

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний  
інститут ім. акад. І.С. Гулого

**Кафедра** технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)  
Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
Микола ЯКИМЧУК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: Модернізація вібратора марки ВСЛ-5-300 з метою підвищення надійності при вібраційних навантаженням

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗОХ-5-1  
Стельмащук Богдан Геннадійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) \_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник: доцент Вересоцький Юрій Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) \_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)  
\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)  
\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволені допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого  
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування  
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТОКТП  
проф. Микола ЯКИМЧУК

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 року

## **З А В Д А Н Н Я** **НА ВИПУСКОВУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Стельмашуку Богдану Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація вібростра марки ВСЛ-5-300 з метою підвищення надійності при вібраційних навантаженнях

керівник проекту (роботи) Вересоцький Юрій Іванович, доцент, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «08» листопада 2023 р. № 917-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2024р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний паспорт обладнання, кресленники обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи обладнання, вибір конструкційних матеріалів, розрахункова частина, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу і технічного сервісу, опис системи управління, заходи щодо охорони праці; висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти з проекту із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 08.11.2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	08.11.2023	
2	<i>Вступ</i>	12.11.2023	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	20.11.2023	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	22.11.2023	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	25.11.2023	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	9.12.2023	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	15.12.2023	
8	<i>Розрахункова частина</i>	19.12.2023	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	05.01.2024	
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	09.01.2024	
11	<i>Опис системи управління</i>	13.01.2024	
12	<i>Заходи щодо охорони праці. Охорона довкілля.</i>	20.01.2024	
13	<i>Висновки</i>	25.01.2024	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	27.01.2024	
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	30.01.2024	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедрі</i>	01.02.2024	

Здобувач \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Богдан СТЕЛЬМАЦУК**  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Юрій ВЕРЕСОЦЬКИЙ**  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	стор.
Анотація	3
Зміст	5
Вступ	6
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	8
2. Техніко-економічне обґрунтування	14
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту	17
Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання	20
5. Розрахункова частина	36
6. Вибір конструкційних матеріалів	53
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі	56
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу	68
9. Опис системи управління	74
10. Заходи щодо охорони праці	75
11. Охорона довкілля	86
Висновки	91
Список використаних літературних джерел	92
Додаток	94
Специфікації	119

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження <i>Вересоцький Ю.І.</i>	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
НУХТ	Розробник документа <i>Стельмашук Б.</i>	Назва, додаткова назва  <i>ЗМІСТ</i>	<i>191679.KP.08.00 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Якимчук М.В.</i>		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш <i>1/1</i>

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота виконана на тему: «Модернізація вібросита марки ВСЛ-5-300 з метою підвищення надійності при вібраційних навантаженнях».

В роботі модернізовано раму короба вібросита, додано додаткові ребра жорсткості та поперечні балки, які підвищили міцність конструкції до вібраційних навантажень.

Робота виконана на 127 аркушах формату А4. В роботі використано 24 графічних та 15 табличних даних.

Також додано 9 листів специфікацій.

Графічна частина роботи складає 5 листів формату А1.

Ключові слова: вібросито, надійність, обладнання, вібраційні навантаження

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження <i>Вересоцький Ю.І.</i>	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Разробник документа <i>Стельмащук Б.</i>	Назва, додаткова назва  <i>АНОТАЦІЯ</i>	<i>1191679.KP.08.00 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Якимчук М.В.</i>		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш <i>1/2</i>

## ANNOTATION

Diploma project on "Modernization of the vibration sieve VSL-5-300 in order to increase reliability in vibration loads."

The frame of the box of vibration sieve was modernized, additional rigid ribs and transverse beams were added, which increased the strength of the structure to the vibration loads.

The project scope consist of 128 pages of A4 format and contains 24 graphic, 15 tables.

Also added 10 specifications pages.

The graphic part of the work is consist of 5 letters of A1 format.

**Keywords:** vibrating screen, reliability, equipment, vibration loads

## ВСТУП

Вітчизняний ринок горіхів є одним із найбільш стійких, зростаючих і платоспроможних у сегменті продовольчих товарів, що охоплює різні їх види. Його динамічний розвиток тісно пов'язаний із багатьма тенденціями і трендами на агропродовольчому ринку. Зокрема, останніми роками в світі набув поширення рух здорового способу життя, що поступово розвивається і в нашій країні. Багато людей цілеспрямовано відмовляється від шкідливої їжі і збільшує у раціоні харчування частку натуральних продуктів, у тому числі за рахунок додавання до нього різних видів горіхів.

Найбільшими виробниками грецького горіха у світі є Китай, США, Іран та Туреччина. Але Україна займає друге місце в світі як експортер грецького горіха та п'яте за обсягом валового збору цієї культури. Майже весь обсяг грецького горіха заготовлюється у домашніх господарствах. Великих плодоносних інтенсивних садів у нашій країні поки що немає. Ті, які закладалися за останні 5–10 років, зараз лише виходять на рівень повного плодоношення.

Країни-імпортери українських горіхів — Туреччина, Румунія, Ірак, В'єтнам, Франція, Болгарія та ін. Ціна на очищений грецький горіх, наприклад, у Німеччині становить 25€ (роздріб), 11€ (гуртова ціна). Екологічно чистий горіх коштує 30–35€ (роздріб), 11€ (гурт.). Швейцарія та Німеччина є лідерами з імпорту органічної продукції, вони зацікавлені саме в органічних горіхах. Станом на 2017 рік ціна на грецький горіх в Україні коливається у межах 4–6\$ (гуртова) за 1 кг очищених горіхів, кругляк (неочищений) продається за 30 грн/ кг. Збільшення пропозиції на даний вид продукту спричинило значний попит на обладнання для його очищення.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Вересацький Ю.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Разробник документа</i> Стельмащук Б.	<i>Назва, додаткова назва</i>  ВСТУП		191679.KP.08.00 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> на	<i>Аркуш</i> 1/2

Дана розробка має відношення до галузі харчової промисловості, а саме до просіювальних машин для калібровки грецького горіху.

Для просіювання горіху використовують такі види вібросит: ексцентрикові, інерційні та електромагнітні.

Процес просіювання проходить в такій послідовності: горіх подається на віброкалібровочне сито, де «розкривається» за умови якісного надколу. Далі на ситах відбувається поділ ядра на фракції. Перша фракція - горіх не розкрився або недоколотий. Сходить з верхнього сита і направляється на сортувальний стіл або в доколотну машину. Друга, третя і четверта фракції - метелик, четвертинки і восьмушки відповідно; після поділу проходять в аспіраційні колонки, в яких відбувається відділення шкаралупи від ядра.

Система аспірації підлаштовується під конкретний розмір і масу горіха. Залежно від якості горіха відсоток відокремленої шкаралупи може досягати великих показників. П'ята фракція - «крупка», відводиться з машини по лотку. На виході машини кожна фракція ядра і шкаралупи потрапляє в свою тару (ящики або мішки).

Під час роботи вібросита, на його конструкцію діють вібраційні навантаження, які можуть спричинити деформацію рами та калібровочних сит. Тому, при розробці вібраційних сит слід приділяти значну увагу інженерних розрахункам.

Метою проекту є модернізація вібраційного сита ВСЛ-5-300 з метою підвищення стійкості конструкції рами до вібраційних навантажень.

# 1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

## 1.1 Вступ

В промисловості використовуються машини вібраційної дії різних конструктивних виконань для потреб вугільної промисловості, сільського господарства, харчової промисловості, під час будівельних робіт тощо.

Кожен з напрямків промисловості висуває особливі вимоги до машин вібраційної дії, тому згідно цих вимог проводиться класифікація вібромашин для кращої орієнтації при виборі обладнання для виконання конкретних завдань. В харчовій та переробній промисловості машини вібраційної дії використовуються в циркуляційних системах для механічного очищення промивальної рідини, для транспортування сипучих продуктів (віброконвеєри), для калібровки продукту за класами (вібруючі сита, само обертові сепаратори). Всі ці машини різної конструкції. Більшість з них відносять до машин вібраційної дії.

## 1.2 Аналіз сучасних закордонних та вітчизняних зразків обладнання

Основними виробниками вібросит для харчової промисловості є: Willebadessen, VolGor, Italvibras, ОДП-Україна, КБ Інтел, НВП «Сервіс Пак» та ін. Вібросита, що виготовляються даними виробниками мають технологічні та конструктивні відмінності.

Поділяються вібросита за конструктивними ознаками (Рис.1.2.1):

- Вібросита з похилими вертикальними і горизонтальними ситополотнами;
- Одинарні або здвоєні барабанні сита з конічним, циліндричним чи криволінійним профілем ситового барабана;
- Сита дугові з різними комбінаціями ситополотна;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Вересоцький Ю.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Разробник документа</i> Стельмащук Б.	<i>Назва, додаткова назва</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ	191679.KP.08.01 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 1/6

- Комбіновані сита;
- Відцентрові сита

Основні відмінності в конструкціях вібросит:

- За способом монтажу сит;
- За взаємним розміщенням ситополотен;
- За числом віброзбудників;
- За можливістю зміни частоти коливань віброзбудників;
- За можливістю зміни кута нахилу встановлення віброзбудників;
- За місцем розміщення віброзбуджувача;
- За формою траєкторії переміщення точок віброграми;
- За типом амортизаційних пристроїв.

За формою траєкторії руху віброрами, яку описує кожна її точка при роботі вібросита: з коловою, лінійною та еліптичною траєкторіями. Вібросита з *коловою* траєкторією руху віброрами створюють рівномірні гармонійні колові коливання в усіх точках віброрами. Вони мають найбільшу пропускну здатність, оскільки розвивають мінімальне віброприскорення.

Вібросита із *еліптичною* траєкторією руху віброрами конструктивно можуть бути виконані у трьох модифікацій: зі збалансовано-еліптичними, з незбалансовано-еліптичними та прогресивно-еліптичними коливаннями. Вібросита з еліптичним рухом віброрами розвивають значні віброприскорення, проте вони володіють меншою пропускну здатністю.

Вібросита з *лінійною* траєкторією руху точки віброрами створюють більше за значенням гравітаційне зусилля і володіють більшою транспортуючою здатністю порівняно із віброситами з коловим рухом, проте нижчу, а ніж розвивають вібросита, для яких характерний еліптичний рух віброрами.

Вібросита зі *змінною* траєкторією руху мають можливість змінювати тип коливань з еліптичних на лінійні без зупинки вібросита. (Рис.1.2.2)



Тип коливань, що використовується на віброситі, впливає на швидкість транспортування продукту та якість просіювання.

У машинах вібраційного типу збуджувачами коливань можуть бути електромагнітні вібратори, пневматичні та гідравлічні пульсатори, кінематичні та вимішуючі збуджувачі.

В віброситах для харчової промисловості переважно розповсюджені електромеханічні вібратори (Рис.1.2.3), які дозволяють порівняно просто регулювати амплітуду коливань шляхом зміни положення дебалансів. До переваг відцентрових віброзбуджувачів можна віднести простоту їх конструкції, плавність регулювання частоти та амплітуди коливань, низьку чутливість до зовнішніх впливів, а також значний діапазон частот, які ними генеруються (від 0,01 до 500 Гц).

В сучасних віброситах переважно використовуються вітродвигуни (Рис. 1.2.4). Це електродвигуни, на вихідному валу яких встановлені дебаланси, що створюють інерційні коливання віброрами.

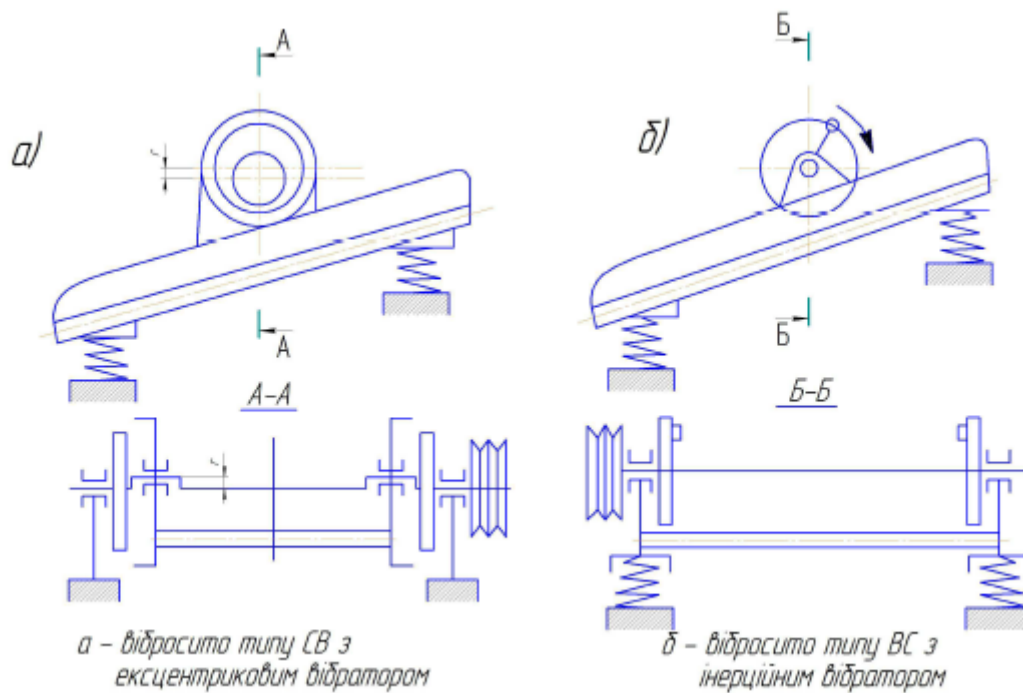
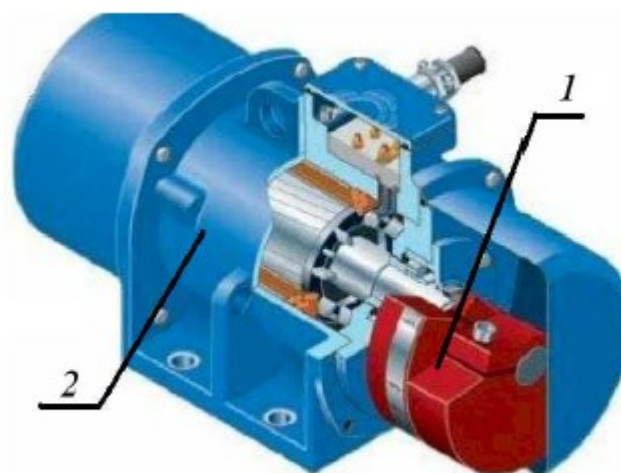


Рис.1.2.3 Схема вібрисит з механічним збуджувачем коливань

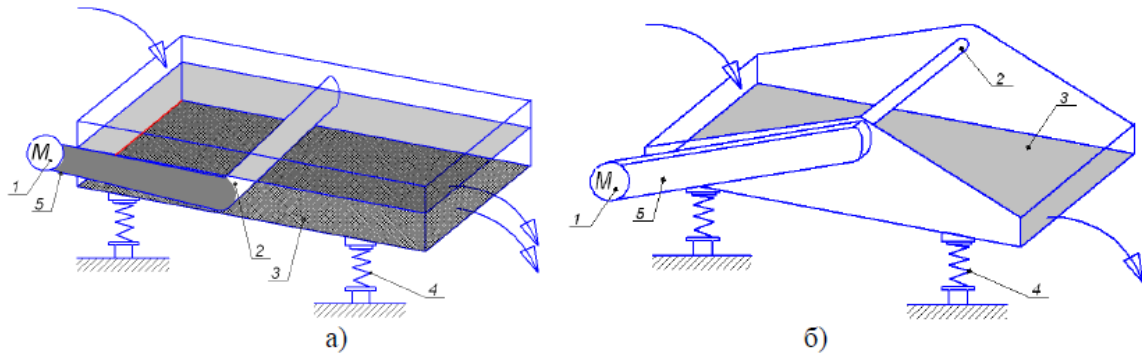


1 – дебаланси, 2 – електродвигун

Рис. 1.2.4 Вібродвигун

Місце розміщення (Рис. 1.2.5) та кількість збуджувачів коливань встановлюють тип траєкторії руху точки віброрами: вібрисита з коловою

траєкторією руху віброрами мають один віброзбуджувач, який розміщено в центрі мас; збалансовано-еліптичні коливання віброрита можна отримати встановленням вібраторів по боках від віброрами, причому вони повинні обертатись в різних напрямках та бути нахиленими в двох площинах.



*а – між ярусами ситополотниці; б – над віброрамою;  
1 – двигун, 2- вал, 3 – ситополотно, 4 – опори, 5 – пасова передача*

**Рис. 1.2.5 Розташування віброзбуджувача**

## 2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування

Вітчизняний ринок горіхів є одним із найбільш стійких, зростаючих і платоспроможних у сегменті продовольчих товарів, що охоплює різні їх види. Його динамічний розвиток тісно пов'язаний із багатьма тенденціями і трендами на агропродовольчому ринку. Зокрема, останніми роками в світі набув поширення рух здорового способу життя, що поступово розвивається і в нашій країні. Багато людей цілеспрямовано відмовляється від шкідливої їжі і збільшує у раціоні харчування частку натуральних продуктів, у тому числі за рахунок додавання до нього різних видів горіхів.

