

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ІНЖЕНЕРНО - ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.Л.Сокольський

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Магістерська дисертація**

на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»

зі спеціальності 133 «Галузеве Машинобудування»

на тему: «Лінія для виготовлення утепленого лінолеуму з модернізацією каландра»

Виконав:

студент , групи ЛП-11мп

Шапиро Артем Олегович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

Асистент,

Швачко Денис Григорович \_\_\_\_\_

Консультант з розділу «Монтаж і експлуатація обладнання»:

Старший викладач,

Борщик Сергій Олександрович \_\_\_\_\_

Консультант з розділу «Автоматизація»:

Старший викладач,

Жураковський Ярослав Юрійович \_\_\_\_\_

Консультант з загального розділу і перевірки на плагіат:

доц. каф. ХПСМ, професор

Щербина Валерій Юрійович \_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2023 року

5. Перелік завдань, які потрібно розробити пояснювальна записка включає в себе: вступ, призначення та галузь застосування машини для каландрування, літературно – патентний огляд варіантів модернізації машини для каландрування, обґрунтування вибору варіантів модернізації машини каландрування, розрахунки, які підтверджують працездатність машини для каландрування, доцільність розробки та використання машини для каландрування, автоматизація системи керування машони для каландрування, модернізація машини для каландрування.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Технологічна схема виробництва лінолеума (формат А1); Загальний вигляд каландру (формат А1); Змішувач СМ-400 (формат А1); Механізм перекошу валків (формат А1); Базовий валок (формат А1); Валок модернізований (формат А1); Валок модернізований 2(формат А1);

7. Орієнтовний перелік публікацій: 2 тези на XVIII Всеукраїнську науково-практичну конференцію ІХФ

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ                           | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                  |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Монтаж і експлуатація обладнання | Борщик С.О., ст.викл. каф.ХПСМ            |                |                  |
| Загальний                        | Щербина В.Ю., д.т.н., проф.               |                |                  |
| Перевірка                        | Щербина В.Ю., д.т.н., проф.               |                |                  |

9. Дата видачі завдання 28.10.23р.

#### Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Строк виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|
| 1     | Вступ. Опис лінії.                              | 01.11 – 13.11.2023                              |          |
| 2     | Літературно-патентний огляд.                    | 13.11 – 17.11.2023                              |          |
| 3     | Монтаж та експлуатація                          | 17.11 – 20.11.2023                              |          |
| 4     | Автоматична система керування                   | 20.11 – 23.11.2023                              |          |
| 5     | Стартап                                         | 23.11 – 24.11.2023                              |          |
| 6     | Охорона праці                                   | 24.11 – 30.11.2023                              |          |
| 7     | Розрахунки                                      | 30.11 – 11.12.2023                              |          |
| 8     | Креслення                                       | 11.12 – 20.12.2023                              |          |
| 9     | Редагування розроблених розділів                | 20.12 – 14.01.2024                              |          |

Студент \_\_\_\_\_

Шапіро А.О.

Керівник дисертації \_\_\_\_\_

Швачко Д.Г.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему «Лінія для виготовлення утепленого лінолеуму з модернізацією каландра» / НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»; Керівник Д.Г. Швачко, 2024. – 108 с.: іл. – Викон. А.О. Шапіро.

Пояснювальна записка складається зі вступу, шести розділів, літературних посилань і висновків. Загальний обсяг записки становить 108 сторінок основного тексту, 41 рисуноків.

Об'єкт дослідження – валки каландру для виробництва лінолеуму.

Цей проект спрямований на розробку календаря відповідно до технічних вимог, використовуючи існуючі промислові аналоги. та модернізація каландра шляхом встановлення валків з доданими ребрами на периферійному каналі ближче до поверхні та теплоізоляційне покриття, що сприяє зменшенню витрати теплоносія в цілому та нанесення на валок покриття для зменшення місцевого роздавлювання.

Робота включає в себе вступ, опис технологічної лінії, літературно-патентний огляд, технічну характеристику, розкриття призначення, представлення стартап проекту, рекомендації з монтажу та експлуатації. Крім цього, був розроблений розділ, присвячений охороні праці та навколишньому середовищу.

На підставі виконаних патентних досліджень було вдосконалено процес виготовлення каландрових валків, додавши ребра на їхні периферійні канали.

Ключові слова: ВАЛОК, КАЛАНДР, ПОКРИТТЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ВИРОБНИЦТВО ЛІНОЛЕУМУ, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, ПЕРИФЕРІЙНІ КАНАЛИ, СТАРТАП

## ABSTRACT

Master's thesis titled "Development of an Insulated Linoleum Production Line with Calender Modernization" at the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (NTUU "KPI"), supervised by D.G. Shvachko in 2024. The thesis spans 108 pages and includes illustrations, with A.O. Shapiro as the author.

The explanatory note comprises an introduction, six chapters, literary references, and conclusions. The total length of the note is 108 pages of the main text, accompanied by 41 figures.

The focus of the study is on calender rolls utilized in the manufacturing process of linoleum.

The objective of this project is to develop a calender in accordance with the provided technical specifications based on existing industrial analogues and to modernize the calender by installing rolls with added fins on the peripheral channel closer to the surface and a thermal insulation coating, which helps to reduce the flow of the coolant in general and applying a coating to the roll to reduce local crushing .

The project encompasses an introduction, an overview of the technological line, a literature and patent review, technical specifications, a description of the purpose, initiation of the start-up project, guidelines for installation and operation. Furthermore, a dedicated section addressing labor and environmental protection has been incorporated.

The development of calender rolls with ribs on the peripheral channels was upgraded based on patent investigations.

Keywords: ROLL, CALENDER, LINOLEUM PRODUCTION, MODERNIZATION, TECHNOLOGICAL LINE, PERIPHERAL CHANNELS, STARTUP

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

$L$  – довжина пружини, м;  
 $\Pi$  – продуктивність, т/год;  
 $V_B$  – швидкість тихохідного валка, м/с;  
 $M_{кр}$  – крутний момент, кН·м;  
 $M_{max}$  – максимальний момент, Н·м;  
 $K_0$  – коефіцієнт консистентності, Па·с n ;  
 $\rho_p$  – густина кг/м<sup>3</sup> ;  
 $T$  – температура, °С;  
 $D$  – зовнішній діаметр, м;  
 $S$  – площа поперечного перерізу, м<sup>2</sup> ;  
 $Q$  – величина розподіленого навантаження, Н/м;  
 $b$  – ширина шпонкового паза, м;  
 $n$  – частота обертання, об/хв;  
 $m$  – маса валка кг;  
 $d$  – внутрішній діаметр, м;  
 $P$  – навантаження, Н;  
 $t$  – глибина шпонкового паза, м;  
 $c_{рп}$  – питома масова теплоємність, Вт/(м·К);  
 $E$  – модуль пружності, Па;  
 $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup> °С);  
 $R_{пв}$  – радіус порожнини бочки валка м;  
 $p$  – тиск, Па;

## **ЗМІСТ**

|                                                                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП .....</b>                                                                                                                             | <b>1</b>  |
| <b>1. РОЗГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ, КЛЮЧОВИХ ВУЗЛІВ І ПРИНЦИПУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛІНОЛЕУМУ. ....</b> | <b>2</b>  |
| 1.1 Галузь застосування лінії для виготовлення утепленого лінолеуму                                                                            | 2         |
| 1.2 Опис і обґрунтування конструкції валкового каландру .....                                                                                  | 4         |
| <b>2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАЛКОВОГО КАЛАНДРУ .....</b>                                                                                      | <b>6</b>  |
| <b>3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД .....</b>                                                                                                 | <b>7</b>  |
| <b>4 ВИБІР ДВОХ МОДЕРНІЗАЦІЙ .....</b>                                                                                                         | <b>14</b> |
| 4.1. Валок до валкових машин для переробки полімерних матеріалів .<br>.....                                                                    | 14        |
| 4.2. Обґрунтування вибору варіанту модернізації валкового каландру<br>.....                                                                    | 15        |
| 4.3 Обґрунтування запропонованої модернізації .....                                                                                            | 18        |
| <b>5. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ .....</b>                                                                                    | <b>19</b> |
| 5.1 Параметричні розрахунки. ....                                                                                                              | 19        |
| 5.2 Визначення продуктивності .....                                                                                                            | 21        |
| 5.3 Розрахунок системи для регулювання зазорів .....                                                                                           | 22        |
| 5.4. Розрахунки на міцність .....                                                                                                              | 24        |
| 5.5 Розрахунки, що підтверджують надійність .....                                                                                              | 29        |
| 5.6 Тепловий розрахунок вальців.....                                                                                                           | 45        |
| <b>6.1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОНТАЖУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ. ....</b>                                                                               | <b>48</b> |
| <b>6.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМАННЯ МІКЛОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕННЯ З КАЛАНДРОМ.....</b>                                                         | <b>62</b> |
| 6.2.1 Аналіз процесу підтримання міклоклімату приміщення з каландром .....                                                                     | 62        |
| 6.2.2 Опис розробленої схеми автоматизації підтримання міклоклімату приміщення.....                                                            | 64        |
| 6.2.3 Специфікація засобів автоматизації.....                                                                                                  | 65        |

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6.3. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ .....</b>                                                 | <b>68</b> |
| 6.3.1 Опис ідеї проекту .....                                                              | 68        |
| 6.3.2 Технологічний аудит .....                                                            | 71        |
| 6.3.3 Аналіз ринкових можливостей для запуску стартап-проектів .....                       | 71        |
| 6.3.4 Розробка ринкової стратегії для стартап-проекту.....                                 | 78        |
| <b>6.4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>                                                             | <b>84</b> |
| 6.4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, заходи щодо захисту від них .....          | 84        |
| 6.4.2. Електронебезпека .....                                                              | 85        |
| 6.4.3. Небезпека від рухомих або обертових частин.....                                     | 85        |
| 6.4.4 Промислове освітлення .....                                                          | 86        |
| 6.4.5 Вібрація і шум .....                                                                 | 86        |
| 6.4.6 Вентиляція та повітря робочої зони .....                                             | 87        |
| 6.4.7. Пожежна безпека .....                                                               | 88        |
| 6.4.8. Висновки .....                                                                      | 89        |
| <b>7.1 СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОСНОВНОЇ ТА ВДОСКОНАЛЕНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ.....</b> | <b>90</b> |
| 7.1.1 Створення базової частини вузла .....                                                | 90        |
| 7.1.2 Створення модернізованої частини вузла .....                                         | 91        |
| 7.2 Обчислення для основної конфігурації модернізованого вузла .....                       | 92        |
| 7.3. Розрахунки для модернізованої моделі .....                                            | 94        |
| <b>8. ВИСНОВКИ .....</b>                                                                   | <b>97</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>                                                              | <b>99</b> |

## ВСТУП

Більшість виробів, які виготовляються на лініях для композитних матеріалів, повинні пройти процес машинного каландрування. Каландрування включає в себе обробку матеріалу на спеціальному верстаті (каландрі) з метою підвищення його щільності, гладкості та однакової товщини по всій ширині. У виробництві композитних матеріалів цей процес зазвичай виконується за допомогою машинних каландрів, які зазвичай розташовані після розмотування матеріалу на лінії виробництва.

На каландрі проводяться різні операції, такі як нанесення покриття на тканини, ламінування тканин, виготовлення профільованих смуг і стрічок, виробництво тканинних і пластикових листів, тиснення поверхні матеріалів, обробка твердих матеріалів, зняття листів з твердих матеріалів, видалення надлишкової рідкої фази зі смуг. Каландри можуть мати від двох до шести валків, при цьому валки використовуються відповідно до конкретних завдань: двохвалкові каландри використовуються для тиснення, копіювання і високого друку, тривалкові - для протирання і прасування, а тривалкові і чотиривалкові - для технічних і профілювальних робіт.

У каландрах, призначених для тиснення та профілювання, ролики частіше рухаються з однаковою окружною швидкістю. Важливим аспектом є відношення периферійної швидкості перших та других валків. Це відношення регулюється відповідно до конкретних вимог, це означає, що швидкість збільшується від нижнього валу до середнього і зменшується від середнього валу до верхнього.

Залежно від конфігурації валків, часто матеріал, що проходить через каландрувальний верстат, рівномірно прокатується через зазор між валами так, щоб валки каландра мали однаковий діаметр в одному каландрі.

# **1. РОЗГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ, КЛЮЧОВИХ ВУЗЛІВ І ПРИНЦИПУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛІНОЛЕУМУ.**

## **1.1 Галузь застосування лінії для виготовлення утепленого лінолеуму**

Розглянута лінія для виробництва виготовлення утепленого лінолеуму зображена на рисунку 2.1[1], крім тканих і волокнистих основ, можуть бути використані також тканини полотняного переплетення, які виготовляються з джуто-кенафного волокна або суміші джутокенафних і лляних волокон.

Рідкі сировинні компоненти, які зберігаються в резервуарах 1, транспортуються за допомогою насосів 2 до рецептури у вивільнюючі резервуари 3 міксерного відділення. Полівінілхлорид та наповнювачі доставляються із складу у мішках, які транспортуються до цеху за допомогою електрокара 4. Тут сухі компоненти розчиняються, а через лійку 6 відповідного елеватора, який проходить через сита, сировину подають до шнекових живильників 7 та проміжних бункерів 8.

Компоненти суміші поступають з витратних резервуарів до звичайного об'ємного вимірювача 9. Далі сировину направляють із дозаторів до міксера 10 для передпопереднього змішування.

Для створення кольорової пасти використовують пігменти, які завантажуються у спеціальні вивільнюючі резервуари 11. Кольорові суміші готуються в змішувачі, де кількість пігментів, пластифікаторів та інших інгредієнтів фарбової пасти точно відміряється за допомогою спеціальних ваг.

Готова маса, сформована в змішувачі, подається в тривалкову фарбувальну машину 12 зверху через завантажувальний бункер з урахуванням зазору між першим і другим вальцями, з урахуванням зазору між першим і другим вальцями. В процесі прокатки суміш потрапляє валок і знімається з третього валка в камеру за допомогою спеціального ножа.

Кольоровий заміс, згідно з потребами, направляється до міксера 14 через вивільнюючий бункер 13. В той же час через вивільнюючий бункер 15 до міксера надходить раніше змішана суміш з попереднього міксера, і пластифікатори

додаються через вимірювальний пристрій 9 для остаточної підготовки ґрунтовальної лінолеумної пасти.

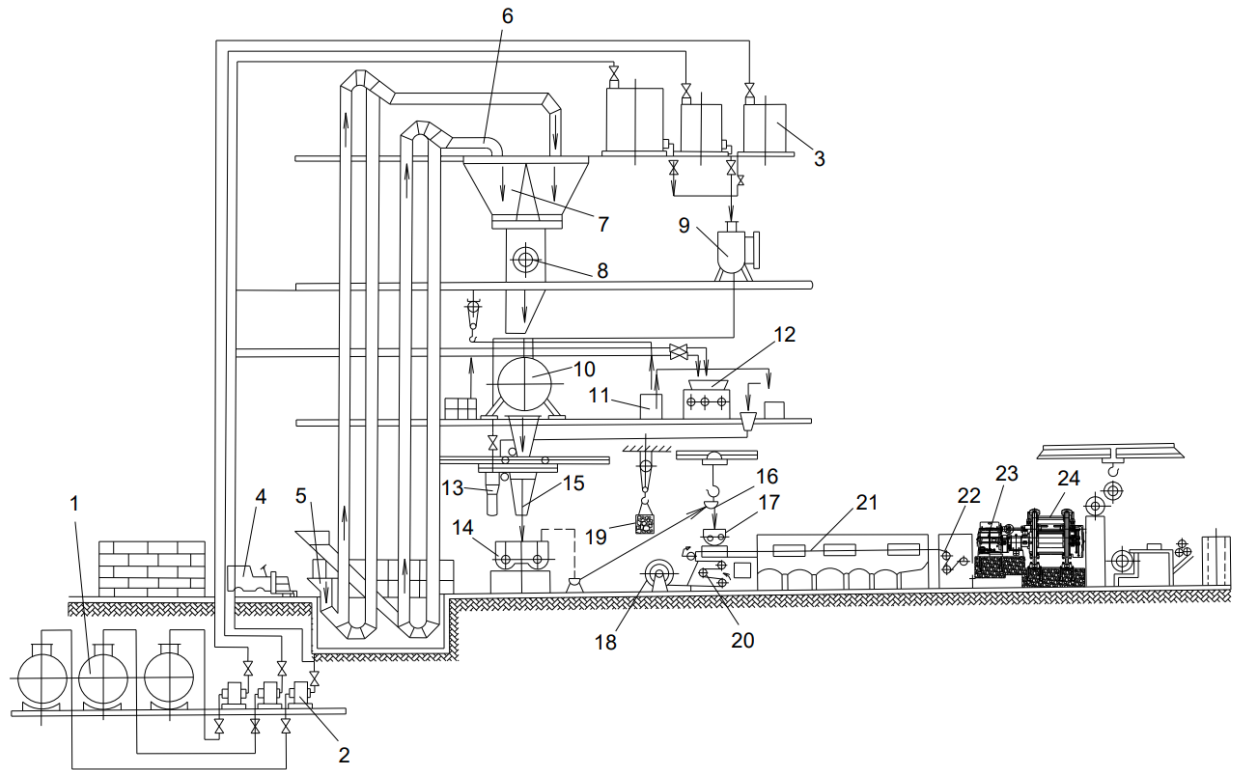


Рисунок 1.1 – Технологічна лінія виготовлення утепленого лінолеуму.

На рисунку 1.1 наведені такі позначення: 1 - складські ємності для рідких сировинних компонентів; 2 - насоси, що використовуються для транспортування сировинних компонентів; 3 - видаткові баки у змішувальному відділенні; 4 - цех електрокара для доставки сухих компонентів; 5 - лійка належного елеватора для подачі сировини через сита; 6 - лійка для подачі сировини до зазору між першим і другим валком на тривалковій фарботерці; 7 - шнекові живильники для сировини; 8 - проміжні бункери для сировини; 9 - звичайний об'ємний мірник для рідких компонентів суміші; 10 - змішувач для передмішування сировини; 11 - видаткові бункери для пігментів; 12 - тривалкова фарботерка; 13 - роздатковий бункер для кольорового замісу; 14 - змішувач, де змішується кольоровий заміс з попередньою сумішю та пластифікаторами; 15 - роздатковий бункер для попередньої суміші; 16 - тельфер та кубель для транспортування маси на ґрунтувальний верстат; 17 - ґрунтувальний верстат для обробки лінолеумного полотна; 18 - рулони підкладкового матеріалу або волокнистої основи для лінолеуму; 19 - тельфер для транспортування рулонів на розмотувальний пристрій; 20 - електроплита для нагрівання основи із сировини; 21 - розмотувальний пристрій; 22 - желувальна камера для обробки маси та плівки лінолеуму; 23 - шестибарабанний охолоджувач для зменшення усадки лінолеуму; 24 - трьохвалковий каландер для остаточного ущільнення та калібрування плівки лінолеуму.

За допомогою тельфера та кубеля 16, масу перевозять на ґрунтувальний верстат 17. Останній складається з двох горизонтальних валків, розташованих у станині, і на них розтягнутий гумовий чохол. Вище чохла розташована ракла, до якої прикріплений ніж. Ракла може регулюватися щодо висоти і кута обертання ножа.

У випадку використання основи із сировини, її попередньо нагрівають на електроплитці 21. Лінолеумну суміш наносять на рухливу основу на ґрунтувальному верстаті за допомогою ножів-раклів, які можуть мати різні конструкції.

Після того як маса нанесена на основу лінолеумного полотна, воно направляється в желювальну камеру 22, де за впливу температури відбувається процес желювання маси та плівки. Після виходу з желювальної камери, лінолеумне полотно подається до трьохвалкового каландру 24, де плівка лінолеуму піддається остаточному ущільненню і калібрується до потрібної товщини в міжвалковому зазорі. Доцільно використовувати поетапне охолодження за допомогою шестибарабанного охолоджувача 23, де усадкові явища у лінолеумному полотні зменшуються. Після охолодження, лінолеумне полотно направляється на стіл 25, де проводять обрізання країв, виконують розбраковування, здійснюють поперечний розріз на шматки необхідної довжини, після чого заводять у рулони та упаковують їх в папір.

## **1.2 Опис і обґрунтування конструкції валкового каландру**

Валки є основними робочими елементами каландра і піддаються значному навантаженню. Вони виготовляються з порожнистою структурою і мають внутрішні канали для теплоносія. Робочу поверхню валків полірують для покращення якості обробки матеріалів. Валки зазвичай виготовляються з високоякісного чавуну. Однак останнім часом для прискорення нагрівання зовнішньої поверхні, для поліпшення контролю теплового режиму та для зменшення теплової інерції валка його конструкція доповнена канавками по периметру.

Ці канали розташовані по всьому колу на відстані від 25 до 40 мм від вала, при цьому діаметр цих каналів також становить від 25 до 40 мм. Збільшення швидкості потоку теплоносія значно підвищує коефіцієнт тепловіддачі та створює сприятливі умови для процесу теплообміну. У зоні, віддаленій від валка, утворюється шар полімерного матеріалу, і швидкість частинок поступово зменшується в міру віддалення від поверхні валка до центральної осі деформованої зони.

Гнучкість матеріалу є необхідною умовою для формування міжвалкового запасу в процесі каландрування. Додатково, для успішного процесу каландрування необхідна адгезійна взаємодія каландруваного матеріалу. Ще однією важливою

умовою є те, що матеріал повинен бути достатньо міцним, щоб забезпечити успішне відокремлення від останнього валу, при цьому міцність матеріалу повинна перевищувати силу адгезії до валка.

Важливо, що температура пластикових валків вища, ніж у інших каландрових валків. Це може призвести до зменшення "каландрового ефекту" та узгодження властивостей плівок в напрямку поздовжньої та поперечної орієнтації.

Залежно від конфігурації каландра можна регулювати температуру валу (тобто температуру підкладки), тиск рулону і швидкість тиснення та підкладки. Для кожного значення температури валу існує максимальна (критична) швидкість, при якій якість полімерного покриття підтримується на задовільному рівні. Збільшення швидкості обертання валків має такий самий вплив на процес виробництва, як і зниження їх температури.

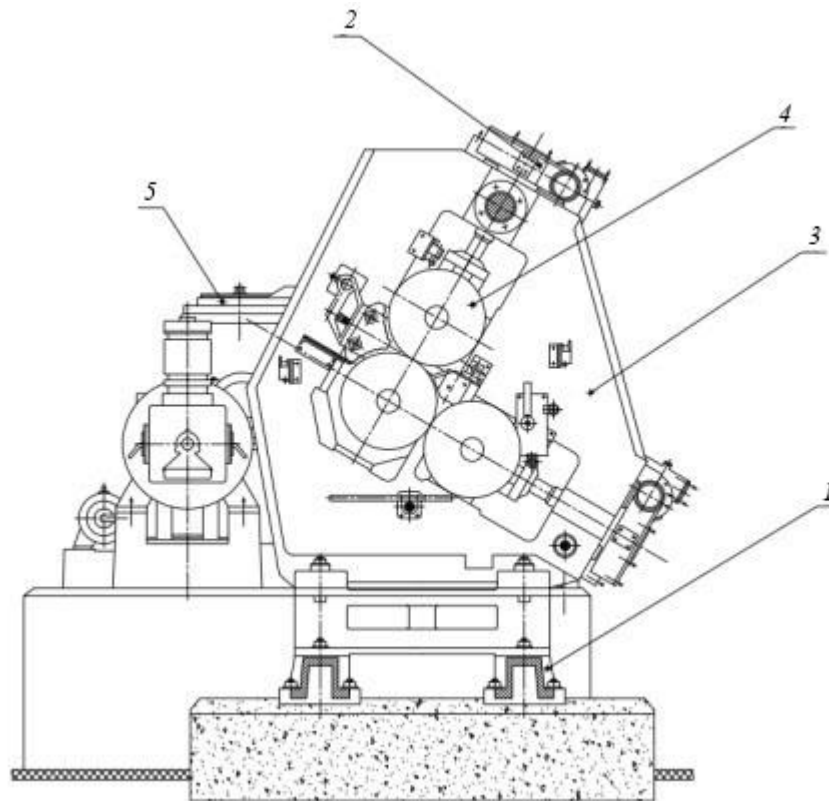


Рисунок 1.2 – Трьохвалковий каландр

1 - фундаментна плита; 2 - механізм регулювання зазору між валками; 3 – станина; 4 - валки; 5 - пристрій для завантаження матеріалу;

## 2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАЛКОВОГО КАЛАНДРУ

Ця технічна характеристика надає ключову технологічну та специфічну інформацію про пристрій. Отримані показники дозволять провести порівняльний аналіз цього зразка з аналогічними, що спростить вибір та обґрунтування обраного варіанту. В таблиці 3.1. наведені основні характеристики тривалкового каландру.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики

| Технічні характеристики             | Значення | Од.виміру |
|-------------------------------------|----------|-----------|
| Довжина робочої частини валків      | 1300     | мм        |
| Діаметр робочої частини валків      | мм       | 500       |
| Кількість валків                    | 3        | —         |
| Температура валків                  | °C       | 35-120    |
| Тертя між двома валами              | 1:1,2    | —         |
| Регульований зазор між валками      | 20       | мм        |
| Швидкість обертання верхнього валка | 3-1,6    | м/хв      |
| Чим обігріваються валки             | пар      | —         |
| Чим охолоджуються валки             | вода     | —         |
| Потужність ел.двигуна               | 22       | кВт       |
| Розміри:                            |          |           |
| —висота                             | 2215     | мм        |
| —ширина                             | 1420     | мм        |
| —довжина                            | 3000     | мм        |
| Маса                                | 6000     | кг        |

### 3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

Мета та завдання виконання літературно-патентного дослідження полягають у виявленні нової науково-технічної інформації, необхідної для удосконалення розроблюваного об'єкта, зокрема, валків каландру.

З метою виправлення недоліків (низька міцність через значно малий момент опору поперечного перерізу бочки валка та складна конструкція) традиційних конструкцій валка каландру виконано літературно-патентний огляд щодо валів калагдру. Огляд також спрямований на виявлення можливостей усунення локального роздавлювання полотна.

В основі корисної моделі [2] розроблено валок для валкових машин, що складається з бочки та цапф, має центральний канал вздовж цих цапф і паралельно робочій поверхні бочки. На кінцях бочки розташовані нарізні пробки, і є також периферійні канали, які з'єднуються з основним центральним каналом за допомогою додаткових нахилених каналів. В кожному з цих периферійних каналів на кінцевих ділянках розташовані циліндричні втулки з внутрішніми поздовжніми ребрами.

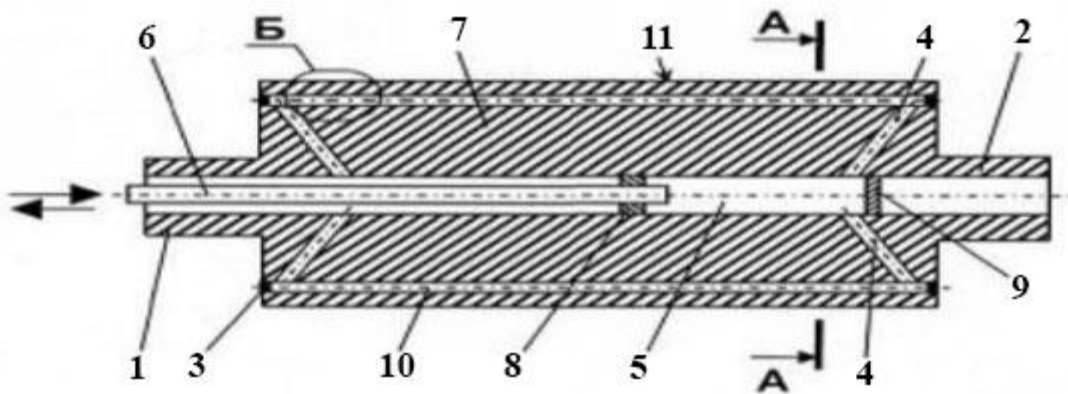


Рисунок 3.1 – валок каландра

1,2 – цапфи, 3 – нарізні пробки, 4 – похилі канали, 5 – центральний канал, 6 – труба, 7 – бочка, 8 – ущільнення, 9 – заглушка, 10 – периферійні канали, 11 – робоча поверхня.

Цей валок для валкових машин складається з бочки 7 та цапф 1 та 2. Вздовж цапф прокладений центральний канал 5, а вздовж робочої поверхні бочки 7 розташовані периферійні канали 10 з нарізними пробками 3 на кінцях. Периферійні канали з'єднані з центральним каналом похилими каналами 4. У кожному з цих

периферійних каналів 10 на кінцевих ділянках розміщені циліндричні втулки з внутрішніми поздовжніми ребрами. Важливо відзначити, що поздовжні ребра кожної втулки можуть мати кутове положення відносно осі втулки. Крім того, ці поздовжні ребра можуть бути розміщені на боку робочої поверхні бочки 11. У такому випадку внутрішня поверхня втулки покрита теплоізоляційним шаром 5. Додатково, валок оснащений заглушкою 9 та трубою 6 з ущільненням 8.

