухи, повністю або частково включаючи в себе обладнання, витяжні шафи, вітринні укриття, кабінки і камери.

В середині укриття відбувається розрідження, завдяки чому шкідливі речовини не можуть попасти в повітря приміщення. По всмоктуючих повітряводах вони видаляються з укриття. Такий спосіб запобігання шкідливих виділень в приміщеннях називають аспірацією.

Повне укриття машин і механізмів, виділяючих шкідливих речовин, - це найбільш досконалий і економічний спосіб запобігання їх попадання в повітря приміщення. Важливо ще на стадії проектування розробити

технологічне обладнання таким чином, щоб такі вентиляційні пристрої органічно входили б в загальну конструкцію, не заважаючи технологічному процесу і одночасно розв'язуючи санітарно-гігієнічні завдання.

### 5.3 Пожежна профілактика на дільниці фасування сипучих матеріалів

Робота автоматизованого комплексу для розфасовки сипучих матеріалів зв'язана з обробкою важкогорючих засобів і середньозаймаючимися матеріалами (поліетлен, ламінований папір).

У відповідності до СніП 2.09.02. – 85. «Производственные здания», цех де знаходиться комплекс відноситься до категорії Г виробництв по пожежній і вибуховій безпеці.

Таблиця 5.3 - Характеристика виробництва по ступеню пожежної безпеки

Категорії виробництв	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості споруди	Площа поверху, м <sup>2</sup>
Г	3	III	800

Ступінь вогнестійкості споруд.

Приміщення, в якому проводяться розфасовочні роботи побудовано з елементів конструкції по 4 категорії протипожежної безпеки:

характер виробництва – пожебезпечне

категорія виробництва – Г

характеристика оброблюваних речовин – під дією вогню чи температури важко спалахують

Мінімальні границі стійкості будівельних конструкцій в залежності від ступеня стійкості споруд і приміщень згідно [20], приведені в таблиці 7.4.

Таблиця 5.4 – Мінімальні границі стійкості основних будівельних конструкцій.

Ступінь вогнестійкості	Основні будівельні конструкції					
	Несучі клітки, клітки сходів	Площадки і сходів, сходи	Зовнішні стіни з навісних панелей	Внутрішньонесучі стіни (перегородки)	Плити, настили між поверхами	Плити, настили та інші несучі конструкції
III	2	1	0,25	0,25	0,7	0,25

В разі виникнення пожежі передбачені шляхи евакуації людей (рисунок 5.2).

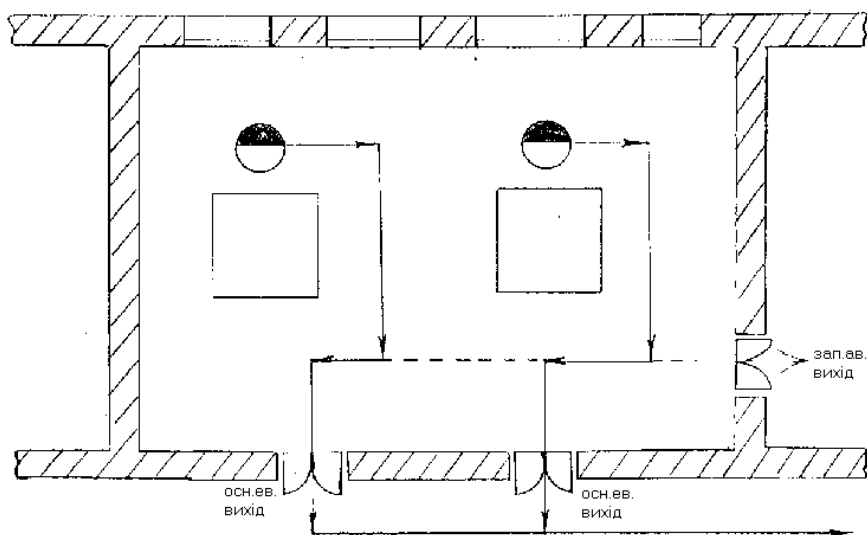


Рисунок 5.2. Схема евакуації

Відповідно СнИПу 2.01.02–85 “Противопожарные нормы”, евакуація людей з приміщень і будівель повинна забезпечуватися евакуаційними шляхами.

Евакуаційні шляхи забезпечують евакуацію через евакуаційні виходи всіх людей, які знаходяться в приміщенні під час евакуації.

Виходи рахуються евакуаційними, якщо вони ведуть із приміщень першого поверху безпосередньо назовні або через головний вхід, із приміщення в сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, забезпечене виходом назовні і не має виробничої категорії А, Б, Е.

В приміщенні є три евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються назовні. На шляху евакуації не повинно бути турніків (вертушок).

На видному місці в цеху є вивішені інструкції, плакати, а також таблиць бойового відділення ДПД і обов'язки робочих і службовців на випадок пожежі.

Кожне підприємство і заклад повинні бути забезпечені вогнегасниками в залежності від встановлених норм початкових засобів пожежогасіння.

На проектуваному автоматі для пожежогасіння використовуються вогнегасники ОУ – 5 і ОХВП – 10. Так як автомат працює під високою напругою, то обидва вогнегасника застосовуються для гасіння пожежі.