За даними аналізу статистичної інформації щодо товарної структури внутрішнього роздрібного товарообороту торгівельних підприємств в Україні вартість позиції «Свіжі плоди, ягоди, виноград, горіхи» зростає впродовж 2020–2021 рр. із 7 млрд. грн. до 10,3 млрд. грн, або на 154,9%. У першому півріччі 2022 р. вона сягала 6,3 млрд. грн. Значним попитом користуються горіхи у харчовій промисловості. Суттєво зріс також експорт вітчизняних горіхів, що є добрим стимулом збільшення його внутрішнього виробництва та розширення площі насаджень.

Пропозиція на ринку горіхів нині формується як за рахунок внутрішнього виробництва окремих їх видів, зокрема волоського горіху, фундуку, а в останні роки в незначних обсягах навіть і арахісу, так і внаслідок його імпорту.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Вересоцький Ю.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Разробник документа</i> Стельмащук Б.	<i>Назва, додаткова назва</i>  ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ	191679.KP.08.02 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 1/3

*Динаміка виробництва грецьких горіхів в Україні за категоріями господарств*

Роки (пересічно)	Площі насаджень, тис. га		Валові збори, тис. тонн		% господарств у валових зборах	
	с/г	господарс	с/г	господарс	с/г	господарст
	підприє мства	тва населення	підприє мства	тва населення	підприє мства	ва населення
1951-1955	3,8	11,1	0,58	5,9	9,0	91,0
1961-1965	9,2	14,9	0,40	9,4	4,1	95,9
1971-1975	9,4	23,9	1,03	17,8	10,4	89,6
1981-1985	5,2	33,0	0,64	37,3	5,5	94,5
1991-1995	3,6	46,1	0,19	61,2	1,7	98,3
1996-2000	2,3	27,4	0,40	54,3	0,3	99,7
2001-2004	1,4	14,3	0,17	70,3	0,1	99,9
2004/1951	0,8	2,1	0,8	10,8	0,1	1,1

Різке збільшення пропозиції на даний вид продукту спричинило значний попит на обладнання для його очищення. Більшість техніки, яка використовується в Україні – це в основному, техніка іноземних компаній. Імпортна продукція може коштувати значно дорожче, це приводить до того, що покупка даної машини, може бути не завжди доцільною. В зв'язку з цим виникає необхідність розробки вітчизняного виробництва, які можуть бути в рази дешевші, при цьому не поступатися за технічними характеристиками машинам закордонних зразків.

До основних виробників даного виду машин відносять такі іноземні компанії, як VolGor, Italvibras, Willebadessen, Terex. Вітчизняну продукцію випускають КБ Інтел, НВП «Сервіс Пак», ОДП-Україна.

Ціна на закордонні зразки стартує від 80 000 грн. За рахунок модернізації вібросита, підбору аналогів можна суттєво знизити собівартість вібросита.

Для виготовлення нової конструкції вібросита необхідно провести затрати на проектування і виготовлення: нових просіюючих поверхонь (800 грн), установка нового типу вібратора (5300 грн. за одну одиницю), виготовлення нової металоконструкції рами короба (5000 грн.). Підбір вітчизняних аналогів, та модернізація вібросита, дозволи знизити вартість на 15 – 20 %.

### 3. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції

#### 3.1 Основні відомості про переробку грецького горіху

Переробка волоського горіха - це один з найважливіших і трудомістких етапів як у веденні горіхового бізнесу, так і просто в вирощуванні волоського горіха в умовах домашніх господарств. Переробка горіхів складається з декількох етапів, які об'єднуються в один послідовний технологічний процес. Тільки пройшовши всі етапи, волоський горіх упаковується і відправляється на продаж або ж на потреби домашніх господарств. Технологічний процес переробки складається з таких кроків: струшування, збір, мийка та чистка, сушка, аспірація, калібрування ядра волоського горіха, інспекція за кольором ядра.

##### 3.1.1 Струшування

Цей етап є першим в процесі технологічної переробки. У домашніх господарствах він виконується або вручну, або ж господарі саду чекають поки горіх природним шляхом не опадає з дерев і його не можна буде зібрати. У виробничих масштабах для того щоб заощадити час використовуються спеціальні машини – струшувачі. Вони струшують плід волоського горіха з дерева. Струшувачі бувають гідравлічні та механічні.

##### 3.1.2 Збір волоського горіха

У звичайних умовах волоський горіх збирають вручну або за допомогою спеціальних інструментів - ролів для збору горіха. У виробничих масштабах збір здійснюють спеціальні машини. Процес відбувається досить швидко і горіхи відразу ж доставляються на наступний етап переробки.

##### 3.1.3 Мийка волоського горіха і очищення від зеленого оплодня

Вимити і очистити плід волоського горіха від зеленого оплодня необхідно для того, щоб ядро не темніло і не зсихалося, а сама шкаралупа волоського

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Вересоцький Ю.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Разробник документа</i> Стельмащук Б.	<i>Назва, додаткова назва</i>  ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКТУ	191679.KP.08.03 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 1/3

горіха не вкривалася пліснявою. У промислових масштабах мийку і чистку проводять спеціальні роторні мийки, які виконують свою роботу швидко і якісно, очищаючи великі обсяги горіха за мінімально короткий час.

### **3.1.4 Сушка волоського горіха**

Сушка виконується для того щоб довести горіх до певного стану. У виробництві сушка проводиться за допомогою спеціального обладнання, а потім волоський горіх досушується в добре провітрюваних теплих складах. У домашніх умовах горіх також просушують в теплих приміщеннях або на свіжому повітрі.

### **3.1.5 Калібрування волоського горіха**

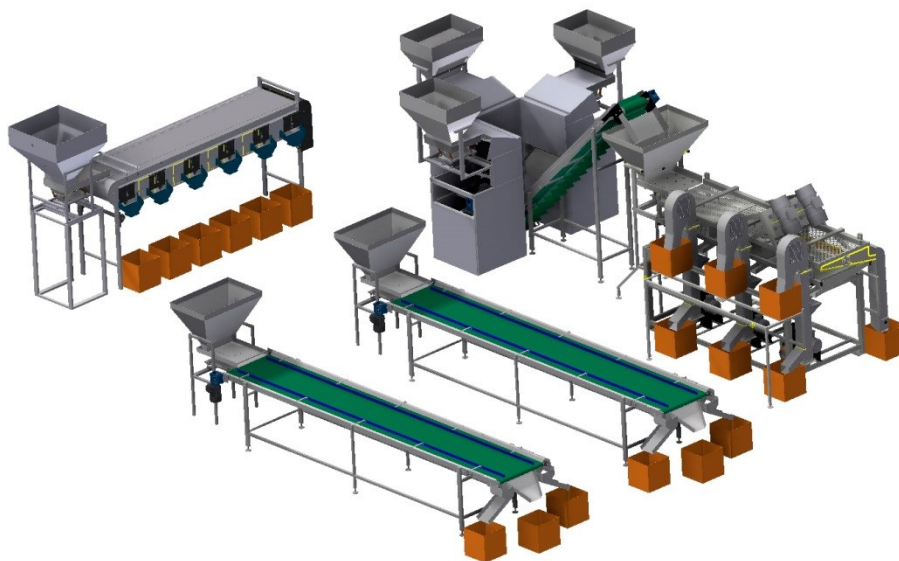
На цьому етапі горіх сортується на фракції для подальшого якісного розколювання горіха промисловими електричними горіхоколами, з метою підвищення цілісності ядра і збільшення вартості ядра горіха на ринку збуту. На виробництвах, волоський горіх калібрується на спеціальних установках, роторних калібратори, продуктивність яких може доходити до 500 кг / год. У домашніх господарствах такий процес виконують побутовими калібраторами з продуктивністю від 50 до 200 кг / год або ж вручну, що займає значно більше часу.

### **3.1.6 Розколювання волоського горіха**

Проводиться дроблення для відділення шкаралупи від ядра і відповідно отримання максимально цільного ядра на виході. У виробничих масштабах горіх колють за допомогою промислових горіхоколів, продуктивність яких досягає до 200 кг / год і цілісність ядер після кілки при цьому максимальна.

### 3.1.7 Сортування ядра волоського горіха по фракціям

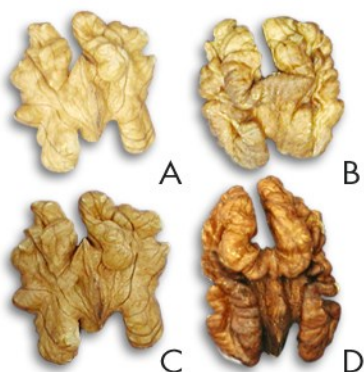
На цьому етапі готові ядра сортують відповідно до стандартів, що дозволяє збільшити вартість горіхів на ринку. Калібрують ядра як у великомасштабному і середньому за розміром виробництві, так і в домашніх господарствах. Калібровка проходить на віброситах з продуктивністю 200-500 кг / год.



### 3.1.8 Аспірація

У промислових масштабах після сортування горіхи відправляються на аспірацію. Аспірація - це видалення пилу і дрібних частинок шкаралупи. Відбувається вона в спеціальних аспіраційних колонах.

### 3.1.9 Інспекція за кольором



Завершальним етапом процесу є повторна перевірка кольору ядер волоського горіха для збільшення їх вартості. Відразу після інспекції ядра волоського горіха можуть бути упаковані в тару, та відправитися на подальшу реалізацію.

## 4. Опис запропонованого технічного рішення.

### 4.1 Основні відомості про процес просіювання сировини

Продукт, що отриманий в результаті подрібнення є вихідною сировиною для процесу поділу цього матеріалу на фракції за розміром складових його частин. Такий процес називається просіюванням, а пристрій, що використовується для цього процесу – сито.

Сипучу суміш, яка потрапляє на сито, називають вихідним матеріалом. Частинки матеріалу, розміри яких перевищують розміри отворів поверхні просіювання, залишаються на цій поверхні та називаються вищим класом. Частинки, які пройшли через сито називаються нижнім класом. Якщо сортований матеріал проходить «n» поверхонь просіювання, то в результаті отримують «n+1» класів (фракцій). Існує декілька способів поділу матеріалу на фракції: пневматичний, гідравлічний, електромагнітний та механічний (рис. 4.1.1).

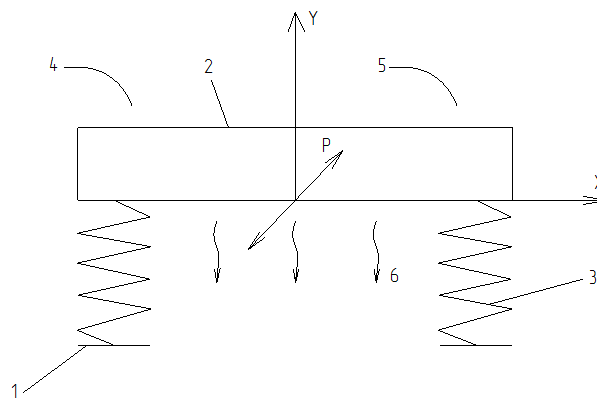


Рис. 4.1.1 – Схема механічного сита: 1 – основа; 2 – просіююча поверхня; 3 – амортизатори; 4 – вихідний матеріал; 5 – вищий клас; 6 – нижчий клас; P – зовнішня сила, яка приводить до коливального руху сита.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Разробник документа Стельмащук Б.	Назва, додаткова назва ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ	191679.KP.08.04 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/16

Оцінюють процес просіювання за двома показниками: продуктивністю – кількістю вихідного матеріалу, що надійшов за одиницю часу; ефективністю просіювання – відношенням між масою матеріалу, що проходить через сито і масою матеріалу певного розміру, що міститься у вихідному продукті.

До основних параметрів процесу просіювання відносять:

- кут нахилу сита;
- частоту коливань сита;
- амплітуду коливань сита;
- напрямок обертання вала вібратора;
- траєкторія руху сита.

Зміна кута встановлення вібробуджувачів дозволяє змінювати швидкість і амплітуду руху частинок, що впливає на ефективність просіювання. Кут нахилу сита також впливає і на продуктивність. Зі зменшенням кута нахилу вібросита швидкість переміщення матеріалу по ситі знижується, в наслідок чого підвищується ефективність просіювання, а продуктивність знижується. Зазвичай у похилих ситах кут нахилу може змінюватися від  $0^\circ$  до  $30^\circ$ , що дозволяє підібрати необхідні показники просіювання.

Зі зміною кількості калібрувальних поверхонь, які встановлені на корпусі сита, змінюється кількість фракцій, які можна отримати при цьому.

Оптимальна частота і амплітуда коливань грохота залежать від форми і траєкторії його руху. Поєднання цих трьох параметрів впливає на ефективність, продуктивність просіювання та здатності вібросита до самоочищення отворів сит від частинок продукту, які застрягають.

Самоочищення вібросита залежить від напрямку руху сита, швидкості, форми та траєкторії.

Зі збільшенням швидкості здатність до самоочищення збільшується, проте зменшується ефективність просіювання в результаті того, що зі

збільшенням швидкості підкидання частинок збільшується відстань між суміжними точками контакту частинок з просіюючою поверхнею, відповідно, зменшується кількість цих контактів за час проходження частинок по просіюючій поверхні. Експериментально встановлено, що отвори сита не забиваються частинками, тобто, проходить його самоочищення, якщо висота  $h$  підкидання частинок над поверхнею сита перевищує 0.4 розміру отвору  $L$ , тобто  $h = 0.4 \cdot L$ . Виходячи з цієї умови, розраховуємо максимальну швидкість руху просіюючої поверхні. Оскільки систематичне забивання сит порушує роботу вібросита, цей критерій оцінки при виборі параметрів коливань є першочерговим.

При зміні напрямку обертання вала вібратора, встановленого на похилих віброситах з круговими коливаннями з прямого напрямку руху на протилежний напрямок руху матеріалу по ситі, значно підвищується ефективність просіювання, але в той же час, продуктивність праці знижується.

Це відбувається тому, що швидкість руху матеріалу вздовж сита знижується і отримується траєкторія польоту частинок над ситом, що сприяє кращому проходженню частинок через отвори сита.

Процес просіювання на ситі вібраційної машини складається з двох етапів, які відбуваються безперервно і одночасно. По-перше дрібні частини, що просіюються, мають ввійти в контакт з поверхнею сита. Перший етап процесу просіювання закінчується на певній ділянці сита. Другий етап триває протягом руху матеріалу по всій довжині сита. Тому продуктивність сита обирають так, щоб товщина шару матеріалу на ситі не перевищувала критичного значення.

На основі цього в якості оптимальної продуктивності вібросита необхідно обирати його максимальне значення, при якому ефективність просіювання для даних конкретних умов буде близькою до максимальної. Як правило, продуктивність просіювання зростає зі збільшенням розміру отворів.

## 4.2 Особливості роботи та конструкції вібросит

В даній роботі розглядається вібросито само балансне ВСЛ-5 з шириною просіюючої поверхні 640 мм, кількістю сит – 3 шт.

Вібраційне сито типу ВСЛ-5 призначене для класифікації сипучого матеріалу малої крупності на 3 фракції.

Характерні особливості вібросита даної конструкції: регулювання амплітуди коливань; зміна кута напрямку коливань; можливістю заміни сит без трудомісткого розбирання; рівномірне розподілення матеріалу по ширині сита; запобігання самовідгвинчування різьбових з'єднань.

Вібросито застосовується в мікрокліматичних умовах з помірним кліматом.

Основні технічні характеристики вказані в таблиці 4.2.1

Таблиця 4.2.1 Технічні характеристики вібросита

Назва	Норма
Розмір просіюючої поверхні, мм	2300×700
Продуктивність по просіюванню (в залежності від величини розділення), кг/год	300
Величина розділення	12,16,20
Величина початкового просіювання не більше, мм	20
Кількість просіюючих поверхонь, шт	1
Кут нахилу просіюючих поверхонь, град	0
Кут нахилу коливань до горизонту, град	55
Частота коливань, Гц	50
Потужність двигуна, кВт	4.7
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2650
ширина	1400
висота	1900
Маса вібросита	316

Вібросито ВСЛ-5 є віброситом інерційного типу з дебалансним віброзбудником, що створює спрямовані коливання робочого органу.

Вібросито (рис.4.2.1) складається з рухомого кузова 2, встановленого на пружних елементах (пружини 43), рухомого сита 5 з різним розміром вічок. Віброізоляція (пружини) встановлені на опорах рами 1. До кузова 2 високоміцними болтами кріпиться віброзбудник, який складається з двох вібраторів, встановлених на пластині під кутом. На рамі 6 встановлено бункер 18 з якого під дією живильника 8 подається продукт просіювання. Від сит з різним діаметром вічок відходять відводи 11 до аспіраційної системи 19.