В основу корисної моделі [3] покладено валок валкових машин, що містить порожню бочку та цапфу з центральним проточним каналом для циркуляції рідкого теплоносія в порожній бочці. Крім того, він має герметичні периферійні проточні канали, рівномірно розташовані навколо бочки, заповнені пористим матеріалом, просоченим рідиною з низькою температурою кипіння. Кінці кожного периферійного каналу сконструйовані так, щоб бути ізольованими від центру.

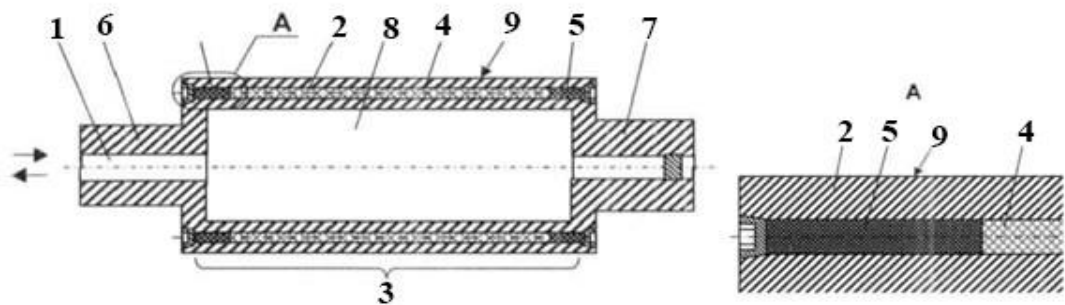


Рисунок 3.2 – поздовжній розріз валка та виносний елемент

1 – центральний канал, 2 – бочка, 3 – периферійні канали, 4 – середня ділянка, 5 – кінцеві ділянки, 6,7 – цапфи, 8 – порожнина, 9 – робоча поверхня.

Валок каландру складається з бочки (означеної як номер 2) з робочою поверхнею 9 і цапфами 6 і 7, що мають центральний проточний канал 1 для курсування рідкого теплоносія всередині порожньої бочки 2. Крім того, через рівні проміжки по периметру передбачені герметичні периферійні канали, заповнені пористим матеріалом, рідиною, яка має властивості легкокиплячої. Кінцева ділянка 5 кожного периферійного каналу 4 відокремлений від середньої частини 4 для підтримання постійного температурного режиму. Розробляючи кінці кожного периферійного каналу 3 окремо від його центральної частини, можна досягти необхідного температурного режиму, що сприяє формуванню більш рівномірного температурного поля на поверхні 9. Це підвищує якість продукції, що випускається прокатним станом.

Основою корисної моделі [4] є валок каландру, спеціально призначений для обробки полімерних матеріалів. Валок складається з порожнистої бочки і цапфи, порожнина має центральний канал для циркуляції рідкого теплоносія. Порожнина бочки має змінний діаметр вздовж своєї довжини: максимальний діаметр на краях і мінімальний у центрі.

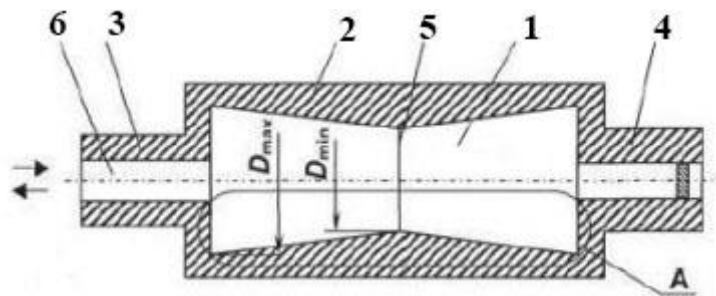


Рисунок 3.3 – поздовжній розріз валка

1 – порожнина бочки, 2 – бочка, 3,4 – цапфи, 5 – спільна менша основа, 6 – центральний канал.

Валки каландрів для переробки полімерів складаються з порожнистої бочки 2 і цапф 3 та 4, обладнаних центральним каналом 6 для переміщення рідкого теплоносія в порожнинах 1 бочки 2. Порожнина 1 бочки 2 має змінний діаметр вздовж своєї довжини: мінімальний в центрі ( $D_{\min}$ ) і максимальний діаметр по боках ( $D_{\max}$ ). Будова порожнини бочки з діаметром, що змінюється по довжині, з максимальним діаметром на кінцях і мінімальним діаметром в центрі, підвищує опір згину бочки валка в найбільш критичній точці - в центрі бочки, а отже, і загальну міцність валка. Використання заготовок бочки у вигляді двох усічених конусів зі спільною невеликою основою значно спрощує процес виробництва валків, оскільки такі заготовки легко формуються на токарному верстаті.

Основною концепцією запропонованої корисної моделі механічного каландра [5] є система металевих валів, які розташовані вертикально у вигляді батареї. Ці вали взаємодіють між собою та підтримуються власною вагою на корінному валі батареї. Також у моделі присутні станини, в яких розташовані корпуси підшипників та важелі валів. Для обертання нижнього (або другого знизу) вала використовується привід. Основну інновацію цієї корисної моделі становить те, що всі вали в вертикальній батареї, крім верхнього, футеруються поліуретаном через один.

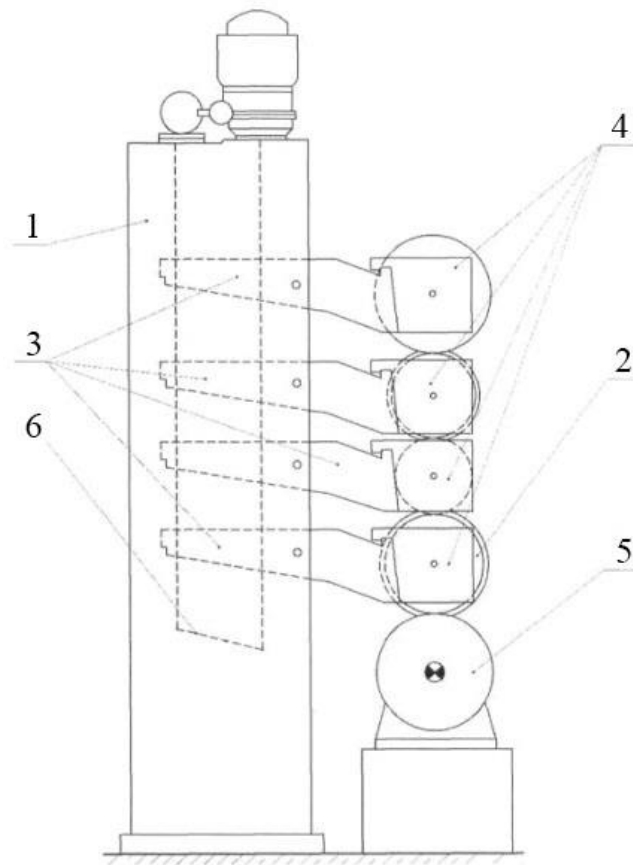


Рисунок 3.4 – машинний каландр

1 – станина, 2 – батарея валів, 3 – важелі валів, 4 – корпуси підшипників, 5 – корінний вал, 6 – підйомно-притискний пристрій.

Машинний каландру складається з батареї вертикальних валів 2, корінного вала 5, станин 1, корпусів підшипників 4, важелів валів 3 та підйомно-притискного пристрою 6. Принцип каландрувального верстата полягає в тому, що паперове полотно, яке перед тим було зволожено, подається у перший захват між двома верхніми валами і безперервно пропускається через всі захвати між валами, працюючи як постійний стрічка зверху донизу. Вали виводяться в рух шляхом притискання один до одного з боку та взаємодії з привідним валом.

В основі корисної моделі [6] покладений машинний каландр з центральним привідним валом та двома валами, які розташовані нижче та вище привідного вала і з'єднані з важелями, які взаємодіють з гідроциліндром. Поверхня нижнього вала покрита еластичним полімерним матеріалом, таким як гума.

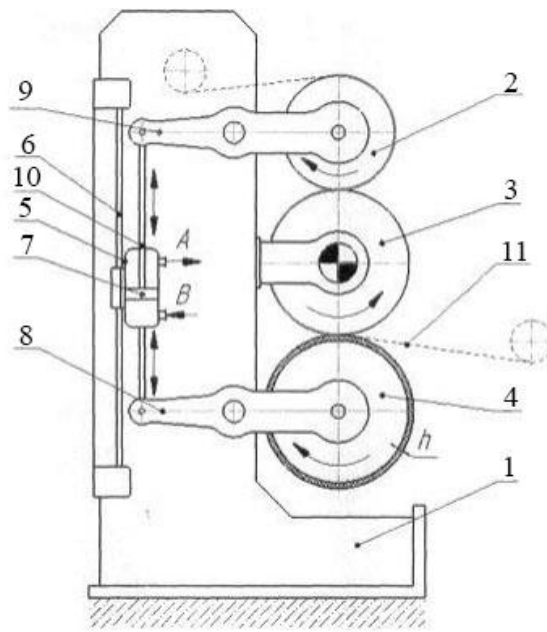


Рисунок 3.5 – машинний каландр

1 – станина, 2 – , верхній притискний вал, обгумований вал, 3 – привідний відцентровий вал, 4 – нижній притискний вал, 5 – гідроциліндр механізму притискання, 6 – направляючу рейку, 7 – поршень, 8,9 – важелі, 10 – шток, 11 – полотно.

Машинний каландр функціонує наступним чином: полотно вводиться на верхній притискний вал, проходить через верхній захват, створений верхнім валом та привідним валом. Під час проходження через привідний вал, воно піддається ущільненню та потрапляє в нижній захват, сформований привідним валом та нижнім валом. У захваті на нижньому валу полотно піддається ущільненню та рівномірному вирівнюванню завдяки проковзуванню між валами. Цей процес проковзування здійснюється за рахунок збільшення площі деформації еластичного полімерного покриття на нижньому валу.

Лінійний тиск у захватах валів забезпечується за допомогою гідравлічного механізму притискання. Робоча рідина подається через штуцер А або В у гідроциліндр 5 і взаємодіє з поршнем 7, що пов'язаний з верхнім важелем притискання 9 через шток 10. Цей машинний каландер володіє кількома перевагами:

- забезпечення рівномірного ущільнення полотна на всій його ширині;
- зменшення витрат матеріалів і енергії;
- вирівнювання поверхні полотна завдяки проковзуванню валів у захватах пристрою.

Машинний каландер, як описано у корисній моделі [7], включає чавунні вали, які взаємодіють між собою, привід для обертання нижнього вала та механізм притискання.

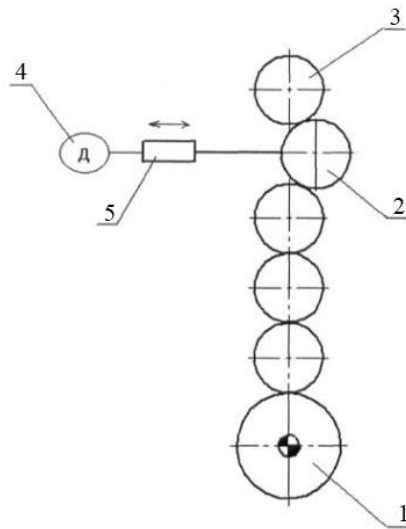


Рисунок 3.6 – машинний каландер

1 – нижній вал, 2 – середній валок, 3 – верхній вал, 4 – електродвигун, 5 – ходовий гвинт.

Для поліпшення процесу каландрування, зокрема для збільшення сили притискання, використовується ходовий гвинт із електродвигуном, який забезпечує переміщення середнього валка. Це дозволяє досягти кращого регулювання механізму притискання під час каландрування. Процес роботи машинного каландру виглядає наступним чином: після того як полотно охолоджується та зволожується. Полотно подається зверху вниз в перший тримач, який затискається між валами. Воно по черзі проходить через усі вали, збільшуючи лінійний тиск і стискаючи полотно. Вали приводяться в рух за рахунок тертя один об одного. Затискний пристрій рухається між валами і зміщується для компенсації осьового відхилення валів і вирівнювання зазору між ними.

Завдання, яке вирішує корисна модель [8], спрощує процедуру зняття листа з останнього валу каландра. Для вирішення цієї проблеми встановлено спеціальний пристрій, що складається з двох додаткових валів 2 і двох гідроциліндрів 1. Діаметр кожного з яких менший ніж діаметр валу, з якого видаляється лист 3. Довжина додаткових валів не перевищує 0,25 ширини листа 4, який зачищається, встановлені на штоках гідроциліндрів і можуть вільно обертатися навколо осі.

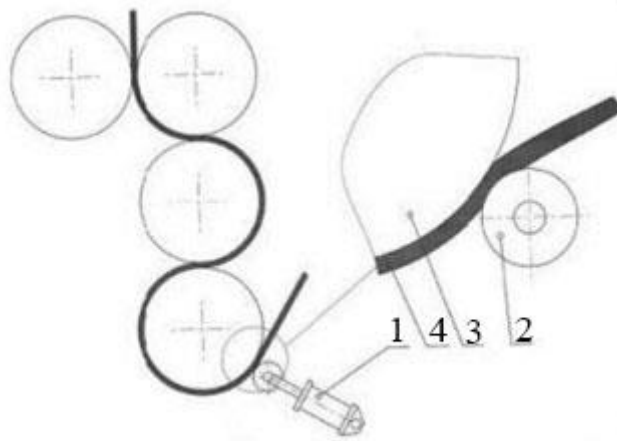


Рисунок 3.7 – пристрій знімання листів

1 – гідроциліндр; 2 – додаткові валки; 3 – вал; 4 – стрічка(виріб).

Пристрій встановлюється на каландрі таким чином, щоб в крайньому положенні штока гідроциліндра додатковий вал не контактував з шаром, що відокремлюється. У робочому положенні штока гідроциліндра додатковий вал контактує з листом, що відділяється, але не контактує з валом каландра за відсутності листа, що відділяється. Точка, де додатковий вал контактує з листом, що відділяється, знаходиться на відстані 3-5 листів від лінії, де лист відділяється від останнього валу каландра. Вісь штоків перпендикулярна до поверхні вала каландра, з якого знімається лист.

## **4 ВИБІР ДВОХ МОДЕРНІЗАЦІЙ**

### **4.1. Валок до валкових машин для переробки полімерних матеріалів .**

У роботі було досліджено 3-х-валковий каландр, що достатньо широко використовується при виробництві паперу, гуми, текстилю. У випадку нашого дослідження використовується каландр для виготовлення виробів з кількома шарами, зокрема формування рулонних матеріалів, таких як лінолеум.

У процесі каландрування полімерного матеріалу відбувається постійне прокочування його через проміжок між обертовими порожнистими циліндрами, що рухаються один назустріч одному. Цей процес призводить до формування нескінченно тонкого аркуша або плівки.

Технічною суттю найбільш схожою на запропоновану корисну модель є валок валкових машин, який включає бочку і цапфи. Вздовж них пролягає центральний канал, а на робочій поверхні бочки розташовані нарізні пробки. На кінцях бочки розміщені периферійні канали, які з'єднані з центральним каналом за допомогою каналів під кутом.

До недоліків валкової машини можна віднести:

- Значний термічний опір і великі теплові втрати з торців бочки валка

Для модернізації валкової машини використано патент UA 104323 U (рис.4.1.), де наявність поздовжніх ребер 10 (розташованих більш розвиненою частиною на робочій поверхні 5 бочки 1 валка) сприяє збільшенню частки теплового потоку, спрямованого в місця розташування циліндричних втулок 9. Це призводить до підвищення теплової ефективності та вирівнювання температурного поля вздовж робочої поверхні бочки, що в свою чергу підвищує якість отриманої продукції.

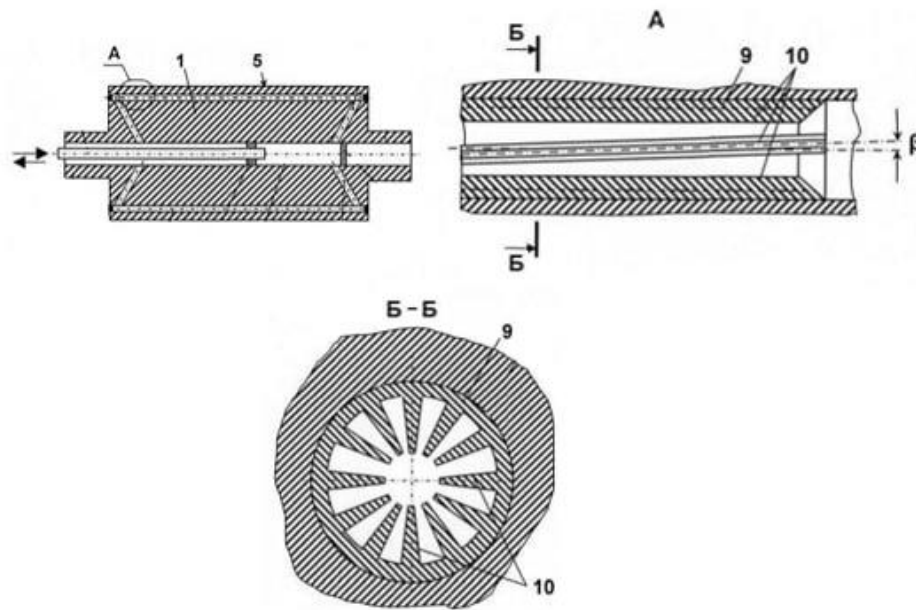


Рисунок 4.1 – модернізований периферійний канал;

1 – валок; 9 – втулка; 10 – поздовжні ребра.

Результатом впровадження запропонованого технічного рішення є швидкість теплового потоку, яка може бути збільшена в конструкції валка виходячи з патента UA 104323 U. Це досягається шляхом удосконалення конструкції валка, який спрямований на підвищення теплової ефективності на ділянках з циліндричними втулками, де збільшуються тепловтрати з торцевих поверхонь бочки. Такий підхід сприяє стабілізації температурного поля вздовж робочої поверхні бочки, тим самим покращуючи якість продукції.

#### 4.2. Обґрунтування вибору варіанту модернізації валкового каландру

У запропонованій удосконаленій конструкції валка частка теплового потоку збільшена за рахунок додавання поздовжніх ребер, розміщених під гострим кутом до осі відповідної втулки.

Каландр виступає ключовим елементом у технологічних лініях виробництва лінолеуму. Основними робочими органами є валки, які, як правило, мають однаковий діаметр. Вони можуть обігріватися (зокрема під час обробки пластмас) або охолоджуватися (зазвичай під час обробки гумових сумішей) і обертатися назустріч один одному з однаковими або різними коловими швидкостями.

Ця корисна модель призначена для каландрування паперового полотна і може

знайти застосування в целюлозно-паперовій та суміжних галузях промисловості. Металеві вали, розташовані у вигляді вертикальної батареї, що контактують один з одним і спираються на головний вал батареї під власною вагою. [9].

Цей пристрій найбільш технічно близький до запропонованого технічного рішення – машинного каландру [10].

До негативних аспектів роботи валкової машини включають:

- локальне стиснення паперового матеріалу
- погіршення характеристик виробленої продукції.

З метою удосконалення каландра та поліпшення його експлуатаційних характеристик був проведений аналіз літератури та патентний пошук, в якому оглянуті різноманітні патенти за допомогою пошукових баз даних, таких як [ukrpatent.org](http://ukrpatent.org), [fips.ru](http://fips.ru), [patentscope.wipo.int](http://patentscope.wipo.int), [epo.org](http://epo.org). Для модернізації валкової машини був вибраний патент UA 87093U, який визначає новий конструктивний підхід до бочки, спрощуючи процес виготовлення валка на рис. 1 та підвищуючи його міцність[11].

Розріз валка з нанесенням гуми наведено на рисунок 4.2.

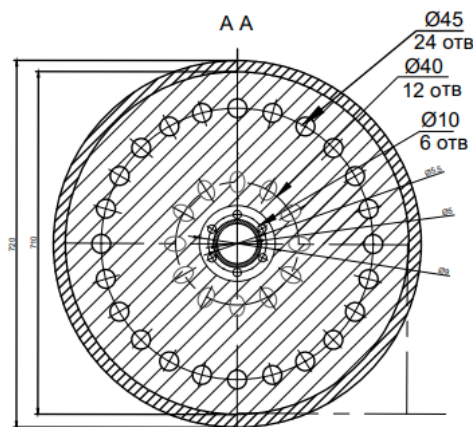


Рисунок 4.2 – Розріз валка з нанесенням матеріалу

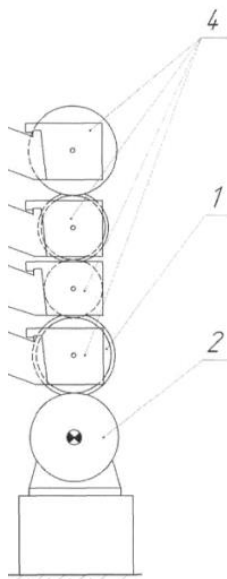


Рисунок 4.3 – Схема, що показує валки, які покриті матеріалом

1 – вертикальна батарея; 2 – корінний вал батареї; 4 – корпуси підшипників.

На рисунку 4.3. наведено схематичне зображення модернізації каландру, де завдання вирішується шляхом впровадження нововведень у машинний каландр. Будова каландру складається з металевих валів, які розташовані у формі вертикальної батареї 1, які контактують один з одним та опираються на вал батареї 2 під впливом власної ваги. Також присутні станини, де розташовані важелі валів і корпуси підшипників 4. Привід призначений для обертання, може впливати на другий знизу або нижній вал. Крім того, в каландрі використовується підйомно-притискний пристрій, що є нововведенням, яке полягає в тому, що вали у вертикальній батареї, крім верхнього, футеруються поліуретаном через один. Принцип роботи каландрової машини полягає в тому, що полотно паперу попередньо змочується перед входом в перший захват між двома верхніми валами, а потім поступово проходить через всі захвати між валами зверху вниз. Вали притискаються один до одного з периферії і приводяться в рух за допомогою контакту з приводним валом.

Представлене технічне вирішення, яке відповідає конструкції каландру з патентом UA 87093 U, може призвести до покращення якості виробів, чим довше паперове полотно контактує з валами, тим довше матеріал піддається впливу тепла і тиску. В результаті зменшується локальне роздавлювання паперового полотна, підвищується лоск і гладкість паперу.

### 4.3 Обґрунтування запропонованої модернізації

Під час удосконалення конструкції трьохвалкового каландра механізм регулювання перекосу був підданий змінам. Зокрема, для вирівнювання температурного поля вздовж робочої поверхні бочки в кожному периферійному каналі на його кінцевих ділянках були встановлені циліндричні втулки з внутрішніми поздовжніми ребрами.

У валку валкових машин, який включає бочку і цапфи, з розташованим вздовж них центральним каналом і периферійними каналами, що простягнуті вздовж робочої поверхні бочки і з обтисками на кінцях, що з'єднані з центральним каналом через похилі канали, відповідно до цієї корисної моделі, у кожному периферійному каналі на його кінцевих ділянках встановлені циліндричні втулки із внутрішніми поздовжніми ребрами.

Також була удосконалена конструкція каландру шляхом нанесення поліуретану на вали у вертикальній батареї, розпочинаючи з нижнього і пропускаючи через один вали. Запропоновані технічні рішення допомагають підвищити якість продукції способом збільшення часу контакту паперового полотна з валами і зменшення його локального роздавлювання, що призводить до поліпшення блиску та гладкості паперу.

## 5. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

Для проведення параметричного та теплового аналізу каландра потрібно створити та вирішити математичні моделі потоку розплавленого гумового матеріалу в міжвалковому проміжку та процесу теплообміну на вальці [12].

Неізотермічний потік розплавленого матеріалу в проміжку між валками може бути описаний системою рівнянь, які охоплюють диференціальні вирази з урахуванням умов нерозривності, руху та енергії, а також рівняння, яке визначає закон течії розплавленого матеріалу.

Для спрощення вирішення поставленої задачі ми здійснили такі допущення:

- матеріал, який обробляється, вважається нестискаємим;
- розмір міжвалкового проміжку значно менший за діаметр та довжину валка, а саме в два-три рази;
- прискорення матеріалу настільки мале, що його можна ігнорувати;
- маса матеріалу в проміжку мала, тому ми можемо знехтувати нею;
- рух матеріалу вздовж формуючого валка відсутній;
- при контакті з поверхнею валка матеріал прилипає до неї;
- рух розплавленого матеріалу в зазорі є плоскопаралельним;
- тиск на початку і в кінці зони деформації міжвалкового проміжку рівний нулю, тобто при  $x = x_H$  і при  $K \ x = x_p = 0$ .

### 5.1 Параметричні розрахунки.

Вихідні данні: діаметр валка  $D=0.71\text{м}$ ; довжина бочки валка  $L=1.8\text{м}$ ; обертова швидкість валка  $u=14...35\text{м/хв.}$ ; величина зазору  $1...2\text{мм}$ , фрікція між валками  $F=1,08$ ; коефіцієнт в'язкості в зазорі між валками  $\mu = 7,36\text{Н} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$ .

#### 5.1.1 Число обертів валка

Кількість обертів переднього валка:

$$n_1 = \frac{u}{\pi D}, \text{ об/хв} \quad (1.1.)$$

де

$u$  - швидкість обертання валка, м/хв;

$D$  - діаметр валка, м.

$$n_1 = \frac{50}{3,14 \cdot 0,8} = 19,9 \text{ об / хв.}$$

Кількість обертів заднього валка:

$$n_2 = n_1 \cdot F, \text{ об/хв.}$$

де  $n_1$  - частота обертання переднього валу, об/хв.;

$$n_2 = 19,9 \cdot 1,08 = 21,6 \text{ об/хв.}$$

$F$  - тертя між валками.

### 5.1.2 Розпірне зусилля

$$P = \frac{2\mu u r l}{h_0} \quad (1.2.)$$

де  $P$  - розпірне зусилля, Н;

$u$  - обертова швидкість, що має вал м/хв;

$\mu$  - коефіцієнт в'язкості в зоні між валками,  $\text{Н} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$ ;

$h_0$  - розмір проміжку між валками, м;

$l$  - довжина циліндричної частини валка, м;

$r$  - радіус циліндричної частини валка, м.

$$P = \frac{2 \cdot 7,36 \cdot 10^{-5} \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot 2,1}{0,0005} = 18000 \text{ Н}.$$

### 5.1.3 Потужність валів

$$N = 27 \cdot 10^{-4} P u \sqrt{\frac{h_0}{r}} \quad (1.3.)$$

де  $u$  - обертова швидкість валка, м/хв;

$P$  - розпірне зусилля, Н;

$h_0$  - розмір проміжку між валками, м;

$r$  - радіус валка, м.

$$N = 27 \cdot 10^{-4} 18000 \cdot 0,83 \sqrt{\frac{0,0005}{0,4}} = 200 \text{ кВт}.$$

### 5.1.3.1 Вибір двигуна

Відповідно до розрахунків, ми вибираємо двигун моделі МА36-71/6 з потужністю 220 кВт та обертовою швидкістю 990 об/хв.

### 5.1.3.2 Підбір блок-редуктора

Передаточні відношення блоку редуктора, які необхідно врахувати:

$$i_1 = \frac{n_{\text{дв}}}{n_1} = \frac{990}{20} = 49,5, \quad i_2 = \frac{n_{\text{дв}}}{n_2} = \frac{990}{21,6} = 46$$

Відповідно до проведених розрахунків, вибираємо блок-редуктор типу БК20-4-95. Загальна передавана потужність становить 125 кВт, загальне передаточне число 49,5 і 46, оберти швидкохідного валу - 1000 об/хв.

## 5.2 Визначення продуктивності

Вихідні дані включають такі параметри:

- Час додавання фарбників та активаторів:  $t_1 = 2$  хв.
- Час пластикації каучуку:  $t_{\text{пл}} = 10$  хв.
- Час додавання наповнювачів:  $t_2 = 3$  хв.
- Час додавання сірки:  $t_3 = 3$  хв.
- Час змішування:  $t_{\text{зм}} = 3$  хв.

Тривалість циклу

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_{\text{зм}} = 10 + 2 + 3 + 3 + 3 = 21 \text{ хв} \quad (1.4.)$$

Обсяг завантаженої гумової суміші

$$V = 0,0085 \times D \times L = 0,085 \times 0,8 \times 2,1 = 0,12 \text{ м}^3 = 140 \text{ л.} \quad (1.5.)$$

Продуктивність вальців

$$G = \frac{60 \times V \times \rho \times \varphi}{t_{\text{ц}}} = \frac{60 \times 0,14 \times 1350 \times 0,9}{21} = 490 \frac{\text{кг}}{\text{год}}, \quad (1.6.)$$

де  $\varphi = 0,9$  - коефіцієнт корисної дії машини.