Для дільниці фасування сипучих матеріалів, згідно рекомендацій [13] виберемо засоби пожежогасіння (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Засоби пожежогасіння

Назва приміщ., споруди, установи	Одиниці виміру, м <sup>2</sup>	Назва пожежного обладнання і перших засобів пожежогасіння					
		Вогнегасники			Ящик з піском	Бочка з водою	Лампа
		ОХВП - 10	ОВП - 10	ОУ - 5			
цех	100	1	-	1	1	-	-



## 5.4 Безпеки в надзвичайних ситуаціях

### 5.4.1 Оцінка стійкості підприємства до уражаючих факторів ядерного вибуху

Стійкість роботи промислового об'єкту де застосовуються автоматизовані технології виробництва представляє собою здатність в умовах військового часу виготовляти продукцію у запланованому об'ємі і номенклатурі, а при одержанні слабких і частково середніх уражень відновлювати своє виробництво в мінімальні строки.

Ціль оцінки стійкості об'єкта заключається у виявленні слабких елементів, щоб в подальшому провести інженерно-технічні міроприємства, направлені на підвищення стійкості об'єкта в цілому, а також його автоматизованого обладнання, щоб запобігти перериванню технологічного процесу.

Оцінка стійкості роботи об'єкту – це всебічне вивчення підприємства з точки зору властивості його протистояти дії уражаючих факторів ядерного вибуху, продовжувати роботу і відновлювати виробництво при одержанні слабких уражень.

Промислові підприємства народного господарства відрізняються один від одного як по конструктивному вирішенню, так і по технологічному процесу. Різниця об'єктів заключається в будівлях і спорудах, обладнанні і технології виробництва, комунально – енергетичних сітках і території, на якій розташований об'єкт. Тому по всіх випадках оцінка стійкості кожного об'єкта має свої особливості і потребує конкретного підходу до вирішення цього питання. У даному випадку можливо розглянути тільки загальне для всіх об'єктів питання оцінки стійкості до дії уражаючих факторів зброї масового ураження.

Оцінка стійкості роботи об'єкта починається з району розміщення. Об'єкт може знаходитись у місті, за межею його проектної забудови і на

деякій відстані від міста. Досліджується територія району, його структура, густота і тип забудови, сусідні об'єкти і можливість виникнення на них другорядних факторів ураження. На об'єкті визначається густина забудови, розміщення основних будівель і споруд, які здійснюють вплив на характер ураження, можливе утворення завалів і виникнення пожеж. Особлива увага звертається на ділянки, де можливе виникнення небезпечних другорядних факторів ураження.

Беруться на облік всі будівлі і споруди, проводиться оцінка їх статичної стійкості. Вивчається кожен цех і його окремі елементи як по конструктивному вирішенню, так і по матеріалам які були використані в будівництві. Розглядаються умови розташування технологічного обладнання і визначаються види уражень і пошкоджень, які можуть мати місце при ядерному вибуху і завалі огорожуючих конструкцій цехів. Особливо важливо визначити захист цінного і особливого обладнання, насиченість виробництва автоматикою і можливість продовження виробництва у випадку виходу з ладу контрольно – вимірювального обладнання.

Досліджуються комунально – енергетичні системи об'єкта і проводиться оцінка стійкості споруд і ліній, тобто, визначаються параметри уражаючих факторів, при яких комунально – енергетичні сітки те чи інше ураження.

Визначається забезпечення працюючого персоналу захисними спорудами: встановлюється кількість сховищ, укриттів і оцінюються їх захисні властивості.

Вивчається система керування, зв'язку і оповіщення на основі вивчення стану захисних пунктів керування, вузлів і ліній зв'язку.

Аналізується система матеріально – технічного забезпечення і виробничих зв'язків. Встановлюється об'єм запасів і можливих строків продовження роботи без постачань; визначається відповідність їх кількості і номенклатури потребності, які потребуються для виробництва військового

часу. Оцінюється стійкість складів сировини, комплектуючих виробів, готової продукції і інших матеріалів, а також сховища горючих матеріалів.

Вивчається підготовка об'єкту до відновлення виробництва у випадку одержання слабких чи середніх уражень. Аналіз виробничої діяльності об'єкта дозволяє виявити слабкі елементи, ділянки і підготувати план підвищення стійкості їх роботи і план відновлювальних робіт, а також забезпечити їх будівельно – монтажною і проектною документацією.

Оцінка стійкості роботи об'єкта здійснюється за уражаючими факторами ядерного вибуху. Відстані, на якій може бути надлишковий тиск ударної хвилі, дані про надлишковий тиск беруться з таблиці у відповідності до відстані від центру вибуху і потужності ядерного боєзапасу.

Оцінка стійкості роботи промислового підприємства де застосовуються автоматизовані технології виробництва до дії ударної хвилі. Критерієм для визначення стійкості об'єкта народного господарства до дії ударної хвилі ядерного вибуху являється величина надлишкового тиску, при якій будівлі і споруди об'єкта зберігаються чи одержать слабкі, або середні ураження.

При оцінці стійкості об'єкта необхідно виявити найбільш слабкі елементи і ділянки, від яких залежить робота всього підприємства.

Проводячи оцінку стійкості, доцільно всі дані розрахунків по надлишковому тиску звести до робочої таблиці.

Характеристика будівель, споруд і величина надлишкового тиску, яка викликає слабкі чи середні ураження вибираються з таблиць.

Після оцінки окремих будівель оцінюється об'єкт в цілому. При цьому стійкість об'єкту визначається по тій будівлі чи споруді, яке руйнується при найменшому надлишковому тиску.

Після оцінки стійкості об'єкта намічаються мироприємства, які необхідно провести для підвищення стійкості роботи об'єкта до дії ударної хвилі ядерного вибуху. Для цього визначають доцільні межі підвищення стійкості кожної споруди.