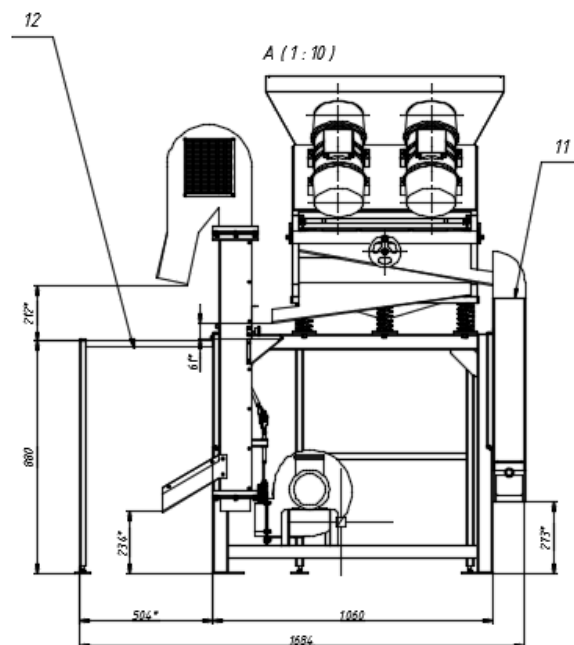
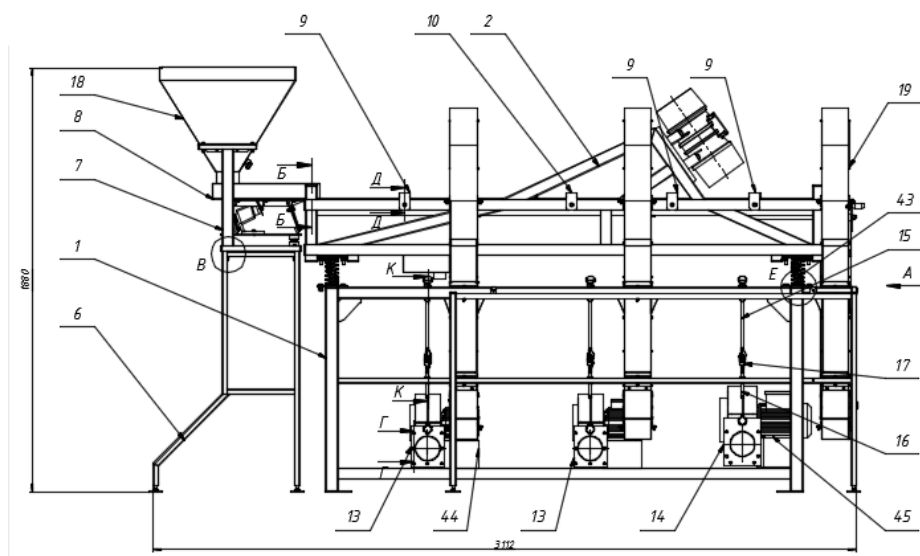


Рис. 4.2.2 Схема вібросита ВСЛ-5

Принцип роботи вібросита полягає в тому, що під дією незрівноважених мас вібраторів, що обертаються в протилежних напрямках, короб вібросита здійснює спрямовані коливання з заданою амплітудою та частотою.

Матеріал в коробі під дією вібрації рівномірно розподіляється по поверхні сит і далі транспортується вздовж сита, розділяється на різні фракції, які поступають у відводи, де потрапляють до аспіраційної системи, після якої готовий продукт відводиться в збірні ємності.

### 4.3 Класифікація та підбір промислових сит

Просіюючі поверхні (сита) являються основним робочим органом вібросит, через який здійснюється поділ за класами крупності. Сита натягують на короб і закріплюють прижимами. Найбільш оптимальне співвідношення ширини і довжини просіюючі поверхонь вібросит приймаються рівними 1: 2,5. У промисловості широко використовуються металеві та полімерні (гума, поліуретан) просіюючі поверхні. У деяких випадках полімерні поверхні виготовляються зі сталевим армуванням для поліпшення механічних властивостей (рис. 3.3).

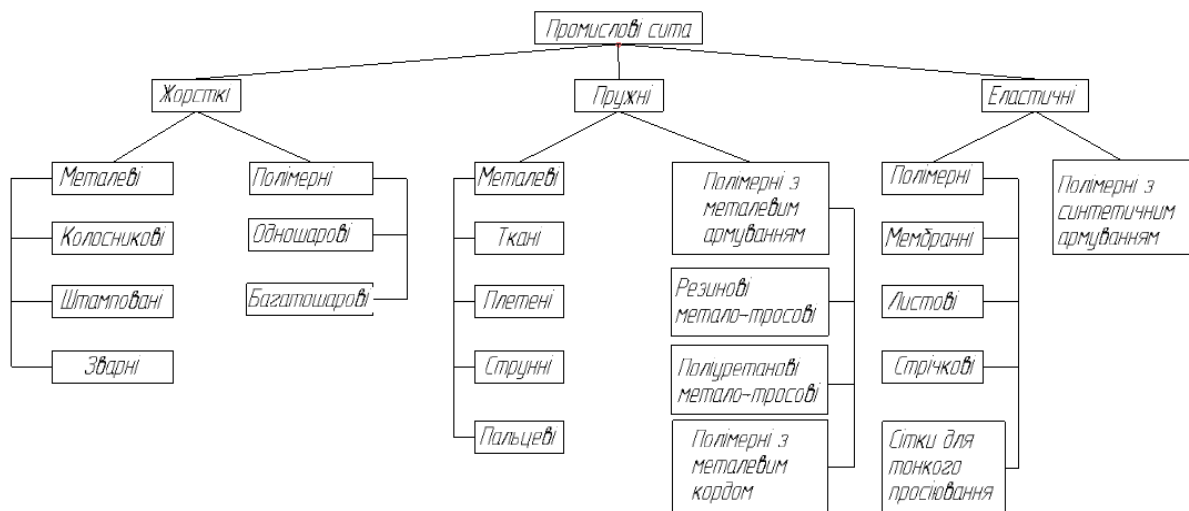


Рис.4.3.1 Класифікація промислових сит

Якість просіювання залежить від наступних факторів: інтенсивності динамічного режиму коливання вібросита, питома навантаження на просіюючу поверхню. Інтенсивність динамічного режиму і питома навантаження визначається на стадії розробки вібросита та проектування вузла просіювання підприємства; а конструктивні параметри, як на стадії розробки вібросита, так і під час його експлуатації у період оптимізації процесу просіювання. Отже, якщо просіююча поверхня не влаштовує споживача за технологічними показниками, її можна легко замінити. Для того, щоб частота залишалася незмінною, поверхня сита повинна бути дуже правильно підібрана на етапі розробки вібросита.

Першим кроком при виборі сит та їх кріплення повинні бути вимоги до них та їх експлуатації (вид просіювання, характеристика розділення матеріалу, технічні характеристики сит та матеріалів, з яких вони виготовляються, технічні характеристики застосування у технологічних лініях вібросит і транспортних засобах, певний досвід експлуатації та ін.).

Під час вибору типу сит враховується взаємозв'язок факторів, що наведені в таблиці 4.3.2

Таблиця 4.3.2 Фактори, що враховуються під час вибору сит.

<i>Конструкція і параметри сит</i>	<i>Параметри просіюваного матеріалу і процесу просіювання</i>
Матеріал сит і його основні фізико-механічні характеристики	Абразивність і хімічна активність просіюваного матеріалу температура навколишнього середовища
Форма отворів сит і їх взаємне розташування	Форма зерен, частинок просіюваного матеріалу, спосіб просіювання (сухий, мокрий)
Переріз	Питома продуктивність
Розмір отворів	Розмір частинок просіюваного матеріалу, якість просіювання
Спосіб кріплення просіюючої поверхні	Вологість матеріалу, розміри частинок
Товщина сита	Розмір граничних частинок завантажуваного матеріалу, продуктивність вібросита

Підбір просіюючої поверхні повинен відбуватися з урахуванням певних технічних параметрів: класу крупності, який необхідно виділити в під ситовий продукт, гранулометричний склад початкового матеріалу, форма частинок просіюваного матеріалу і його вологість.

При виборі конкретного типу сита необхідно врахувати, що розмір його отворів повинен бути трохи більшим, ніж розмір граничних частинок, по якому ведеться поділ матеріалу.

Теорія просіювання ґрунтується на імовірності характеру (теорії геометричної імовірності) процесу проходження частинок через отвори в ситі (рис. 4.3.4).

Імовірність проходження частинок через отвори визначається як відношення числа випадків проходження частинок через отвори до загального числа випадків:  $P = \frac{m}{n}$

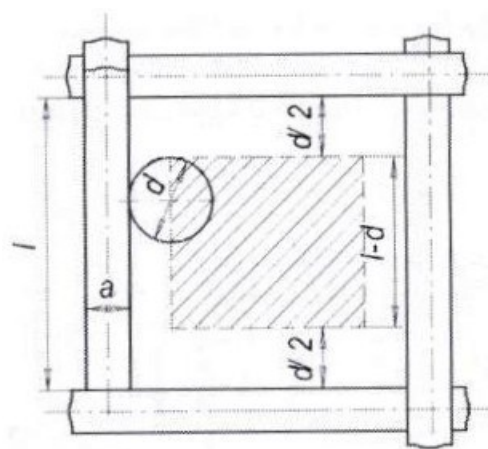


Рис. 4.3.4 Схема імовірності проходження частинок через отвори сита.

Величина зворотної імовірності  $P$ , буде визначати можливу кількість випадків проходження частинок через отвір –  $1/P$ .

Імовірність проходження частинок через осередок сита визначається за формулою (2.1.1)

$$P = \frac{(l-d)^2}{(l+a_0)^2} = \frac{l^2}{(l+a_0)^2} \cdot \left(1 - \frac{d}{l}\right)^2$$

Величина  $\lambda = \frac{l^2}{(l+a_0)^2}$  – характеризує відношення світлової поверхні сита по всій площі сита.

З даної теорії можна зробити висновок:

- імовірність проходження частинок прямо пропорційна світловій поверхні сита;
- процес просіювання частинок залежить від співвідношення розмірів частинок і отворів не залежить від їх абсолютних розмірів.

Якщо побудувати графік залежностей імовірності числа випадків для проходження частинок  $1/P$  від співвідношення  $1/d$  (рис.3.5), то можна відмітити два характерні ділянки кривої. Одна ділянка відповідає частинкам розміром до  $0.75l$ , а інша – частинкам розміром  $> 0.75l$ . При цьому перша ділянка відповідає невеликій кількості вірогідних чисел випадків для проходження частинок через отвори, а другій ділянці відповідає більша ймовірність проходження. При цьому частинки розміром  $0.75l$  і менше називають «легкими», а частинки розміром  $> 0.75l$  – «важкими».

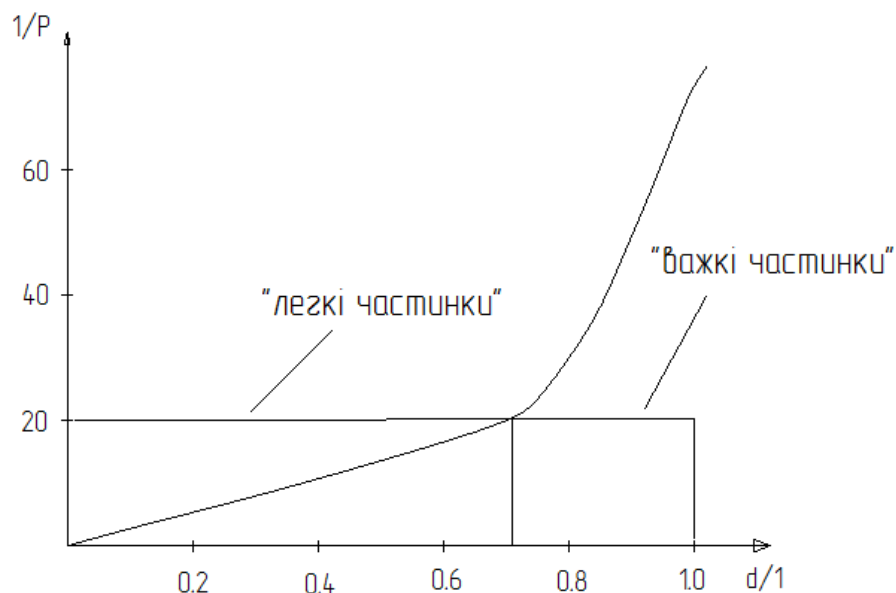


Рис. 4.3.5 – Залежність імовірності числа випадків  $1/P$  для проходження частинок до відношення  $1/d$ .

В залежності від розміру частинок, а також від того, якому способу просіювання (мокрому чи сухому) піддається матеріал, фахівці різних закордонних фірм під час вибору параметрів отворів рекомендують враховувати наступні положення:

- розмір отворів в резинових ситах повинен перевищувати розмір отворів в металевих ситах на 10...20%. Однак, під час вибору розміру отворів сита рекомендується провести попередні випробування залежно від конкретного випадку.
- круглі отвори слід застосовувати для тривалого просіювання подрібненого матеріалу підвищеної міцності;
- квадратні отвори найбільш ефективні для просіюванні обкатаного матеріалу низької міцності, а також під час просіювання в звичайних умовах;
- щілиноподібні отвори найбільш придатні в тому випадку, коли необхідно забезпечити якісне просівання дробленого матеріалу з високою продуктивністю вібросита, а також під час просіювання матеріалу з зернами розміром до 6 мм, за винятком матеріалу з частинками лещадної і пластинчастої форм.

Конструкція просіюючої поверхні являється не єдиним фактором, який впливає на якість просіювання, яке багато в чому залежить від параметрів самого вібросита. Однак вид просіюючої поверхні, матеріал, з якого вона виготовлена, а також її конструктивні параметри (форма і розміри отворів, товщина) істотно впливають на ефективність просіювання.

Термін служби просіюючої поверхні залежить від зносостійкості матеріалу, з якого вона виготовлена. З точки зору збільшення строку служби необхідно мати більш масивну просіюючу поверхню, що, однак, може негативно позначитись на технічних показниках просіювання.

При використанні сита з прямокутними або круговими отворами його ширина і діаметр повинні бути помножені на 0.8, щілинними – на 0.71. Такий

метод використовується для просіювання з нормальною швидкістю на ситах, отвори яких знаходяться в напрямку руху матеріалу.

Важливо при виборі сита враховувати економічний розрахунок, який необхідно виконати по деяким показникам: зміни продуктивності і ефективності просіювання при оснащенні вібросита новими ситами, вартістю сита, затрати на технічне обслуговування, ремонт і строк служби сита.

Найбільшого поширення набули сита з круглими та продовгуватими отворами. Сита з круглими отворами відносять до типу 1, а з продовгуватими до типу 2, при цьому до типу 2а відносять решета, у яких отвори розташовані паралельними рядами, 2б – з отворами, які розташовані взаємно перпендикулярно.

Розмір частинок, які розділяються на ситах визначається робочим розміром отворів сит, що є одним із найменших їх розмірів (діаметр для круглих отворів, і ширина для продовгуватих). На ситах з круговими отворами розділяються частки, які відрізняються одна від одної шириною, а на ситах з продовгуватими отворами – частинки, які відрізняються товщиною.

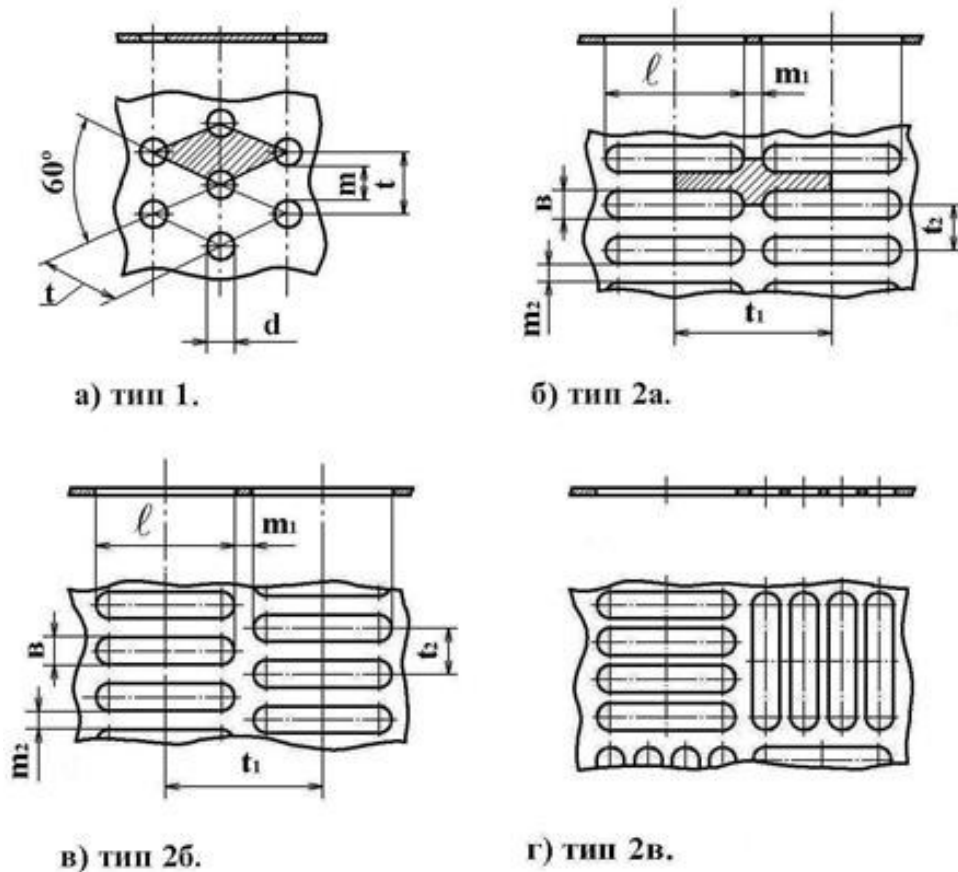


Рис. 4.3.6 Конструкція штапованих сит з отворами: а – круглими; б,в,г – продовгуватими.