## 5.3 Розрахунок системи для регулювання зазорів

### 5.3.1 Вибір двигуна

Величина потужності двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{кр}} n}{9550}, \text{кВт}, \quad (1.7)$$

де  $n = 900 \text{ об/хв.}$  - частота обертів двигуна;

$M_{\text{кр}}$  - силовий момент, який виникає на вихідному валу;

$$M_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{max}}}{i_{\text{заг}} \cdot \eta_{\text{заг}}}, \quad (1.8)$$

де  $M_{\text{max}} = 144.7 \text{ Н/м}$  - максимальний момент силового впливу на вхідному валу редуктора;

$i_{\text{заг}}$  - сумарне число передач редуктора;

$$i_{\text{заг}} = i_1 \cdot i_2,$$

де  $i_1 = 3.8$  - величина передаточного числа I рівні редуктора;

$i_2 = 4.0$  - величина передаточного числа II рівні редуктора.

$$i_{\text{заг}} = 3.8 \cdot 4.0 = 15.2,$$

$\eta_{\text{заг}}$  - загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) редуктора;

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_1 \cdot \eta_2,$$

де  $\eta_1 = 0.74$  - коефіцієнт корисної дії I рівні редуктора;

$\eta_2 = 0.666$  - коефіцієнт корисної дії II рівні редуктора;

$$\eta_{\text{заг}} = 0.74 \cdot 0.666 = 0.5.$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{144.7}{15.2 \cdot 0.5} = 0.19 \text{ МПа},$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{0.19 \cdot 900 \cdot 10^3}{9550} = 1.75 \text{ кВт}.$$

Ми вибираємо двигун потужністю  $N = 2.7 \text{ кВт}$  під назвою АОС 2-32-6.

### 5.3.2 Визначення швидкості руху вальців

Швидкість руху вальця:

$$v = \frac{nS}{i_{\text{заг}}}, \text{мм/хв.}, \quad (1.9)$$

де  $S = 16 \text{ мм}$  - розмір кроку різьби гвинта;

$$v = \frac{900 \cdot 16}{1520} = 9.4 \text{ мм/хв.} = 9.4 \cdot 10^{-3} \text{ м/хв.}$$

### 5.3.3. Розрахунок механізму для регулювання зазору в редукторі.

Розрахунок I рівня редуктора (швидкохідного)

$m = 5\text{мм}$  - модуль;

$q = 10$  - кількість модулів у кільця зубчастого зачеплення черв'яка;

$z_1 = 1$  - кількість заходів черв'яка;

$z_2 = 38$  - кількість зубів колеса.

Діаметр поділки черв'яка:

$$d_1 = qm, \quad (1.10)$$

$$d_1 = 10 \cdot 5 = 50\text{мм} = 50 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Черв'як має такий діаметр вершин:

$$d_{a1} = d_1 + 2m, \quad (1.11)$$

$$d_{a1} = 50 + 2 \cdot 5 = 60\text{мм} = 60 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Черв'як має такий діаметр впадин:

$$d_{f1} = d_1 - 2.4m, \quad (1.12)$$

$$d_{f1} = 50 - 2.4 \cdot 5 = 38\text{мм} = 38 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Черв'як має такий інтервал гвинтової лінії:

$$t = \pi m, \quad (1.13)$$

$$t = 3.14 \cdot 5 = 15.7\text{мм} = 15.7 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Довжина кроку гвинтової лінії черв'яка:

$$S = tz_1, \quad (1.14)$$

$$S = 15.7 \cdot 1 = 15.7\text{мм} = 15.7 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Кут нахилу спіралі черв'яка вздовж подільного циліндра:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q}, \quad (1.15)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1}{10} = 0.1,$$

$$\gamma = 5^{\circ}42'.$$

Радіус кривизни витка черв'яка у його вершині:

$$r_1 = 0.1 \cdot m, \quad (1.16)$$

$$r_1 = 0.1 \cdot 5 = 0.5\text{мм} = 0.5 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Радіус кривизни витка черв'яка при його основі:

$$r_2 = 0.2m, \quad (1.17)$$

$$r_2 = 0.2 \cdot 5 = 1\text{мм} = 1 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Товщина спіралі черв'яка вздовж його подільного діаметру:

$$S_{n_4} = \frac{t}{2} \cos \gamma, \quad (1.18)$$

$$S_{n_4} = \frac{15.7}{2} \cos 5^{\circ}42' = 7.81\text{мм} = 7.81 \cdot 10^{-3}\text{м}.$$

Довжина виступаючої частини (нарізної) черв'яка:

$$L = (11 + 0.06z_2)m, \quad (1.19)$$

$$L = (11 + 0.06 \cdot 38)5 = 66.4 \text{ мм} = 66.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Приймаємо  $L = 80 \text{ мм}$ .

Колесо має подільний діаметр:

$$d_2 = z_2 m,$$

$$d_2 = 38 \cdot 5 = 190 \text{ мм} = 0.19 \text{ м}.$$

Колесо має діаметр впадин:

$$d_{f2} = d_2 + 2m,$$

$$d_{f2} = 0.19 + 2 \cdot 5 = 10.19 \text{ м}.$$

## 5.4. Розрахунки на міцність

### 5.4.1. Детальний аналіз міцності валка

Вихідні дані: продуктивність валкової машини -  $G_i = 1200 \text{ кг/год}$ , середня потужність, яку споживає валок -  $N = 115 \text{ кВт}$ , довжина бочки вальця -  $L = 1.8 \text{ м}$ , діаметр вальця -  $= 0.71 \text{ м}$ . Початкова температура матеріалу -  $t_{\text{Мпоч}} = 25^\circ \text{C}$  температура навколишнього середовища -  $t_e = 25^\circ \text{C}$ , кінцева температура матеріалу -  $t_{\text{Мкін}} = 170^\circ \text{C}$ . Матеріал – ПВХ.

На рис. 5.1. представлена конструкція валка.

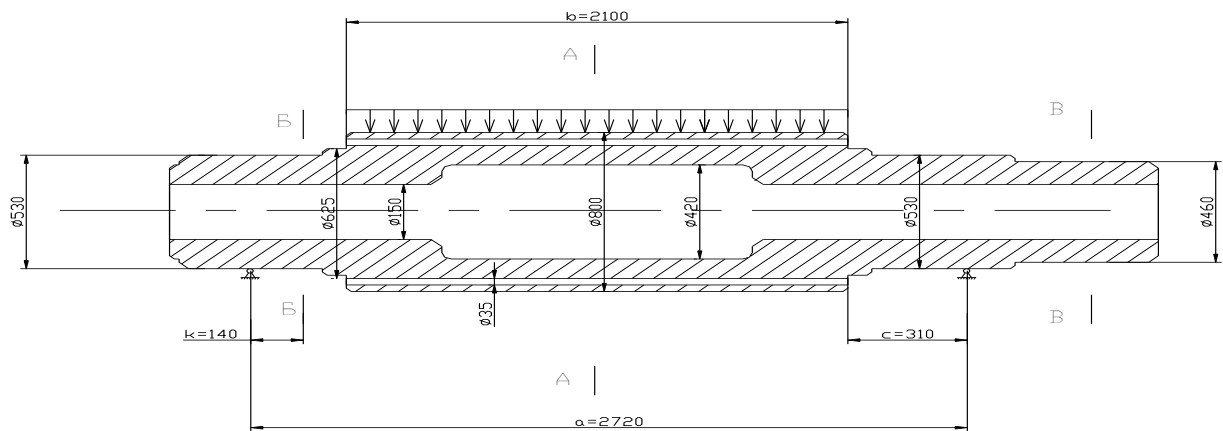


Рис. – 5.1. Ескіз валка

На перерізі Б-Б відносно осі x-x момент інерції і момент опору:

$$W_x^{B-B} = 0.1d^3 \left( 1 - \frac{d_1^4}{d^4} \right), \quad (2.1.).$$

де  $d = 53 \text{ см}$  - в перерізі Б-Б діаметр шейки під підшипник;  
 $d_1 = 15 \text{ см}$  - діаметр сквзного отвору.

$$W_x^{B-B} = 0.1 \cdot 53^3 \left( 1 - \frac{15^4}{53^4} \right) = 14792 \text{ см}^3 = 14.792 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$I_x^{B-B} = 0.05 d^4 \left( 1 - \frac{d_1^4}{d^4} \right), \quad (2.2.)$$

$$I_x^{B-B} = 0.05 \cdot 53^4 \left( 1 - \frac{15^4}{53^4} \right) = 39.2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

В перерізі В-В момент опору:

$$W_x^{B-B} = 0.1 d^3 \left( 1 - \frac{d_1^4}{d^4} \right)$$

де  $d = 46 \text{ см}$  - в перерізі В-В діаметр вальця;  
 $d_1 = 15 \text{ см}$  - діаметр сквзозного отвору вала.

$$W_x^{B-B} = 0.1 \cdot 46^3 \left( 1 - \frac{15^4}{46^4} \right) = 9365 \text{ см}^3 = 9.365 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

В перерізі А-А відносно осі х-х момент інерції і момент опору:

Момент інерції рівний різниці моменту інерції в перерізі А-А (рис.5.2)

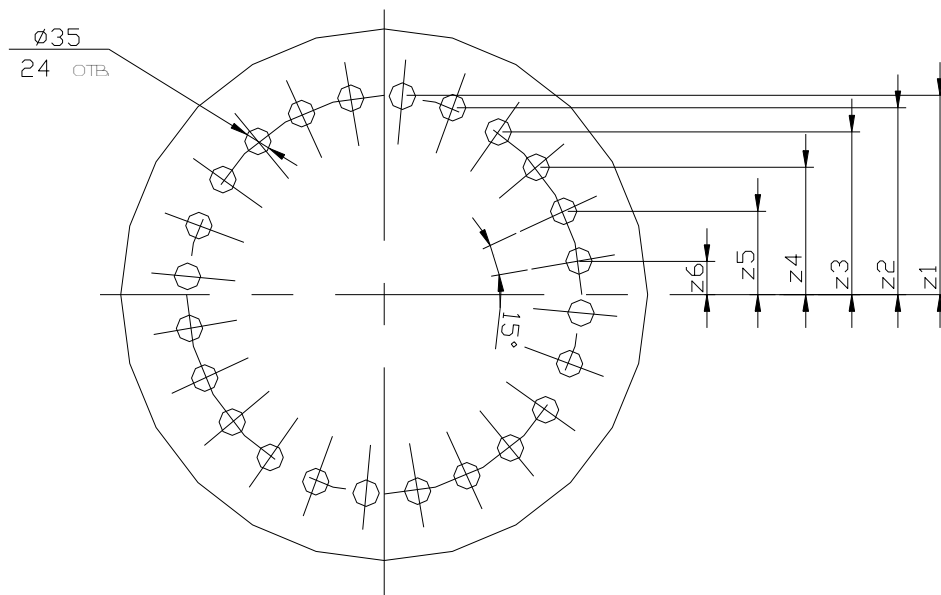


Рис. 5.2. Конфігурація розташування зовнішніх отворів валка.

Розрахунок моменту інерції та кільця Ø800x420 суми 24-х зовнішні отворів Ø35мм відносно осі х-х:

$$I_x^{A-A} = I_1 - I_2, \quad (2.3.)$$

$$I_1 = 0.05 d^4 (1 - c^4),$$

де  $c = \frac{d_1}{d}$  - коефіцієнт;

$d = 80 \text{ см}$  - в перерізі А-А діаметр вальця;

$d_1 = 42 \text{ см}$  - діаметр отвору, який проходить через валик.

$$I_1 = 0.05 \cdot 80^4 \left( 1 - \frac{42^4}{80^4} \right) = 189.2 \cdot 10^{-4} \text{ см}^4 = 189.2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

$$I_2 = \sum_{n=1}^{24} I_x,$$

$$I_x = I' + z_x^2 F,$$

де  $F$  - площа поперечного перерізу периферійного отвору..

$I'$  - момент інерції периферійного отвору відносно власної осі;

$$F = \frac{\pi d_3^2}{4},$$

де  $d_3$  - діаметр каналу, необхідного для охолодження вальця.

$$F = \frac{3.14 \cdot 3.5^2}{4} = 9.6 \text{ см}^2 = 9.6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

$$I' = \frac{\pi d_3^4}{64},$$

$$I = \frac{3.14 \cdot 3.5^4}{64} = 7.37 \text{ см}^4 = 7.37 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$z_1 = 30 \text{ см},$$

$$z_2 = z_1 \cdot \sin 75^\circ = 30 \cdot 0.965 = 28.9 \text{ см} = 0.289 \text{ м},$$

$$z_3 = z_1 \cdot \sin 60^\circ = 30 \cdot 0.866 = 26.1 \text{ см} = 0.261 \text{ м},$$

$$z_4 = z_1 \cdot \sin 45^\circ = 30 \cdot 0.71 = 21.3 \text{ см} = 0.213 \text{ м},$$

$$z_5 = z_1 \cdot \sin 30^\circ = 30 \cdot 0.5 = 15 \text{ см} = 0.15 \text{ м},$$

$$z_6 = z_1 \cdot \sin 15^\circ = 30 \cdot 0.26 = 7.8 \text{ см} = 0.078 \text{ м}.$$

$$I_2 = 2(I' + z_1^2 F) + 4(I' + z_2^2 F) + 4(I' + z_3^2 F) + 4(I' + z_4^2 F) + 4(I' + z_5^2 F) + 4(I' + z_6^2 F),$$

$$I_2 = 2(7.37 + 30^2 \cdot 9.6) + 4(7.37 + 28.9^2 \cdot 9.6) + 4(7.37 + 26.1^2 \cdot 9.6) + 4(7.37 + 21.3^2 \cdot 9.6) + 4(7.37 + 15^2 \cdot 9.6) + 4(7.37 + 7.8^2 \cdot 9.6) = 10.5 \cdot 10^4 \text{ см}^4 = 10.5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

$$I_x^{A-A} = 189.2 - 10.5 = 178.7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

$$W_x^{A-A} = \frac{2I_x^{A-A}}{D}, \quad (2.4.)$$

де  $D = 80 \text{ см}$  - діаметр вальця в поперечному перерізі А-А.

$$W_x^{A-A} = \frac{2 \cdot 178.7 \cdot 10^{-4}}{80 \cdot 10^{-2}} = 44.675 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Вигинаючий момент в поперечному перерізі А-А:

$$M_{u32} = \frac{P}{8}(2a - b),$$

де  $a = 2.72 \text{ м};$

$b = 2.1 \text{ м};$

$a, b$  - розміри;

$P = qb,$

де  $q = 600 \text{ кН/м}$  - навантаження, яке розподілено по області.

$$M_{изг} = \frac{600 \cdot 2.1}{8} (2 \cdot 2.72 - 2.1) = 526.05 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент, що викликає вигинання в поперечному перерізі Б-Б:

$$M_{изг} = \frac{P}{2} \kappa,$$

де  $\kappa = 140 \text{ мм}$  - розмір.

$$M_{изг} = \frac{600 \cdot 2.1}{2} \cdot 0.14 = 88.2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Напруження вигину:

Переріз А-А:

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{W_x},$$

$$\sigma_{изг} = \frac{526.05 \cdot 10^3}{44.675 \cdot 10^{-3}} = 11.8 \text{ МПа}.$$

Переріз Б-Б:

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{W_x},$$

$$\sigma_{изг} = \frac{88.2 \cdot 10^3}{14.792 \cdot 10^{-3}} = 6 \text{ МПа}.$$

Максимально припустиме напруження при вигині  $[\sigma] \leq 50 \text{ МПа}$

$$\sigma_1, \sigma_2 \leq [\sigma]$$

Можна зробити висновок, що всі напруження вигину перебувають в межах допустимих значень.

#### 5.4.2. Перевірка шийки і бочки валка на кручення

Вихідні дані:  $v = 50 \text{ м/хв}$ ,  $\eta_{ред} = 0.92$ ,  $N_1 = N_2 = \text{const}$ .

На блок редуктору передається потужність:

$$N_{б.р.} = N_{дв} \cdot \eta_{ред}, \quad (2.5.)$$

$$N_{б.р.} = 250 \cdot 0.92 = 230 \text{ кВт},$$

$$2N = 230 \text{ кВт},$$

$$N = 115 \text{ кВт}.$$

Частота обертання:

$$n = \frac{v}{\pi D}, \quad (2.6.)$$

$$n = \frac{50}{4.14 \cdot 0.8} = 19.9 \text{ об/хв.}$$

Крутячий момент:

$$M_{кр} = 97400 \frac{N}{n}, \quad (2.7.)$$

$$M_{кр} = 97400 \frac{115}{19.9} = 56.3 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot \text{см} = 56.3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

В перерізі В-В напруження кручення:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{2W_x^{B-B}},$$

$$\tau = \frac{56.3 \cdot 10^3}{2 \cdot 9.365 \cdot 10^{-3}} = 3 \text{ МПа}.$$

Розрахунок прогину вальців:

при  $E = 1.2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2 = 1.2 \cdot 10^5 \text{ МПа},$

$$G = 4.5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 = 4.5 \cdot 10^4 \text{ МПа}.$$

Бочки вальця має площу поперечного перерізу:

$$F_{\phi} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4},$$

де  $D = 0.8 \text{ м}$  - діаметр зовнішній бочки вальця;

$d = 0.42 \text{ м}$  - діаметр отвору вальця.

$$F_{\phi} = \frac{3.14}{4} (0.8^2 - 0.42^2) = 0.364 \text{ м}^2.$$

Шейки вальця має площу перерізу:

$$F_{ш} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4},$$

де  $D = 0.625 \text{ м}$  - шейка валу має зовнішній діаметр;

$d = 0.15 \text{ м}$  - діаметр отвору вальця.

$$F_{ш} = \frac{3.14}{4} (0.625^2 - 0.15^2) = 0.289 \text{ м}^2.$$

Бочки валу мають момент інерції:

$$I_{\phi} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64},$$

$$I_{\phi} = \frac{3.14}{64} (0.8^4 - 0.42^4) = 18.57 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Шейка вальця має момент інерції:

$$I_{ш} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64},$$

$$I_{ш} = \frac{3.14}{64} (0.625^4 - 0.15^4) = 1.53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Відхилення в серединньому перерізі бочки вальця:

$$f = P \left\{ \frac{1}{384 \cdot E \cdot I_{\bar{o}}} \left[ 8a^3 - 4ab^2 + b^3 + 64c^3 \left( \frac{I_{\bar{o}}}{I_{uu}} - 1 \right) \right] + \frac{1}{4a \cdot F_{\bar{o}}} \left[ a - \frac{b}{2} + 2c \left( \frac{F_{\bar{o}}}{F_{uu}} - 1 \right) \right] \right\},$$

де  $I_{\bar{o}} = 18.57 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4$ ;  $I_{uu} = 1.53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4$  - моменти інерції шейки вальця та бочки;

$F_{\bar{o}} = 0.364 \text{ м}^2$ ;  $F_{uu} = 0.289 \text{ м}^2$  - площі перерізів шейки вальця та бочки;

$G = 4.5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 = 4.5 \cdot 10^4 \text{ МПа}$  - модуль зсуву;

$E = 1.2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2 = 1.2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  - модуль пружності;

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 2.72 \text{ м} \\ b = 2.1 \text{ м} \\ c = 0.31 \text{ м} \end{array} \right\} - \text{геометричні розміри вальця};$$

$P = 168 \text{ Н/м}$  - розпирне зусилля, що прикладається до валка.

$$f = 168 \left\{ \frac{1}{384 \cdot 1.2 \cdot 10^{11} \cdot 12.44 \cdot 10^{-3}} \left[ 8 \cdot 2.72^3 - 4 \cdot 2.72 \cdot 2.1^2 + 2.1^3 + 64 \cdot 0.31^3 \left( \frac{18.57}{1.53} - 1 \right) \right] + \frac{1}{4 \cdot 2.72 \cdot 0.364} \left[ 2.72 - \frac{2.1}{2} + 2 \cdot 0.31 \left( \frac{0.364}{0.289} - 1 \right) \right] \right\} = 0.422 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

## 5.5 Розрахунки, що підтверджують надійність

### 5.5.1 Розрахунок довготривалості підшипників

Валки обладнані сферичними роликотривалості підшипниками з номером 3003180 та характеристиками з розмірами  $d \times D \times B = 530 \times 730 \times 205$  і вантажопідйомністю  $C = 1780 \text{ Н}$ .

Сила, що діє на підшипник:

$$D = 8400 \text{ Н}.$$

Навантаження, яке використовується для розрахунку на підшипник:

$$P_p = P \cdot \kappa_m \cdot \kappa_o, \quad (3.1.)$$

де  $\kappa_m = 1.1$  - температурний коефіцієнт;

$\kappa_o = 1.2$  - динамічний коефіцієнт.

$$D_D = 8400 \cdot 1.1 \cdot 1.2 = 1108H.$$

Проектована тривалість служби підшипників:

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^{3.33}, \quad (3.2.)$$

$$L = \left( \frac{17.8 \cdot 10^4}{110.8 \cdot 10^3} \right)^{3.33} = 4.84 \text{ млн.об.}$$

Очікувана тривалість роботи підшипників у годинах:

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^{3.33} = \frac{10^6 L}{60n}, \quad (3.3.)$$

де  $n = 35.98 \text{ об/хв.}$  - частота обертання валів:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 4.84}{60 \cdot 35.98} = 2242 \text{ годин.}$$

### 5.5.2 Визначення розмірів станини вальців

Станина вальців несе на собі вагу, що виникає в результаті статичних та динамічних навантажень під час роботи. Вона забезпечує стабільність та незмінність положення встановлених деталей машини та вузлів.

Станина вальців складається з Н- подібної рами і секції поперечного перерізу, яка відноситься до типу рами з жорсткими з'єднаннями. Це пов'язано з тим, що поперечина має фіксатор і кріпиться болтами на Н-образній станині.

Ця конструкція є статично невизначеною структурою, і для її обчислення використовується канонічне рівняння силового методу. Канонічні рівняння цього методу представляють еквівалентність лінійного та кутового зміщення між декомуністичною системою та даною системою - це рівняння руху.

Метод сил має коефіцієнти при невідомих - це переміщення, яке відбувається під впливом одного зусилля в основній системі. Також, в цьому методі невідомими є різноманітні силові фактори.

Однією з важливих частин розрахунку є розрахунок згинаючих моментів.

Розглянута система була доведена до форми замкнутої прямокутної рами на опорі. (рис.5.3.).

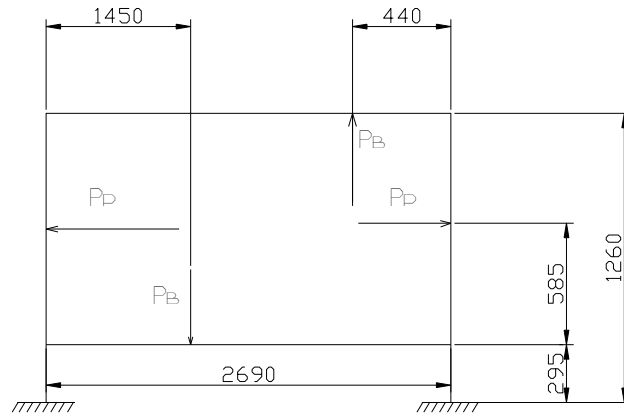


Рис. – 5.3. Вихідна система.

Щоб отримати основну систему, розділимо раму вздовж площини симетрії (рис.5.4). Позначимо  $x_1$  і  $x_2$  як кососиметричні силові фактори, а симетричні через  $x_3$ ,  $x_4$ ,  $x_5$  і  $x_6$ . Потім записуємо канонічну систему рівнянь, в якій буде шість рівнянь і шість невідомих.

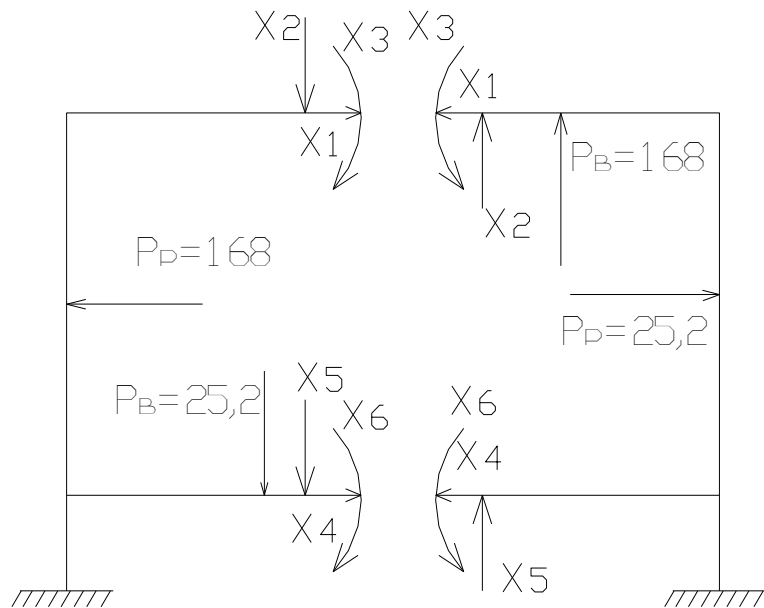


Рис. – 5.4 Основна система

Далі визначимо рух, який буде включено у канонічні рівняння, за допомогою відповідних епюр (рис. 5.5., 5.6.), використовуючи формулу Верещагіна:

$$\Delta_{ip} = \sum \frac{W y_c}{EI}, \quad (3.4)$$

де  $EI$  - жорсткість при вигині в системі;  
 $W$  - площа, яку має епюра;  
 $y_c$  - ордината, яку має центр тяжіння.