Оцінка стійкості роботи промислового підприємства де застосовуються автоматизовані технології виробництва до дії світлового випромінювання. Критерієм стійкості об'єкта до дії світлового випромінювання являється світловий імпульс, при якому проходить згорання тих чи інших будівель і споруд та виникнення пожеж.

При оцінці стійкості враховується якість будівельного матеріалу, характеристика будівель і споруд, особливості виробництва. Виникнення пожеж, в першу чергу, залежить від того, які будівельні матеріали використані при спорудженні будівель і споруд об'єкта.

Всі будівельні матеріали по загоранню діляться на три групи: ті які не загоряються, важко згорювані, і ті які згорають.

Ті що не загоряються – це такі матеріали, які під дією полум'я чи високої температури не загоряються, не тліють і не обуглюються. До них відносяться всі натуральні і штучні неорганічні матеріали, а також ті, що використовуються в будівництві метали.

Важкозгорювані – це такі матеріали, які під дією полум'я чи високої температури важко загоряються, тліють чи обуглюються і продовжують горіти чи тліти тільки при наявності джерела вогню, а при його відсутності горіння чи тління зупиняється.

До таких матеріалів відносяться матеріали, які складаються з негорючих і горючих складових, наприклад: асфальтовий бетон, гіпсові і бетонні деталі з органічними заповнювачами; глиносоломенні матеріали чи густиною не менше  $900 \text{ кг/м}^3$ ; цементний фіброліт; деревина, яка була піддана глибокому пропитуванню антипіренами; войлок, вимочений в глиняному розчині, та інші. Ті що згоряють – це такі матеріали, які під дією полум'я чи високої температури загоряються чи тліють і продовжують горіти чи тліти після знищення джерела вогню. До таких матеріалів відносяться всі органічні матеріали, які не були піддані глибокій пропитці антипіренами.

Самими небезпечними являються будівлі і споруди, виконані з матеріалів, що згоряють.

Але і будівлі виконані з матеріалів які не згоряють, можуть витримати дію полум'я чи високої температури тільки певний час. Межа вогнестійкості конструкцій визначається часом в годинах, під час якого не появляються наскрізні отвори, конструкція не втрачає несучої здатності, не рушиться і не нагрівається до температур порядку 200° С на протилежній стороні.

По степеню загорюваності будівлі і споруди поділяються на п'ять груп (I,II,III,IV і V) в залежності від вогнестійкості частин будівлі і споруди. Вогнестійкими будівлями чи спорудами являються цегляні (бетонні) будівлі I і II степені вогнестійкості, у яких всі частини виконані з матеріалів, що не згоряють. Особливо небезпечними в протипожежному відношенні являються будівлі IV і V степені вогнестійкості.

Виникнення пожеж залежить також від технологічного процесу і характеру виробництва. Тому об'єкти оцінюються по пожежній небезпеці в залежності від характеру виробництва. При цьому виникнення пожеж можливе від світлового випромінювання і руйнування виробничих будівель ударною хвилею. По пожежній небезпеці всі об'єкти поділяються на п'ять категорій : А, Б, В, Г і Д.

До підприємств категорії А відносяться нафтопереробні заводи, хімічні підприємства, фабрики штучного полотна, бензоекстранційні цехи, цехи гідрування, дистиляції і газофракціонування виробництва штучного рідкого палива, склади бензину, цехи обробки і використання металічного натрію, калію і інші.

До підприємств категорії Б відносяться цехи приготування і транспортування хімічних матеріалів, промивочно – пропарюючі станції цистерн і іншої тари від мазути і інших рідин з температурою спалаху парів 28-120° С; вибійні і розбійні відділення млинів, цехи обробки синтетичного каучуку, цехи виготовлення цукрової пудри і інші.

До підприємств категорії В відносяться лісопильні, деревообробні, столярні, модельні і лісотарні цехи; відкриті склади масла, масляне

господарство електростанцій; переважна кількість цехів текстильного виробництва.

До підприємств категорії Г відносяться металургійні виробництва, підприємства гарячої обробки металів, термічні і інші цехи, а також котельні.

До підприємств категорії Д відносяться підприємства по холодній обробці металу і інші зв'язані з зберіганням і переробкою матеріалів, що не згорають.

Найбільш небезпечними в пожежному відношенні являються підприємства категорії А і Б. Практично можливість виникнення пожеж в виробничих будівлях категорій В, Г і Д знаходиться в залежності від ступені вогнестійкості будівель.

Для підприємств категорій В, Г і Д можливість утворення зон окремих і суцільних пожеж в основному залежить від вогнестійкості будівель, а для підприємств категорії А і Б слід враховувати, що суцільні пожежі можуть виникнути на відстані від епіцентру вибуху, де надлишковий тиск у фронті ударної хвилі складе 10 кПа і більше. Масові пожежі можуть виникнути в будівлях і спорудах, які зруйновані не повністю, тобто, при надлишковому тиску у фронті ударної хвилі до 50 кПа для будівель I – III ступені вогнестійкості (з кам'яними стінами) і 20 кПа для будівель IV – V ступені вогнестійкості (з дерев'яними стінами).

І так, масові пожежі можуть виникнути в межах відстаней від епіцентру вибуху, на який діють надлишковий тиск ударної хвилі від 10 до 50 кПа.