Основною характеристикою сита є його метричний номер, який являє собою збільшений у десять разів робочий розмір отворів, виражений в мм.

Пропускна спроможність сит залежить від відносної величини активної площі поверхні сита на якій розташовані отвори, і характеризується коефіцієнтом живого перерізу, %, тобто:

$$\bar{F} = \frac{F_o}{F_{oo}} \cdot 100,$$

де  $F_o$  і  $F_{oo}$  – площа отвору і площа поверхні сита, яка приходить на цей отвір, м<sup>2</sup>.

Сита отримали найбільше поширення у кондитерській промисловості у лініях для переробки і класифікації жировмісної сировини (горіхів, бобів какао, мигдалю та ін.). У хлібопекарській промисловості їх практично не використовують.

Для замовлення сита необхідно вказати його метричний номер, тип і номер державного стандарту, згідно якого сито виготовляють.

У хлібопекарській промисловості найбільшого поширення набули ткані сита:

- металоткані, зіткані з металевого дроту, і шовкові – з натурального шовку;
- капронові – капронових ниток і поліамідні – з поліамідних.

Ситова тканина створюється переплетенням ниток поздовжніх (ниток основи) і поперечних (ниток утка). Розрізняють наступні переплетення ниток основи і утка (Рис. 4.3.7):

- полотняне (просте);
- ажурне (перевивочне);
- змішане (ажурне в комбінації з полотняним).

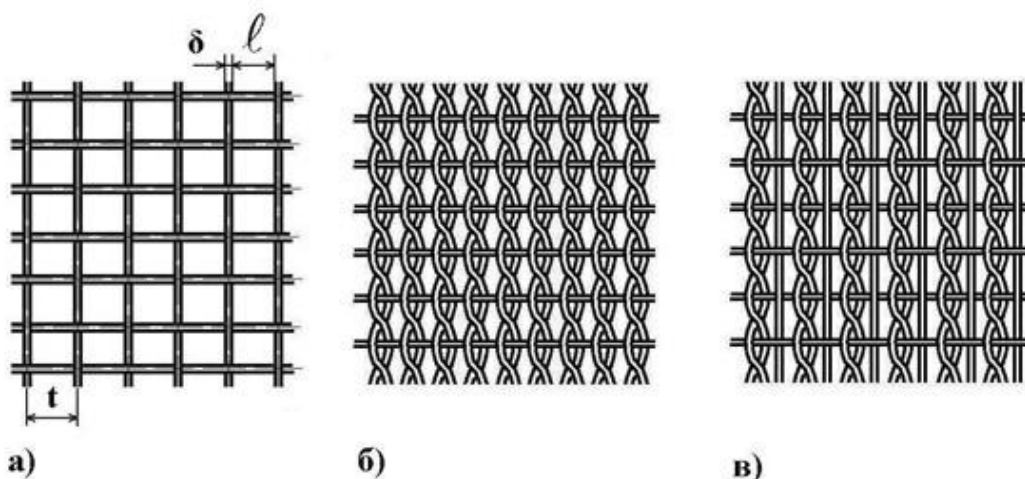


Рис. 4.3.7 Види переплетень ситових тканин: а – полотняне; б – ажурне; в – змішане.

Також широке застосування отримали металеві сита. Площа живого перерізу таких сит набагато вища, чим у інших, що дозволяє ефективно їх використовувати для просіювання дрібних класів.

В якості просіюючі поверхонь використовують сітки з різним способом виготовлення:

1. сітка ткани (рис.4.3.8,а-в) – утворена перехресним переплетінням проволокон основи, які проходять вздовж полотна сітки, з дротами утка, які проходять поперек полотна сітки;
2. сітка плетена (рис. 4.3.8, г) – з круглих або плоских спіралей – утворена сплетінням наступної і попередньої спіралей;
3. сітка зварна (рис.4.3.8, д,е) – утворена з дроту, розташованого в двох взаємно перпендикулярних напрямках і зварених в місцях їх перетину;
4. сітка зібрана з попередньо деформованого дроту (рис. 4.3.8, ж-л) – утворена перехресним сплетінням гладких або попередньо деформованих дровових основ з попередньо деформованими дротами утка.

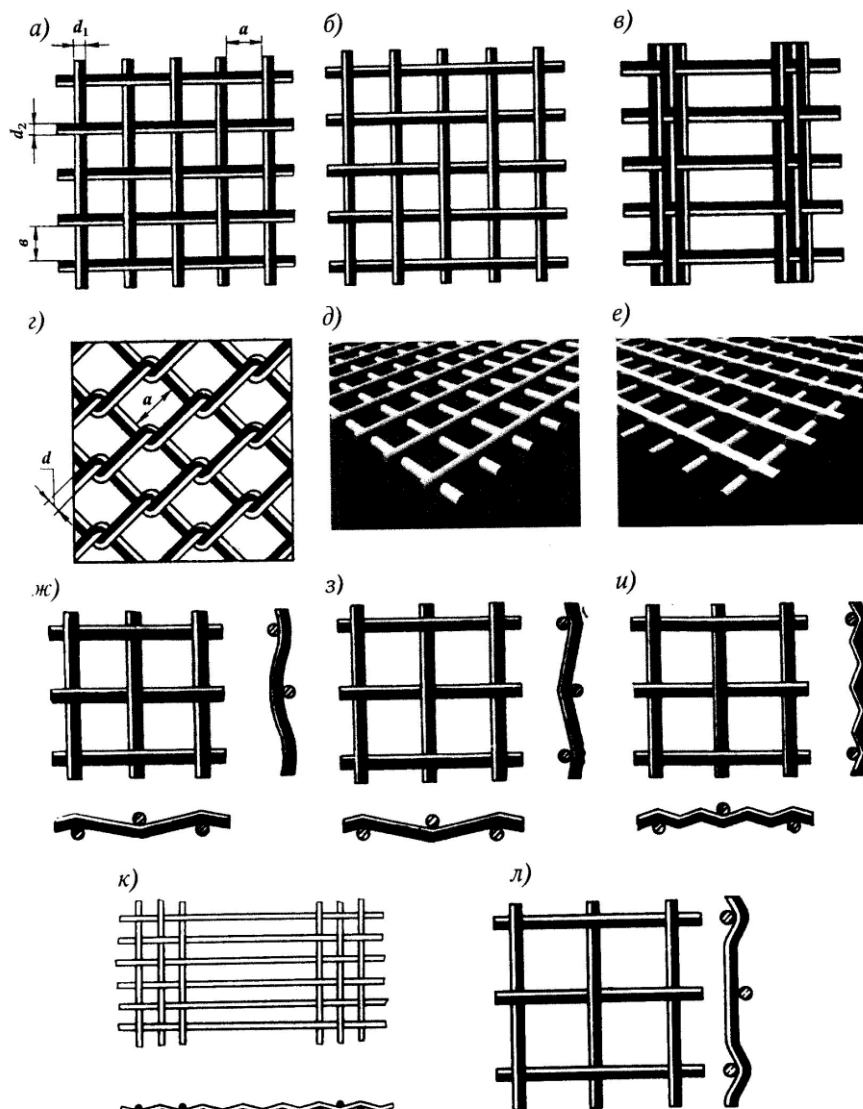


Рис. 4.3.8 – Типи металевих дровових сіток: тканина полотняна (а) і саржевого (б) сплетіння; «сем'янка» (в); плетена (г); зварна з кругового (д) і спеціального (е) профілей; із частково рифленого (ж), рифленого (з) і складно рифленого (и) дроту; із рифленого дроту з прямокутними вічками (к), зі штампованого дроту (л).

Надійність кріплення визначається також технічними показниками отриманими при просіюванні. Металеві сітки кріпляться до вібросита без натягу і з натягом. Часто використовуються кріплення клином, розбитого по бортах вібросита, без натягу сітки.

#### 4.4 Опис технічного рішення

У вібросит з базовою рамою спостерігалась проблема деформації сита. Було вирішено переглянути конструкцію базової рами. Інженерні розрахунки в програмному комплексі «Ansys» показали критичні точки (Рис.4.4.1), де виникають максимальні деформації. Дані розрахунки показали недосконалість конструкції та необхідність її модернізації.

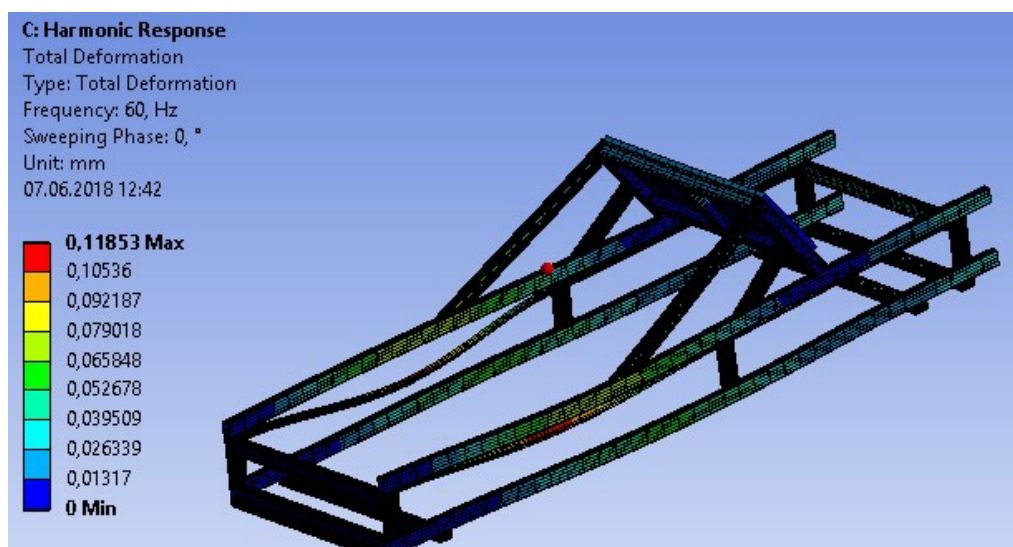


Рис.4.4.1 Схема деформації рами короба вібросита

Модернізація конструкції рами короба, дозволить знизити максимальні механічні напруження, підвищити міцність до вібраційних навантажень та збільшить надійність обладнання.

Крім того, розроблена конструкція дозволить зменшити час переналагодження вібросита при роботі з матеріалами різної фракції

## 5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок вібратора, визначення амплітуди коливань і прискорення частинок

Вібратор – це дебалансний відцентровий механізм, вимушена сила якого викликає обертові рухи інерційного елемента.

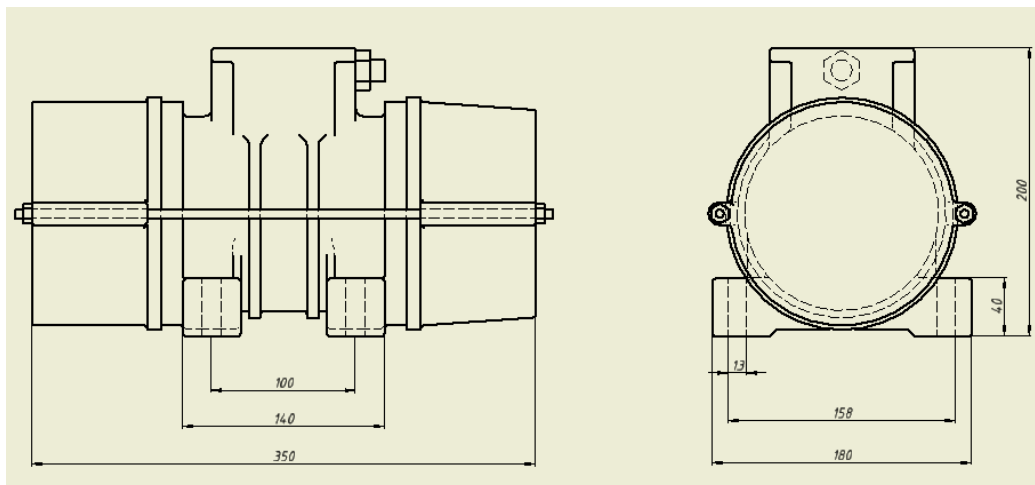


Рис.5.1.1 – Схема електромеханічного вібратора ИВ-127

Вібратори призначені для збуджування вібрацій в установках по утопленню бетонних сумішей і ґрунтів, транспортуванню, вивантаженню та просіюванню сипучих матеріалів, привода віброживильників та ін.

Кругові коливання вібратора, передаються конструкції, на якій він встановлений.

Мінімальна амплітуда вібролита – всі грузки зняті. Максимальна амплітуда – всі грузки встановлені в гнізда дебалансів.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Разробник документа Стельмащук Б.	Назва, додаткова назва  РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	191679.КР.08.05 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/17

Визначимо вимушену силу, яка діє на частинки матеріалу:

- Задамося частотою коливань 24 Гц і знайдемо колову швидкість за формулою:

$$\lambda = 24 \text{ Гц};$$

$$\omega = 2\pi\lambda$$

$$\omega = 2 \cdot 3.14 \cdot 24 = 151 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

- Розрахуємо вимушену силу, яка створюється ексцентриком вала вібратора:

$$P_e = m_e \cdot r_e \cdot \omega^2$$

$$m_e = F \cdot L \cdot \rho - \text{маса ексцентрика};$$

$$F = 0.0013 \text{ м}^2 - \text{площа поперечного перерізу ексцентрика};$$

$$L = 0.282 \text{ м} - \text{довжина ексцентрика};$$

$$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3 - \text{густина матеріалу ексцентрика};$$

$$m_e = 0.0013 \cdot 0.282 \cdot 7800 = 2.85 \text{ кг}$$

$$r_e = 0.007 \text{ м} - \text{ексцентриситет вала};$$

$$P_e = 2.85 \cdot 0.007 \cdot 151^2 = 457.8 \text{ Н}$$

- Розрахуємо вимушену силу, яка створюється одним дебалансом:

$$P_d = m_d \cdot r_d \cdot \omega^2$$

$$m_d = 1 \text{ кг} - \text{маса дебаланса};$$

$$r_d = 0.021 \text{ м} - \text{ексцентриситет дебаланса};$$

$$P_d = 1 \cdot 0.021 \cdot 151^2 = 478 \text{ Н}$$

- Розрахуємо вимушену силу, яка створюється одним вібратором:

$$P_1 = P_e + 2 \cdot P_d$$

$$P_1 = 457 + 2 \cdot 478 = 1413 \text{ Н}$$

- Розрахуємо результуючу вимушену силу:

$$P_p = 2 \cdot P_1$$

$$P_p = 2 \cdot 1413 = 2826 \text{ Н}$$

В зв'язку з тим, що вібратор встановлений під кутом до просіюючої поверхні, визначимо вертикальну і горизонтальну складову вимушеної сили:

$$P_{\text{гор}} = P_p \cdot \sin 35^\circ$$

$$P_{\text{вер}} = P_p \cdot \cos 35^\circ$$

$$P_{\text{гор}} = 2826 \cdot \sin 35^\circ = 1620 \text{ Н}$$

$$P_{\text{вер}} = 2826 \cdot \cos 35^\circ = 2314 \text{ Н}$$

Визначимо амплітуду коливань:

$$X = \frac{2 \cdot m_e \cdot r_e + 4 \cdot m_d \cdot r_d}{M + 2 \cdot m_e + 4 \cdot m_d}$$

де  $M$  – маса всіх рухомих вузлів віброцита, які встановлені на пружини: кузов (1 штука - 40 кг), сита (3 штуки – 9 кг), вібратори (2 штуки – 26 кг).

$$M = 40 + 9 + 26 = 75 \text{ кг}$$

$$X = \frac{2 \cdot 2.85 \cdot 0.007 + 4 \cdot 1 \cdot 0.021}{75 + 2 \cdot 2.85 + 4 \cdot 1} = 0.0024 \text{ м} = 2.4 \text{ мм}$$

Всі рухи однієї частинки визначаються величиною прискорення, яке вона отримує при покачуванні сита. Прискорення визначається за такою формулою:

$$W = \omega^2 \cdot X$$

$$W = 151^2 \cdot 0.0024 = 54.7 \text{ м/с}^2$$

Прискорення, необхідне для відриву шматочків продукту від поверхні сита розраховується за формулою:

$$W_B > g \frac{\cos \beta}{\sin \gamma}$$

де  $\beta = 0$  – кут між поверхнею сита і основою віброцита;  $\gamma$  – кут між поверхнею сита і напрямком дії вимушеної сили  $P_p$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння.

$$W_B > 9.8 \frac{\cos \theta}{\sin(90 - \alpha)}$$

$$W_B > 12,09 \text{ м/с}^2$$

Розрахункове прискорення  $W$  значно більше прискорення, необхідного для відриву частинок матеріалу від поверхні сита. Відповідно до цього, можна зробити висновок, що отримані значення амплітуди і прискорення являються прийнятними для даного вібросита.

## 5.2 Розрахунок вала вібратора

Вал вібратора працює на згин та кручення.