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \delta_{23} = \delta_{32} = \delta_{24} = \delta_{42} = \delta_{15} = \delta_{31} = \delta_{26} = \\ = \delta_{62} = \delta_{35} = \delta_{53} = \delta_{56} = \delta_{65} = \delta_{54} = \delta_{45} = 0.$$

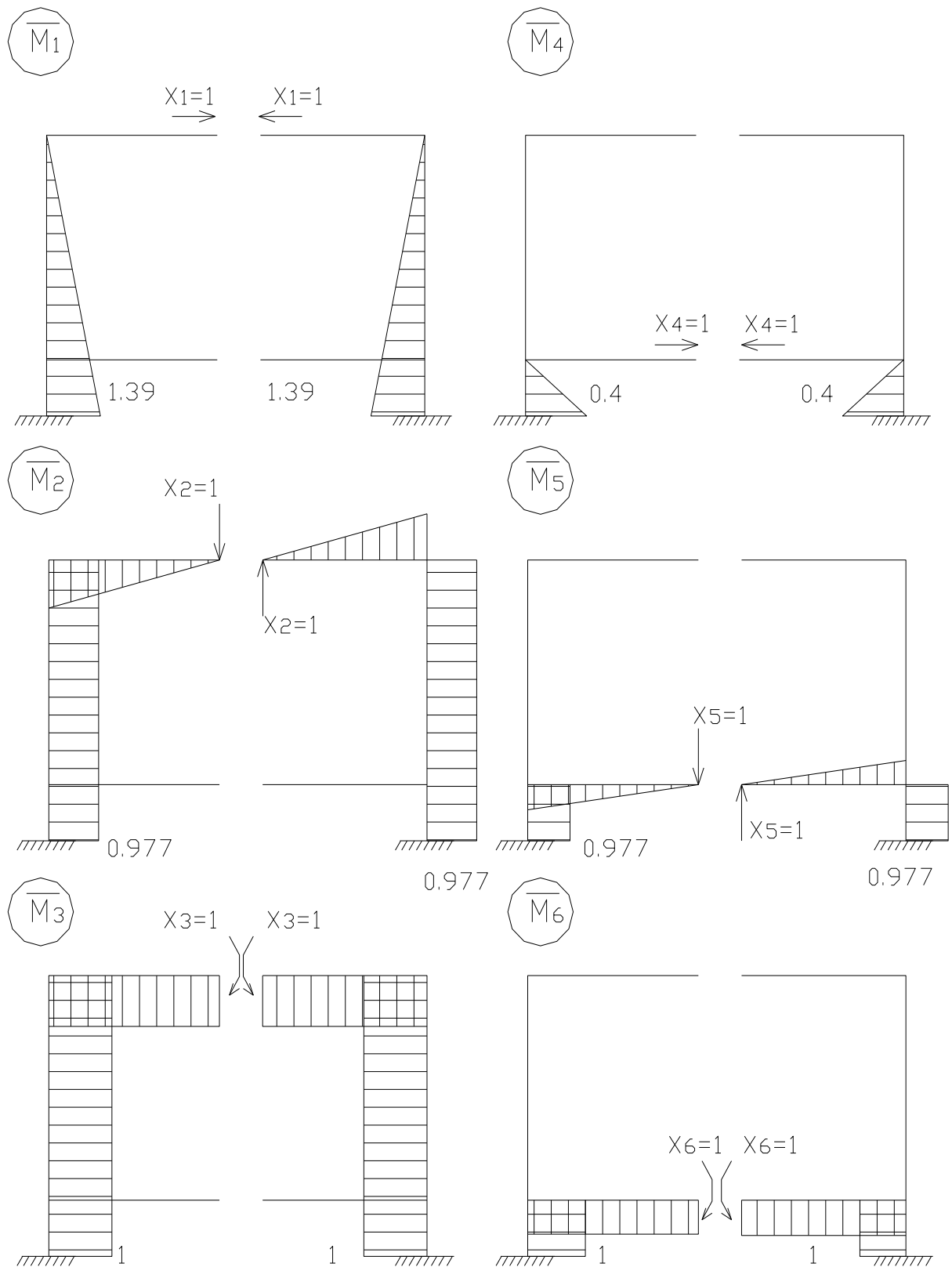


Рис. 5.5 Епюри моментів від одиночних сил

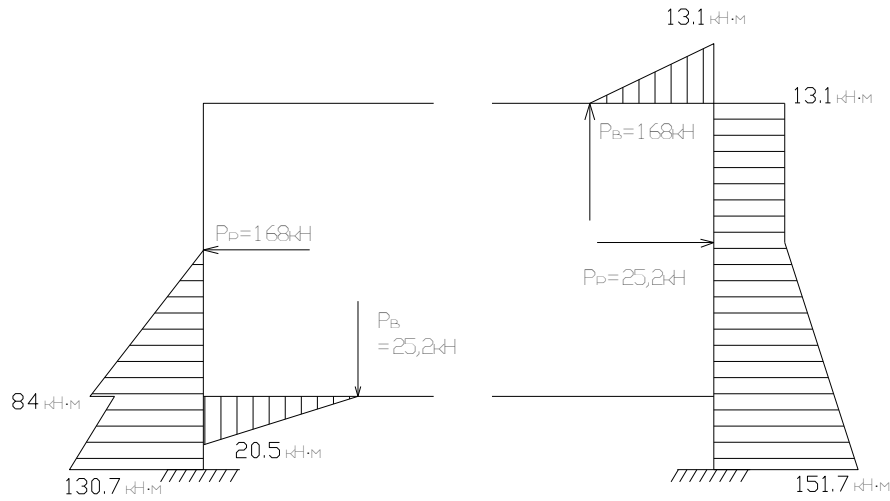


Рис. 5.6 Епюра моментів від діючих навантажень

В кососиметричній рамі не виникає взаємних симетричних переміщень під впливом кососиметричних навантажень.

$$\delta_{11} = 2 \frac{1}{EI} \left( 1.39 \cdot 1.39 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.39 \right) = \frac{1.79}{EI},$$

$$\delta_{22} = 2 \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 0.9775 \cdot 0.9775 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.9775 + 1.39 \cdot 0.9775 \cdot 0.9775 \right) = \frac{3.28}{EI},$$

$$\delta_{33} = 2 \frac{1}{EI} (0.9775 \cdot 1 \cdot 1 + 1.39 \cdot 1 \cdot 1) = \frac{4.735}{EI},$$

$$\delta_{44} = 2 \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot 0.4 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.4 \right) = \frac{0.043}{EI},$$

$$\delta_{55} = 2 \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 0.9775 \cdot 0.9775 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.9775 + 0.9775 \cdot 0.4 \cdot 0.9775 \right) = \frac{1.397}{EI},$$

$$\delta_{66} = 2 \frac{1}{EI} (1 \cdot 0.9775 \cdot 1 + 1 \cdot 0.4 \cdot 1) = \frac{2.775}{EI},$$

$$\delta_{13} = 2 \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 1.39 \cdot 1.39 \cdot 1 \right) = \frac{1.93}{EI},$$

$$\delta_{14} = 2 \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot 0.4 \cdot 1.257 \right) = \frac{0.2}{EI},$$

$$\delta_{16} = 2 \frac{1}{EI} (0.4 \cdot 1 \cdot 1.19) = \frac{0.952}{EI},$$

$$\delta_{25} = 2 \frac{1}{EI} (0.9775 \cdot 0.4 \cdot 0.9775) = \frac{0.76}{EI},$$

$$\delta_{34} = 2 \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot 0.4 \cdot 1 \right) = \frac{0.16}{EI},$$

$$\delta_{36} = 2 \frac{1}{EI} (1 \cdot 0.4 \cdot 1) = \frac{0.8}{EI},$$

$$\delta_{46} = 2 \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot 0.4 \cdot 1 \right) = \frac{0.16}{EI}.$$

Переміщення  $\Delta_{ip}$ :

$$\begin{aligned} \Delta_{1p} &= -\frac{1}{EI} \left\{ \left[ \frac{1}{2} \cdot 0.5 \cdot 84 \cdot 0.74 + 63.5 \cdot 0.4 \cdot 1.19 + \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 1.257 \right] + \right. \\ &\quad \left. + \left[ 13.1 \cdot 1.39 \cdot 0.735 + \frac{1}{2} \cdot 138.1 \cdot 0.9 \cdot 0.94 \right] \right\} = -\frac{134.46}{EI}, \\ \Delta_{2p} &= \frac{1}{EI} \left\{ -\left[ \frac{1}{2} \cdot 0.5 \cdot 84 \cdot 0.9775 + 63.5 \cdot 0.4 \cdot 0.9775 + \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 0.9775 \right] + \right. \\ &\quad \left. + \left[ \frac{1}{2} \cdot 13.1 \cdot 0.52 \cdot 0.824 + 13.1 \cdot 1.39 \cdot 0.9775 + \frac{1}{2} \cdot 138.1 \cdot 0.9 \cdot 0.9775 \right] \right\} = -\frac{22.86}{EI}, \\ \Delta_{3p} &= -\frac{1}{EI} \left\{ \left[ \frac{1}{2} \cdot 0.5 \cdot 84 \cdot 1 + 63.5 \cdot 0.4 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 1 \right] + \right. \\ &\quad \left. + \left[ \frac{1}{2} \cdot 13.1 \cdot 0.592 + 1.391 \cdot 13.1 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 138.1 \cdot 0.9 \cdot 1 \right] \right\} = -\frac{144.1}{EI}, \\ \Delta_{4p} &= -\frac{1}{EI} \left\{ \left[ 63.5 \cdot 0.4 \cdot 0.2 + \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 0.267 \right] + \right. \\ &\quad \left. + \left[ 97.1 \cdot 0.4 \cdot 0.2 + \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 0.267 \right] \right\} = -\frac{20.03}{EI}, \\ \Delta_{5p} &= \frac{1}{EI} \left\{ \left[ \frac{1}{2} \cdot 13.1 \cdot 0.592 \cdot 0.824 - 63.5 \cdot 0.4 \cdot 0.9775 - \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 0.9775 \right] + \right. \\ &\quad \left. + \left[ 97.1 \cdot 0.4 \cdot 0.9775 + \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot 67.2 \cdot 0.9775 \right] \right\} = \frac{16.33}{EI}, \\ \Delta_{6p} &= \frac{1}{EI} \left\{ \left[ \frac{1}{2} \cdot 13.1 \cdot 0.52 \cdot 1 - 63.5 \cdot 0.4 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 1 \right] + \right. \\ &\quad \left. + \left[ -97.1 \cdot 0.4 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 67.2 \cdot 0.4 \cdot 1 \right] \right\} = -\frac{87.71}{EI}. \end{aligned}$$

Отримані значення переміщень підставляємо в канонічні рівняння:

$$\begin{cases} 1.79x_1 + 0x_2 + 1.93x_3 + 0.2x_4 + 0x_5 + 0.952x_6 = 134.46 \\ 0x_1 + 3.28x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0.74x_5 + 0x_6 = -22.86 \\ 1.93x_1 + 0x_2 + 4.735x_3 + 0.16x_4 + 0x_5 + 0.8x_6 = 144.1 \\ 0.2x_1 + 0x_2 + 0.16x_3 + 0.043x_4 + 0x_5 + 0.16x_6 = 20.03 \\ 0x_1 + 0.74x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 1.387x_5 + 0x_6 = -16.33 \\ 0.952x_1 + 0x_2 + 0.8x_3 + 0.16x_4 + 0x_5 + 2.755x_6 = 87.71. \end{cases}$$

Після вирішення системи з шести рівнянь із шістьма невідомими отримуємо наступні результати:

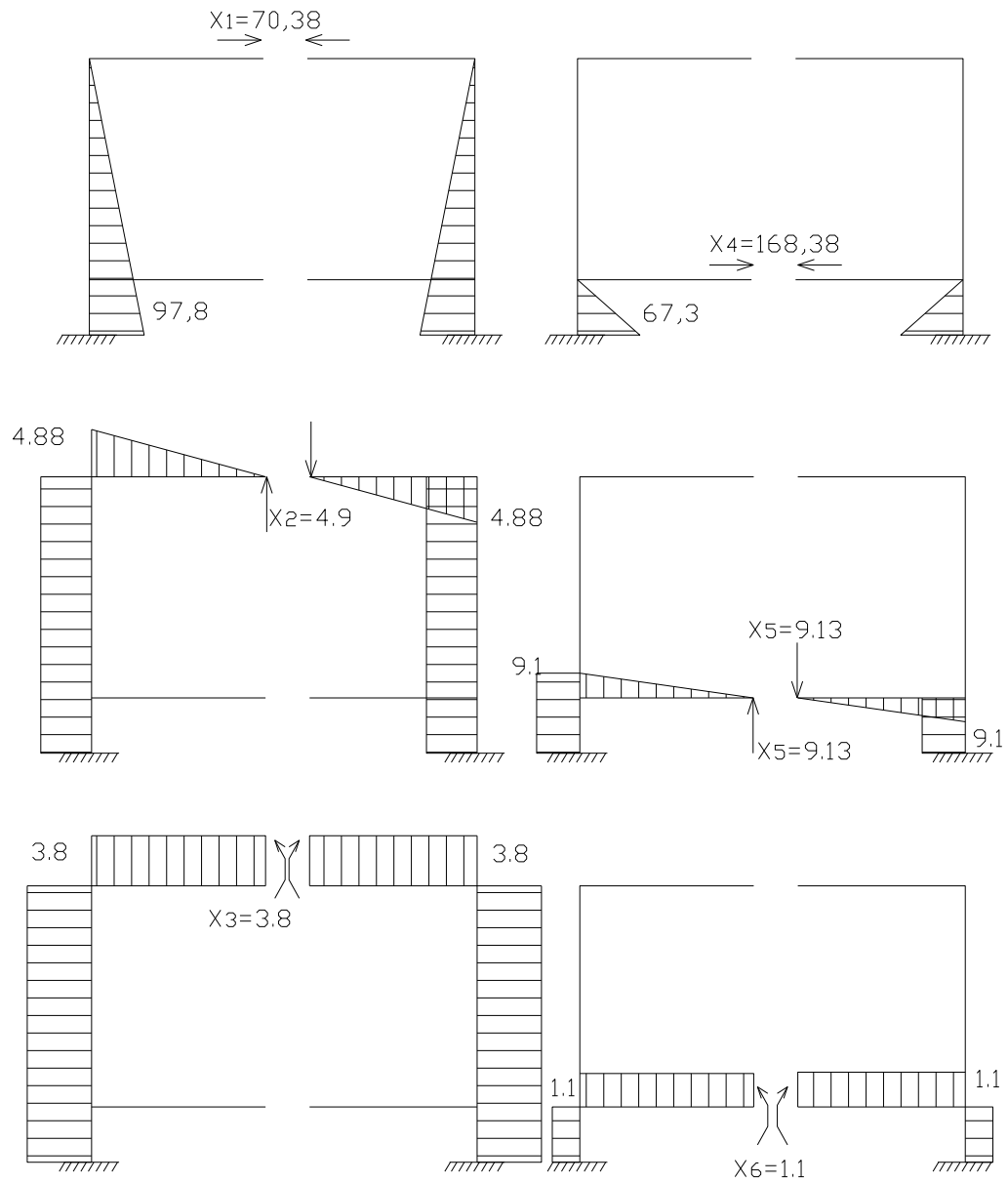


Рис. – 5.7 Епюри моментів  $M_x$

$$x_1 = 70.38730;$$

$$x_2 = -4.908565;$$

$$x_3 = -3.751070 ;$$

$$x_4 = 168.28380;$$

$$x_5 = -9.135008 ;$$

$$x_6 = -1.116976 .$$

Помноживши один графік на відповідне значення  $x_i$ , буде отримано графік моментів. (рис.5.7).

$$\begin{cases} \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \delta_{13}x_3 + \delta_{14}x_4 + \delta_{15}x_5 + \delta_{16}x_6 + \delta_1 P = 0 \\ \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \delta_{23}x_3 + \delta_{24}x_4 + \delta_{25}x_5 + \delta_{26}x_6 + \delta_2 P = 0 \\ \delta_{31}x_1 + \delta_{32}x_2 + \delta_{33}x_3 + \delta_{34}x_4 + \delta_{35}x_5 + \delta_{36}x_6 + \delta_3 P = 0 \\ \delta_{41}x_1 + \delta_{42}x_2 + \delta_{43}x_3 + \delta_{44}x_4 + \delta_{45}x_5 + \delta_{46}x_6 + \delta_4 P = 0 \\ \delta_{51}x_1 + \delta_{52}x_2 + \delta_{53}x_3 + \delta_{54}x_4 + \delta_{55}x_5 + \delta_{56}x_6 + \delta_5 P = 0 \\ \delta_{61}x_1 + \delta_{62}x_2 + \delta_{63}x_3 + \delta_{64}x_4 + \delta_{65}x_5 + \delta_{66}x_6 + \delta_6 P = 0. \end{cases}$$

Деякі коефіцієнти в цих рівняннях можуть дорівнювати нулю. По-перше, давайте визначимо рух за допомогою методу Верещагіна. Для цього створимо епюри згинальних моментів з одиничної сили і зовнішнього навантаження (рис. 5.8.) і визначте зміщення, що міститься в канонічному рівнянні.

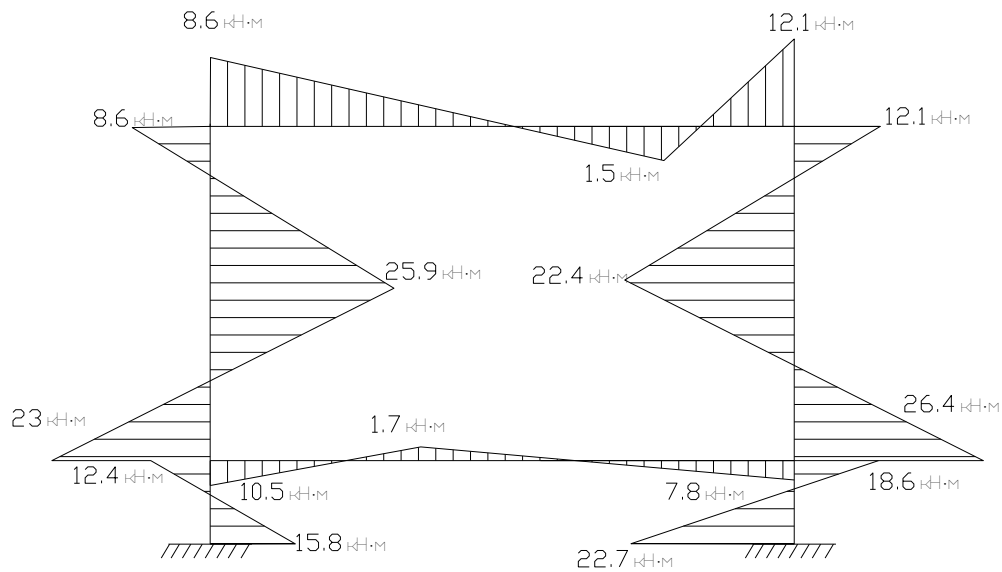
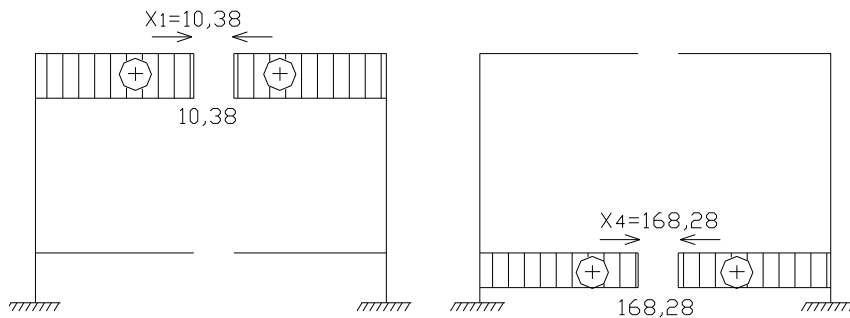


Рис. – 5.8 Сумарна епюра згинаючих моментів

Отримані рівняння можна визначити, перемноживши відповідні епюри (рис. 5.9., 5.10.).



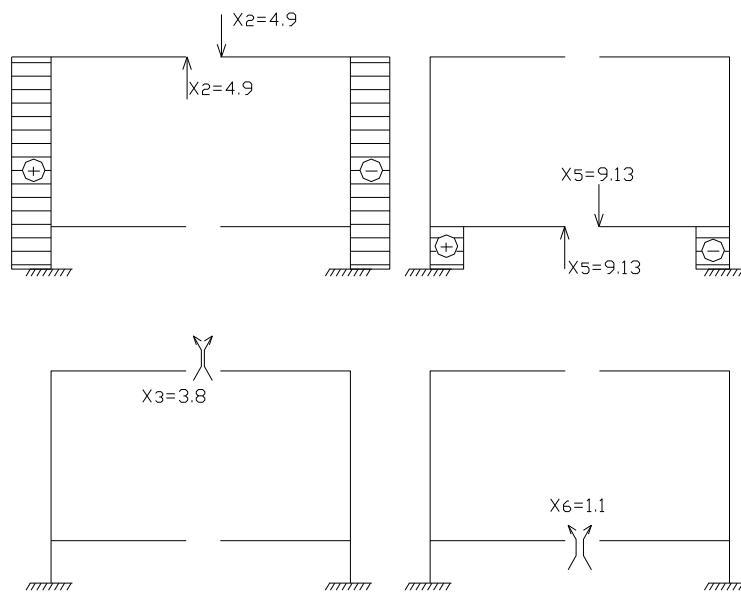


Рис. – 5.9 Епюри рівнодіючих внутрішніх нормальних сил

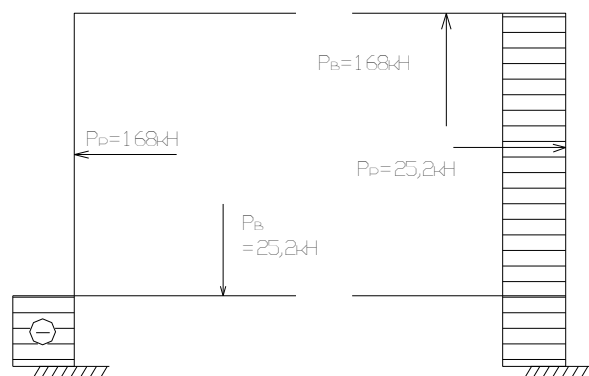


Рис. – 5.10 Епюра залежності поздовжніх сил від діючих навантажень

Проаналізувавши епюри сил (рис. 5.11) і моментів (рис. 5.7), можна визначити, найнебезпечніша область конструкції-це, як правило, точка прикладання сили.

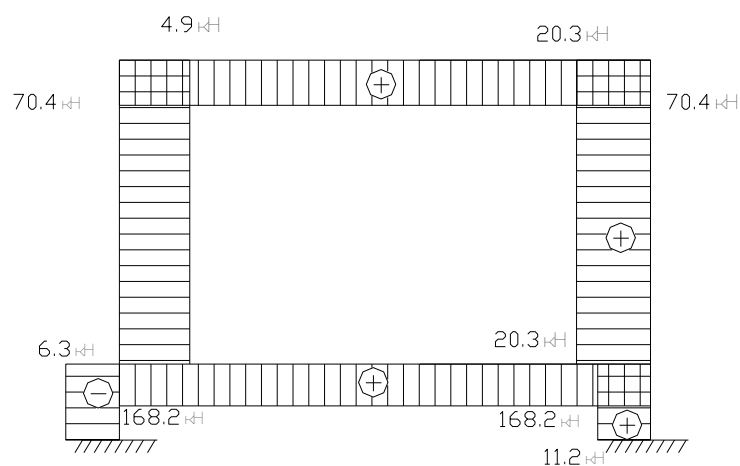


Рис. – 5.11 Сумарна епюра поздовжніх сил

## 5.5.3 Визначення параметрів ризикових перерізів станіни

### 5.5.3.1 Розрахунок перерізу I-I (рис.5.12.):

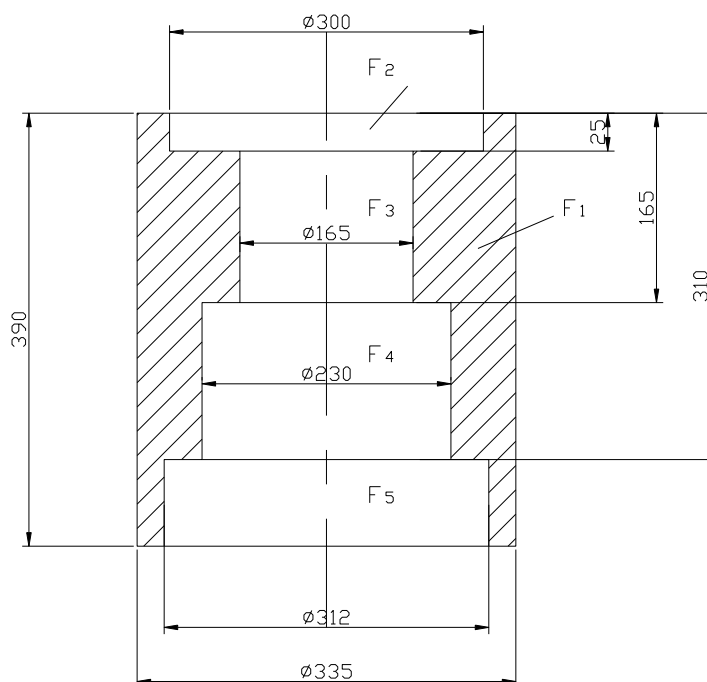


Рис. – 5.12 Ескіз перерізу I-I

У ході знаходження координат центру тяжіння перерізу розбиваємо його на низку простих елементів:  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$ .

Тоді:

$$y_c = \frac{F_1 y_1 - F_2 y_2 - F_3 y_3 - F_4 y_4 - F_5 y_5}{F_1 - F_2 - F_3 - F_4 - F_5},$$

де  $F_1 = 0,39 \cdot 0,335 = 13,07 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа компоненту  $F_1$ ;

$F_2 = 0,300 \cdot 0,025 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  - площа компоненту  $F_2$ ;

$F_3 = 0,165 \cdot 0,140 = 23,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  - площа компоненту  $F_3$ ;

$F_4 = 0,230 \cdot 0,145 = 33,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  - площа компоненту  $F_4$ ;

$F_5 = 0,312 \cdot 0,080 = 24,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  - площа компоненту  $F_5$ ;

$y_1 = 0,195 \text{ м}$  - дистанція від вісі X-X до центра тяжіння компоненту  $F_1$ ;

$y_2 = 0,0125 \text{ м}$  - дистанція від вісі X-X до центра тяжіння компоненту  $F_2$ ;

$y_3 = 0,095 \text{ м}$  - дистанція від вісі X-X до центра тяжіння компоненту  $F_3$ ;

$y_4 = 0,2375 \text{ м}$  - дистанція від вісі X-X до центра тяжіння компоненту  $F_4$ ;

$y_5 = 0,350 \text{ м}$  - дистанція від вісі X-X до центра тяжіння компоненту  $F_5$ .

$$y_c = \frac{13,07 \cdot 10^{-2} \cdot 0,195 - 7,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0125 - 23,1 \cdot 10^{-3} \times \\ \times 0,095 - 33,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2375 - 24,96 \cdot 10^{-3} \cdot 0,35}{13,07 \cdot 10^{-2} - 7,5 \cdot 10^{-3} - 23,1 \cdot 10^{-3} - 33,35 \cdot 10^{-3} - 24,96 \cdot 10^{-3}} = 0,1568 \text{ м}.$$

Визначимо момент інерції окремих елементів перетину.:

$$I_1 = \frac{0.39 \cdot 0.335^3}{12} = 1.22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4 - \text{момент інерції зрізу } F_1;$$

$$I_2 = \frac{0.30 \cdot 0.025^3}{12} = 3.9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4 - \text{момент інерції зрізу } F_2;$$

$$I_3 = \frac{0.165 \cdot 0.14^3}{12} = 3.77 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції зрізу } F_3;$$

$$I_4 = \frac{0.23 \cdot 0.145^3}{12} = 5.84 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції зрізу } F_4;$$

$$I_5 = \frac{0.312 \cdot 0.08^3}{12} = 1.33 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції зрізу } F_5.$$

$$I_x = I_1 + F_1(y_c - y_1)^2 - \left[ I_2 + F_2(y_c - y_2)^2 + I_3 + F_3(y_c + y_3)^2 + \right. \\ \left. + I_4 + F_4(y_c - y_4)^2 + I_5 + F_5(y_c - y_5)^2 \right].$$

$$I_x = 1.22 \cdot 10^{-3} + 13.07 \cdot 10^{-2} (0.1568 - 0.195)^2 - \\ - \left[ 3.9 \cdot 10^{-7} + 7.5 \cdot 10^{-3} (0.1568 - 0.0125)^2 + 3.77 \cdot 10^{-5} + \right. \\ \left. + 2.31 \cdot 10^{-2} (0.1568 + 0.095)^2 + 5.84 \cdot 10^{-5} + \right. \\ \left. + 3.335 \cdot 10^{-2} (0.1568 - 0.2375)^2 + 1.33 \cdot 10^{-5} + \right. \\ \left. + 2.496 \cdot 10^{-2} (0.1568 - 0.35)^2 \right] = 0.7795 \text{ м}^4.$$

$$F = F_1 - F_2 - F_3 - F_4 - F_5,$$

$$F = 13.07 \cdot 10^{-2} - 0.75 \cdot 10^{-2} - 2.31 \cdot 10^{-2} - 3.335 \cdot 10^{-2} - 2.496 \cdot 10^{-2} = 4.18 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

### 5.5.3.2 Розрахунок перерізу II-II (рис.5.13.)

Щоб знайти координати центру тяжіння перерізу, розділіть її на окремі прості елементи:  $F_1, F_2, F_3$ .

Координати центру ваги:

$$y_c = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3}{F_1 + F_2 + F_3},$$

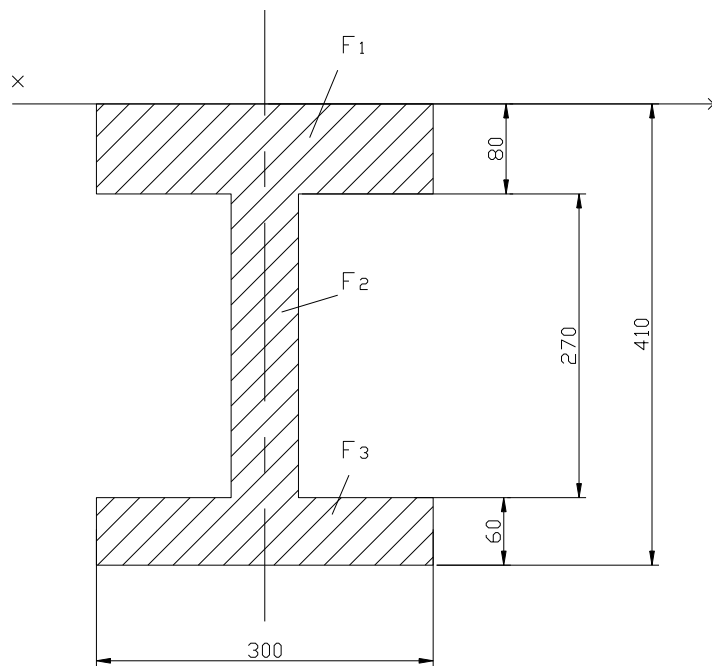


Рис. – 5.13 Ескіз перерізу II-II

де  $F_1 = 0.30 \cdot 0.08 = 2.4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_1$ ;  
 $F_2 = 0.27 \cdot 0.06 = 1.62 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_2$ ;  
 $F_3 = 0.30 \cdot 0.06 = 1.8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_3$ ;  
 $y_1 = 0.04 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_1$  до вісі x-x;  
 $y_2 = 0.215 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_2$  до вісі x-x;  
 $y_3 = 0.380 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_3$  до вісі x-x;

$$y_c = \frac{2.4 \cdot 10^{-2} \cdot 0.04 + 1.62 \cdot 10^{-2} \cdot 0.215 + 1.8 \cdot 10^{-2} \cdot 0.380}{2.4 \cdot 10^{-2} + 1.62 \cdot 10^{-2} + 1.8 \cdot 10^{-2}} = 0.194 \text{ м}.$$

Визначимо моменти інерції кожного окремого елемента перерізу:

$$I_1 = \frac{0.3 \cdot 0.08^3}{12} = 1.54 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4 - \text{момент інерції перерізу } F_1;$$

$$I_2 = \frac{0.06 \cdot 0.27^3}{12} = 5.83 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції перерізу } F_2;$$

$$I_3 = \frac{0.3 \cdot 0.06^3}{12} = 6.48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції перерізу } F_3.$$

$$I_x = I_1 + F_1(y_c - y_1)^2 + I_2 + F_2(y_c - y_2)^2 + I_3 + F_3(y_c - y_3)^2.$$

$$I_x = 15.4 \cdot 10^{-5} + 2.4 \cdot 10^{-2} (0.194 - 0.04)^2 + 5.83 \cdot 10^{-5} + 1.62 \cdot 10^{-2} \times \\ \times (0.194 - 0.215)^2 + 6.48 \cdot 10^{-5} + 1.8 \cdot 10^{-2} (0.194 - 0.380)^2 = 1.4759 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3,$$

$$F = 2.4 \cdot 10^{-2} + 1.62 \cdot 10^{-2} + 1.8 \cdot 10^{-2} = 5.82 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

### 5.5.3.3. Розрахунок перерізу III-III (рис.5.14.):

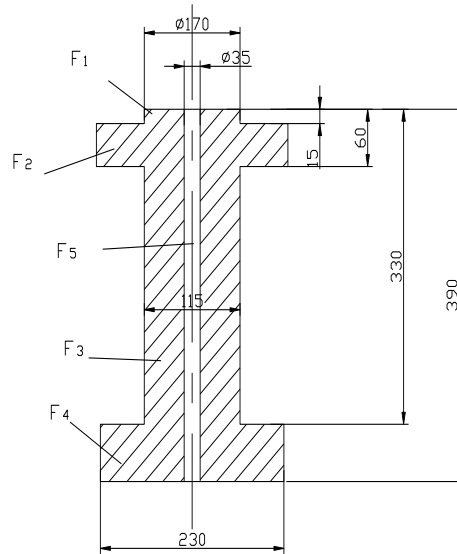


Рис. – 5.14. Ескіз перерізу III-III.