Для оцінки стійкості будівель і споруд до дії світлового випромінювання використовуються дані про світлові імпульси, при яких загоряються різноманітні матеріали; відстані, на яких можливі світлові імпульси в залежності від потужності вибуху; дані про оцінку стійкості до дії світлового імпульсу на будівлі і споруди.

Таким чином, при оцінці стійкості об'єкту до дії світлового випромінювання уважно вивчають всі будівлі, споруди і виробничі

установки, розміщені на території підприємства; визначаються місця можливого загоряння, а також аналізуються наслідки, які можуть виникнути від пожежі з врахуванням характеру виробництва оточуючої об'єкт за будови.

Після оцінки вогнестійкості будівель, споруд і вивчення характеру технологічного процесу роблять висновки про стійкість до дії світлового випромінювання об'єкта в цілому.

На основі проведеної оцінки виробляються міроприємства по підвищенню вогнестійкості об'єкта.

Оцінка стійкості роботи промислового підприємства де застосовуються автоматизовані технології виробництва до дії проникаючої радіації і радіоактивного зараження. Робота об'єкта в першу чергу залежить від самопочуття людей, і при ураженні радіацією робітників і службовців підприємство працювати не може.

Критерієм оцінки стійкості роботи об'єкта являється доза радіації, яку можуть одержати робітники і службовці, опинившись в зоні зараження.

Оцінка стійкості роботи об'єкта до дії проникаючої радіації включає визначення коефіцієнтів захисту ( коефіцієнт ослаблення радіації  $K_{осл}$  ) для будівель, споруд, сховищ і укриттів. Коефіцієнт ослаблення радіації  $K_{осл}$  можна визначити по формулі:

$$K_{осл} = 2^{h/d_{пол}}$$

де  $h$  – товщина захисного шару, см;

$d_{пол}$  - шар половинного послаблення, см., чи знайти в таблицях, або довідниках.

При оцінці стійкості роботи об'єкта до дії радіоактивного зараження визначається також можливість герметизації виробничих приміщень з ціллю зменшення проникання в них радіаційного пилу.

Окрім того, при оцінці стійкості до дії радіації визначається наявність матеріалів, приладів і апаратури, чутливих до дії радіації.

На основі оцінки стійкості роботи об'єкта до дії радіоактивного зараження визначаються режими роботи об'єкта в різних умовах радіоактивного зараження.

Оцінка стійкості роботи промислового підприємства де застосовуються автоматизовані технології виробництва до дії другорядних уражаючих факторів. До другорядних уражаючих факторів відносяться аварії, пожежі, вибухи, повені, забруднення атмосфери і місцевості, а також завали пошкоджених конструкцій. Масштаби уражаючої дії від другорядних уражаючих факторів в окремих випадках можуть перевершувати безпосередню дію ядерного вибуху.

Причинами виникнення другорядних уражаючих факторів являються руйнування, які викликані ядерним вибухом на об'єкті, що розглядається чи на сусідніх з ним об'єктах, опинившись в зоні безпосередньої дії ядерного вибуху, тобто, внутрішні і зовнішні джерела.

При оцінці стійкості об'єкта до дії другорядних уражаючих факторів ядерного вибуху визначаються всебічні джерела їх виникнення. В першу чергу виявляються внутрішні джерела, які знаходяться на самому підприємстві. Це можуть бути резервуари і ємності з легкозаймаючимися рідинами і газами, склади вибухонебезпечних речовин, вибухонебезпечні технологічні установки і комунікації, руйнування яких викликає пожежі, вибухи чи загазованість, легкозаймаючіся будівлі чи споруди.

Зовнішніми джерелами другорядних уражаючих факторів ядерного вибуху можуть бути близько розміщені хімічні і нафтоперегонні заводи, нафтові і газові промисли, холодильники, гідровузли склади нафтопродуктів і інших горючих рідин, газгольдерні станції і інші об'єкти

Одночасно з врахуванням всіх можливих джерел другорядних уражаючих факторів визначається характер їх дії на об'єкт, що розглядається



і встановлюється, який вид уражень і руйнувань можна очікувати, а також час і тривалість їх дії.

Дані оцінки стійкості до дії другорядних уражаючих факторів можуть бути взяті з довідників і таблиць.

#### 5.4.2 Практична оцінка стійкості цеху підприємства до впливу ударної хвилі ядерного вибуху

Вихідні дані : Цех розміщений на відстані 5 км. від ймовірної точки прицілювання  $R_r = 5\text{км}$ ; очікувана потужність ядерного боєзапасу  $q=500$  кг; можливе максимальне відхилення ядерного боєзапасу від точки прицілювання  $r_{отк} = 0,4\text{км}$ ; характеристика цеху: будівля – залізобетон, верстати – легкі, трубопроводи – на металічних естакадах, наземні, кабельні мережі – наземні.

Розрахунок.

Визначаємо максимальне значення надлишкового тиску, очікуваного на території цеху. Для цього знаходимо мінімальну відстань до можливого центру вибуху :

$$R_x = R_r - r_{отк} = 5 - 0,4 = 4,6\text{км}.$$

Потім з додатку 1 [21] знаходимо надлишковий тиск  $\Delta P_\phi$  на відстані 4,6 км. для боєзапасу потужністю  $q = 500$  кг. при наземному вибуху (менш благополучному). Цей тиск являється максимально очікуваним на об'єкті  $\Delta P_{\phi MAX} = 30\text{кПа}$ .

Виділяємо основні елементи цеху і визначаємо їх характеристики.

Основними характеристиками цеху являються : будівля, легкі верстати, трубопровід і кабельні мережі.