Визначимо опорні реакції в підшипниках  $R_1$  за формулою:

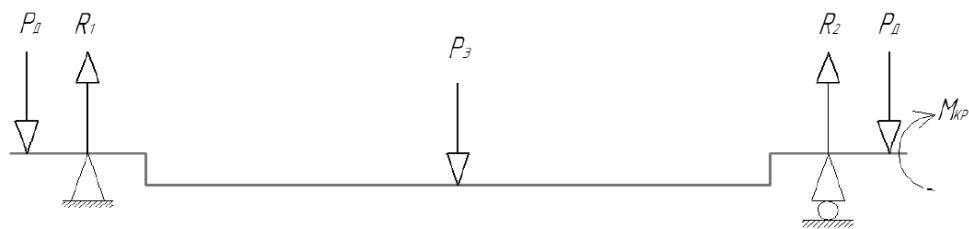


Рис.5.2.1 – Розрахункова схема вала вібратора.

В силу симетрії  $R_1 = R_2$ :

$$R_1 = R_2 = P_d + \frac{P_e}{2}$$

$$R_1 = R_2 = 478 + \frac{457}{2} = 706,5 \text{ Н}$$

Визначаємо момент кручення за формулою:

$$M_{кр} = R_1 \cdot r_{п} \cdot f \cdot 2$$

де  $r_{п}$  – радіус зовнішнього кільця підшипника, м;  $f$  – коефіцієнт тертя в підшипнику.

$$M_{кр} = 706.5 \cdot 0.025 \cdot 0.01 \cdot 2 = 0.54 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Побудуємо епюри згинального і крутного моментів:

$$M_{\text{згин}}(x_1) = P_d \cdot (x_1 \cdot l_1)$$

$$x_1 = l_1 \rightarrow M_{\text{згин}} = 0$$

$$x_1 = l_1 + l_2 \rightarrow M_{\text{згин}} = -P_d \cdot l_2$$

$$M_{\text{згин}} = -478 \cdot 0.025 = -11.95 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{згин}}(x_2) = P_d \cdot (x_2 - l_1) + R_1 \cdot (x_2 - l_1 - l_2)$$

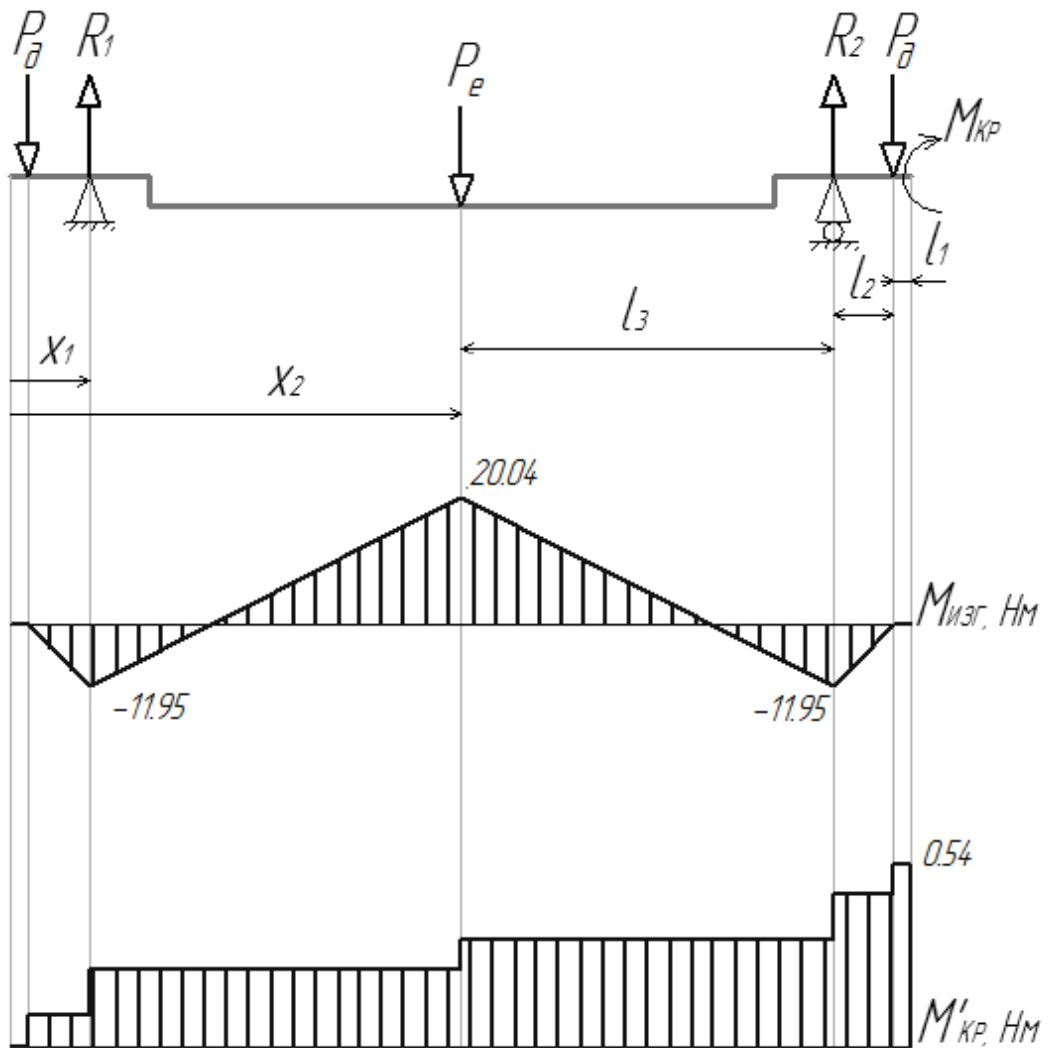
$$x_2 = l_1 + l_2 \rightarrow M_{\text{згин}} = -P_d \cdot l_2$$

$$M_{\text{згин}} = -478 \cdot 0.025 = -11.95 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$x_2 = l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow M_{\text{згин}} = -P_d \cdot (l_2 + l_3) + R_1 \cdot l_1$$

$$M_{\text{згин}} = -478 \cdot (0.025 + 0.140) + 706.5 \cdot 0.140 = 20.04 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В силу симетрії дзеркально зображаємо епюру відносно зусилля:



Розрахуємо максимальний приведений момент в небезпечному перерізі:

$$M_{\text{прив}} = \sqrt{M_{\text{згин}}^2 + 0.45 \cdot M_{\text{кр}}^2}$$

$$M_{\text{прив}} = \sqrt{20.04^2 + 0.45 \cdot 0.54^2} = 20.04 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо момент опору напівкруглого розрізу:

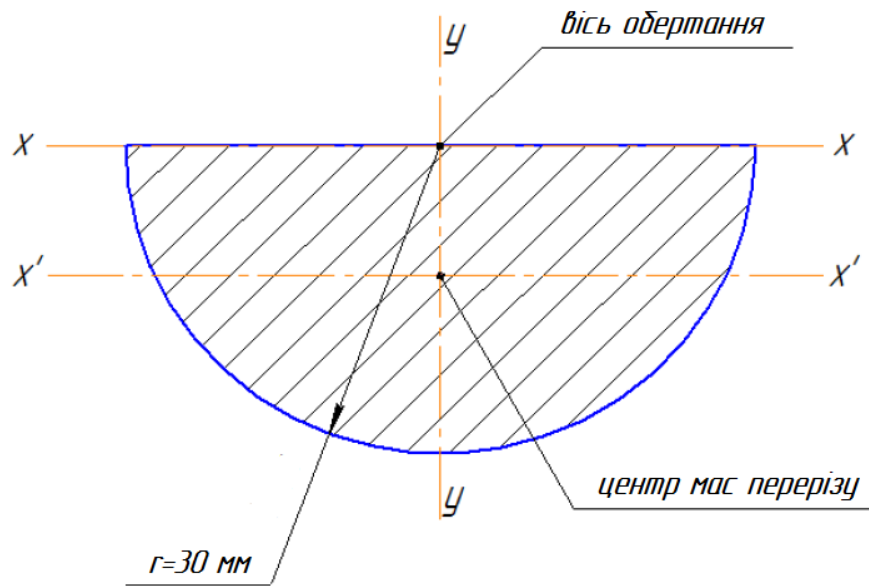


Рис. 5.2.2 – Поперечний переріз ексцентрика вала

$$W_{x-x'} = 0.259 \cdot r^3$$

$$W_{x-x'} = 0.259 \cdot 0.03^3 = 6.99 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Розрахунок ексцентрикового вала на міцність:

$$\sigma < [\sigma]$$

$$\sigma = \frac{20.04}{6.99 \cdot 10^{-6}} = 2.86 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 2.86 \text{ МПа}$$

Для виготовлення вала використовуємо сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 (обробка – закалювання 850°C, охолодження в воді; відпуск 615°C, охолодження на повітрі) з межею міцності  $\sigma_B = 655 \text{ МПа}$

$$\sigma < [\sigma] \rightarrow 2.86 \text{ МПа} < 655 \text{ МПа}$$

Отже, вибраний матеріал можна використовувати при навантаженнях, які передбачені даною конструкцією.

### 5.3 Розрахунок амортизуючих пристроїв

Жорсткість пружини – це коефіцієнт, що зв'язує подовження пружного тіла і виникаючу внаслідок цього подовження силу. Жорсткість чисельно дорівнює силі, прикладеній до пружини, щоб її довжина змінювалась за одиницю відстані (Н/мм).

Динамічна жорсткість визначається за формулою:

$$c = \frac{\sum G_1 + P_{\text{верт}}}{X}$$

де  $\sum G_1$  – вага рухомих елементів конструкції з врахуванням просіюючого матеріалу, Н;  $X$  – амплітуда коливань, мм;  $P_{\text{верт}}$  – вертикальна складова вимушеної сили, Н.

До рухомих елементів відносять: кузов (1 штука – 392 Н), сита (3 штуки – 88 Н), вібратори (2 штуки – 254 Н).

За продуктивності 300 кг/год і швидкості руху матеріалу по ситі 10 см/сек, отримаємо, що в секунду на просіюючій поверхні повинно знаходитись 0.083 кг матеріалу. Довжина просіюючої поверхні складає 2100 мм. Щоб матеріал заповнив просіюючі поверхні по всій довжині, необхідно 21 сек.

$$\frac{2100 \text{ мм}}{100 \text{ мм/сек}} = 21 \text{ сек}$$

Визначимо масу матеріалу, який буде знаходитись на просіюючій поверхні протягом 20 секунд:

$$0.083 \frac{\text{кг}}{\text{сек}} \cdot 21 \text{ сек} = 1.743 \text{ кг} \Rightarrow 17 \text{ Н}$$

$$\sum G_1 = 392 + 88 + 256 + 17 = 753 \text{ Н}$$

$$c = \frac{753 + 2314}{2.4} = 1277.91 \text{ Н/мм}$$

На одну пружину приходиться:

$$c_1 = \frac{c}{6} = \frac{1277.91}{6} = 212.98 \text{ Н/мм}$$

Силові фактори, що діють у будь-якому перерізі розтягування чи стискання пружини, зводяться до моменту  $M = 0.5 \cdot P \cdot D_0$ , вектор якого перпендикулярний осі пружини і силі  $P$ , що діють вздовж осі пружини.

Момент розкладається на згинальний  $M_{\text{згин}} = 0.5 \cdot P \cdot D_0 \cdot \sin\alpha$  та крутний  $T = 0.5 \cdot P \cdot D_0 \cdot \cos\alpha$ . Зазвичай кут підйому витків не перевищує  $12^\circ$ . Тому розрахунок таких пружин можна вести тільки на кручення по моменту  $T$ , нехтуючи іншими силовими факторами в зв'язку з тим, що вони незначні.

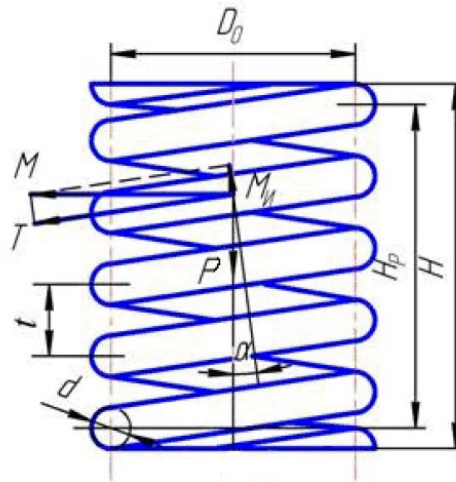


Рис.5.3.1 Розрахункова схема пружини.

Максимальне дотичні напруження визначаються за формулою:

$$\tau = \frac{T}{W_p}$$

де  $W_p$  – полярний момент опору перерізу прутка.

Перепишемо вираз максимальних дотичних напружень через відповідні множники і отримаємо запис:

$$\tau = \frac{0.5 \cdot P \cdot D_0 \cdot \cos \alpha}{0.1 \cdot d^3}$$

$$\tau = \frac{0.5 \cdot \frac{2314}{6} \cdot 0.6 \cdot \cos 12}{0.1 \cdot 0.008^3} = 220.9 \text{ МПа}$$

Результати експериментальних досліджень показали, що межа витривалості одного і того ж матеріалу на розтяг при крученні менша межі витривалості при згині. При симетричному циклі навантаження межа витривалості при крученні буде рівна:  $\tau_{-1} = (0.4 \dots 0.7) \cdot \sigma_{-1}$ , де  $\sigma_{-1}$  – межа витривалості при згині. Були зроблені численні дослідження для встановлення зв'язку між межею витривалості  $\sigma_{-1}$  з іншими механічними характеристиками матеріалу.

Ці дослідження показали, що для сталей відповідає вираз  $\sigma_{-1} \approx 0.5 \cdot \sigma_B$ , де  $\sigma_B$  – межа міцності матеріалу.

Для виготовлення пружини використовуємо сталь конструкційну, ресорно-пружинну марки 60С2Н2А з межею міцності на розтяг  $\sigma_B = 1920$  МПа.

Отримані розрахунки дотичних напружень, які виникають у пружині не повинні перевищувати величини допустимих:

$$\tau < [\tau_{-1}]$$

$$\sigma_{-1} = 0.5 \cdot 1920 = 960 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 0.7 \cdot 960 = 672 \text{ МПа}$$

$$[\tau_{-1}] = \frac{\tau_{-1}}{n} = \frac{672}{1.1} = 611 \text{ МПа}$$

$$[\tau_{-1}] = 611 \text{ МПа}; \tau = 220.9 \text{ МПа} \Rightarrow \tau < [\tau_{-1}]$$

Таким чином, обраний матеріал можна використовувати при навантаженнях, які передбачає конструкція віброшита.

## 5.4 Розрахунок підшипника

Руйнування підшипника кочення, що обертається під навантаженням відбувається через процес втоми в металі кілець та тіл кочення.

Ресурс – число обертів, яке одне з кілець підшипника виконує відносно іншого кільця до появи перших проявів втоми металу одного із кілець чи тіл кочення.

Ресурс підшипника визначається за формулою:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left| \frac{C}{F_r} \right|^k$$

де  $C$  – динамічна вантажопідйомність, Н;  $F_r$  – приведене навантаження, Н;  $k$  – показник кривої витривалості;  $n$  – частота обертання кільця, об/хв.

Для роликів підшипників  $k = 10/3$ . Динамічна вантажопідйомність підшипників кочення №3612 по ISO 281-89  $C=196000$  Н. Приведене навантаження для роликів радіальних сферичних підшипників рівна навантаженню на підшипники:  $F_r = R_1$ .

Визначимо ресурс підшипника:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 1510} \cdot \left| \frac{196000}{18745} \right|^{\frac{10}{3}} = 27496 \text{ годин}$$

## 5.5 Розрахунок металоконструкцій на вібраційні навантаження за допомогою програмного комплексу «Ansys», а саме модулю Harmonic Response Analysis.

Harmonic Response Analysis – це аналіз для визначення стаціонарної реакції лінійної структури на навантаження, які змінюються синусоїдально (гармонічно) з часом. Ця методика аналізу підраховує лише стаціонарні, вимушені коливання структури. Перехідні коливання, які відбуваються на початку збудження, не враховується в гармонійному аналізі.

Результати гармонічного аналізу використовуються для визначення стаціонарної реакції лінійної структури на навантаження, що змінюються синусоїдально (гармонічно) з часом, таким чином, можна перевірити, чи будуть конструкції, які розглядаються успішно долати резонанс, втому та інші шкідливі наслідки примусових вібрації.

В даному проекті розрахуємо раму кузова вібросита.