Щоб знайти координати центру тяжіння перерізу, розділіть її на окремі прості елементи:  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$ .

Тоді:

$$y_c = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 + F_4 y_4 - F_5 y_5}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - F_5},$$

де  $F_1 = 0.17 \cdot 0.015 = 25.5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_1$ ;  
 $F_2 = 0.23 \cdot 0.045 = 1.035 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_2$ ;  
 $F_3 = 0.27 \cdot 0.115 = 3.105 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_3$ ;  
 $F_4 = 0.23 \cdot 0.06 = 1.38 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_4$ ;  
 $F_5 = 0.035 \cdot 0.39 = 1.365 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_5$ ;  
 $y_1 = 0.0075 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_1$  до вісі x-x;  
 $y_2 = 0.0375 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_2$  до вісі x-x;  
 $y_3 = 0.195 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_3$  до вісі x-x;  
 $y_4 = 0.36 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_4$  до вісі x-x;  
 $y_5 = 0.195 \text{ м}$  - дистанція від центру ваги елемента  $F_5$  до вісі x-x.

$$y_c = \frac{0.255 \cdot 10^{-2} \cdot 0.0075 + 1.035 \cdot 10^{-2} \cdot 0.0375 + 3.105 \cdot 10^{-2} \times \\ \times 0.195 + 1.38 \cdot 10^{-2} \cdot 0.36 - 1.365 \cdot 10^{-3} \cdot 0.195}{0.255 \cdot 10^{-2} + 1.035 \cdot 10^{-2} + 3.105 \cdot 10^{-2} + 1.38 \cdot 10^{-2} - 1.365 \cdot 10^{-2}} = 0.1987 \text{ м.}$$

Визначимо момент інерції для кожного з окремих елементів перетину:

$$I_1 = \frac{0.17 \cdot 0.015^3}{12} = 4.78 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 - \text{момент інерції поперечний розрізу } F_1;$$

$$I_2 = \frac{0.23 \cdot 0.06^3}{12} = 4.13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 - \text{момент інерції поперечний розрізу } F_2;$$

$$I_3 = \frac{0.115 \cdot 0.27^3}{12} = 18.86 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції поперечний розрізу } F_3;$$

$$I_4 = \frac{0.23 \cdot 0.06^3}{12} = 4.14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 - \text{момент інерції поперечний розрізу } F_4;$$

$$I_5 = \frac{0.035 \cdot 0.39^3}{12} = 17.3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції поперечний розрізу } F_5.$$

$$I_x = I_1 + F_1(y_c - y_1)^2 + I_2 + F_2(y_c - y_2)^2 + I_3 + F_3(y_c - y_3)^2 + \\ + I_4 + F_4(y_c - y_4)^2 - I_5 - F_5(y_c - y_5)^2.$$

$$I_x = 4.78 \cdot 10^{-8} + 25.5 \cdot 10^{-3} (0.1987 - 0.0075)^2 + 4.13 \cdot 10^{-6} + 1.035 \cdot 10^{-2} (0.1987 - 0.0375)^2 + \\ + 18.86 \cdot 10^{-5} + 3.105 \cdot 10^{-2} (0.1987 - 0.195)^2 + 4.14 \cdot 10^{-6} + 1.38 \cdot 10^{-2} (0.1987 - 0.36)^2 - \\ - 17.3 \cdot 10^{-5} - 1.365 \cdot 10^{-2} (0.1987 - 0.195)^2 = 0.744 \text{ м}^4.$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - F_5,$$

$$F = 0.255 \cdot 10^{-2} + 1.035 \cdot 10^{-2} + 3.105 \cdot 10^{-2} + 1.38 \cdot 10^{-2} - 1.365 \cdot 10^{-2} = 4.41 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

#### 5.5.3.4. Розрахунок перерізу IV-IV (рис.5.15.):

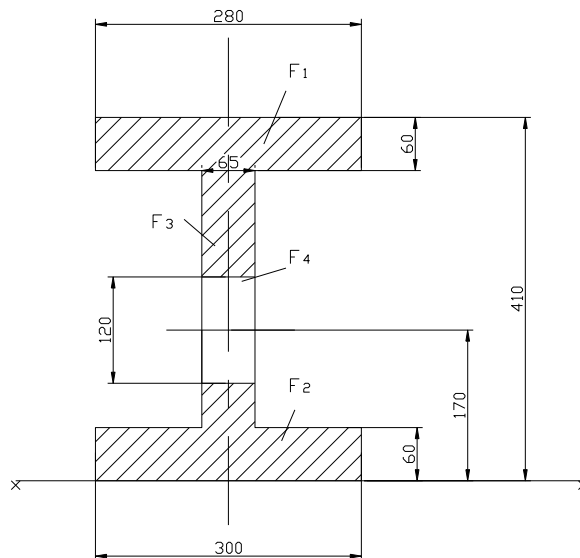


Рис. – 5.15 Ескіз перерізу IV-IV

Щоб визначити координати центра тяжіння перерізу, розділимо її на окремі прості елементи:  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$ .

Тоді:

$$y_c = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 - F_4 y_4}{F_1 + F_2 + F_3 - F_4},$$

де  $F_1 = 0.28 \cdot 0.06 = 1.68 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_1$ ;  
 $F_2 = 0.300 \cdot 0.06 = 1.8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_2$ ;  
 $F_3 = 0.065 \cdot 0.29 = 1.885 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_3$ ;  
 $F_4 = 0.065 \cdot 0.12 = 0.78 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  - площа елемента  $F_4$ ;  
 $y_1 = 0.38 \text{ м}$  - дистанція від вісі х-х до центра тяжіння компонента  $F_1$ ;  
 $y_2 = 0.03 \text{ м}$  - дистанція від вісі х-х до центра тяжіння компонента  $F_2$ ;  
 $y_3 = 0.205 \text{ м}$  - дистанція від вісі х-х до центра тяжіння компонента  $F_3$ ;  
 $y_4 = 0.17 \text{ м}$  - дистанція від вісі х-х до центра тяжіння компонента  $F_4$ .

$$y_c = \frac{1.68 \cdot 10^{-2} \cdot 0.38 + 1.8 \cdot 10^{-2} \cdot 0.03 + 1.885 \cdot 10^{-2} \cdot 0.205 - 0.78 \cdot 10^{-2} \cdot 0.17}{1.68 \cdot 10^{-2} + 1.8 \cdot 10^{-2} + 1.885 \cdot 10^{-2} - 0.78 \cdot 10^{-2}} = 0.206 \text{ м}.$$

Визначимо моменти інерції кожного окремого елемента перерізу:

$$I_1 = \frac{0.28 \cdot 0.06^3}{12} = 5.04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 - \text{момент інерції перерізу } F_1;$$

$$I_2 = \frac{0.13 \cdot 0.06^3}{12} = 5.4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 - \text{момент інерції перерізу } F_2;$$

$$I_3 = \frac{0.065 \cdot 0.29^3}{12} = 13.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4 - \text{момент інерції перерізу } F_3;$$

$$I_4 = \frac{0.065 \cdot 0.12^3}{12} = 9.36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 - \text{момент інерції перерізу } F_4.$$

$$I_x = I_1 + F_1(y_c - y_1)^2 + I_2 + F_2(y_c - y_2)^2 + I_3 + F_3(y_c - y_3)^2 - \\ - I_4 - F_4(y_c - y_4)^2.$$

$$I_x = 5.04 \cdot 10^{-6} + 1.68 \cdot 10^{-2} (0.206 - 0.38)^2 + 5.4 \cdot 10^{-6} + 1.8 \cdot 10^{-2} (0.206 - 0.03)^2 + \\ + 13.2 \cdot 10^{-5} + 1.885 \cdot 10^{-2} (0.206 - 0.205)^2 - 9.36 \cdot 10^{-6} - 0.78 \cdot 10^{-2} (0.206 - 0.17)^2 = \\ = 0.024 \text{ м}^4.$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 - F_4,$$

$$F = 1.68 \cdot 10^{-2} + 1.8 \cdot 10^{-2} + 1.885 \cdot 10^{-2} - 0.78 \cdot 10^{-2} = 4.585 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

### 5.5.3.5 Розрахунок моменту опору перетину.

$$W_{I-I} = \frac{I_{I-I}}{y_{\max}}, \quad (3.5.)$$

$$W_{I-I} = \frac{0.7795}{0.1568} = 4.97 \text{ м}^3,$$

$$W_{II-II} = \frac{1.4759 \cdot 10^{-3}}{0.194} = 7.6 \text{ м}^3,$$

$$W_{III-III} = \frac{0.744}{0.1987} = 3.74 \text{ м}^3,$$

$$W_{IV-IV} = \frac{0.024}{0.206} = 0.12 \text{ м}^3.$$

### 5.5.3.6 Визначення максимального тиску в поперечному перерізі.

Максимальна напруга поперечного перерізу I-I:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F} + \frac{M_{\text{изг}}}{W}, \quad (3.6.)$$

$$\sigma_{\max}^{I-I} = \frac{4900}{4.18 \cdot 10^{-2}} + \frac{25.9 \cdot 10^3}{4.97} = 53.6 \text{ МПа}.$$

Максимальна напруга поперечного перерізу II-II:

$$\sigma_{\max}^{II-II} = \frac{168200}{5.82 \cdot 10^{-2}} + \frac{1.7 \cdot 10^3}{7.6} = 68.8 \text{ МПа}.$$

Максимальна напруга поперечного перерізу III-III:

$$\sigma_{\max}^{III-III} = \frac{20300}{4.41 \cdot 10^{-2}} + \frac{22.4 \cdot 10^3}{3.74} = 98.02 \text{ МПа}.$$

Максимальна напруга поперечного перерізу IV-IV:

$$\sigma_{\max}^{IV-IV} = \frac{70400}{4.585 \cdot 10^{-2}} + \frac{1.5 \cdot 10^3}{0.12} = 28.7 \text{ МПа}.$$

Для сталі 45л-II ГОСТ 977-75

$$[\sigma] = 125 \text{ МПа}.$$

В перерізах I-I, II-II, III-III, IV-IV:

$$\sigma_{\max} < [\sigma],$$

умови міцності виконуються.

## 5.6 Тепловий розрахунок вальців

Вихідні дані: діаметр вальця -  $D = 0.71\text{м}$ , довжина бочки вальця -  $L = 1.8\text{м}$ , продуктивність валкової машини -  $G_M = 1200\text{кг/ч}$ , середня потужність, яку споживає валок -  $N = 260\text{кВт}$ . Вода для охолодження подається в 24 отвори діаметром -  $d = 45\text{мм}$ , розташованих по колу -  $d = 540\text{мм}$ . Початкова температура матеріалу -  $t_{\text{Мвх}} = 22^\circ\text{C}$ , температура навколишнього середовища -  $t_\epsilon = 22^\circ\text{C}$ , кінцева температура матеріалу -  $t_{\text{Мвих}} = 120^\circ\text{C}$ . Матеріал – ПВХ.

### 5.6.1. Тепловий баланс валкової машини

$$G_M i_n + Q_N + G_x C_x t_{xn} = G_M i_k + G_x C_{xk} t_{xk} + Q_n, \quad (4.1.)$$

де  $G_M$  - продуктивність машини;

$i_n, i_k$  - відповідно кінцевий та початковий тепловміст матеріалу який переробляють;

$Q_N$  - кількість теплоти, що була отримана за рахунок перетворення механічної енергії;

$G_x$  - витрати теплоносія;

$C_{xn}, C_{xk}$  - теплоємність на одиницю маси хладоносія на вході та виході з вальців;

$Q_n$  - теплові втрати від вальців до навколишнього середовища.

На основі рівняння теплового балансу розраховується обсяг теплоти, який видаляється за допомогою хладагента:

$$Q_x = G_x C_x (t_{xk} - t_{xn}) = Q_N - Q_n + (-G_M)(i_k - i_n)$$

Втрати тепла до оточуючого середовища:

$$Q_n = Q_k + Q_l,$$

де  $Q_k$  - втрати тепла конвекцією;

$Q_l$  - втрати на випромінювання.

$$Q_k = \alpha_n F (t_{cm} - t_\epsilon), \quad (4.2.)$$

де  $F$  - площа поверхні вальців;

$t_{cm}$  - температура стінки вальця приблизно відповідає температурі оброблюваного матеріалу;

$t_\epsilon$  - температура оточуючого середовища.

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda}{D}, \quad (4.3.)$$

де  $Nu$  - критерій Нуссельта;

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності.

Визначаюча температура:

$$t_{onp} = 0.5(t_{cm} + t_\epsilon).$$

Критерій Нуссельта визначається згідно з формулою  $Nu = f(GrPr)$ .

У випадку плівкового режиму ( $GrPr = 1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$ ):

$$Nu = 0.5.$$

У випадку перехідного режиму ( $GrPr = 1 \cdot 10^{-3} \div 5 \cdot 10^2$ ):

$$Nu = 1.18(GrPr)^{1/8}.$$

У випадку ламінарного режиму ( $GrPr = 5 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^7$ ):

$$Nu = 0.54(GrPr)^{0.25}.$$

У випадку вихрового режиму ( $GrPr = 2 \cdot 10^7 \div 1 \cdot 10^{13}$ ):

$$Nu = 0.135(GrPr)^{0.33}.$$

де  $Gr$  - критерій Грасгофа:

$$Gr = g \frac{D^3}{\nu^2} \beta \Delta t, \quad (4.4.)$$

де  $g = 9.81 \text{ м/с}^2$  - прискорення вільного падіння;

$\nu$  - кінематична в'язкість;

$\beta$  - коефіцієнт об'ємного розширення:

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{\text{онп}}}.$$

Перепад температур:

$$\Delta t = t_{\text{cm}} - t_{\text{г}}.$$

Теплові втрати за рахунок лучевипромінювання:

$$Q_{\text{л}} = \varepsilon C_0 F \left[ \left( \frac{T_{\text{cm}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\text{г}}}{100} \right)^4 \right], \quad (4.5.)$$

де  $\varepsilon$  - ступінь чорноти поверхні вальців;

$C_0$  - константа випромінювання;

$T_{\text{cm}}, T_{\text{г}}$  - температури поверхні вальця та повітря.

Втрати тепла до оточуючого середовища:

$$Q_{\text{n}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{л}}.$$

Кількість тепла, що виділяється або приймається матеріалом:

$$Q_{\text{м}} = G_{\text{м}} C_{\text{м}} (t_{\text{МК}} - t_{\text{МН}}), \quad (4.6.)$$

де  $C_{\text{м}}$  - теплоємність матеріалу

$G_{\text{м}}$  - продуктивність машини;

$t_{\text{МК}}, t_{\text{МН}}$  - залежно від початкової та кінцевої температур речовини.

Кількість тепла, яке необхідно відводити водою:

$$Q_{\text{х}} = Q_{\text{N}} - Q_{\text{n}} - Q_{\text{м}}.$$

Витрати води:

$$G_{\text{х}} = \frac{Q_{\text{х}}}{C_{\text{х}} (t_{\text{хк}} - t_{\text{хн}})}, \quad (4.7.)$$

де  $C_x$  - теплоємність теплоносія;  
 $(t_{\text{хк}} - t_{\text{хн}})$  - різниця температур води.

Тотоку води має швидкість в каналах:

$$v = \frac{G_x}{fn}, \quad (4.8.)$$

де  $n$  - кількісна величина каналів; канал має площу поперечного перерізу  $f$ ;

$$f = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu}, \quad (4.9.)$$

де при  $t_{\text{окр}} = 0.5(t_{\text{хк}} + t_{\text{хн}})$  вода має в'язкість -  $\nu$ .

Критерій Нуссельта:

- для перехідного режиму ( $Re = 5 \cdot 10^6 \div 1 \cdot 10^4$ ):

$$Nu = 2.26 \cdot 10^{-4} Re_{\text{жс}}^{1.3} Pr_{\text{жс}}^{0.43} \left( \frac{Pr_{\text{жс}}}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0.25};$$

- для турбулентного режиму ( $Re = 1 \cdot 10^4 \div 5 \cdot 10^6$ ):

$$Nu = 0.021 Re_{\text{жс}}^{0.8} Pr_{\text{жс}}^{0.43} \left( \frac{Pr_{\text{жс}}}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0.25};$$

- для ламінарного режиму ( $Re < 2200$ ):

$$Nu = 0.17 Re_{\text{жс}}^{0.33} Gr_{\text{жс}}^{0.1} Pr_{\text{жс}}^{0.43} \left( \frac{Pr_{\text{жс}}}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0.25}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{\text{вк}} = \frac{Nu \lambda}{d}, \quad (4.10.)$$

де  $d$  - діаметр каналу.

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \Delta t_{\text{ст}} - \frac{t_{\text{вк}} - t_{\text{вн}}}{2}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вк}} \pi d_{\text{вн}}}}, \quad (4.11.)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності сталі;

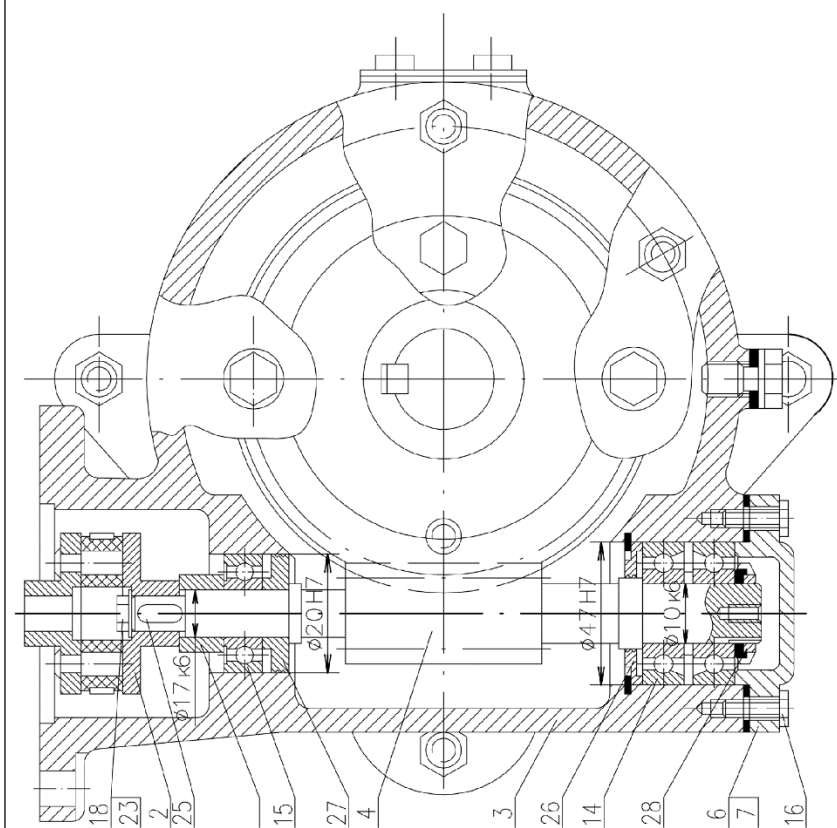
$d_{\text{вн}}$  - внутрішній діаметр каналів;

$d_{\text{н}}$  - зовнішній діаметр каналів.

## **6.1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОНТАЖУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

### **Зміст**

1. Технологія складання вузла.
    - 1.1. Ескіз редуктора перехрещення.
    - 1.2. Подетальна специфікація.
    - 1.3. Схема збирання.
    - 1.4. Операційна карта збирання.
  2. Технологія монтажу та експлуатації машини.
    - 2.1 План-схема розміщення фундаментних болтів.
    - 2.2. Карти ескізів монтажу каландра.
    - 2.3. Операційна карта монтажу каландра
    - 2.4. Схема змащування.
    - 2.5. Карта змащування.
- Література.



Регулятор перекося

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Адк. | № докум. | Підпис | Дата |
|      |      |          |        |      |

ЛП-21мн. 147256.04-50ТД

Арк.

[illegible]

| Формат   | Знач | Пос     | ОБОЗНАЧЕННЯ | НАМЕНУВАННЯ              | К-сть | Примітка |      |
|----------|------|---------|-------------|--------------------------|-------|----------|------|
|          |      |         |             | ГОСТ 832-75              |       |          |      |
|          |      | 15      |             | Підшипник 36103          | 1     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 832-75              |       |          |      |
|          |      | 16      |             | Болт МВ-6dх20            | 4     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 7798-70             |       |          |      |
|          |      | 17      |             | Болт М10-6dх25           | 4     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 7798-70             |       |          |      |
|          |      | 18      |             | Болт М12-6dх30           | 4     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 7798-70             |       |          |      |
|          |      | 19      |             | Гвинт В1 МВ-8dх14        | 4     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 17473-80            |       |          |      |
|          |      | 20      |             | Шпилька М10-6dх25        | 4     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 22042-76            |       |          |      |
|          |      | 21      |             | Гайка М10-6Н ГОСТ5915-70 | 4     |          |      |
|          |      | 22      |             | Шайба 10 ГОСТ 6402-70    | 4     |          |      |
|          |      | 23      |             | Шайба 12 ГОСТ 6402-70    | 5     |          |      |
|          |      | 24      |             | Шпонка 8х7х50            | 1     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 23360-78            |       |          |      |
|          |      | 25      |             | Шпонка 8х7х50            | 1     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 23360-78            |       |          |      |
|          |      | 26      |             | Кільце масловідбиваюче   | 1     |          |      |
|          |      |         |             | 25/47-17                 |       |          |      |
|          |      | 27      |             | Кольцо маслоотражатель-  | 1     |          |      |
|          |      |         |             | ное 17/20-14             |       |          |      |
|          |      | 28      |             | Стопорная шайба МВ7      | 1     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 8725-83             |       |          |      |
|          |      | 29      |             | Стопорная шайба МВ7      | 1     |          |      |
|          |      |         |             | ГОСТ 8725-83             |       |          |      |
|          |      |         |             |                          |       |          |      |
|          |      | 30      |             | Кришка                   | 1     |          |      |
|          |      |         |             |                          |       |          |      |
|          |      |         |             |                          |       |          |      |
| Розроб.  |      |         |             | ЛП-21 мп.147256.04-50ТД  |       |          | Арх. |
| Перевір. |      |         |             |                          |       |          |      |
| Роз.     | Арх. | N дозв. | Підпис      | Дата                     |       |          |      |







[illegible]









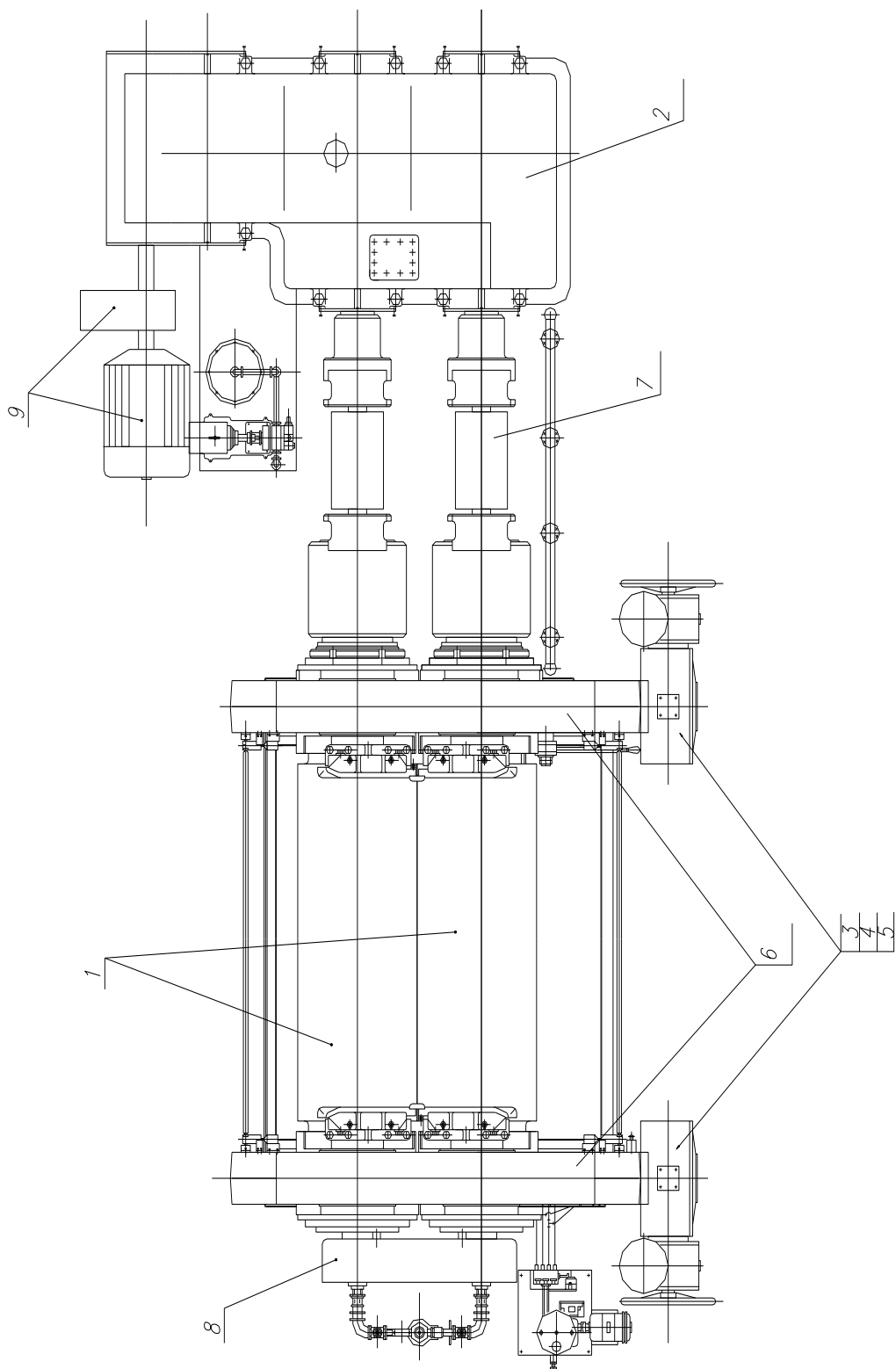


Схема змащування вальців.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛП-21мп. 107513.04-70ТД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### Карта змащування каландра

|   | Найменування і позначення виробу, механізму. Номера позицій на малюнку | Найменування змащувальних матеріалів | Кількість точок змащування | Спосіб змащування    | Періодичність перевірки змащування і заміни змазки |
|---|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| 1 | Підшипниковий вузол електродвигуна головного приводу                   | Мастило «Індустріальне 50»           | 2                          | Циркуляційна система | 1 раз в 5 днів                                     |
| 2 | Підшипниковий вузол електродвигун механізму перекошу                   | Солідол                              | 12                         | Набивка              | 1 раз в 6 міс.                                     |
| 3 | Редуктор головного привода                                             | Мастило «Індустріальне 50»           | 1                          | Оприскування         | 1 раз в 10 днів                                    |
| 4 | Редуктор механізмів перекошу                                           | Мастило «Індустріальне 50»           | 6                          | оприскування         | 1 раз в 5 днів                                     |
| 5 | Підшипниковий вузол валків                                             | Мастило П-28                         | 8                          | Циркуляційна система | 1 раз на 3 дні                                     |
| 6 | Гідросистема                                                           | Мастило «Індустріальне 50»           |                            | Циркуляційна система | 1 раз в 5 днів                                     |

## **6.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМАННЯ МІКЛОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕННЯ З КАЛАНДРОМ**

У виробництві лінолеуму каландровий вал, робота якого сильно залежить від умов навколишнього середовища, грає важливу роль у формуванні та обробці матеріалу. А отже, у приміщенні, де він розташований, необхідно дотримуватися оптимальних параметрів температури та тиску. Точний контроль цих факторів є критичним для забезпечення високої якості та стабільності виробництва.

Важливість підтримки необхідної температури полягає в тому, щоб утримувати стабільність консистенції сировини та формувати бажану структуру лінолеуму. Низька або висока температура може вплинути на характеристики матеріалу, його еластичність та текстуру, порушуючи процес виробництва. Точний контроль температури забезпечує необхідну якість та стабільність виробництва.

Чисте повітря в приміщенні є ключовим для уникнення забруднення сировини та збереження чистоти виробу. Це особливо важливо у виробництві лінолеуму, де будь-які забруднення можуть призвести до дефектів чи нерівностей на поверхні продукції. Забруднений повітряний потік може вплинути на якість та вигляд лінолеуму, тому підтримка чистого повітря має велике значення.