По додатку 2 [21] знаходимо для кожного елемента цеху надлишковий тиск, який викликає слабкі, середні, сильні і повні руйнування.

Так будівля цеху з вказаними характеристиками ( залізобетон ) одержить слабкі руйнування при надлишковому тиску 10..20 кПа, середні – 20..30 кПа, повні – 30..60 кПа.

Аналогічно визначаються дані по всім іншим елементам цеху.

Визначаємо межу стійкості кожного елемента цеху – надлишковий тиск, викликаючий слабкі руйнування. Будівля цеху має межу стійкості до ударної хвилі, рівну 20 кПа, легкі верстати 12 кПа, трубопровід на металічних естакадах 30 кПа, наземні кабельні мережі 30 кПа.

Визначаємо межу стійкості цеху в цілому по мінімальній границі стійкості вхідних в його склад елементів.

Співставляючи границі стійкості елементів які входять в його склад, одержимо, що межа стійкості цеха  $\Delta P_{\phi LIM} = 12 \text{кПа}$ .

Визначаємо по окремій методиці степені руйнування елементів цеху при очікуваному максимальному надлишковому тиску і можливі втрати (процент виходу з ладу виробничих площ і обладнання ). При  $P_{\phi MAX} = 30 \text{кПа}$  в цеху середні руйнування одержать: будівля цеху, кабельні мережі, трубопровід на залізних естакадах. При цьому вийдуть з ладу 20 % виробничої площі, 100 % технологічного обладнання і 10 % енергозабезпечення .

Аналізуємо результати оцінки і робимо висновки та пропозиції по підвищенні стійкості цеху до ударної хвилі ядерного вибуху: будівля цеху може бути біля межі зони середніх і сильних руйнувань ядерного ураження з ймовірним максимальним надлишковим тиском ударної хвилі 30 кПа, а межа стійкості цеху до ударної хвилі 20 кПа, що менше  $\Delta P_{\phi MAX}$  і, відповідно цех не стійкий до ударної хвилі; технологічне обладнання – межа стійкості 12 кПа, що також менше  $\Delta P_{\phi MAX}$ , а повне руйнування легких верстатів досягається уже при 25 кПа, отже, найбільш слабкими елементами є – будівля цеху і легкі верстати.

Можливі втрати при максимальному надлишковому тиску ударної хвилі, очікуваному на об'єкті, призведе до повної зупинки виробництва через

втрату технологічного обладнання, а саме, легких верстатів; так-як очікуваний на об'єкті максимальний надлишковий тиск ударної хвилі 30 кПа, а межі стійкості комунікаційно-експлуатаційних систем більше 30 кПа, то доцільно буде підвищити межу стійкості будівлі цеху і обладнання до 30 кПа; для підвищення стійкості цеху до ударної хвилі необхідно: підвищити стійкість будівлі цеху пристроями контрфорсів, підкосів, додаткових рамних конструкцій; кабельну електромережу, а також трубопроводи прокласти під землею; легкі верстати замінити більш важкими, закрити їх захисними кожухами.

Отже, керуючись вищевикладеним, завданням підприємства є:

- запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження і здійснення заходів, спрямованих на зменшення збитків і втрат на підприємства у разі аварій, катастроф, вибухів, великих пожеж та стихійного лиха;
- оповіщення працівників підприємства про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і воєнний час та постійне інформування про наявну обстановку;
- захист працівників підприємства від наслідків аварій, катастроф стихійного лиха та від небезпеки у воєнний час;
- організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах лиха й осередків ураження на території концерну;
- створення систем аналізу і прогнозування, управління, оповіщення і зв'язку спостереження і контролю за радіоактивним, хімічним і бактеріологічним зараженням підприємства підтримання їх готовності до функціонування у надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часу;
- підготовка і перепідготовка керівного складу, органів управління та сил Цивільного захисту підприємств

## 6 ЕКОЛОГІЯ

### 6.1 Виробничий шум та вібрація, їх негативний вплив на навколишнє середовище

Багато технологічних процесів у цехах машинобудівних заводів супроводжується значним шумом і стрясанням. Так, у ковальських, ливарних, пресових, складальних та інших цехах технологічні процеси, пов'язані з клепанням, карбуванням, обрубкуванням і вирубуванням литва пневматичним інструментом, штампуванням, очищенням литва в барабанах, випробуванням двигунів та ін., дають шум і супроводжуються вібрацією.

Шум і вібрація є енергетичним забрудненням довкілля, що виникають в результаті антропогенної діяльності людини.

Сильний шум шкідливо відбивається на здоров'ї і працездатності людей. Він може призвести до перевантаження слухових органів, слухової втоми, зниження уваги працюючого.

Особливо шкідливий шум у поєднанні із трясінням. Такі несприятливі фактори спричиняють захворювання [9].

Діючи на центральну нервову систему, шум впливає на весь організм людини – втрачається гострота зору, змінюється ритм дихання і серцевої діяльності, підвищується внутрішньочерепний та кров'яний тиск, уповільнюється процес травлення.

Вібрація впливає на кліткову будову органів тіла, викликає зміни у тканинах, м'язах, зокрема в серцевих, а також на нервову систему, порушуючи регуляцію діяльності внутрішніх органів і обмін речовин. В результаті вібрації може статися запаморочення.

При вібрації від молотів, верстатів, машин, від пневматичного інструменту у робітників може виникнути невроз рук, захворювання суглобів. Отже, шум і вібрація шкідливі для здоров'я, вони можуть спричиняти до виробничого травматизму і професійних захворювань, а тому

треба усунути ці шкідливості і вживати захисних заходів. Характеристика шумів і вібрацій.