За допомогою програмного комплексу «Autodesk Inventor» побудуємо 3D модель даної конструкції (рис.5.5.1)

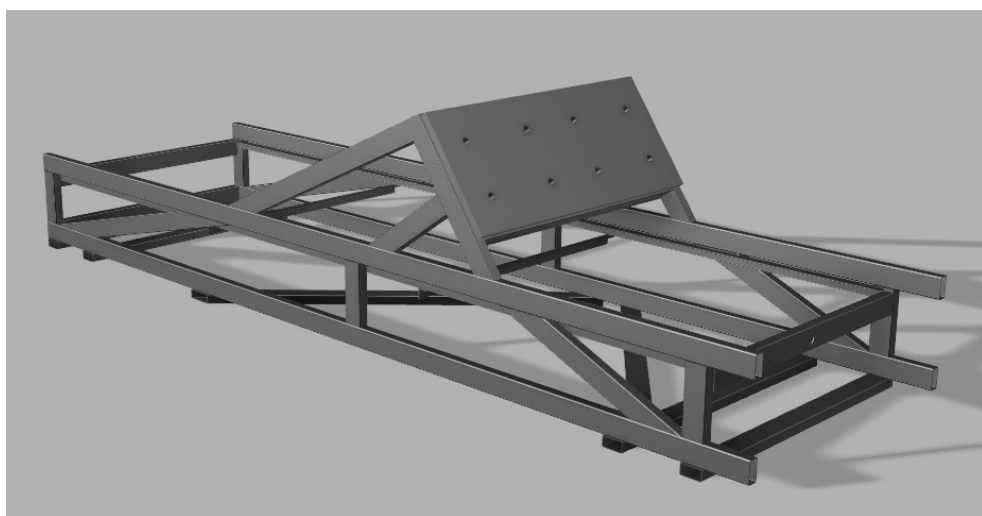


Рис. 5.5.1 – 3D модель рами кузова вібросита

Розрахунок конструкції проходить в наступному порядку:

1. Завантажили 3D модель до програмного комплексу «Ansys».
2. Проведемо Modal analysis, завантаживши геометрію, до його блоку.  
Модальний аналіз визначає вібраційні характеристики (природні частоти та їх форми) структур або компонентів машин. Він також слугує відправною точкою для іншого, більш детального, динамічного аналізу. Природні частоти є важливим параметром при перевірці конструкції на динамічні умови навантаження.

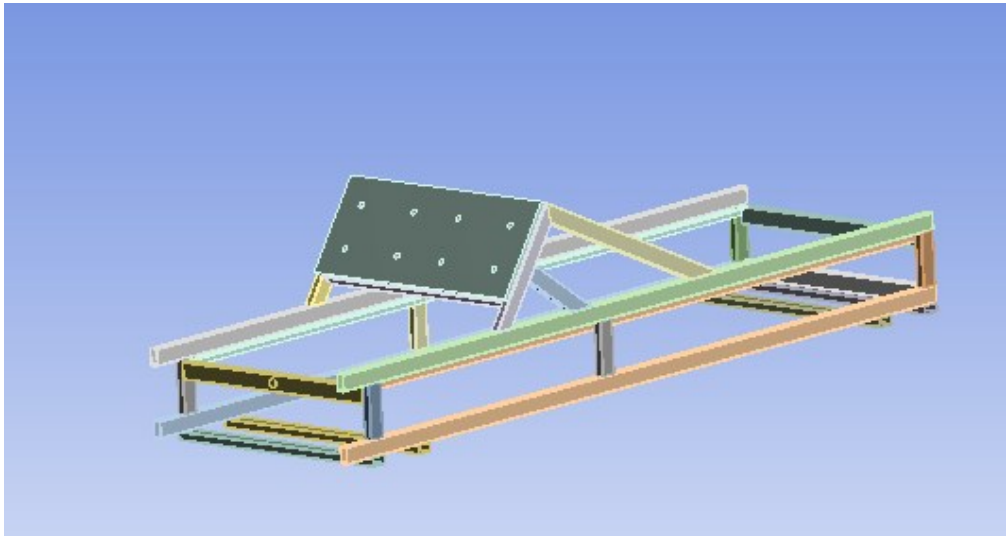


Рис. 5.5.2 Початкова модель рами вібросита (Рама №1)

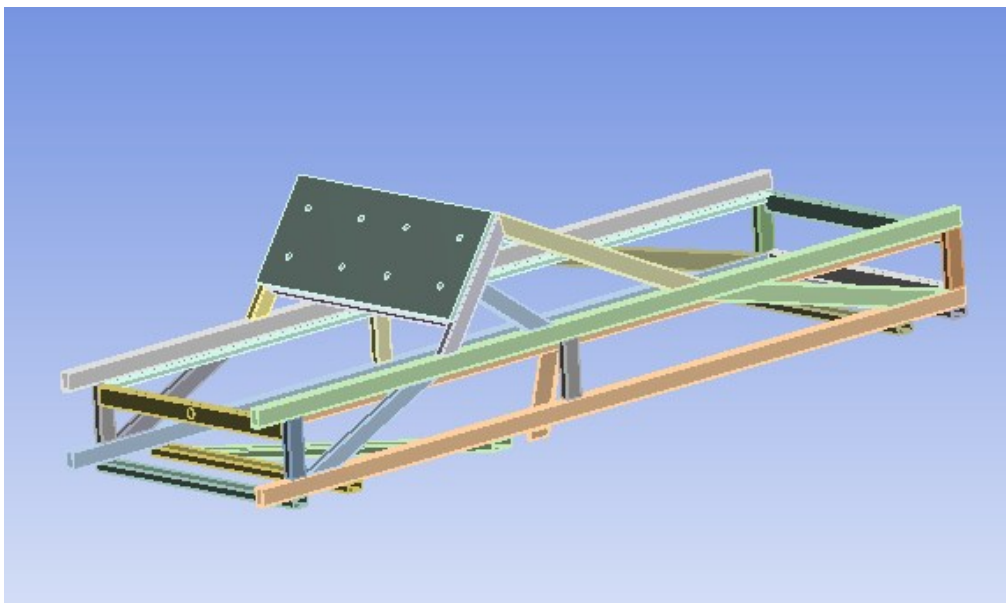
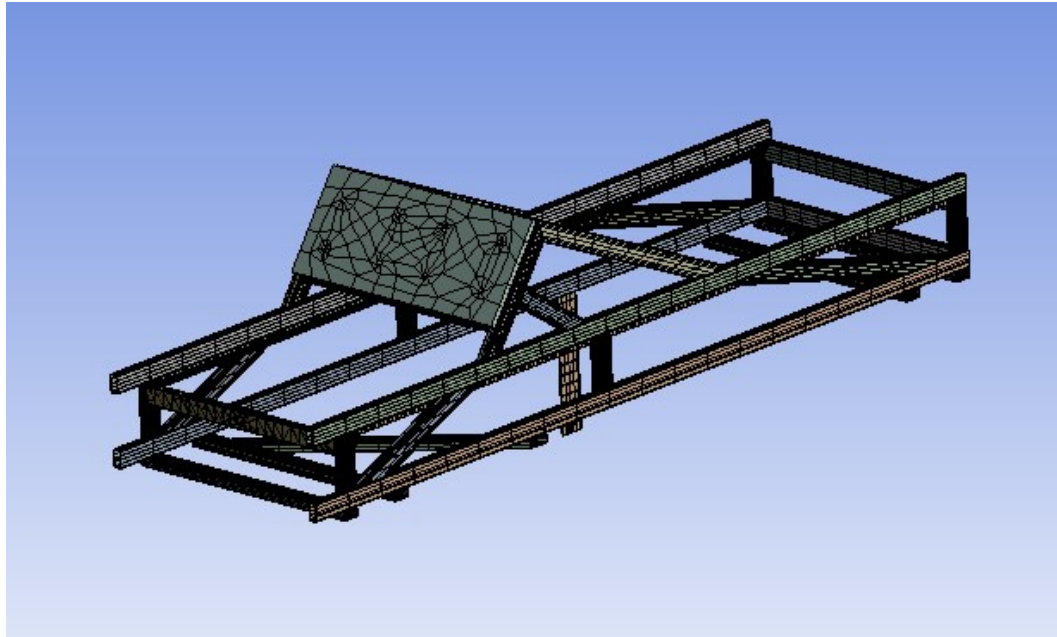


Рис. 5.5.3 Модернізована модель рами вібросита (Рама №2)

3. Розіб'ємо раму на сітку та встановимо опори.



4. Запустимо симуляцію.

Отримаємо значення деформацій рами при відповідних частотах.

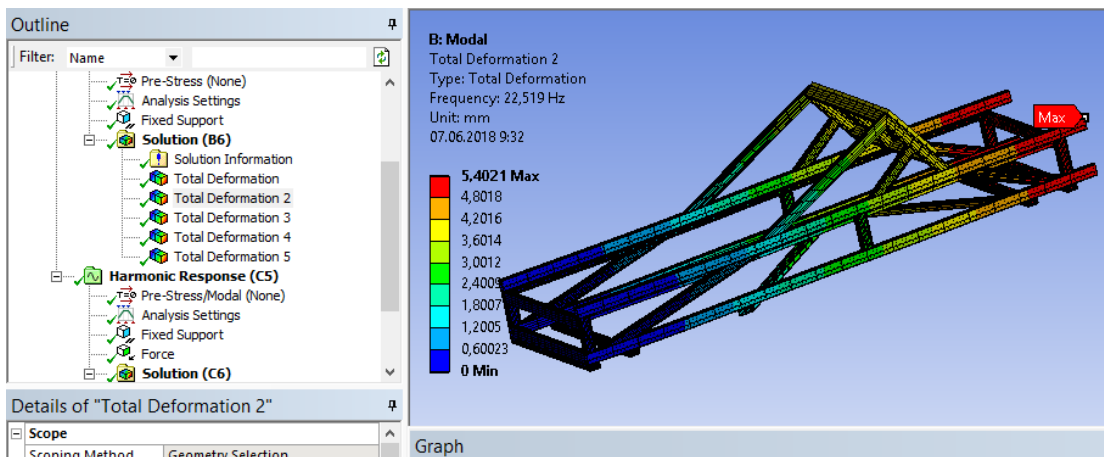


Рис. 5.5.4 Максимальні деформації модернізованої рами при частоті 22 Гц.

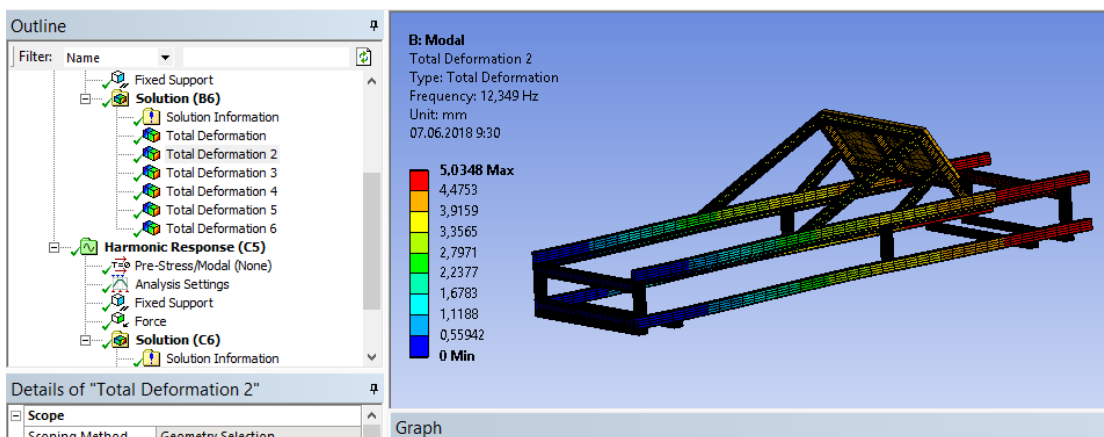
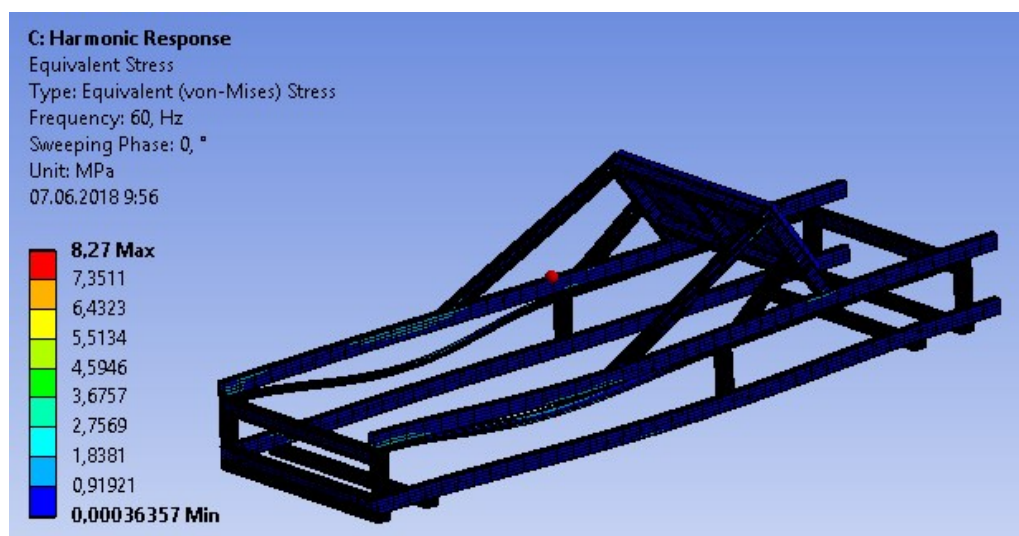


Рис. 5.5.5 Максимальні деформації початкової рами при частоті 12 Гц.

5. Завершимо симуляцію в блоці Modal analysis та завантажуюмо геометрію до блоку Harmonic response. Прикладемо силу 40 Н, до плити, де встановлені вібратори та максимальні значення частоти коливань.
6. Задамо амплітудно-частотну характеристику (frequency response), еквівалентні напруження (equivalent stress) та сумарну деформацію (total deformation). Запустимо симуляцію. Отримані результати показали:

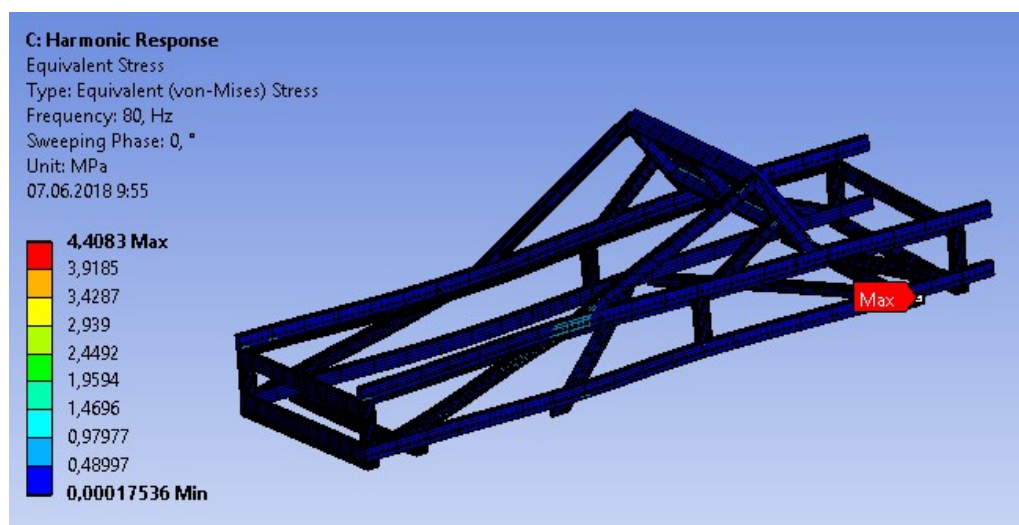
- Equivalent stress



Рама №1 Еквівалентні напруження:

Min = 0.00036 МПа

Max = 8.27 МПа

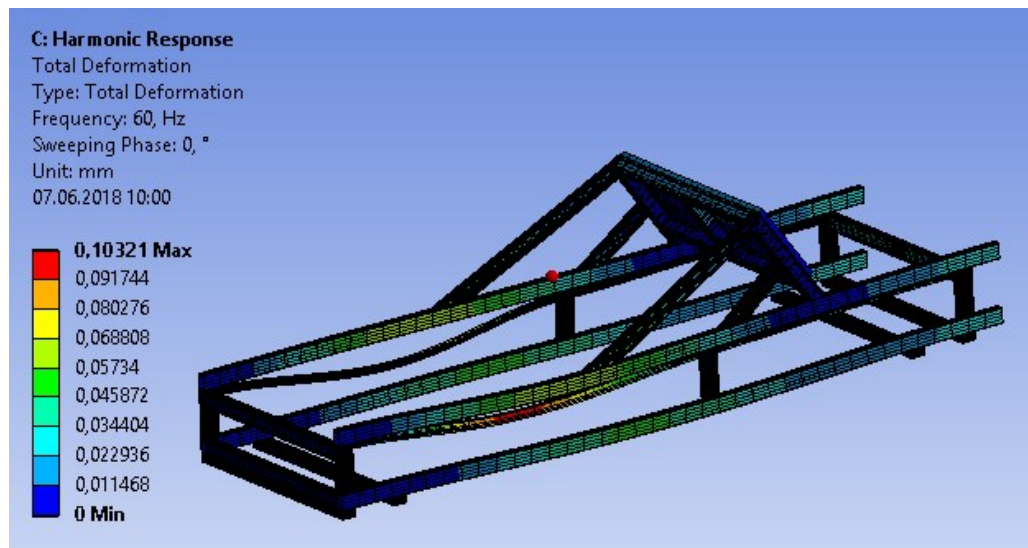


Рама №2 Еквівалентні напруження:

Min = 0.00017 МПа

Max = 4.40 МПа

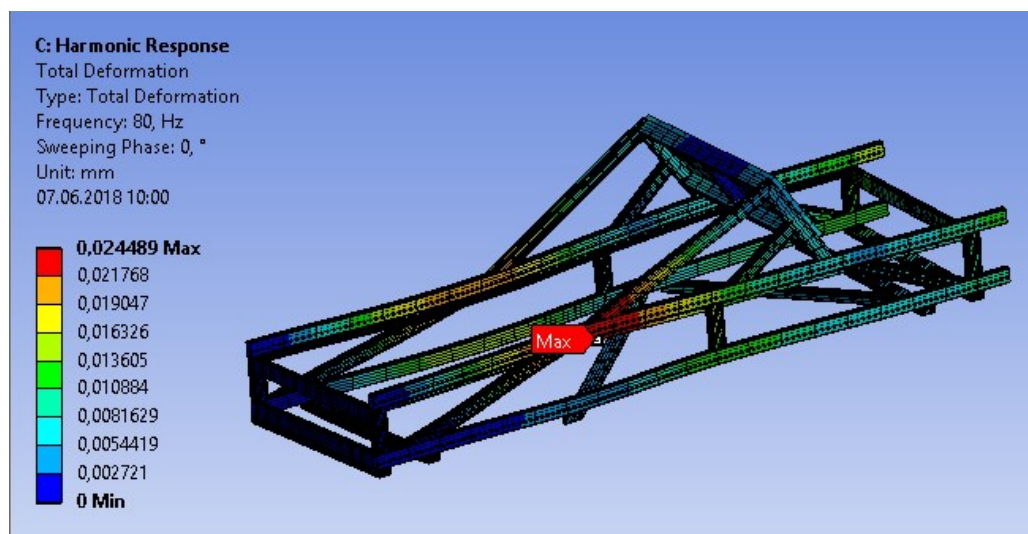
- Total deformation



Рама №1 Сумарна деформація:

Min = 0.011 мм

Max = 0.103 мм

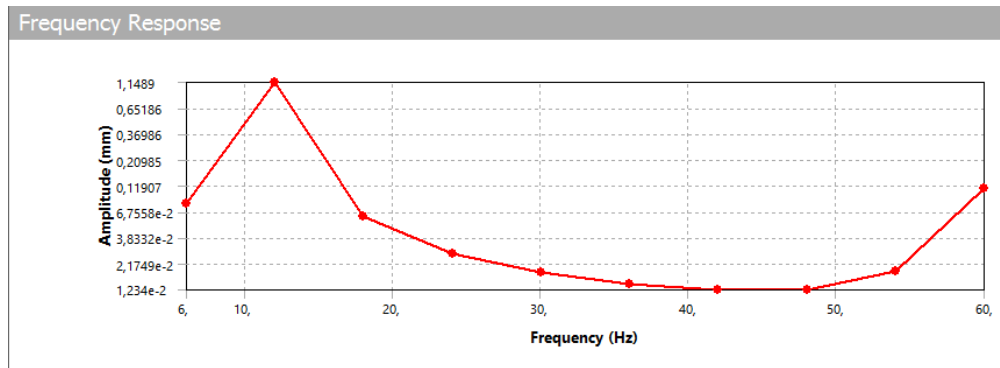


Рама №2 Сумарна деформація:

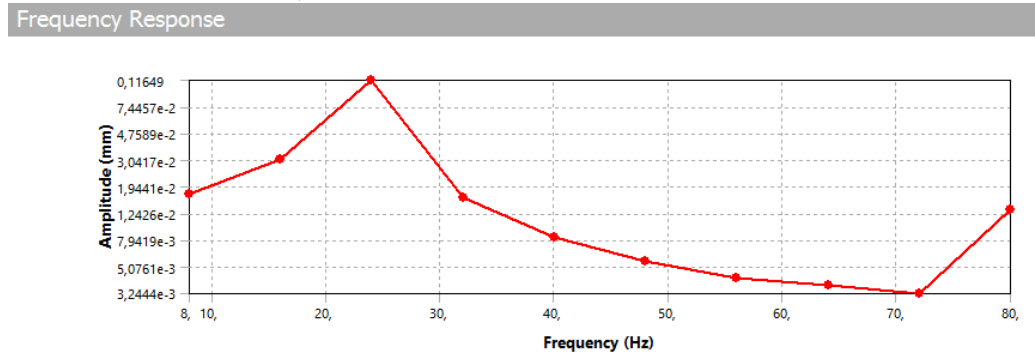
Min = 0.002 мм

Max = 0.024 мм

- Frequency response



Рама №1 Амплітудно-частотна характеристика показує залежність амплітуди від частоти коливань.



Рама №2 Амплітудно-частотна характеристика показує залежність амплітуди від частоти коливань.

Проведене моделювання і ряд досліджень показують, що на даному етапі міцність конструкції (Рама №1) віброцита не розрахована в повній мірі на навантаження, що діють на раму під час її експлуатації. При дослідженні модернізованої конструкції (Рама №2) були отримані результати, які показали підвищену стійкість до вібраційних навантажень в порівнянні з попереднім варіантом рами.

Данні дослідження дозволили встановити частоту власних коливань системи та визначити оптимальні параметри, а саме частоту і амплітуду вимушених коливань.

Звіт з розрахунку рами №2 (Додаток №1)

## 6. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

При виборі матеріалів для виготовлення деталей обладнання харчової промисловості слід враховувати наступні вимоги:

- допустимість контакту з оброблюваною сировиною;
- надійність та довговічність вузлів обладнання;
- економічну доцільність.

У нашому випадку потрібно підібрати матеріали для виготовлення деталей вібраційного сита, для просіювання грецького горіху.

Вібраційне сито – це обладнання харчової промисловості, яке використовується для розділення продукту по фракціям. Основними вузлами вібросита є:

- основна рама;
- кузов;
- живильник;
- бункер;
- карданний шарнір;
- аспіраційна колона;
- сита.

Більшість конструкційних елементів вібросита виконані з матеріалу Ст.3пс.

Ст.3пс – сталь конструкційна, вуглецева, звичайної якості.

Використання в промисловості: несучі елементи зварних і незварних конструкцій і деталей, що працюють при позитивних температурах.

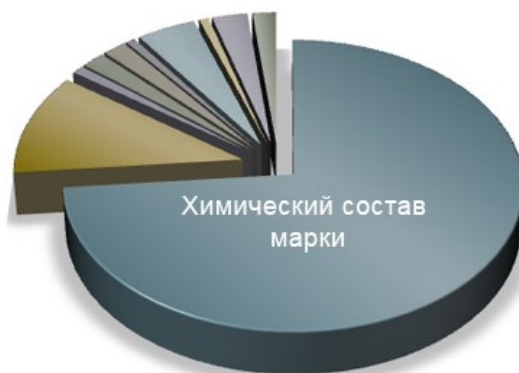
<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Вересоцький Ю.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Разробник документа</i> Стельмащук Б.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	191679.KP.08.06 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 1/3	

### Зварні можливості:

- без обмежень:  
зварювання проводиться без підігріву і без подальшої термообробки.
- обмежено зварювальні:  
зварювання можливе при підігріві до 100-120 град. І подальшій термообробці.
- важко зварювальні:  
для отримання якісних зварних з'єднань потрібні додаткові операції: підігрів до 200-300 град. При зварюванні, термообробка після зварювання – відпал.

Хімічний склад (рис.6.1):

<b>C</b>	0,14 - 0,22
<b>Si</b>	0,05 - 0,15
<b>Mn</b>	0,4 - 0,65
<b>Ni</b>	до 0,3
<b>S</b>	до 0,05
<b>P</b>	до 0,04
<b>Cr</b>	до 0,3
<b>N</b>	до 0,008
<b>Cu</b>	до 0,3
<b>As</b>	до 0,08
<b>Fe</b>	~98



Перелік матеріалів використаних для виготовлення вібросита ВСЛ-5-300  
(табл.6.1)

Найменування матеріалу, марка	Стандарт	Деталі обладнання
Труби Ст.3пс	ГОСТ 380-2005	Несуча рама, рама короба, стіл.
Сталь 40Х	ДСТУ 7806:2015	Вал вібробуджувача
Сталь 60С2Н2А	ГОСТ 2590-2006	Пружини
Ст.3пс	ГОСТ 380-2005	Деталі аспіраційного обладнання: фланець, патрубок, заслонка, маховик, корпус аспіраційної колони. Деталі кріплення: вухо, кутик, косинка, пластина. Втулка.

## 7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 7.1 Вибір деталі, виду та методу її одержання

В даному розділі дипломного проектування розглянемо технологічний процес виготовлення деталі - вилка. Вилка повинна забезпечувати надійність та міцність на всіх етапах роботи, а отже, в свою чергу, потребує якості і точності в процесі виготовлення.

Вилка являється однією зі складових деталей карданного шарніру (рис. 7.1.1). Виготовлення деталі «Вилка» виконується за допомогою 3D – друку, з використанням Fused Deposition Modeling (FDM). Даний метод заснований на використанні поліактиду та фотополімерних смол, які наносяться пошарово та тверднуть під дією ультрафіолетового випромінювання.

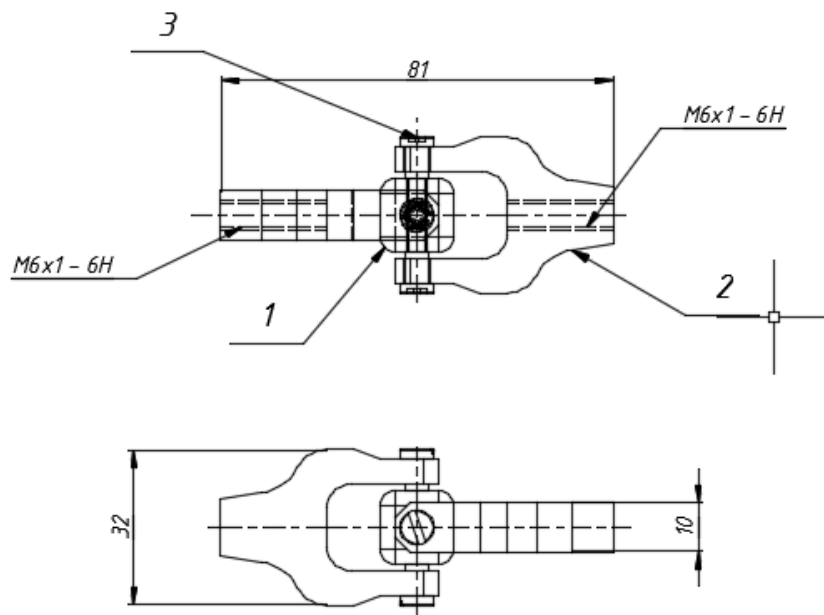


Рис. 7.1.1 Карданний шарнір: 1 – центр; 2 – вилка; 3 – гвинт.

Особливою перевагою даного методу є його точність до 15 мікрон та дешевизна (собівартість однієї деталі 55 грн). Під час процесу нанесення шару

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Разробник документа Стельмащук Б. Документ затверджено Якимчук М.В.	Назва, додаткова назва ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	191679.KP.08.07 ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/12

використовується побудова підтримуючих структур, яка проходить одночасно з виготовленням деталі.

## 7.2 Обґрунтування вибору матеріалів

Для 3D – друку даної деталі, було вирішено обрати PLA-пластик. Полілактид (PLA) – біоматеріал, який підлягає розкладанню, біосумісний, термопластичний, аліфатичний поліефір, мономером якого є молочна кислота (рис. 6.2.) Сировиною для виробництва служать щорічно поновлювані ресурси, такі як кукурудза і цукровий очерет. Використовується для виробництва виробів з коротким терміном служби (харчова упаковка, одноразовий посуд, пакети, різна тара), а також в медицині, для виробництва хірургічних ниток, протезів і штифтів.

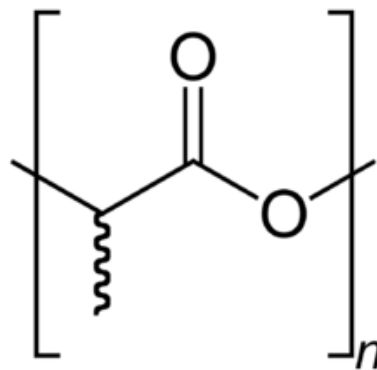


Рис. 6.2 Полілактид (PLA)

Загальна характеристика:

- Хімічна формула:  $(C_3H_4O_2)_n$
- Системне найменування: полі (3,6-діметил-1,4- діоксан-2,5-діон)
- Молярна маса:  $(72)_n$
- Густина: 1,290/1,248 г/см<sup>3</sup> (кристалічний/аморфний)
- Температура плавлення: 170—180 °C (100 % L-ПЛА)

Фізичні властивості:

<b>Величина</b>	<b>Значення</b>
Температура розм'якшення	50°C
Твердість (по Роквеллу)	R70-R90
Відносне подовження при розриві	3,8%
Міцність на згин	55,3 МПа
Міцність на розрив	57,8 МПа
Модуль пружності при розтягуванні	3,3 ГПа
Модуль пружності при згині	2,3 ГПа
Температура склування	60-65°C
Мінімальна товщина стінок	1 мм
Точність друку	± 0,1%
Розмір найменших деталей	0,3 мм
Усадка при виготовленні деталі	немає
Вологопоглинання	0,5-50%

### 7.3 Розробка робочого креслення деталі

Вихідні данні:

Найменування деталі – вилка.

Матеріал деталі – PLA-пластик 26100-51-6. ISO 9001:2015

Тип виробництва – малосерійне.

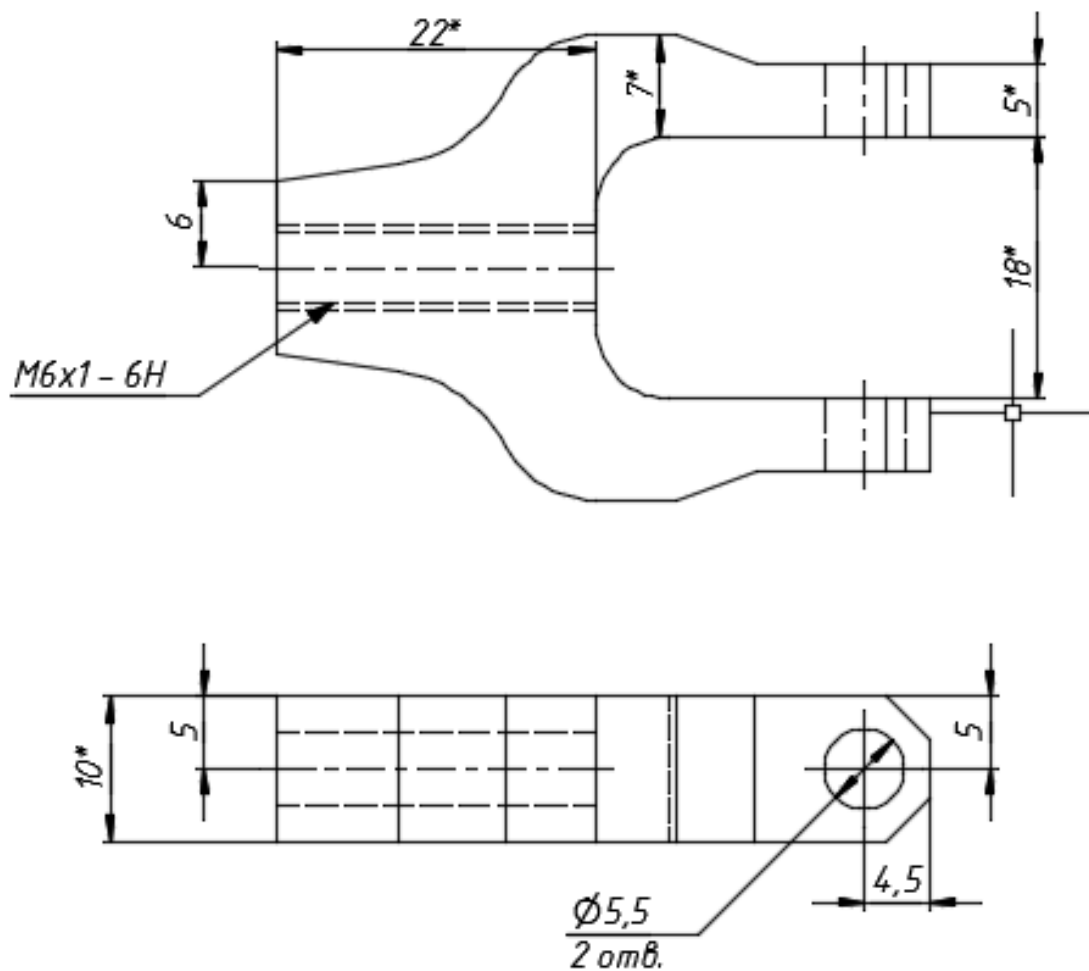


Рис. 7.3.1 Ескіз деталі «Вилка»

### 7.4 Розроблення технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі

Основою для проектування технологічних процесів (ТП) механічного оброблення деталей і їх складання у вузли та вироби є виробнича програма, робочі креслення виробів і деталей та технічні умови на їх виготовлення.

Технологічний процес, який розробляється, має забезпечувати:

- підвищення продуктивності праці та якості виробу;
- скорочення витрат праці й матеріальних витрат;
- зменшення шкідливого техногенного впливу на навколишнє природне середовище;
- реалізацію значень основних показних показників технологічності конструкції певного виробу.