Узагалі, підтримка оптимальних умов у приміщенні, де знаходиться каландровий вал, є ключовою для досягнення високої якості та стабільності виробництва лінолеуму. Це гарантує виготовлення продукції з визначеними характеристиками та відповідає вимогам ринку.

### **6.2.1 Аналіз процесу підтримання мікроклімату приміщення з каландром**

При створенні автоматизованої системи контролю (АСК) були встановлені конкретні цілі для ефективної роботи системи та визначено її призначення. Розробка АСК для чистих приміщень націлена на оптимізацію технологічних процесів, забезпечення надійного контролю протікання та зниження собівартості експлуатації та обслуговування установок.

Розроблена система автоматизованого управління забезпечує ефективне та

безперебійне регулювання технологічних процесів, надійну та тривалу експлуатацію обладнання, зокрема вентиляційного.

Функції систем автоматизованого управління технологічними процесами представляють собою сукупність процесів, спрямованих на забезпечення ефективної роботи системи відповідно до її призначення.

Запропонована автоматизована система контролю (АСК) забезпечує виконання таких функцій:

- інформаційної;
- керуючої;
- захисної.

При впровадженні автоматизованої системи контролю (АСК) та розробці програм для процесу відображення на постійно діючих робочих місцях відбувається значне зменшення потреби у персоналі, який обслуговує установки. Це призводить до поліпшення умов праці працівників, які контролюють технологічні процеси, і надає їм можливість більш оперативно реагувати на аварійні ситуації та помилки. В контексті чистих приміщень це виявляється особливо важливим, оскільки необхідно постійно моніторити, щоб утримувати бездоганну чистоту, і в разі виявлення забруднень швидко відновлювати клас чистоти.

Таким чином, ключовими вимогами до реалізації функцій запропонованої автоматизованої системи контролю (АСК) є обов'язкова відповідність наступним критеріям:

- коефіцієнт готовності повинен перевищувати або дорівнювати 0,999;
- середній час на відновлення повинен бути менший за 3 години;
- середнє напруження на відмову для всіх функцій має бути більше 10 000 годин.

Технологічні параметри об'єкта, які представлені у таблиці 6.1, є однією з основних вимог до успішної реалізації АСК установки та її надійної роботи.

## 6.2.2 Опис розробленої схеми автоматизації підтримання мікrokлімату приміщення

Для контролю і керування підтримання мікrokлімату приміщення схема оснащується комплексом контрольно-вимірювальних і реєструючих приладів. На функціональній схемі автоматизації Рис.6.2.1 показана схема установки приладів.

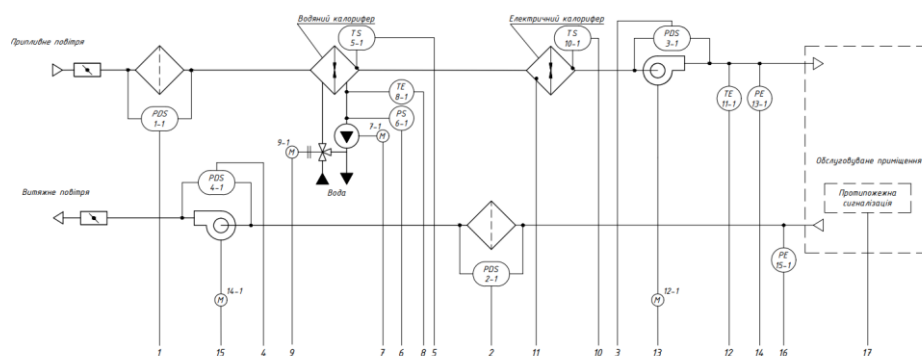
Реле перепаду тиску PS 500 поз. 1-1, поз. 2-1 разом з фільтром використовуються для розуміння степені загрязнення повітря, у разі загрязнення фільтру датчик подає сигнал. Реле перепаду тиску PS 500 поз. 3-1, поз. 4-1 встановлені з вентиляторами та працюють з неперевною індикацією роботи цих вентиляторів.

Захисний термоста від обмерзання водяного калорифера Ranco O16H-8923 поз. 5-1 сигналізує про поломки(замерзання) у системі. Реле тиску KPI 35 поз. 6-1 яке сигналізує, що в середині є рідина. Оскільки при відсутності рідини, насос, що стоїть далі, зламається. Поз. 7-1 двигун насоса з ручни дистанційним керуванням.

Датчик температури WF269-WT, NTC 10k поз. 8-1 показує поточну температуру води, наприклад якщо вода надто холодна, це означає що в системі поломка і ми не можемо її нагріти. В такому разі вживаються заходи-розморожуємо систему гарячою водою за допомогою клапана LF24-SR поз. 9-1.

Термостат Ranco O16H-8923 поз. 10-1 призначений для захисту електричного калориферу від перегріву до якого також підключений датчик температури WF269, NTC 10k поз. 11-1. Контур який складається з поз. 11-1, поз. 12-1, поз. 9-1 у якому по температурі приточного повітря управляємо електричним та водяним калорифером.

Вентилятор з частотним перетворювачем FC 202 поз. 12-1 , який використовується для економії енергії та ресурсів, працює по датчику тиску DPT2500-R82 поз. 13-1. Ідентично перетворювач частоти FC 202 поз. 14-1 та датчику тиску DPT2500-R82 поз. 15-1 тільки для витяжки. Протипожежна сигналізація поз. 17-1 (під час пожежі приходить сигнал) необхідна, оскільки, якщо під час пожежі не обмежити повітря, розмір пожежі буде тільки збільшуватись.



|                                           |                     | 1       | 2       | 3      | 4       | 5       | 6      | 7      | 8          | 9        | 10       | 11        | 12 | 13          | 14 | 15          | 16 | 17 |
|-------------------------------------------|---------------------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|------------|----------|----------|-----------|----|-------------|----|-------------|----|----|
|                                           |                     | >250 Па | >250 Па | >50 Па | T > 2°C | < 4 бар |        |        | 30...+60°C | 0...100% | 0...100% | 15...40°C |    | 0...2500 Па |    | 0...2500 Па |    |    |
| Технологічні засоби автоматизації місцеві |                     |         |         |        |         |         | NS KM1 | HA SB1 |            |          |          | NS KM2    |    | SC 12-2     |    | SC 14-2     |    |    |
| Modicon M172                              | Вимірювання         |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Регулювання         |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Керування           |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Сигналізація        |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Технологічна        |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Аварійна            |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Захист і блокування |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Реєстрація          |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | Неперервна          |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | За викликом         |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
| Індикація                                 | Неперервна          |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
|                                           | За викликом         |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
| Ручне дистанційне керування               |                     |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |
| Архівування                               |                     |         |         |        |         |         |        |        |            |          |          |           |    |             |    |             |    |    |

Рис. 6.2.1 – Схема автоматизації процесу підтримання мікроклімату приміщення

### 6.2.3 Специфікація засобів автоматизації

| № позиції на схемі | Місце установки | Одиниці виміру допустимих значень | Найменування параметрів            | Найменування і характеристика | Тип моделі      | Кількість |
|--------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|
| 1                  | 2               | 3                                 | 4                                  | 5                             | 6               | 7         |
| 1-1, 2-1           | Повітропровід   | Па                                | Перепад тиску на фільтрі           | Пресостат                     | PS 500          | 2         |
| 3-1, 4-1           | Повітропровід   | Па                                | Перепад тиску на вентиляторі       | Пресостат                     | PS 500          | 2         |
| 5-1                | Повітропровід   | – П –                             | Температура на водяному калорифері | Термостат                     | Ranco O16H-8923 | 1         |

|               |                                                 |        |                                                                     |                              |                          |   |
|---------------|-------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|---|
| 10-1          | Повітро-<br>провід                              | – II – | Температура<br>на<br>електричному<br>калорифері                     | Термостат                    | Ranco<br>O16H-<br>8923   | 1 |
| 6-1           | Трубо-<br>провід<br>водяного<br>калорифе-<br>ра | – II – | «Сухий хід»<br>насоса<br>водяного<br>калорифера                     | Реле тиску                   | KPI 35                   | 1 |
| 8-1           | Трубо-<br>провід<br>водяного<br>калорифе-<br>ра | °C     | Температура<br>зворотнього<br>теплоносія                            | Датчик<br>температури        | WF269-<br>WT, NTC<br>10k | 1 |
| 9-1           | Трубо-<br>провід<br>водяного<br>калорифе-<br>ра | – II – | – II –                                                              | Електро-<br>привід           | LF24-SR                  | 1 |
| 11-1          | Повітро-<br>провід                              | °C     | Температура<br>припливного<br>повітря                               | Датчик<br>температури        | WF269,<br>NTC 10k        | 1 |
| 12-1,<br>14-1 | По місцю                                        | – II – | Перетворювач<br>частоти<br>припливного/<br>витяжного<br>вентилятора | Перетворю-<br>вач частоти    | FC 202                   | 1 |
| 13-1,<br>15-1 | Повітро-<br>провід                              | Па     | Тиск<br>припливного/<br>витяжного<br>повітря                        | Датчик тиску                 | DPT2500-<br>R8           | 1 |
| КМ-<br>1      | По місцю                                        | – II – | Запуск<br>двигуна<br>насоса                                         | Магнітний<br>пускач          | CES 6.10                 | 1 |
| КМ-<br>2      | По місцю                                        | – II – | Запуск<br>електричного<br>калорифера                                | Магнітний<br>пускач          | CES 6.10                 | 1 |
| SB1           | По місцю                                        | – II – | Аварійна<br>зупинка                                                 | Пост<br>аварійної<br>зупинки | XALK<br>178F             | 1 |

## Висновки

Автоматизація процесу підтримання мікроклімату у приміщенні з каландром виявляється важливою складовою для підвищення ефективності та якості виробництва лінолеуму. Оптимальне керування температурою та тиском стає досяжним завдяки автоматизованій системі, що забезпечує стабільність у формуванні матеріалу.

Автоматизована система управління підтримує постійний моніторинг та регулювання параметрів мікроклімату, що знижує ризик виробничих неполадок та забезпечує високу якість лінолеуму. Спрощення та точне виконання цих завдань підвищують загальну продуктивність виробництва.

Автоматизація також впливає на раціональне використання ресурсів. Здійснюючи автоматичний контроль температури та тиску, система допомагає уникнути надмірного споживання енергії, що може виникнути при недостатньому чи перевищеному навантаженні на каландровий вал.

Крім того, автоматизація позитивно впливає на якість вихідного продукту. Регулювання фракційного складу вхідного матеріалу та його якісного складу стає більш точним та ефективним, що призводить до підвищення якості лінолеуму. Це, в свою чергу, сприяє зменшенню відходів та підвищенню конкурентоспроможності продукції.

У підсумку, впровадження автоматизації процесу підтримання мікроклімату у приміщенні з каландром має значний позитивний вплив на виробництво лінолеуму. Висока точність та стабільність управління умовами приміщення сприяють якісній та ефективній роботі виробничого процесу, а також зменшують витрати ресурсів, що робить автоматизацію невід'ємною складовою сучасної промисловості.

## 6.3. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 6.3.1 Опис ідеї проекту

Основною метою є виробництво високоякісної продукції, зокрема реліну або лінолеуму. Висока якість досягається завдяки модернізації будови валка каландру, а саме вирівнювання температурного поля вздовж робочої поверхні бочки покращує якість отриманої продукції.

Основною цільовою аудиторією є будівельні компанії, фармакологічні клініки, спортивні заклади та підприємства[13]. У таблиці 6.3.1.1 наведена основна ціль проекту.

Таблиця 6.3.1.1 – Визначення ідеї стартапу

| Ідея стартапу                                                                                                                       | Напрямок застосування                                                                                                                                                               | Переваги для користувачів          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Виготовлення лінолеуму та реліну більш високої якості шляхом вирівнювання температурного поля вздовж робочої поверхні валу каландра | 1) Будівництво та Ремонт: (покриття підлоги для комерційних та житлових приміщень, використання в приміщеннях з високим трафіком, таких як магазини, офіси та громадські простори.) | Вища якість виготовленої продукції |
|                                                                                                                                     | 2) Медичні установи: (застосування у клініках, лікарнях та лабораторіях через легкість очищення і стійкість до дезінфікуючих засобів.)                                              |                                    |
|                                                                                                                                     | 3) Спортивні Заклади: (використання на підлозі спортивних залів та тренувальних областей через амортизаційні властивості.)                                                          |                                    |
|                                                                                                                                     | 4) Промислові Підприємства: (застосування в області виробництва, складських приміщень та інших промислових умовах.)                                                                 |                                    |
|                                                                                                                                     | 5) Громадські Простори: (використання в громадських будівлях, таких як кінотеатри, ресторани та готелі, завдяки естетичному вигляду та зручності у догляді.)                        |                                    |

З таблиці видно, що ідея має безпосереднє застосування в різних галузях, що призводить до численних вигод для користувача. Отже, вирівнювання температурного поля валу каландра має широкий спектр застосувань, що призводить до покращення властивостей лінолеуму та реліну та сприяє покращенню якості життя у різних галузях.

Компанія має назву “InnovFloor Tech”.

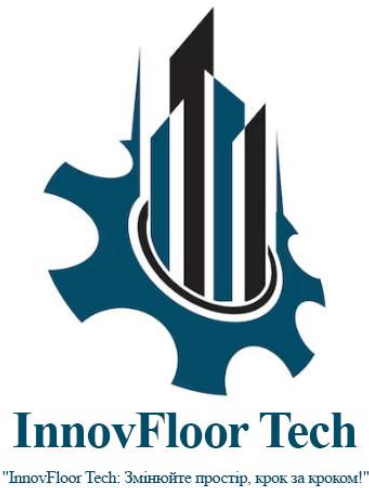


Рисунок 6.1. – логотип компанії “InnovFloor Tech”.

Оцінка економічних та технічних переваг ідеально взаємодіє з пропозиціями конкурентів шляхом:

- Попереднього аналізу конкурентів, які вже присутні на ринку, і збору інформації про ключові економічні та технічні проекти для ідеального власника та конкурентів.
- Порівняльного аналізу результатів для власних проектів, які мають а) менш вигідні значення (W); б) схожі (N) значення; в) бажані значення (S) (див. таблицю 6.3.1.2).

Таблиця 6.3.1.2 – Визначення слабких, сильних та нейтральних проектних ідей

| № п\п | Техніко- економічні характеристики ідеї       | послуги конкурентів |         |         |        | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона)                                                                                                        |
|-------|-----------------------------------------------|---------------------|---------|---------|--------|--------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                               | Обраний проект      | Targett | Beauflo | Juteks |                    |                        |                                                                                                                           |
| 1.    | Висока якість продукції                       | +                   | +       | +       | +      | -                  | -                      | +<br>Конкуренти мають високу якість продукції, але досягають її великими витратами                                        |
| 2.    | Кількість відходів нижче середнього           | +                   | -       | +       | -      | -                  | -                      | +<br>Частина конкурентів мають велику кількість відходів, що підвищує ціну продукту                                       |
| 3.    | Низькі витрати енергії                        | +                   | +       | +       | +      | -                  | -                      | +<br>Конкуренти можуть зменшувати витрати енергії шляхом погіршення продукції                                             |
| 4.    | Точність процесу виконання складних замовлень | +                   | +       | +       | -      | -                  | -                      | +<br>Деякі конкуренти можуть досягати гарної якості, але наша технологія дає змогу спростити процес виготовлення продукту |
| 5.    | Низькі витрати на виробництво                 | +                   | -       | -       | +      | -                  | +                      | +<br>Один з плюсів нашої ідеї, зменшення витрат на виробництво                                                            |

Узагальнюючи, проект вигідно вирізняється на польові конкуренції завдяки низьким витратам енергії, зменшенню відходів, високій якості та точності виконання замовлень. Ці конкурентні переваги можуть сприяти успіху в ринковому середовищі.

### 6.3.2 Технологічний аудит

Був проведений аудит для реалізації цілей проекту. (таблиця 6.3.2.1).

Таблиця 6.3.2.1 – Технічне обґрунтування ідеї стартапу.

| №                                                                        | Ідея стартапу                     | Технології реалізації ідеї                                                            | Наявність обраних технологій                      | Доступність обраних технологій                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                        | Виготовлення покриття для підлоги | Виготовлення за допомогою каландрів (полотна гарної якості)                           | Технологія є на ринку, але вимагає вдосконалення. | Відповідно до проведених розрахунків, технологія доступна та має перспективи для розвитку. |
| 2                                                                        | Виготовлення покриття для даху    | Виготовлення за допомогою автоклавпресних агрегатів (невеликі за розмірами продукція) | Технологія присутня на ринку.                     | Технологія є доступною                                                                     |
| Вибрана технологія реалізації проекту: виготовлення покриття для підлоги |                                   |                                                                                       |                                                   |                                                                                            |

З погляду аналізу таблиці 6.3.2.1 можна визначити, що розвиток проекту відкриває перспективи, оскільки передбачає вдосконалення технології виробництва, що сприятиме підвищенню якості виготовленої продукції.

### 6.3.3 Аналіз ринкових можливостей для запуску стартап-проектів

Основними учасниками ринку є приватні компанії, які спеціалізуються на виконанні робіт власними підприємствами, а також організації, що займаються виробництвом покриттів для підлоги (таблиця 6.3.3.1).

Таблиця 6.3.3.1– Передринкові характеристики потенційних проектів.

| № | Найменування показників ринку                     | Характеристика                                                 |
|---|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1 | Кількість основних гравців, од                    | 5                                                              |
| 2 | Загальний обсяг продажів, грн/ум.од               | 300 млн грн/рік                                                |
| 3 | Динаміка ринку                                    | Зростає                                                        |
| 4 | Наявність обмежень для входу                      | Високі витрати на високотехнологічне обладнання та виробництво |
| 5 | Особливі вимоги до стандартизації та сертифікації | Високий рівень вимог до якості, стандартів та сертифікації     |
| 6 | Середньогалузева (або ринкова) норма прибутку, %  | 15%                                                            |

Висновок з аналізу полягає в тому, що ринок лінолеуму, згідно з попереднім оцінюванням, є достатньо привабливим для приєднання нового учасника.

По-перше, кількість гравців на ринку обмежена - лише 5 основних учасників. Це може створити вигоди для нових учасників, які можуть швидше здобути певну частку ринку. Загальний обсяг продажів на рівні 300 млн грн/рік [14] також вказує на значний ринок і високий потенціал для виручки. Динаміка ринку демонструє стабільний ріст, що є позитивним сигналом для нових гравців. Однак, необхідно врахувати обмеження для входу, пов'язані з високими витратами на технологічне обладнання та виробництво. Це може створити бар'єри для тих, хто не готовий зробити значні інвестиції. Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації свідчать про високі стандарти якості на ринку, що може бути як перешкодою, так і можливістю для нових учасників. Норма рентабельності у галузі становить 15% [15], що може бути привабливим показником для інвесторів, проте ефективне управління витратами стане ключовим фактором для досягнення успіху.

Зазначені позитивні аспекти ринку лінолеуму, такі як обмежена конкуренція, великий обсяг продажів та стабільний ріст, свідчать про можливості для нових учасників. Однак, важливо враховувати обмеження для входу, зокрема високі витрати на технологічне обладнання та виробництво. Це може вимагати значних капіталовкладень та стратегічного планування. Високі стандарти якості та сертифікації, хоча й підвищують якість продукції на ринку, також можуть вимагати значних зусиль та ресурсів для відповідності їм. Отже, новий учасник повинен бути готовий до високого рівня відповідальності та інвестицій у якість виробництва. Норма рентабельності у галузі на рівні 15% є позитивним показником, але досягнення цього рівня може вимагати оптимізації виробництва та ефективного управління витратами.

Загалом, ринок лінолеуму має потенціал для вступу, проте вимагає уважного аналізу та ефективного управління витратами для досягнення успіху в даній сфері.

Подальше наше завдання полягає у визначенні потенційних груп клієнтів, їхніх особливостей та формуванні приблизного переліку вимог до продукції для кожної з цих груп. (таблиця 6.3.3.2).

Таблиця 6.3.3.2 – Опис характеристик цільової аудиторії проекту.

| № | Потреби, які формують ринок | Цільові аудиторії (цільові сегменти ринку)        | Поведінкові відмінності відповідно до потенційної цільової групи клієнтів                                                                   | Вимоги споживачів до продукції                                   |
|---|-----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 | Покращення покриття підлоги | Комерційні підприємства, великі офісні приміщення | Великі компанії можуть оцінювати зменшення витрат на енергію, приватні клієнти можуть бути більше орієнтовані на вартість утримання підлоги | Висока якість, різноманітність дизайнів, легкість у встановленні |

Отже, продукт або послуга, спрямовані на покращення підлогового покриття, має потенціал задовольнити різні потреби різних цільових груп, зокрема, комерційних підприємств та приватних споживачів, за умови відповідності вимогам їхнього сегменту ринку.

При проведенні аналізу ринкового оточення ми створюємо таблиці, в яких фіксуємо фактори, що сприяють успішному впровадженню проекту на ринок, а також фактори, які можуть стати перешкодою його реалізації (таблиці 6.3.3.3, 6.3.3.4, 6.3.3.5).

Таблиця 6.3.3.3 – Фактори загрози для компанії

| № | Фактор                    | Зміст загрози фактора                                                                                                                                                                    | Можлива реакція компанії                                                                                         |
|---|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Економічна нестабільність | Зниження покупчої спроможності, зменшення попиту на вироби                                                                                                                               | Диверсифікація продукції, адаптація цін, зменшення витрат                                                        |
| 2 | Зміни у законодавстві     | Зміни в правилах галузі, нові обмеження або податки                                                                                                                                      | Аналіз та впровадження нових стандартів, співпраця з правозахисними організаціями, лобіювання інтересів компанії |
| 3 | Війна в Україні           | Загроза початку війни вказує на можливість розгортання конфлікту між країнами чи регіонами, що може мати значний вплив на економічні умови, політичну стабільність та глобальний бізнес. | Диверсифікація ринків, гнучкість в постачанні, кризове планування                                                |

Фактори загроз для компанії включають економічну нестабільність, зміни у законодавстві та загрозу війни в Україні. Компанія може реагувати через диверсифікацію продукції, адаптацію цін та зменшення витрат при економічній нестабільності. Зміни у законодавстві вимагають аналізу та впровадження нових стандартів, співпраці з правозахисними організаціями та лобіювання інтересів.

Загроза війни в Україні вимагає диверсифікації ринків, гнучкості в постачанні та розробки кризових планів для зменшення негативного впливу. Ці стратегії спрямовані на забезпечення стійкості бізнесу в умовах ризику та невизначеності.

Таблиця 6.3.3.4 – Фактори можливостей

| № | Фактор                                    | Сутність можливості                                                                                      | Відповідна реакція компанії                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Міграція                                  | Міграція може відкривати нові ринки праці для компаній, надаючи доступ до робочої сили з різних регіонів | Компанія може адаптувати стратегії рекрутингу для залучення талановитих мігрантів, що може покращити робочу силу та інновації, компанія може розробити маркетингові стратегії для адаптації своїх товарів чи послуг до нових культур та смаків мігрантів. |
| 2 | Впровадження нових технологій             | Використання передових технологій для покращення виробництва чи послуг                                   | Інвестиції у дослідження та розробки, партнерства з технологічними компаніями                                                                                                                                                                             |
| 3 | Зміни в законодавстві на користь компанії | Нові закони чи регуляції, які полегшують умови бізнесу                                                   | Активне співпрацювання з лобістами та правозахисними організаціями, використання можливостей законодавчих ініціатив                                                                                                                                       |
| 4 | Розвиток нових продуктів чи послуг        | Випуск нових продуктів для влаштування попиту на ринку                                                   | Інвестиції у дослідження та розробки, проведення маркетингових досліджень, запуск нових ліній товарів чи послуг                                                                                                                                           |

Міграція може відкривати нові ринки праці, дозволяючи компанії залучати талановитих мігрантів; можлива реакція включає адаптацію стратегій рекрутингу та розробку маркетингових стратегій для нових культур. Впровадження нових технологій потребує інвестицій у дослідження та розробки, а також партнерства з технологічними компаніями[16]. Зміни в законодавстві можуть бути використані компанією через активне співпрацю з лобістами та правозахисними організаціями. Розвиток нових продуктів вимагає інвестицій у дослідження, маркетингові дослідження та запуск нових ліній товарів чи послуг.

Таблиця 6.3.3.5 – Аналіз конкурентної ситуації на ринку, розгляданий у розрізі різних рівнів або етапів.

| Характеристики конкурентного середовища      | У якому вигляді виявляється ця риса.                   | Вплив на функціонування підприємства (можливі заходи компанії для досягнення конкурентоспроможності)  |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Тип конкуренції<br>Монополія              | Одне підприємство контролює ринок, не має конкурентів. | Взаємодія з підприємством (дії, які може вжити компанія для підвищення своєї конкурентоспроможності). |
| 2. Рівень конкурентної боротьби<br>Локальний | Змагання обмежується конкретним регіоном чи місцем.    | Місцевий маркетинг та реклама, пристосування продукції до місцевих попитів.                           |

|                                                    |                                                                             |                                                                             |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 3. Галузева ознака<br>Міжгалузева                  | Конкуренція між підприємствами різних галузей.                              | Диверсифікація бізнесу, розширення на нові ринки та галузі.                 |
| 4. Конкуренція за видами товарів<br>Товарно-родова | Змагання за продуктами, що відповідають одній і тій же потребі.             | Диференціація продукції, розробка унікальних характеристик.                 |
| 5. Характер конкурентних переваг<br>Нецінова       | Змагання базується на якості, інноваціях та інших надбаннях, а не на цінах. | Інвестування у дослідження та розвиток, створення сильного бренду.          |
| 6. Інтенсивність конкуренції<br>Марочна            | Змагання, орієнтоване на позицію бренду.                                    | Вдосконалення маркетингових стратегій, створення унікального образу бренду. |

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку підкреслює необхідність оптимізації виробництва та інновацій для монополій, місцевого маркетингу та адаптації продукції до специфіки місцевого попиту для локальної конкуренції, диверсифікації бізнесу та розширення на нові ринки для міжгалузевої конкуренції, диференціації продукції та розробки унікальних характеристик для товарно-родової конкуренції, інвестицій у дослідження та розвиток та створення сильного бренду для конкуренції за неціновими перевагами, і вдосконалення маркетингових стратегій та створення унікального образу бренду для марочної конкуренції.

Вивчивши конкурентну ситуацію, можна здійснити більш глибокий аналіз умов конкуренції в даній галузі. (таблиця 6.3.3.6).

Таблиця 6.3.3.6 – Оцінка ситуації в сфері відповідно до М. Портера.

| Складові аналізу | Прямі конкуренти в галузі                                      | Можливі конкуренти                                                  | Постачальники                                                           | Клієнти                                                                                                        | Товари замітники                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                  | Всі компанії, які займаються виготовленням лінолеуму та реліну | Підприємства які запроваджують нові технології                      | Постачальники мають великий вплив на ринок та визначають умови роботи   | Клієнти мають значний вплив, але існують обмеження у впливі на ринок. Обмеження з боку правлінь та стандартів. | Плиткові покриття, ламінат, вінілові покриття                 |
| Висновки :       | Конкурентна боротьба висока, обмежені можливості входу         | Існують високі бар'єри для новачків, визначені складність і витрати | Постачальники визначають умови роботи, інтенсивність конкуренції висока | Клієнти мають значний вплив на ринок, але існують обмеження                                                    | Існують загрози від товарів заміників, які можуть конкурувати |

Висока конкуренція серед виробників лінолеуму, обмежені можливості для нових учасників. Постачальники мають великий вплив, але обмеженість впливу клієнтів через стандарти та правила. Загроза від товарів-замінників, таких як плиткові покриття та ламінат. Компаніям слід активно адаптувати стратегії для забезпечення стійкої конкурентоспроможності.

На підставі аналізу конкуренції, який був проведений і враховуючи характеристики проектної ідеї, споживчий попит на продукцію та фактори маркетингового середовища, складено перелік конкурентних факторів і їх обґрунтування, відповідно до методології, наведеної у таблиці 6.3.3.7.

Таблиця 6.3.3.7 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| № | Фактор конкуренції          | Обґрунтування                                                                                                                                                                               |
|---|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Якість матеріалів           | Якість лінолеуму безпосередньо впливає на тривалість його служби та зовнішній вигляд. Споживачі вибиратимуть продукт із високоякісними матеріалами для забезпечення довговічності покриття. |
| 2 | Дизайн                      | Різноманітність дизайнів і кольорів лінолеуму задовольняє різні естетичні вподобання споживачів, що робить цей фактор важливим для вибору конкретного постачальника.                        |
| 3 | Вартість продукту           | Цінова доступність лінолеуму привертає більше покупців, зокрема, при однаковій якості матеріалів. Економічний аспект важливий для багатьох клієнтів.                                        |
| 4 | Відгуки і рейтинги клієнтів | Позитивні відгуки і високий рейтинг вказують на задоволеність покупців і впливають на рішення інших споживачів.                                                                             |

Ці чотири фактори, узяті разом, не лише забезпечують конкурентоспроможність на ринку виготовлення лінолеуму, а й сприяють створенню стійкої та привабливої позиції компанії в очах споживачів.

Після визначення факторів конкурентоспроможності, ми проводимо аналіз позитивних та негативних аспектів вихідного проекту (див. таблицю 6.3.3.8).