Шумом називається безладне сполучення звуків різної висоти й частоти. Звук як фізичне явище – це хвилеподібний рух, що відбувається в повітрі, воді чи іншому пружному середовищі, що викликається коливальними рухами тіла, яке видає звуки, і сприймається нашим органом слуху.

Вухом людини здатне сприймати як звук коливання середовища з частотою на секунду не нижче 16 і не вище 20000 Гц. Цей інтервал називається звуковим діапазоном. Звуки, що мають коливання нижче 16 Гц, називаються інфразвуками, а вище 20000 Гц – ультразвуками.

Поширюючись у пружному середовищі, звукові хвилі натрапляють на опір, що називається акустичним, чи хвильовим. Акустичний опір визначається за такою формулою:

$$R = \rho \cdot v \quad (6.1)$$

де  $R$  – акустичний опір,  $\text{кГ}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$   $\rho$  – густина середовища,  $\text{кГ}/\text{м}^3$ ;

$v$  – швидкість звуку в середовищі,  $\text{м}/\text{с}$ .

Звуки й шуми, як і всякі хвильові рухи, при своєму виникненні й поширенні підлягають законам інтерференції, дифракції, відбиття і вбирання.

Чутливість слуху до різних частот звукових коливань, що сприймаються вухом, дуже різна. При різних частотах і однаковому рівні звуку сприймаються як різні за гучністю. Найбільше відчуття гучності створюють звуки частотою від 1000 до 4000 Гц. Для порівняння гучності різних шумів еталоном служить частота 1000 Гц, при якій спостерігається найбільша чутливість слуху.

Дуже мала звукова енергія не викликає відчуття звуку. Найслабші звуки, які чує людина, називаються звуками, що перебувають на порозі чутності. Ступінь відчуття гучності звуку починаючи від порогу чутності зростає значно менше, ніж інтенсивність звуку. Наприклад, для того щоб гучність, яку сприймає людина, збільшилась порівняно з певною умовною величиною сили звуку в два рази, потрібно, щоб сила звуку збільшилась в десять раз, тобто між фізичною силою звуку і гучністю, що сприймається людиною, існує геометрична залежність.

Весь діапазон сили звуку при частоті коливань 1000 Гц від порогу чутності до порогу больового відчуття умовно поділений на 13 бел (логарифм  $10^{13}$ ), або на 130 децибел. Отже, децибел є відносною одиницею вимірювання рівня інтенсивності звуку.

$$L = \lg \frac{I}{I_0},$$

де  $L$  – рівень інтенсивності звуку, дБ;  $I$  – інтенсивність звуку, Вт/м<sup>2</sup>;  $I_0$  – нульовий рівень інтенсивності звуку (сила звуку на порозі чутності), Вт/м<sup>2</sup>.

Поріг больового відчуття – це сила звуку, при якій він викликає відчуття болю. Він для кожної людини різний і складає приблизно 10–100 Вт/м<sup>2</sup>.

Одиницею потужності потоку звукової енергії, або сили звуку, є Вт. Вт – величина фізична, яка дорівнює кількості звукової енергії, що протікає за 1 с крізь отвір площею 1 м<sup>2</sup>.

За одиницю рівня гучності звуку чи шуму прийнято фон.

Для оцінки суб'єктивного відчуття сили звуку, що сприймається людиною, взято одиницю децибел. При частоті чистого тону звуку 1000 Гц

поняття "рівень гучності" і "рівень інтенсивності звуку (сили звуку)" збігаються. Отже, одиниці фон і децибел у цьому випадку взаємно рівні.

Децибел як одиниця сили звуку являє собою найменшу величину зміни у звуковому тиску від умовного порогу чутності, що розрізняється вухом людини. Децибельне обчислення є відносним вимірюванням і показує не абсолютну силу звуку, а рівень гучності певного звуку над порогом чутності.

Одиницею звукового тиску, що є у звуковій хвилі, є паскаль (Па). Па – це тиск звукової хвилі, що дорівнює 0,000001 атмосферного тиску. За санітарними нормами і правилами всі допустимі виробничі шуми залежно від їх частотного складу поділено на три класи: низькочастотні, середньочастотні й високочастотні.

Для боротьби з шумом велике значення має розпізнавання ступеня гучності шумних процесів.

Шуми і стуки в деталях працюючих машин та установок виявляються за допомогою стетоскопа, подібного до медичного. Рівень гучності вимірюють об'єктивними шумомірами, а частоту шуму – звукоаналізаторами. Щоб швидко визначати відповідність виробничих шумів діючим санітарним нормам, застосовують індикатор норм шуму ИНШ–2–ЛИОТ.

Проміжні значення амплітуд слід визначати, застосовуючи лінійну інтерполяцію. Ці нормативи мають однакове значення для вертикальної і горизонтальної вібрації. Таблиця відповідає безперервній дії на робітників протягом робочого дня.

Якщо тривалість дії становить 10—15% робочого часу, то вказані в таблиці амплітуди й відповідні швидкості і прискорення можна збільшувати, проте не більше як у три рази. В таблиці дано амплітуди, тобто максимальні відхилення від середнього положення.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі величини виробничої вібрації загальної дії

Частота, Гц	Амплітуда, мм	Швидкість коливальних рухів, м/с $\times 10^{-2}$	Прискорення коливальних рухів, м/с <sup>2</sup>
До 3	0,6–0,4	1,12–0,75	0,22–0,14
3–5	0,4–0,15	0,76–0,46	0,14–0,15
5–8	0,15–0,05	0,46–0,25	0,15–0,13
8–15	0,05–0,03	0,25–0,28	0,13–0,27
15–30	0,03–0,009	0,28–0,16	0,27–0,32
30–50	0,009–0,007	0,16–0,22	0,32–0,70
50–70	0,007–0,005	0,22–0,23	0,70–1,12
75–100	0,005–0,003	0,23–0,19	1,12–1,20

### 6.1.2 Шляхи зменшення шумів та вібрацій

Захист від виробничого шуму має важливе значення для оздоровлення умов праці і підвищення її продуктивності. Захист від вібрації сприяє нормальній роботі устаткування і зберігає його від передчасного виходу з ладу.

Проектуючи нові машини і виробничі агрегати, слід передбачати найефективніші заходи по зниженню шуму, особливо на робочих місцях, до рівнів не більше допустимих [9].

Щоб послабити шум і вібрацію агрегатів та верстатів у джерелі їх утворення, треба по можливості: замінити ударні дії безударними; замінити зворотно–поступальний рух деталей агрегатів обертовим рухом;



демпфувати вібрацію співударних деталей і окремих вузлів агрегату чи верстата шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя, – гумою, корком, бітумом, азбестом; замінити чи перемержати металеві деталі деталями з пластмас або з інших незвучних матеріалів; послаблювати інтенсивність вібрації деталей агрегатів, що мають великі випромінюючі шум поверхні (корпуси агрегатів, кожухи, кришки та ін.), шляхом облицьовування цих поверхонь або заповнення спеціально передбачених повітряних порожнин у них демпфуючими вібрацію матеріалами, влаштуванням гнучких зв'язків (пружних прокладок, пружин) між цими деталями і вузлами агрегату; враховувати мінімальні допуски при підготовці і складанні деталей агрегату, щоб зменшити зазори у зчленуваннях деталей і тим самим послабити енергію співударів та інтенсивність вібрації і шуму; передбачати врівноваження (статичне і динамічне) всіх рухомих частин агрегату, щоб зменшити динамічні сили, які збуджують вібрацію; додержувати системи складання деталей агрегату, при якій зводяться до мінімуму помилки у зчленуванні деталей (перекоси, неправильна відстань між центрами та ін.); обмежувати швидкість обтікання деталей агрегату повітряними та газовими струменями (у вентиляторах, ежекторах і т.п.); коли переважаючим шумом агрегату є шум підшипників, замінювати підшипники кочення підшипниками ковзання; змащувати співударні деталі в'язкими рідинами, замикаючи в рідинні, мастильні та інші ванни.

Якщо не можна зменшити шум у самому джерелі його утворення до допустимого рівня, у конструкцію агрегату слід включити пристрої, які перешкоджають поширенню шуму назовні, тобто ізолюють його. Для цього треба: агрегати, що утворюють шум усією своєю поверхнею (двигуни, редуктори та ін.), повністю замикаючи у звукоізолюючі кожухи з виводом назовні органів керування та контрольних приладів і по зможі здійснювати

автоматичне керування роботою цих агрегатів; шумні вузли агрегату – шестеренчасті редуктори, ланцюгові, пасові та інші передачі, співударні деталі, двигуни та ін. заключати в ізолюючі кожухи; необхідні отвори у звукоізолюючих кожухах робити у вигляді каналів, облицьованих зсередини звукопоглинаючими матеріалами; всі агрегати, які створюють надмірний шум внаслідок вихореутворення чи вихлопу повітря й газів (вентилятори, пневматичний інструмент і машини, двигуни внутрішнього згоряння і т.д.), обладнувати спеціальними камерами та глушниками; агрегати, які встановлюються на спеціальних фундаментах і в приміщеннях, що межують з тихими приміщеннями (заводоуправління, конструкторське бюро і т.д.), обладнувати амортизаторами з пружин чи з пружних матеріалів, щоб вібрація від роботи цих агрегатів не поширювалась у сусідні приміщення.

Велике значення в комплексі робіт по захисту від шуму і вібрації мають архітектурно–будівельні заходи, їх треба починати під час розробки генерального плану заводу.

У плані слід передбачати достатню віддаленість приміщень з шумними технологічними процесами від приміщень з малошумними та звичайними процесами та їх належну ізоляцію. Розміщуючи шумні і тихі об'єкти, треба враховувати розу вітрів даного району.

Особливе значення в боротьбі з шумом і вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткування (під молоти, преси, потужні електродвигуни, дизелі, верстати та ін.). Хорошим засобом ізоляції фундаменту будівлі від коливань є акустичні розриви, розташовані по периметру фундаменту.

Акустичним розривом називається щілина між вібруючою масою і тією масою, яку хочуть захистити від вібрації. Щілина йде по всьому периметру фундаменту і є його повітряним ізолятором. Заповнюють її матеріалом, який

слабо передає звук (повстю, пергаміном, пакетами з толем чи руберойдом, тирсою, шлаком); при цьому утворюється так званий акустичний шов.

Щоб запобігти руйнуванню будівельних конструкцій від ударної і динамічної дії виробничого устаткування (молотів, дизелів та ін.), агрегати треба встановлювати на спеціальні фундаменти та віброізолятори згідно з інструкцією по проектуванню і розрахунку віброізоляції машин.