Таблиця 6.3.3.8 – Аналіз переваг і недоліків

| № | Фактор конкуренції          | Бали<br>1- 20 | Рейтинг товарів- конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства) |    |    |   |    |    |    |
|---|-----------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------|----|----|---|----|----|----|
|   |                             |               | -3                                                                   | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1 | Відгуки і рейтинги клієнтів | 10            |                                                                      |    | *  |   | @  |    |    |
| 2 | Вартість продукту           | 5             |                                                                      | @  |    |   | *  |    |    |
| 3 | Дизайн                      | 10            |                                                                      |    | *  | @ |    |    |    |
| 4 | Якість матеріалів           | 8             | @                                                                    | *  |    |   |    |    |    |

\* - оцінка компанії Tarkett

@ - оцінка компанії Beauflor

Виходячи з порівняння нашої компанії з компаніями Tarkett та Beauflor можна зробити висновок, що наша компанія багато в чому не поступається існуючим аналогам, а й має переваги у якості матеріалів, вартості продукту.

Можливість впровадження проекту забезпечується проведенням аналізу, який виявляє потенційні загрози та можливості ринку, а також визначає сильні та слабкі сторони (таблиця 6.3.3.9).

Таблиця 6.3.3.9 – Визначення управлінської проблеми через аналіз SWOT

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сильні сторони:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Слабкі сторони:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- використання нового способу виготовлення лінолеуму та реліну, що приводить до покращеної якості продукції та інноваційних характеристик.</li> <li>- застосування нового методу виробництва, який дозволяє досягти високої якості лінолеуму та реліну, перевершуючи стандартні очікування споживачів</li> <li>- здатність легко створювати різноманітні дизайни та варіації продукції, надаючи більше можливостей для задоволення різних смаків споживачів</li> <li>- можливість надавати індивідуалізовані рішення для клієнтів, враховуючи їхні унікальні потреби та вимоги</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- потенційні труднощі або технічні проблеми, пов'язані із впровадженням нового методу виробництва, що може вплинути на стабільність виробництва та якість продукції</li> <li>- можливість зустрічі конкуренції з вже встановленими компаніями, які можуть мати великі ресурси та розвинену інфраструктуру</li> <li>- відсутність визнаності бренду, особливо на початковому етапі, може створити труднощі у привертанні уваги споживачів</li> </ul> |
| Можливості:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Загрози:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- можливість впровадження нового методу виробництва, що відкриває шлях для створення інноваційних та вдосконалених продуктів</li> <li>- здатність легко адаптувати виробництво для виробництва різноманітних продуктів та відповіді на змінні ринкові вимоги</li> <li>- здатність пристосовуватися до змін у вимогах ринку та швидко реагувати на тенденції споживання</li> </ul>                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- потенційні труднощі, пов'язані з впровадженням нового технологічного процесу, які можуть вплинути на стабільність виробництва та якість продукції</li> <li>- необхідність навчання та перекваліфікації персоналу для роботи за новим технологічним процесом, що може призвести до додаткових витрат на навчання</li> <li>- необхідність великих витрат на маркетинг та рекламу для введення нового продукту на ринок</li> </ul>                   |

Сильні сторони компанії включають використання нового методу виробництва для високої якості та інновацій, а також здатність пропонувати різноманітні дизайни та конкурентоспроможні ціни. Однак існують слабкі сторони, такі як труднощі при впровадженні нового технологічного процесу та конкуренція з вже визнаними компаніями[17]. Можливості включають можливість впровадження нових методів, адаптацію до ринкових змін, але існують загрози в труднощах впровадження технологічного процесу та великих витратах на маркетинг.

Оцінка альтернатив проводиться відносно термінів та ймовірності здобуття ресурсів (таблиця 6.3.3.10).

Таблиця 6.3.3.10 – Опції введення стартап-проекту на ринок.

| № | Альтернатива                                        | Шанс на здобуття ресурсів | Терміни реалізації |
|---|-----------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1 | Підписання стратегічних угод з ключовими партнерами | Високий                   | 6 місяців          |
| 2 | Вдосконалення технологічних процесів виробництва    | Високий                   | 12 місяців         |
| 3 | Розробка та запуск нового продукту на ринок         | Високий                   | 9 місяців          |

Підписання стратегічних угод з ключовими партнерами є перспективною опцією, оскільки високий шанс здобуття ресурсів та реалізація протягом 6 місяців можуть сприяти швидкому покращенню позицій на ринку. Вдосконалення технологічних процесів виробництва та розробка нового продукту також є значущими, проте часові рамки для їхньої реалізації триваліші (12 місяців та 9 місяців відповідно).

Оптимальною здається альтернатива підписання стратегічних угод з ключовими партнерами. Це дозволить швидко отримати необхідні ресурси та забезпечити стабільну позицію на ринку протягом короткого строку.

#### 6.3.4 Розробка ринкової стратегії для стартап-проекту

Як перший крок, розробка ринкової стратегії передбачає визначення стратегії просування на ринку (таблиця 6.3.4.1).

Таблиця 6.3.4.1 – Визначення цільових аудиторій потенційних клієнтів

| № | Характеристика цільової аудиторії потенційних клієнтів.                   | Готовність споживачів прийняти товар | Орієнтована потреба в цільових групах | Інтенсивна конкуренція в сегменті | Простота входу в сегмент |
|---|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1 | Бізнес-сектор, офіси, торгові площі, де необхідне велике покриття підлоги | Висока                               | Великий                               | Висока                            | Середня                  |
| 2 | Готелі та ресторани, які потребують стійкого покриття високого класу      | Висока                               | Великий                               | Висока                            | Висока                   |

З урахуванням цих факторів можна визначити, що обидва сегменти мають свої переваги та виклики. Вибір між ними буде залежати від стратегічних цілей компанії та її ресурсів.

Для діяльності в визначених сегментах ринку важливо розробити основну стратегію розвитку (таблиця 6.3.4.2).

Таблиця 6.3.4.2– Визначення основних стратегій розвитку

| № | Вибір альтернативних варіантів розвитку проекту | Стратегія завоювання ринку                         | Основні позиції конкурентоспроможності, відповідно до обраної альтернативи | Основна стратегія розвитку |
|---|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Наступник                                       | Концентрація на потребах одного цільового сегменту | Надання лінолеуму та реліну виготовленого новим способом                   | Стратегія диференціації    |

Вибрана опція розвитку проекту – впровадження нового способу виготовлення лінолеуму та реліну – визначає стратегію охоплення ринку, що полягає у фокусуванні на потребах конкретного цільового сегменту. Основні переваги включають унікальність продукту, отриманого новим технологічним методом, що може забезпечити значну перевагу в якості та інноваціях. Основною стратегією розвитку в даному випадку є стратегія диференціації, орієнтована на створення унікальної пропозиції для цільового сегменту.

Наступним важливим кроком є визначення стратегії конкурентної боротьби (таблиці 6.3.4.3, 6.3.4.4).

Таблиця 6.3.4.3 – Установлення основної стратегії поведінки на ринку

| № | Чи є проект новаторським у відношенні до ринку?                         | Чи спрямована компанія на привласнення нових споживачів, чи на переманювання існуючих у конкурентів? | Чи має компанія намір відтворити ключові особливості продукту конкурента, і які саме аспекти цього товару вона планує адаптувати чи взяти за основу? | Поведінкова стратегія в конкурентном у середовищі |
|---|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1 | На території України для малих і середніх підприємств немає нововведень | Компанія має намір здобувати нових клієнтів та розширювати свою сферу діяльності.                    | Копіювання характеристик включає:<br>- використання того ж матеріалу для виготовлення виробу                                                         | Реалізується через стратегію виклику лідера       |

Проект вже не є новаторським на ринку малих і середніх підприємств в Україні. Компанія має намір активно працювати над залученням нових споживачів та розширенням своєї діяльності. Стосовно конкурентної стратегії, компанія обирає

стратегію виклику лідера, адже вона планує копіювати основні характеристики конкурентів, зокрема матеріал, з якого виготовляється виріб. Такий підхід дозволяє компанії активно вступати в конкурентну боротьбу, використовуючи вже перевірені характеристики товарів конкурентів і сприяючи ефективному використанню ресурсів.

Таблиця 6.3.4.4 – Визначення стратегії створення позиції на ринку

| № | Вимоги, що пред'являються до товару цільовою аудиторією | Основна стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції у власному стартап-проекті | Визначення асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три основні)                |
|---|---------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Якість, ціна, дизайн                                    | Стратегія спеціалізація    | Стратегія виклику лідера                                       | Довговічність та надійність, інноваційність та технологічність, гнучкість в застосуванні та універсальність |

Вимоги цільової аудиторії до товару включають якість, ціну та дизайн. Стартап-проект обрав стратегію спеціалізації та стратегію виклику лідера. Ключові конкурентоспроможні позиції включають довговічність та надійність, інноваційність та технологічність, а також гнучкість в застосуванні та універсальність. Задані асоціації, спрямовані на формування комплексної позиції проекту, включають довготривалість та надійність продукції, передові технології та інноваційний підхід, а також гнучкість та універсальність в забезпеченні потреб різних сегментів аудиторії.

Початковим етапом є розробка маркетингової концепції продукту, призначеного для споживача. З метою досягнення цієї мети необхідно зведені дані з аналізу конкурентних можливостей товарів у таблиці 6.3.4.5.

Таблиця 6.3.4.5 – Визначення основних переваг потенційного товару

| № | Потреба                           | Перевага, яку надає товар                                                     | Переваги, які виділяються в порівнянні з конкурентами |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1 | Потреба в покритті високої якості | Покриття яке має більшу якість та можливість створення нових шаблонів дизайну | Нова технологія, яка покращує якість товару           |

Основною конкурентною перевагою є впровадження нової технології, що суттєво підвищує якість продукту, відмінну від існуючих рішень на ринку. Такий підхід дозволяє відзначитися серед конкурентів і забезпечити споживачам унікальний

продукт високої якості та індивідуальний дизайн.

Було створено трирівневу маркетингову модель товару, де описано ідею продукту, його складові (див. таблицю 6.3.4.6).

Таблиця 6.3.4.6 – Аналіз трьох аспектів моделі товару

| Рівні товару                                                                                             | Основна ідея та компоненти                                                                          |      |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------|
| 1. Товар за задумом                                                                                      | Споживачі мають базову потребу у високоякісних та довговічних покриттях підлоги для своїх приміщень |      |                |
| 2. Товар у реальному виконанні                                                                           | Властивості/характеристики                                                                          | М/Нм | Вр/Тх /Тл/Е/Ор |
|                                                                                                          | 1. Міцність                                                                                         | М    | Вр/Тх/Тл/Е     |
|                                                                                                          | 2. Широкий вибір дизайн                                                                             | Нм   | Вр/Тл          |
|                                                                                                          | 3. Еластичність                                                                                     | М    | Вр/Тх/Тл       |
|                                                                                                          | 4. Водостійкість                                                                                    | М    | Вр/Тх/Тл       |
|                                                                                                          | Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ.                                                     |      |                |
|                                                                                                          | Міцна плівка, додаткові захисні шари                                                                |      |                |
|                                                                                                          | ТехноЛіноDesign                                                                                     |      |                |
| 3. Товар із підкріпленням                                                                                | Вибір продукції                                                                                     |      |                |
|                                                                                                          | Доставка                                                                                            |      |                |
| Завдяки патентуванню технології, потенційний товар буде забезпечений захистом від можливого копіювання.. |                                                                                                     |      |                |

М/Нм – монотонні/немонотонні; Вр/Тх/Тл/Е/Ор – вартісні/ технічні/ технологічні/ ергономічні/ органолептичні.

Продукт виступає як відповідь на базову потребу споживачів у високоякісних та довговічних покриттях підлоги для своїх приміщень. В реальному виконанні товар вирізняється міцністю, широким вибором дизайну, еластичністю та водостійкістю, що відповідає Європейським нормам та ДСТУ. Технічні характеристики включають міцну плівку, додаткові захисні шари та відповідність стандартам.

Далі створено маркетингову модель товару на трьох рівнях (див. таблицю 6.3.4.7).

Таблиця 6.3.4.7 – Визначення границь встановлення ціни

| № | Ціновий рівень аналогічних товарів | Ціновий рівень схожих товарів | Рівень доходів цільової аудиторії        | Цільові ціни та мінімальні цінові визначники для товару/послуги. |
|---|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 | 7000 грн за 10 м <sup>2</sup>      | 2500 грн за 10м <sup>2</sup>  | Підприємства мають значно більші бюджети | 20000 – 50000 грн                                                |

На фоні високих цін на товари-аналоги та товари-замінники, запропонована продукція утримується вище за ринковий стандарт. Високий рівень цін на замінники (70 00 грн за 10 м<sup>2</sup>) або аналоги (25 00 грн за 10 м<sup>2</sup>) свідчить про можливість збереження високих цін на власний товар[18]. Орієнтація на підприємства, які мають

значно більші бюджети, вказує на спрямованість продукції в елітний сегмент ринку.

Далі важливо визначити оптимальну систему розподілу, в рамках якої приймаються стратегічні рішення (таблиця 6.3.4.8).

Таблиця 6.3.4.8 – Створення механізму збуту.

| № | Особливості покупницької активності цільової аудиторії                                                                                              | Завдання збуту, які повинен виконувати постачальник товарів               | Розгалуженість каналу збуту | Найбільш ефективна структура системи збуту |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | Клієнти, можливо, вкладатимуть більше уваги у технічні характеристики та якість лінолеуму, такі як міцність, еластичність, стійкість до зношування. | Забезпечення постачання продукції, якості, ланцюг постачання та логістика | Двоступінчатий канал        | Співпраця з дистриб'юторами (B2B)          |

Визначивши оптимальний метод продажів, ми прийняли рішення використовувати дистриб'ютора для здійснення продажів. Останнім компонентом маркетингової стратегії є розробка маркетингових комунікацій, яка виходить з попередньо визначеної основи для позиціонування та конкретного споживчого поведінку, як вказано в таблиці 6.3.4.9.

Таблиця 6.3.4.9– Стратегія маркетингового взаємодії

| № | Особливості активностей цільових споживачів                                                                                                                                                  | Комунікаційні канали, які використовують цільові клієнти        | Ключові точки позиціонування, обрані для визначення позиції                                                                                                                 | Мета рекламного повідомлення                                                                                             | Суть концепції рекламного впливу                                                                  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Цільова аудиторія стартапу по виготовленню лінолеуму новою технологією виявляє підвищений інтерес до якісних та екологічно чистих матеріалів, має пристрасть до стильних та сучасних рішень, | Партнерські програми, прямий маркетинг, відгуки і рекомендації. | Технологічна інновація: Підкреслення використання передової технології виробництва, що поліпшує якість та характеристики продукції.<br><br>Дизайн та естетика: Виготовлення | Ефективне представлення переваг продукції, спрямоване на конкретний напрямок, привертає увагу клієнта відповідно до його | Формальний стиль. Візуальне представлення інформації (розрахунки, графіки, діаграми). Організація |

|  |                                                 |  |                                                                                      |                           |              |
|--|-------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|
|  | позитивно ставиться до новаторських технологій. |  | продуктів зі стильним та сучасним дизайном, що відповідає смакам молодшої аудиторії. | індивідуальних інтересів. | я зустрічей. |
|--|-------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|

Ми розробили маркетингову програму, що охоплює концепції продукту, стратегії продажів, акцій та попередній аналіз цін, враховуючи цінності та потреби клієнтів. Також враховано конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде реалізований проект.

Висновки: Ринкова комерціалізація проекту включає докладний аналіз попиту на ринку лінолеуму та реліну, ідентифікацію ринкових сегментів та їхніх потреб. Оцінено поточну динаміку ринку і здійснено прогноз можливих змін у споживчому попиті. Фінансовий аналіз визначив потенційну рентабельність роботи на ринку. Щодо перспектив впровадження, визначено потенційні групи клієнтів, вивчено бар'єри входження, такі як конкуренція та технічні аспекти виробництва[19]. Проведено аналіз конкурентів для визначення конкурентних переваг нового підходу та методів виробництва. Розглянуто різні стратегії виходу на ринок, такі як етапне впровадження в різні сегменти або акцент на великих клієнтах. Визначено ефективні маркетингові підходи для залучення уваги різних груп клієнтів та розроблено детальну стратегію впровадження, враховуючи аспекти ринкового середовища та конкуренції. Визначено ключові ризики та можливості, та розроблено план їх управління[20]. Загальний висновок полягає в тому, що проект має перспективи для ринкової комерціалізації, проте успіх залежить від правильного вибору стратегій виходу на ринок, ефективного маркетингу та управління ризиками, тому доцільно розглядати впровадження проекту в етапах та ретельно взважувати всі альтернативи.

## **6.4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **6.4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, заходи щодо захисту від них**

Виходячи із законодавства України про охорону праці, обслуговуючий персонал має забезпечити створення безпечних та нешкідливих умов для експлуатації нових машин, механізмів та устаткування та виписати посвідчення на безпечну експлуатацію відповідно до встановлених стандартів [22,23].

Технічне завдання на дипломне проектування передбачає обов'язковий розрахунок та проектування каландрів для переробки пластмас на хімічних підприємствах. Забезпечення здорового та безпечного робочого середовища на підприємстві вимагає негайного виявлення ризиків та небезпек на етапі проектування, щоб заходи з безпеки обслуговуючого персоналу були чітко визначені.

Каландри для обробки пластмас застосовуються у виробництві лінолеуму з різних полімерних матеріалів, де склад та рівномірний розподіл їх у масі забезпечуються без порушення технічно встановлених пропорцій. Установку параметрів технологічного процесу та контроль виконують два оператори, керуючись пультами, що розташовані у виробничому приміщенні.

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори при роботі та обслуговуванні машин включають:

- ураження електричним струмом;
- небезпеку рухливих деталей, механізмів та матеріалів;
- виробничий шум і вібрації;
- стан повітря в робочій зоні;
- пожежну небезпеку.

### 6.4.2. Електронебезпека

Усушена кімната з нормальною температурою та вологістю буде місцем функціонування розроблюваного каландра. Залізобетонне покриття використовується для покриття цього приміщення. Відповідно до ПУЕ, це приміщення відноситься до категорії приміщень з підвищеним рівнем безпеки.

Операторський пульт працює при напрузі  $U = 220$  В та частоті  $f = 50$  Гц, тоді як при використанні специфічних для двигуна напруг  $U = 380$  В та частота  $f = 50$  Гц.

Для уникнення травм застосовуються наступні заходи безпеки:

- поруч із заземлювальним затискачем нанесено символ "земля", що відповідає ГОСТ 21.1.030-75.
- на випадок ураження електричним струмом на електродвигуні встановлений спеціальний захисний вимикач..
- компоненти установки, які можуть опинитися під напругою в аварійній ситуації, оснащені затискачами для підключення до заземлення.
- на панелі керування з'являється попереджувальна лампочка, яка вказує на те, що електрообладнання увімкнено.
- кабелі проводяться в захисній пластиковій оболонці.

При використанні переносного електрообладнання використовується напруга 42 В, яка подається від окремого трансформатора. Кабель живлення обладнання оснащений захисним термовимикачем.

Інструмент має неструмопровідний корпус та ізольовану ручку. Поруч із захисним кожухом рекомендується користуватися гумовими рукавичками, калошами та індикатором напруги.

### 6.4.3. Небезпека від рухомих або обертових частин

В машинах для здійснення обертання використовуються різноманітні механізми, такі як шестерні, зчеплення та вали. Ці механізми становлять потенційну небезпеку, оскільки можуть призвести до механічних травм для людини. З метою

запобігання таким травмам застосовують кожухи, які закривають вали та шестерні. Агрегат оснащений кнопкою аварійної зупинки та вимикачем аварійної зупинки двигуна.

#### **6.4.4 Промислове освітлення**

Каландр розташований у закритому приміщенні общою площею не менше 200 квадратних метрів та об'ємом 800 кубічних метрів. Два оператора служби позмінно обслуговують каландр. У приміщеннях без вікон під час роботи використовуйте штучне освітлення.

Було встановлено люмінесцентні лампи ЛД-80-4 та 64 лампи ЛОУ.  $E_f > E_n = 150$  лк, отже приміщення має освітленість яка відповідає нормам, встановленими ДБН В 2.5-28-2006.

#### **6.4.5 Вібрація і шум**

Джерелами звукового тиску під час роботи каландра є:

- вентилятори та система охолодження,
- валки,
- редуктор,
- електродвигун.

Під час експлуатації обладнання виміряні значення рівня шуму становлять 95-97 децибелів (дБА).

Для запобігання промислового шуму було вжито таких заходів:

- змащення всіх тертями поверхонь та використання матеріалу накладки;
- використання захисної оболонки.

Джерелами вібрації є двигуни та обертові частини машин. Вібраційні сили виникають через неправильне складання обертових частин або нещільне з'єднання між корпусом і основою обертових частин, що спричиняє технічні вібрації, які передаються оператору через опорні поверхні.

Оператор знаходиться далеко від основи машини і близько до панелі управління

і тому менш чутливий до вібрації. Зменшення вібрацій досягається наступними заходами:

- установка машини на фундамент;
- використання амортизаторів;
- застосування додаткового армування;
- закриття корпусу редуктора металевою, жорсткою або алюмінієвою конструкцією для гасіння низькочастотних вібрацій.

#### **6.4.6 Вентиляція та повітря робочої зони**

Ефективність систем кондиціонування і вентиляції залежить не тільки від необхідної кратності повітрообміну, але і від вибору способу повітрообміну, зокрема визначення зон, куди забирається і подається правильна кількість повітря.

Вибір схем вентиляції залежить від:

- специфіки виробничого приміщення;
- характеру викидів;
- місця їх виділення;
- частоти повітрообміну.

Під час процесу проектування загальнообмінної вентиляції виробничих приміщень можливе використання різних схем, таких як знизу вгору, знизу вниз, зверху вниз, зверху вгору, а також за змішаними схемами.

Схеми зверху вгору та зверху вниз варто застосовувати, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу від температури приміщення. Перед тим як досягти робочої зони, припливне повітря підігрівається за рахунок повітря приміщення. Ці методи також використовуються, коли в приміщенні немає токсичних викидів і кратність повітрообміну не перевищує 5.

Робота операторів з обслуговування календарів класифікується як легка робота згідно з ГОСТ 12.1005-88. Енерговитрати оператора зазвичай становлять 150 ккал/год (172 Дж/год). Під час роботи машина інтенсивно охолоджується водою, щоб робоча поверхня ніколи не нагрівалася вище 45 °C (45 °F). Фактичні параметри температури, швидкості вітру та відносної вологості в робочій зоні наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4- Фактичні параметри факторів виробництва

| Період року             | Категорія роботи - легка |                    |                        |
|-------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
|                         | Фактична температура     | Відносна вологість | Швидкість руху повітря |
|                         | °C                       | %                  | м/с                    |
| Холодний або перехідний | 20 ч 23                  | 60 - 40            | 0,2                    |
| Теплий                  | 22 ч 25                  | 60 - 40            | 0,2                    |

Параметри стану забезпечуються наступними заходами:

- в холодний період року приміщення підігрівається за допомогою батарей, які мають систему теплоносія з води, нагрітої до температури 50-60°C.
- в теплий період року здійснюється вентиляція через верхні пройоми.

Ці параметри відповідають вимогам нормативам ДСН 3.3.6.042-99.

Під час експлуатації машини відбувається виділення токсичних речовин, таких як газу та пил, що виходять із відкритих ємностей через випаровування рідини або викид газу через нещільність технологічного обладнання, наприклад, відкриті двері загрузочного бункеру. Для видалення цих шкідливих компонентів зазвичай встановлюється система місцевої витяжної вентиляції.

#### 6.4.7. Пожежна безпека

У виробничих цехах, де працюють машини, існує потенційна пожежна небезпека через різні фактори, включаючи електричні кабелі, промаслене ганчір'я, електрообладнання, машинне масло і матеріали, що подаються в змішувач. Відповідно до ОНТП 24-86, приміщення цієї лінії відносяться до категорії В - пожежонебезпечні, клас зони П-ІІа. ОНТП 24-86.

Можливі причини пожежі:

- куріння в невстановлених місцях.
- порушення технологічного режиму.
- розряди статичної електрики.
- несправність електрообладнання і електропроводки.

Для забезпечення пожежної безпеки евакуація людей здійснюється через неорганізовані виходи з цеху. Двері мають ширину 1,6 м, а евакуаційний вихід - 3,5 м, що відповідає вимогам СНиП 2.09.02.85.

Газ і дим з камери згоряння видаляються через димові двері та віконні прорізи. Для гасіння пожеж у будівлях цехів встановлені пожежні гідранти та вогнегасники ОП-9 (2 шт.), а також стенди із засобами індивідуального пожежогасіння, такими як гаки, лопати, ломы і пісок. Застосовується прямий телефонний зв'язок для оповіщення пожежної команди.

#### **6.4.8. Висновки**

Адекватне впровадження зазначених засобів та заходів для ліквідації потенційно небезпечних факторів на робочому місці є необхідною складовою системи охорони праці. Таким чином, реалізація цих ініціатив та відповідальне ставлення з боку операторів та управління сприяє зменшенню ризику травм та загроз на виробництві.

## 7.1 СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОСНОВНОЇ ТА ВДОСКОНАЛЕНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

Для розробки тривимірної основної та модернізованої моделі було вирішено використати програмне забезпечення AutoCAD.

### 7.1.1 Створення базової частини вузла

Для того, щоб створити деталь в програмному забезпеченні AutoCAD обираємо розділ "Рисовання та анотація". На площині XY використовуємо ескіз із зображенням профілю конструкції з необхідними розмірами на кресленні.



Рис. 7.1 – ескіз основного контуру

Вибираємо "3D моделювання" та, скориставшись командою "Обертати", вводимо значення обертання 180 градусів у діалоговому вікні, щоб отримати необхідну деталь.

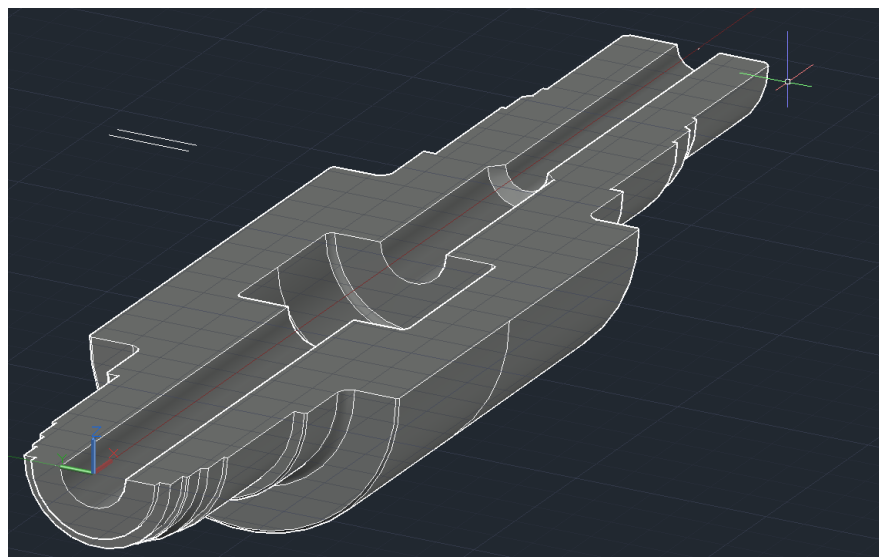


Рис. 7.2 –тіло обертання

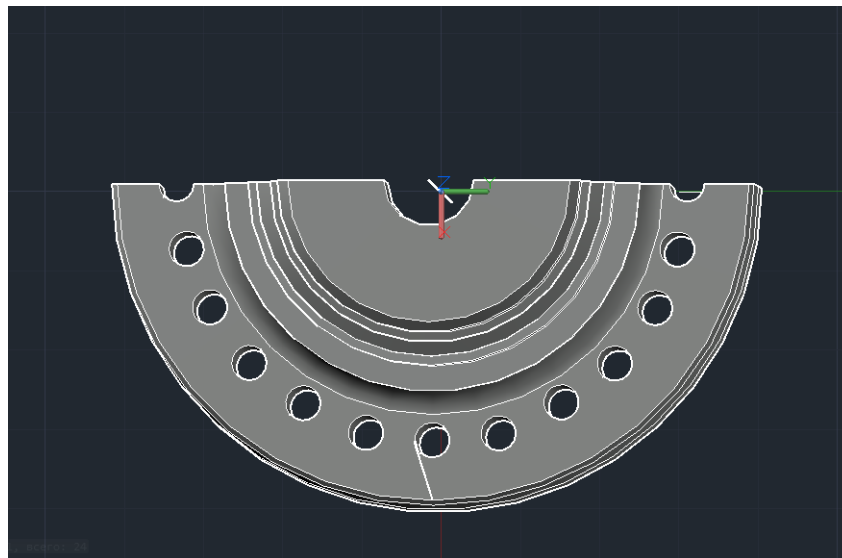


Рис. 7.3 – ескіз отворів

Для створення периферійних каналів необхідно виконати кілька кроків. Спочатку перемістіть площину на бічні поверхні заготовки так, щоб площина XY була під кутом 90 градусів до нас. Потім створіть ескіз отворів для каналів на цій площині. Використовуючи команду "Видавити" зазначте параметри та отримайте периферійний отвір.