Особливу увагу слід приділяти боротьбі з шумом від вентиляційних установок. Цей вид шуму у виробничих приміщеннях іноді досягає такої сили, що для його послаблення доводиться вживати спеціальних заходів.

## ВИСНОВКИ

В процесі проектування пророблено наступні питання: проведено аналіз існуючих методів дозування сипучих матеріалів; проведено опис конструкції і принцип роботи автомату; проведено розрахунки об'єму пневмокамер і витрати повітря на автоматі; зроблено розрахунок вібробункера на ЕОМ; проведено економічне обґрунтування розробки, розроблено заходи по охороні праці, безпеки життєдіяльності, екології.

Конструкторські розрахунки проводились з використанням обчислювальної техніки. Результати роботи одержані на основі реальної задачі з автоматизації виробництва.

В роботі розроблена модель системи керування, проведений аналіз її роботи, складений алгоритм роботи, побудована сітка Петрі, яка моделює послідовність фасувальних операцій системи автоматичного фасування а також розроблено програмне забезпечення для дослідження її функціонування.

На запропонованій моделі можемо оцінити час необхідний для виконання заданого числа циклів, час перебування кожного із переходів в активному стані, побудували графік досяжності системи і таким чином отримали дані для оптимізації процесу автоматичного фасування сумішей.

В даній роботі було розроблений електронний блок керування пристроєм для вимірювання зношення в процесі тертя зразків циліндричної форми, яке дозволяє зменшити трудоемкість процесу вимірювання.

В розробленому електронному блоці організоване керування виконавчими пристроями, завдяки яким процедура вимірювання стала автоматизованою.

Спроекований електронний блок дозволяє: зчитувати дані із індуктивного та тензометричного давачів; вимірювати температуру досліджуваного зразка; керувати кроковим двигуном; вивід вимірювальної інформації на РК дисплей

Результатом роботи над роботою є автоматизована система для розфасування і упакування сипучих тукосуміщей, яка забезпечує продуктивність 3000 пакетів/год.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воков В.М., Вершик В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – Л.: Машиностроение, 1977.
2. Вочкович Л.И., Кузнецов М.М., Усов Б.А., Автоматы и автоматические линии Т<sub>1</sub>, Т<sub>2</sub>, - М.:Высшая школа, 1976.
3. Вечкевич Л.И., Автоматизация дискретного производства. М.: Машиностроение, 1987.
4. Водяник Т.К. Эластические мембраны – М.: Машиностроение, 1974, 136с.
5. Герц Е.В. Пневматические приводы – М.: Машиностроение, 1979, 360с.
6. Орлов С.П. Автоматические весовые дозаторы непрерывного действия (обзор зарубежных конструкций) М.: Машиностроение, 1967.
7. Орлов С.П. и др. Весы и дозаторы. Справочник. Изд. 2-е переработанное и доп. М.: Машиностроение, 1972.
8. Орлов С.П. Дозирующие устройства М.: Машиностроение, 1976.
9. Прозоровский В.В. Современные объемные дозаторы сыпучих материалов и системы управления ими. М.: ЦНИИТЕЦЛЕГПИЩЕМАШ, 1973.
10. Рочинский Д.А. Дозирование сыпучих материалов. М.: Химиздат 1978.
11. Шидонис В.Ю. Автомат расфасовочно-упаковочных материалов типа АРШ, «Механика» Каунас, 1972.
12. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з організації, планування і управління приладобудівного виробництва. Тернопіль. Приладобудівний інститут імені Івана Пулюя, 1995.
13. Охрана труда в машиностроении под ред. Е.Я Юдина; М.: Машиностроение, 1976.
14. Курсовое проектирование деталей машин под общ. Ред. В.Н Кудрявцева – Л.: Машиностроение, 1984 400с.
15. Н.А. Виноградова, Я.І. Лістратов, Є.В. Свиридов. Розробка прикладного програмного забезпечення в середовищі LabVIEW.

- Навчальний посібник - М.: Видавництво МЕІ, 2005.
- 16 [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADUC841\\_842\\_843.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADUC841_842_843.pdf)
  - 17 <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>
  - 18 [http://www.wayconengineering.com/fileadmin/waycon/dateien/products/inductive\\_position\\_transducers/Inductive\\_Transducer\\_SM\\_HYD.pdf](http://www.wayconengineering.com/fileadmin/waycon/dateien/products/inductive_position_transducers/Inductive_Transducer_SM_HYD.pdf)
  - 19 <https://www.hbm.com/en/2701/z6-beam-load-cell/>
  - 20 <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>
  - 21 Можегов Н.А. Автоматичні засоби виміру об'єму і рівня. Бібліотека по автоматизації.
  - 22 СНИП II – 4 – 79 Естественное и искусственное освещение.
  - 23 Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. В.С. Франчука, Львів:Афіша , 2000, 336
  - 24 Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Навчальний посібник. - 3-е вид., перероб. Бедрій Я.І., Боярська В.М., Гриневич Н.В., Львів , 2000, 240
  - 27 Економіка підприємства, підручник, за ред.. д. е.н., проф.. С.Ф.Покопівного, Київ, 2000.;
  - 28 Жидецький В.І. Основи охорони праці - Львів: Афіша, 2000.;
  - 29 Савицька Г.В. Економічний аналіз діяльності підприємства: навчальний посібник – К., 2004.
  - 31 Економіка підприємства: Підручник / За заг. ред. С.Ф. Покропівного. — 2-ге вид., перероб. та доп. — К.: КНЕУ, 2000.