Після цього, розмістіть отвір на бічній поверхні, використовуючи команду "Круговий масив" з кількістю 24 елементи. Після створення масиву розірвіть його та видаліть непотрібні елементи, залишивши лише 13 штук.

### 7.1.2 Створення модернізованої частини вузла

Для детального прорахунку модернізованого вузла була також створена деталь в системі SolidWorks. Спочатку було створено детальну копію моделі для подальшої модернізації.

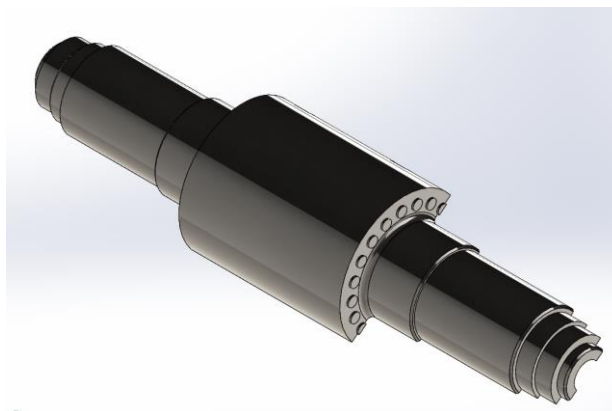


Рис. 7.4 –Копія базової моделі в системі SolidWorks

Завдання по зміні 3д моделі полягають у додаванні поздовжніх ребер, які

розташовані під кутом та допрацювання периферійних каналів. Для модернізованого вузла в системі SolidWorks для створення деталі обираємо нашу базову деталь.

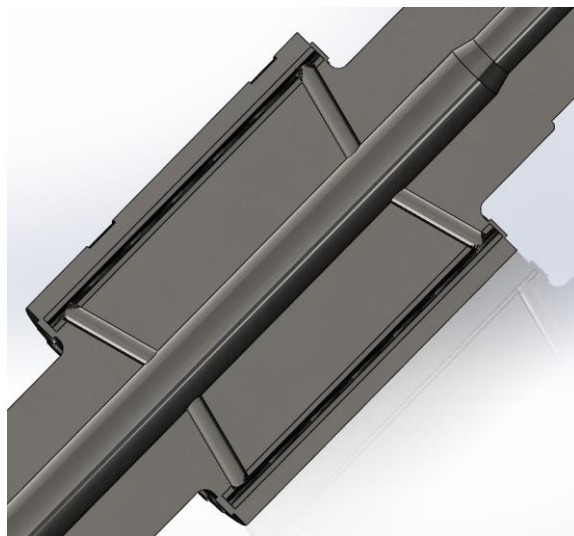


Рис. 7.5 –Базова модель з доданою модернізацією

Генеруємо новий ескіз на площині, орієнтованій під кутом  $\beta$ , на якому визначаємо нові ребра для периферійних каналів. З використанням команди "бобишка" та витягнутого вирізу формуємо конструкцію.

## 7.2 Обчислення для основної конфігурації модернізованого вузла

Для проведення розрахунків вузла використовуємо програмне забезпечення SolidWorks, спеціально призначене для таких завдань. Модуль програмного забезпечення, який я використав, це Simulation. Додавши новий модуль, я перейшов до етапу розрахунків.

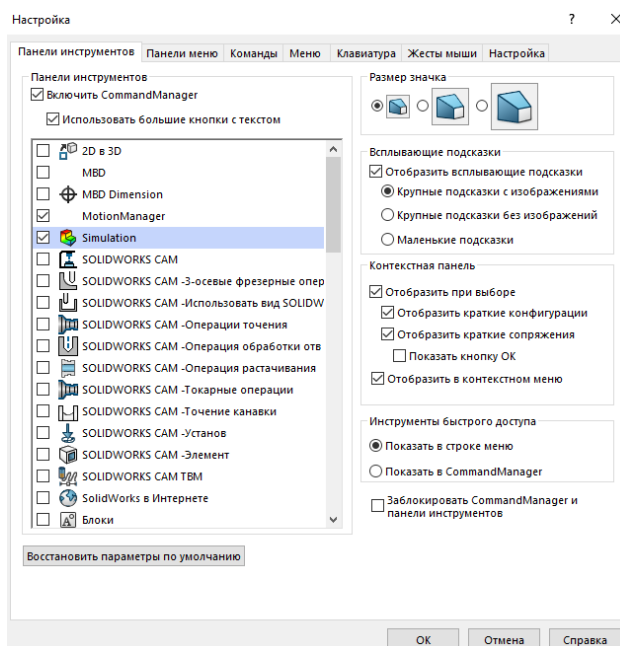


Рис. 7.6 – Додавання розділу Simulation

Для початку розрахунків потрібно відкрити новий дослід, вибираємо пункт new research (рис. 7.6.)

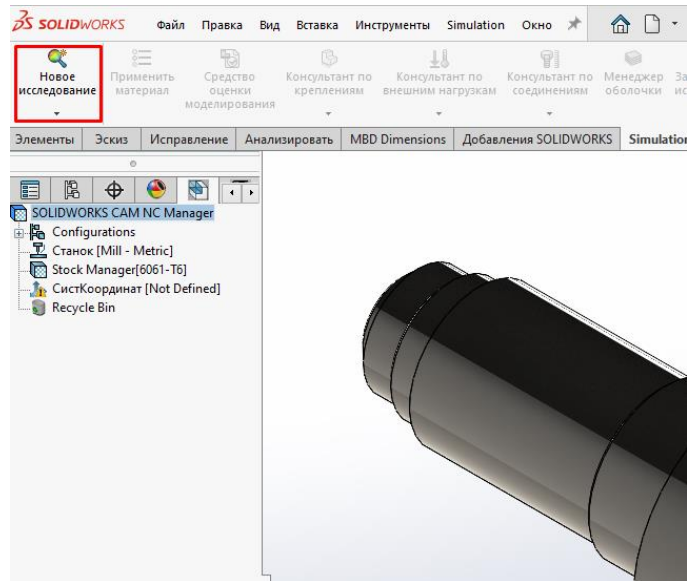


Рис. 7.7 – Початок нового розрахунку

Обираємо матеріал в розділі "Materials", а у "Simulation" створюємо новий "Static Study". Задаємо умови обмежень, "Fixed Geometry" для фіксації кінця вала. Додаємо навантаження, "Force". Розбиваємо модель на елементи за допомогою "Meshing". Після завершення усіх налаштувань, запускаємо аналіз, використовуючи "Run Simulation".

Змінюючи види навантаження проводимо аналогічні розрахунки для "Factor of Safety", "Stress vonmises", "Thermal Study"(рис. 7.8.).

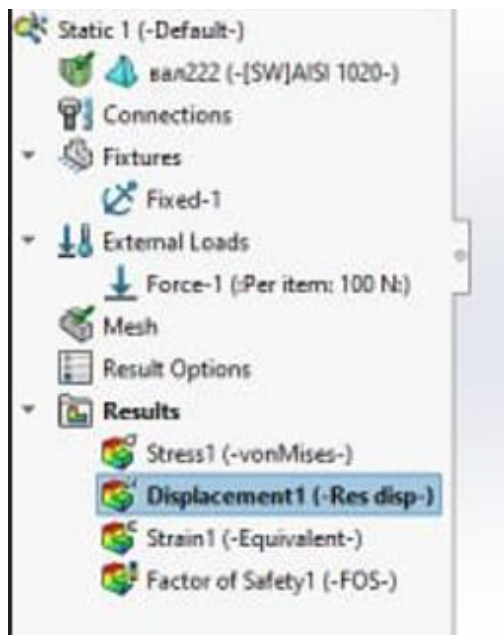


Рис. 7.8 – Задання даних для розрахунків

### 7.3. Розрахунки для модернізованої моделі

Для модернізованої моделі слід виконати аналогічні кроки, які були описані в розділі 7.2. Тому представлено лише модернізовану модель з результатом (рисунок 7.9 – 7.12). Головним є отримання результатів та їх порівняння з показниками базової конструкції.

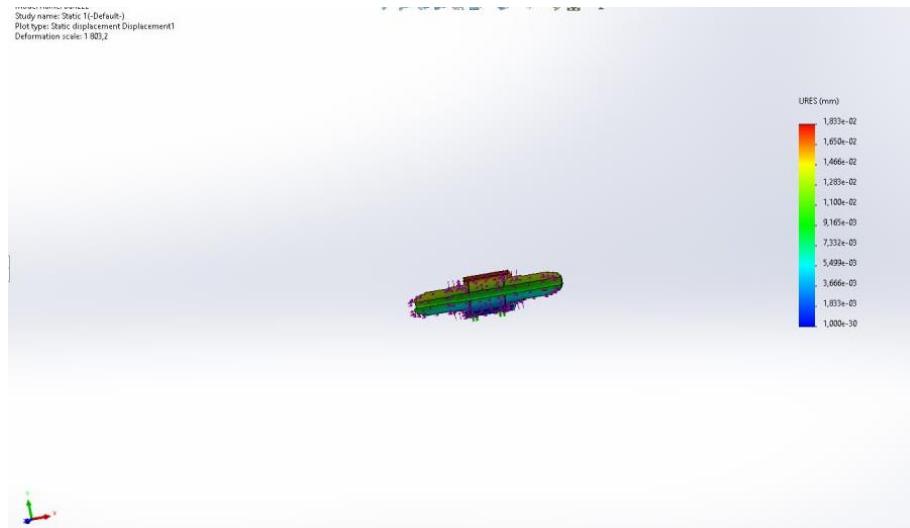


Рис. 7.9 – Розрахована модернізована модель на деформацію(displacement)

В результаті розрахунку відсунення ("displacement") в SolidWorks для вала можна зробити висновок, що деформації структури є не значними. Значення відсунення вказують на те, що кожна точка вала зміщується на невелику відстань від свого початкового положення під впливом прикладених навантажень. За отриманими результатами можна стверджувати, що конструкція вала залишається в межах допустимих деформацій, що є важливим фактором для забезпечення працездатності та безпеки.

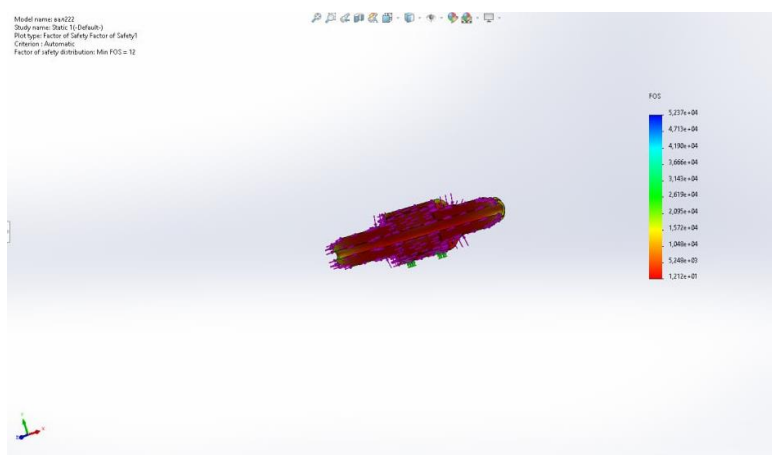


Рис. 7.10 – Розрахована модернізована модель на запас міцності(Factor of Safety)

На підставі результатів розрахунку фактора безпеки ("Factor of Safety") в SolidWorks для вала можна зробити висновок, що деталь успішно пройшла випробування та відповідає встановленим стандартам безпеки. Отримане значення фактора безпеки вказує на те, що міцність вала значно перевищує зовнішні навантаження, якими він піддавався.

Цей результат підтверджує, що обрана конструкція вала відповідає вимогам щодо стійкості та безпеки. Високий фактор безпеки свідчить про те, що деталь розрахована на велику резервну міцність, що важливо для запобігання можливим зламам чи деформаціям при різних умовах експлуатації.

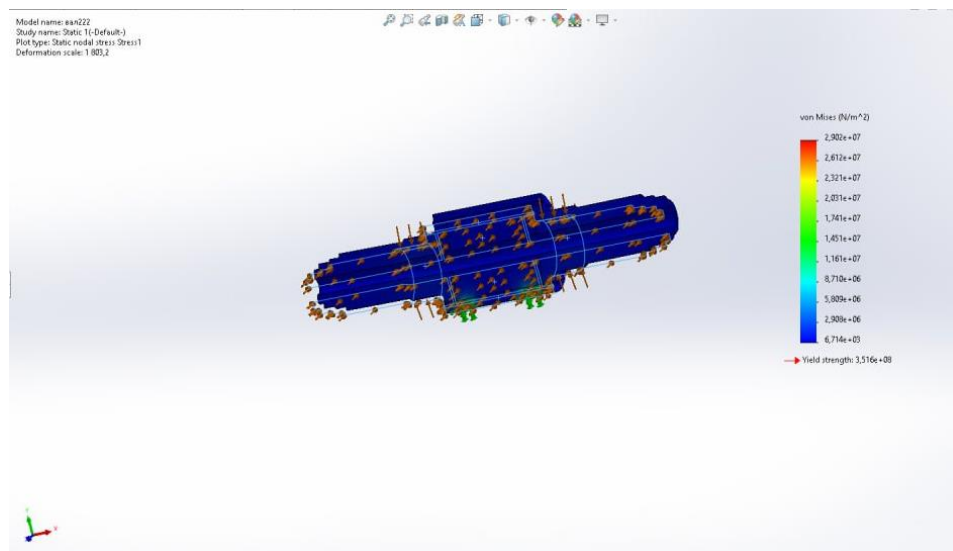


Рис. 7.11 – Розрахунок модернізованої моделі по мізесу (Stres vonmises)

Високий фактор безпеки за критерієм напружень von Mises свідчить про те, що деталь розрахована на значну резервну міцність, що є важливим аспектом для запобігання можливим зламам чи деформаціям в умовах реальної експлуатації. Це також вказує на те, що конструкція вала є не тільки надійною, але і відповідає стандартам безпеки та вимогам до міцності.

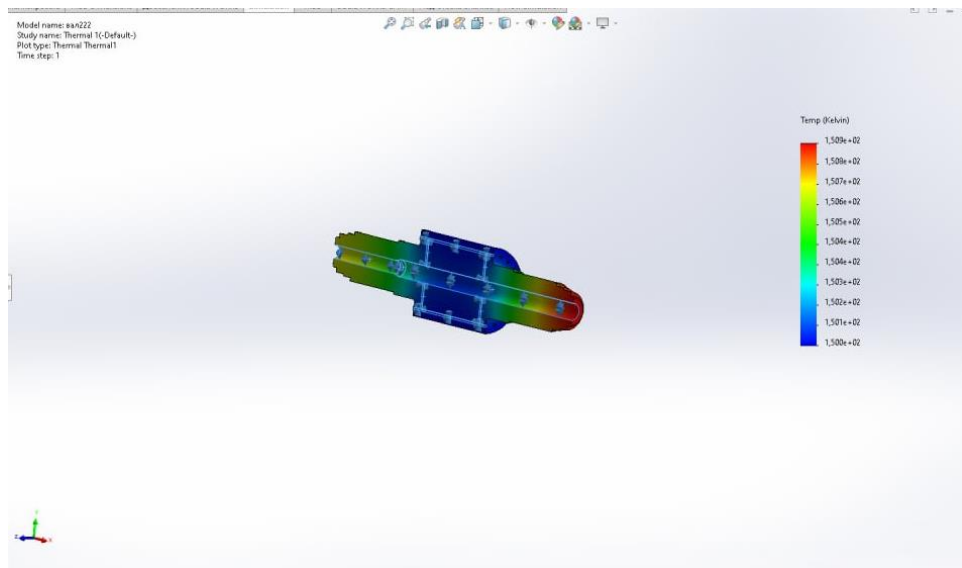


Рис. 7.12 – Розрахунок теплового потоку модернізованої моделі

Отримані дані теплового аналізу дозволяють визначити розподіл температур в конструкції вала під впливом зовнішніх теплових впливів. Цей аналіз важливий для забезпечення оптимального режиму тепловіддачі та визначення термічної стійкості деталі. Результати свідчать, що тепловий режим у межах допустимих значень, і вала може ефективно функціонувати в умовах високих температур.

Результати вказують на те, що механічні властивості модернізованого вузла відрізняються від характеристик базового вузла та мають вищу витривалість, спроможний витримувати більше навантажень. Це свідчить про здатність модернізованого вузла опікати навантаження, які будуть на нього здійснюватися.

## 8. ВИСНОВКИ

Для підготовки магістерської роботи були розглянуті можливості розвитку в Україні, зосереджуючись на сфері машинобудування, а саме хімічному машинобудуванні. Основною продукцією у цьому секторі є синтетичні матеріали, полімери, гума та інші подібні матеріали, призначені переважно для виробництва якісної та надійної промислової продукції.

Для забезпечення якісного виробництва на заводі використовуються виробничі лінії та верстати різного призначення. Технологічні схеми, а також каландрові лінії, що використовуються для виробництва лінолеуму, гумових листів та інших рулонних матеріалів, мають велике значення.

У виробництві рулонних матеріалів основним пристроєм є каландр, який використовується для пластифікації, подрібнення матеріалів, виробництва стрічок, змішування, а також для створення пластикових та гумових плівок. Каландрові агрегати, які часто потребують модернізації або заміни через зношення, особливо стосовно їхніх валків (основного робочого механізму), відіграють ключову роль у підвищенні якості готової продукції та зниженні енерговитрат.

Було обрано 2 модернізації:

1) Перша модернізація передбачає виправлення недоліків існуючого валка, зокрема, вирішення проблеми значного термічного опору та великих тепловтрат з торців валка. Це перешкоджає рівномірному розподілу температурного поля по робочій поверхні валка та, відповідно, до покращення якості отримуваної продукції.

Задача була вирішена введенням центрального каналу в валок валкових машин, який включає бочку та цапфи. Цей канал прокладено вздовж їхньої осі, і вздовж поверхні бочки розташовані периферійні канали з нарізними заглушками на кінцях. Периферійні канали з'єднані з центральним каналом за допомогою нахилених каналів, як описано в корисній моделі.

У найбільш прийнятних варіантах виконання валка, поздовжні ребра розміщуються під гострим кутом до осі втулки. При цьому, внутрішня поверхня втулки, обладнана теплоізоляційним покриттям, а поздовжні ребра протилежні цим втулкам виконані з боку робочої поверхні бочки.

Наявність поздовжніх ребер, розташованих виразніше в порівнянні з робочою поверхнею бочки валка, сприяє збільшенню частки теплового потоку, що направлено саме в області циліндричних втулок. В цих місцях спостерігаються підвищені теплові втрати через торцеві поверхні бочки. Цей підхід сприяє тому, що температурне поле вздовж робочої поверхні бочки стає більш рівномірним та, відповідно, підвищує якість виготовленої продукції.

Розташування поздовжніх ребер під гострим кутом до осі відповідної втулки сприяє турбулізації потоку теплоносія, збільшуючи інтенсивність теплового потоку. Наявність теплоізоляційного покриття великою мірою сприяє збільшенню частки теплового потоку, який направлений в напрямку робочої поверхні бочки. Це водночас зменшує частку теплового потоку, що направлена в напрямку центрального каналу валка. Такий підхід сприяє зменшенню загальних витрат теплоносія.

2) Друга модернізація спрямована на підвищення якості продукції шляхом збільшення часу контакту паперового полотна з валами та зменшення його місцевого деформування.

У каландрі, що складається з вертикально розташованих металевих валів, які утворюють батарею, взаємодіючи між собою; станин, де розміщені корпуси підшипників та важелі валів; системи приводу для обертання нижнього або другого вала знизу; підйомно-притискного пристрою, згідно з новою корисною моделлю, валі, крім верхнього, оббиваються поліуретаном через один.

Була створена схема технологічного процесу виготовлення лінолеуму [ЛП-21мп.307255.000-70], машини, що підлягає модернізації [ЛП-21мп.307253.001-70В3], та вид на цю машину з іншого боку [ЛП-21мп.307253.002-70В3], а також модернізований валок [ЛП-21мп.307251.003-70В3] та [ЛП-21мп.307251.004-70В3] також було побудоване креслення механізм перекосу [ЛП-21мп.307252.006-70В3] та розроблено технологічну схему змішувача СМ-400 [ЛП-21мп.307252.005-70В3]

З використанням 3D-моделювання були створені модель вузла, яка була піддана розрахункам за допомогою програмного забезпечення. Результати показали, що впроваджені модернізації впливають на якість продукції, енергоефективність і тривалість роботи модернізованого каландра. Усі отримані дані та результати внесені до запису, включаючи креслення, плакати і розрахунки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Производство линолеума промазным способом [Електронний ресурс] // Xreferat. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <https://xreferat.com/76/1006-1-proizvodstvo-linoleuma-promaznym-sposobom.html>.
2. Пат. України № 104323 U, МПК В29С 43/46, заявл. 07.07.2015, опубл. 25.01.2016, Бюл.№ 2
3. Пат. України № 120214 U, МПК В29В 7/62, заявл. 27.04.2017, 25.10.2017, Бюл.№ 20
4. Пат. України № 116061 , МПК5 В29В 7/62, заявл. 24.10.2016, опубл. 10.05.2017, бюл. № 9.
5. Патент 87093 Україна, МПК (2013.01) В31F 1/00. Каландр машинний [Текст] / Семінський О.О., Мигаль О.В. (UA) – № u201307949; заявл. 25.06.2013; опубл. – 27.01.2014, Бюл. № 2 – 4 с. : ил.
6. Машинний каландр: патент UA № 116111.: МПК В29С 43/24 /Гурін Д.В., Гробовенко Я.В., - (UA) 10.05.2017.
7. Пат. України № 94037 , МПК В29С 43/24, заявл. 16.05.2014, опубл. 27.10.2014, бюл. № 20.
8. Пат. України № 104486 U, МПК (2006) В29С 43/24 (2006/01), заявл. 12.05.2012, опубл. 10.02.2016.
9. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics / Strength of composite materials/ G. P. Cherepanov / 2005 year, pp. 124-129
10. Бекин Ю. Е. Расчет технологических параметров и оборудование для переработки резиновых смесей в изделия. – Л.: Химия, 1987. – 272 с.
11. Переработка пластмасс: Справ. пособие / Под ред. В. А. Брагинского. – Л.: Химия, 1985. – 256 с.
12. Биргер И.А., Шорр Б.О., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин.– М.: Машиностроение, 1979.
13. Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Гондляр О.В. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Лінії для виготовлення листових і профільних полімерних

- виробів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 113 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732>
14. Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гондляр О.В. Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 131с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45734>
15. Сокольський О.Л., Сімончук Є.П. "Моделювання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та *ресурсозбереження*. 2019. N 1. С. 119-126. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171203.
16. Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266
17. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
18. Yudina Nataliya. Business Forecasting of Marketing Activity Riskiness of Companies in Markets. Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". №17(2020). P. 372-383. URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/216380/>
19. Nataliya Yudina Future Study Implementation Into Marketing Activity Of Companies. Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2021. №18 (2021). PP. 1-9 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/240315>
20. Tarkett [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.tarkett.ua/uk\\_UA/](https://www.tarkett.ua/uk_UA/).
21. Мухін Д. О. Продаж будматеріала [Електронний ресурс] / Дмитро Олексійович Мухін // thepage. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://thepage.ua/ua/news/epicentru-20-rokiv-plosha-magaziniv-22-mln-kv-m>.

21. Практикум із охорони праці: Навч. посіб. / В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, В. М. Сторожук та ін. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
22. Ткачук К. Н. Справочник по охране труда на промышленном предприятии. – К.: Техника, 1991 – 285 с.

# ДОДАТОК

[illegible]

| Формат | Зона | Поз. | Позначення              | Найменування                          | Кількість | Примітка |
|--------|------|------|-------------------------|---------------------------------------|-----------|----------|
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         | <u>Документація</u>                   |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
| A1     |      |      | ЛП-21мп.307253.001-70B3 | Загальний вигляд                      |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         | <u>Складальні одиниці</u>             |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      | 1    |                         | Валок середній                        | 1         |          |
|        |      | 2    |                         | Валок бочковидний                     | 1         |          |
|        |      | 3    |                         | Валок                                 | 1         |          |
|        |      | 4    |                         | Стріли                                | 1         |          |
|        |      | 5    |                         | Пристрій для підводу теплоносія       | 2         |          |
|        |      | 6    |                         | Пристрій для підводу теплоносія       | 1         |          |
|        |      | 7    |                         | Аварійний вимикач                     | 1         |          |
|        |      | 8    |                         | Дошка обмежувальна                    | 1         |          |
|        |      | 9    |                         | Ролик направляючий                    | 1         |          |
|        |      | 10   |                         | Гвинт упорний                         | 4         |          |
|        |      | 11   |                         | Редуктор механізму регулювання зазору | 2         |          |
|        |      | 12   |                         | Редуктор механізму регулювання зазору | 2         |          |
|        |      | 13   |                         | Механізм змащування                   | 2         |          |
|        |      | 14   |                         | Вимикач обмеження розсунення валків   | 1         |          |
|        |      | 15   |                         | Кожух пароводяної комунікації         | 1         |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |
|        |      |      |                         |                                       |           |          |

| Формат | Зона  | Поз.     | Позначення | Найменування                                 | Кількість               | Примітка |
|--------|-------|----------|------------|----------------------------------------------|-------------------------|----------|
|        |       | 16       |            | Зовнішня комунікація<br>теплоносія           | 1                       |          |
|        |       | 17       |            | Основа каландра                              | 1                       |          |
|        |       | 18       |            | Стріли                                       | 1                       |          |
|        |       | 19       |            | Ножі                                         | 1                       |          |
|        |       | 20       |            | Пристрій повернення<br>кромки в зазор        | 1                       |          |
|        |       | 21       |            | Блок редуктора                               | 1                       |          |
|        |       |          |            | <u>Деталі</u>                                |                         |          |
|        |       | 22       |            | Вкладиш                                      | 6                       |          |
|        |       | 23       |            | Накладка на вкладиш                          | 6                       |          |
|        |       | 24       |            | Шпиндель                                     | 3                       |          |
|        |       | 25       |            | Вилка                                        | 3                       |          |
|        |       | 26       |            | Палець                                       | 3                       |          |
|        |       |          |            | <u>Стандартні вироби</u>                     |                         |          |
|        |       | 27       |            | Гвинт М 16 х 42<br>ГОСТ 5993-62              | 6                       |          |
|        |       | 28       |            | Гвинт М 12 х 40<br>ГОСТ 5993-62              | 12                      |          |
|        |       | 29       |            | Шайба 12<br>ГОСТ 22355-77                    | 12                      |          |
|        |       | 30       |            | Маслянка І-В<br>ГОСТ 19853-74                | 6                       |          |
|        |       | 31       |            | Болт фундаментальний<br>М 36 ГОСТ 24379.1-80 | 20                      |          |
|        |       | 32       |            | Гайка М 36<br>ГОСТ 15526-70                  | 20                      |          |
| Зм.    | Аркуш | № докум. | Підпис     | Дата                                         | ЛП-21мп.307253.000-70СП |          |
|        |       |          |            |                                              | Аркуш<br>2              |          |

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

| Формат   | Поз.        | Позначення              | Найменування                | Кіл. | Примітка                  |                               |       |          |
|----------|-------------|-------------------------|-----------------------------|------|---------------------------|-------------------------------|-------|----------|
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         | Документація                |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
| A1       |             | ЛП-21мп.307252.006-70ВЗ | Механізм перекоосу валків   | 1    |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         | Складальні одиниці          |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          | 1           |                         | Колесо черв'ячне            | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 2           |                         | Корпус                      | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 3           |                         | Валок                       | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 4           |                         | Колесо черв'ячне            | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 5           |                         | Черв'як                     | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 6           |                         | Кришка                      | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 7           |                         | Кришка                      | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 8           |                         | Прокладка                   | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 9           |                         | Черв'як                     | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 10          |                         | Кришка                      | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 11          |                         | Прокладка                   | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 12          |                         | Прокладка                   | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 13          |                         | Втулка                      | 1    |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         | Стандартні вироби           |      |                           |                               |       |          |
|          | 14          |                         | Болт М10-6gx30 ГОСТ 7798-70 | 8    |                           |                               |       |          |
|          | 15          |                         | Підшипник 110 ГОСТ 8338-75  | 1    |                           |                               |       |          |
|          | 16          |                         | Підшипник ГОСТ 28428-90     | 2    |                           |                               |       |          |
|          | 17          |                         | Болт М8-6gx30 ГОСТ 7798-70  | 16   |                           |                               |       |          |
|          | 18          |                         | Шайба 8.01.08кп.016         | 16   |                           |                               |       |          |
|          | 19          |                         | Підшипник 110 ГОСТ 8338-75  | 2    |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
| Зм.      | Арк.        | № Докум.                | Підпис                      | Дата | ЛП-21мп.307252.006-70СП   |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
|          |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
| Розроб.  | Шапіро А.О. |                         |                             |      | Механізм перекоосу валків | Літ.                          | Аркуш | Аркуші в |
| Перев.   |             |                         |                             |      |                           |                               |       | 1        |
| Керівник | Швачко Д.Г. |                         |                             |      |                           | КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ |       |          |
| Н.Конт.  |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |
| Затв.    |             |                         |                             |      |                           |                               |       |          |