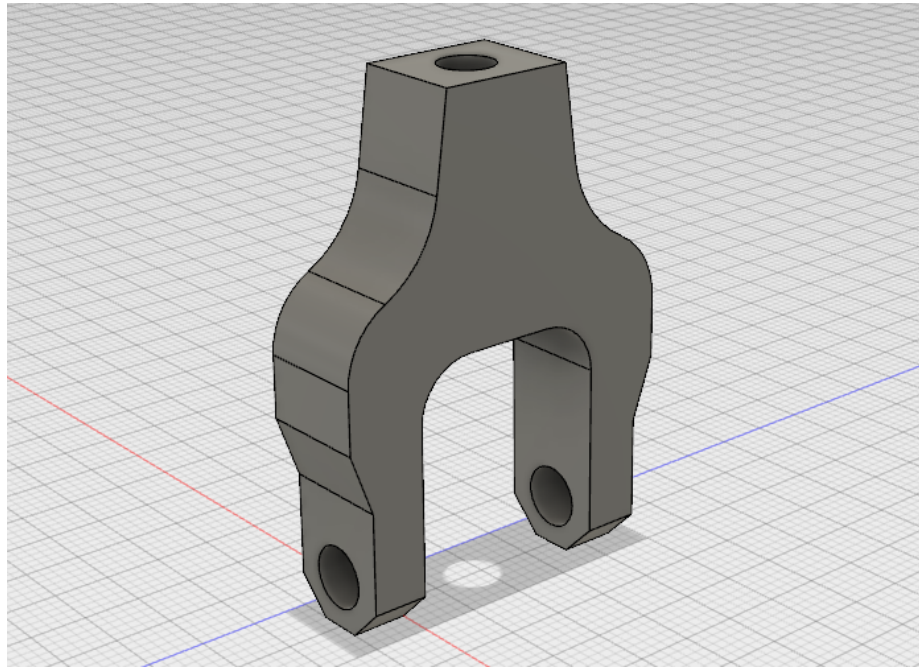
При розробленні технологічного процесу слід керуватись такими рекомендаціями: насамперед обробляють ті поверхні деталі, що є базовими для оброблення найточніших її поверхонь; після цього обробляють поверхні з найбільшим припуском; потім обробляють поверхні, зняття металу з яких найменшою мірою впливає на їх твердість.

Ознайомившись з технологією виготовлення деталі, складаємо технологічний маршрут. При розробленні технологічного маршруту, вибираємо оптимальні методи 3D-друку, що забезпечуватиме надійність її установа та точність виготовлення.

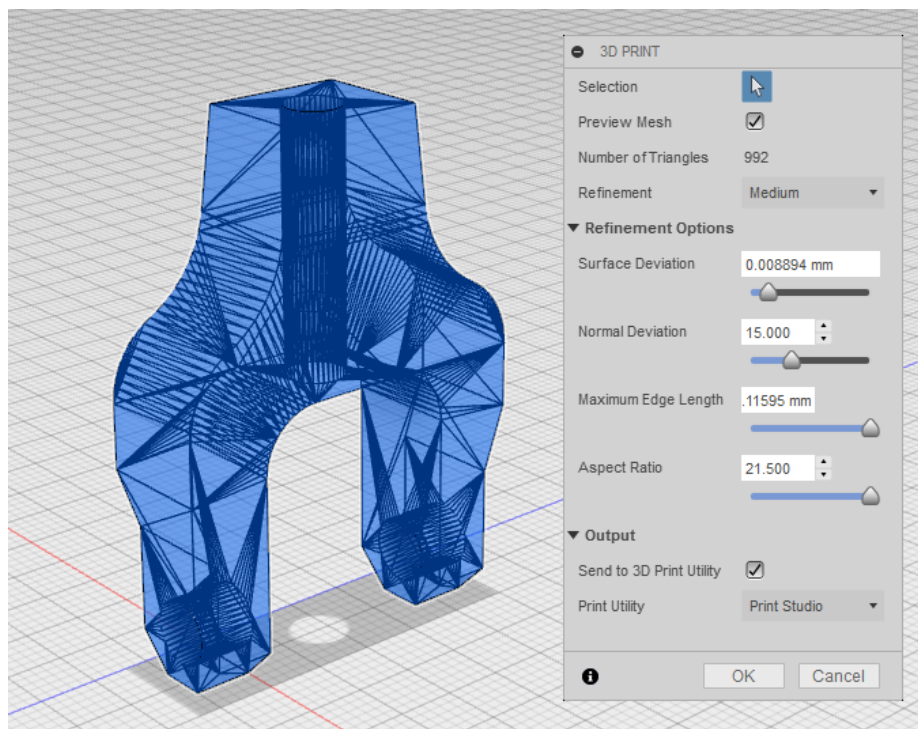
Для виготовлення даної деталі було використано програмний пакет від Autodesk, а саме програмне забезпечення Fusion 360 та Print Studio.

Виготовлення деталі здійснювали у такій послідовності:

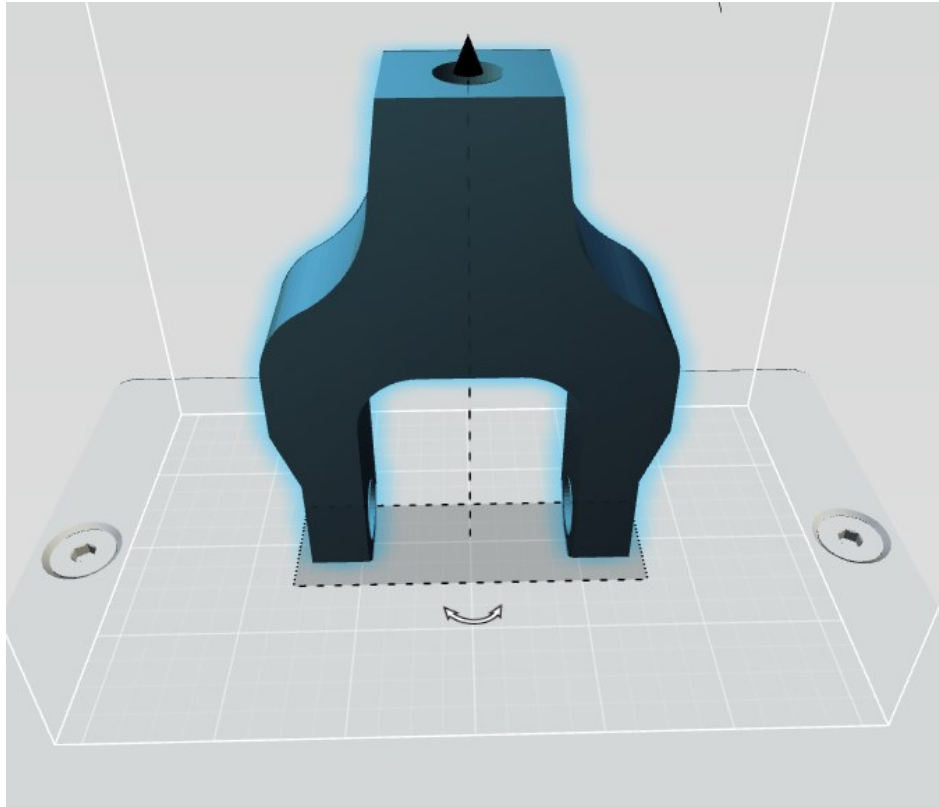
1) Створення креслення робочої деталі та 3D моделі



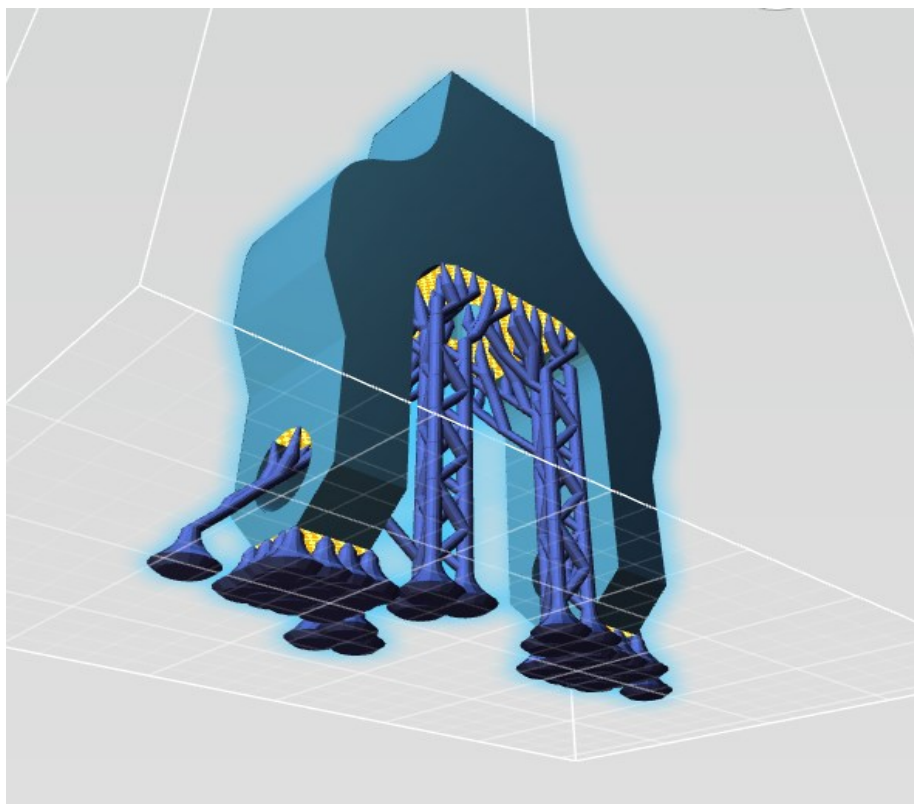
2) Розбиваємо модель на сітку трикутників в кількості 992 шт.



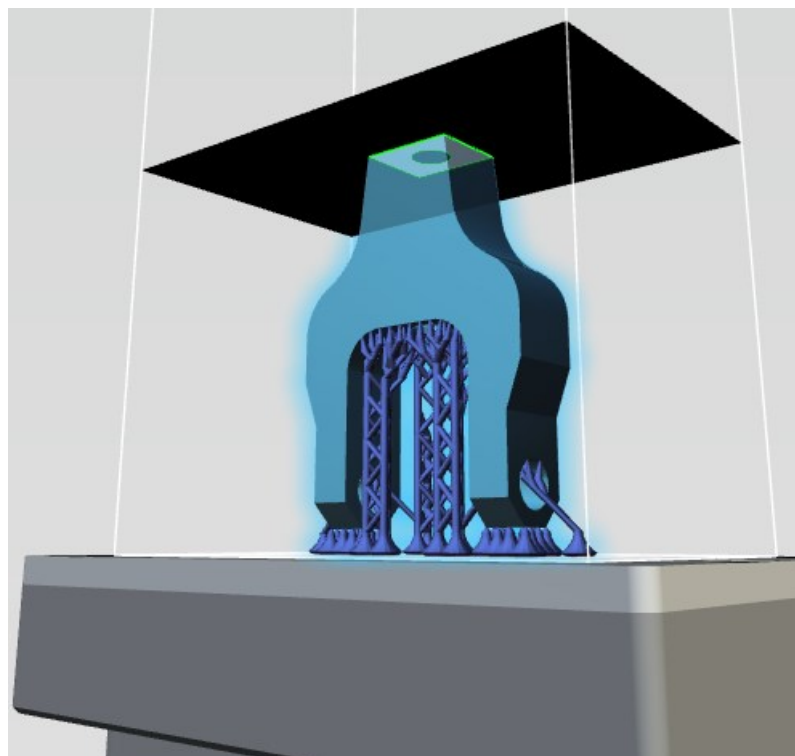
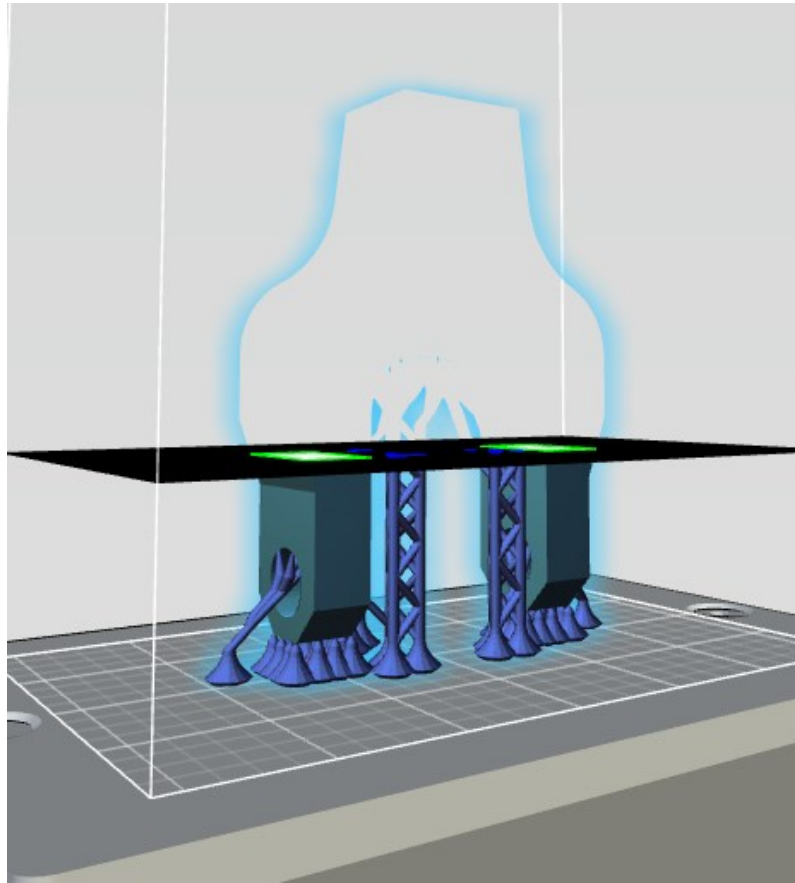
3) Переходимо до модулю Print Studio для роботи з 3D моделлю та її переведення в управляючий G-код. Встановимо модель для друку на рухому платформу, оберемо її оптимальне положення та задамо початкові координати.



4) Встановимо структури підтримки, які будуть слугувати опорами для нових шарів матеріалу та запобігатимуть просіданню пластику.



5) Завантажуємо симуляцію програми GCODE



№ Операції	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання
<b>10</b>	<b>Заготівельна</b>	
10.1	Встановити в картридж катушку з PLA матеріалом, розміром 195×73 мм та діаметр нитки 1.75 мм.	Dremel Digilab 3D20 3D Printer
10.2	Пластик подати в екструдер. Вирівняти довжину екструдювання.	Dremel Digilab 3D20 3D Printer
10.3	Встановимо оптимальні налаштування слайсера: швидкість калібровки та температуру катушки 145 °С для плавлення нитки пластику в екструдері та переходу її в рідкий стан.	Dremel Digilab 3D20 3D Printer
<b>20</b>	<b>3D друк</b>	
20.1	В програмному модулі, активуємо файл GCODE і перенесемо автоматично екструдер в нульове положення для початку виготовлення деталі.	Dremel Digilab 3D20 3D Printer
20.2	Встановлюємо температуру екструдювання 210°С та точність 25 мікрон.	Dremel Digilab 3D20 3D Printer
20.3	Встановимо кут допуску для конструкції підтримки 60.00014 град.	Dremel Digilab 3D20 3D Printer
20.4	Встановлюємо щільність конструкції підтримки 0.8 та товщину стінки 1 мм	Dremel Digilab 3D20 3D Printer

20.5	Запустимо нарізання шарів зі зменшенням температури на 8 °С кожні 10 мм нанесення шару.	Dremel Digilab 3D20 3D Printer
<b>30</b>	<b>Кінцева калібровка деталі.</b>	
30.1	Розчиняємо конструкцію підтримки в спеціальному хімічному розчині та відділяємо від основної деталі.	
30.2	Проводимо зачистку деталі щіткою.	

### Розширені налаштування:

Support	Support angle tolerance: 60.00014 deg
General	Support build surface standoff: 3.0 mm
First Layer	Support sampling density: 0.8
Burn-in Layer	Support clearance: 0.1 mm
Model Layer	Support tip length: 2.0 mm
	Support tip radius: 0.125 mm
	Support base length: 2.5 mm
	Support base radius: 2.5 mm
	Support post radius: 0.5 mm

Support	Anti-alias image boundary: <input checked="" type="checkbox"/>
General	Variable strength exposure: <input type="checkbox"/>
First Layer	Use rotation homing for approach: <input type="checkbox"/>
Burn-in Layer	
Model Layer	

Support	Wait (before exposure):	<input type="text" value="5.0"/>	s
General	Exposure time:	<input type="text" value="8.0"/>	s
First Layer	Separation slide velocity:	<input type="text" value="4.0"/>	rpm
Burn-in Layer	Z-axis overlift:	<input type="text" value="0.75"/>	mm
Model Layer	Separation Z-axis velocity:	<input type="text" value="1.5"/>	mm/s
	Approach slide velocity:	<input type="text" value="4.0"/>	rpm
	Approach Z-axis velocity:	<input type="text" value="1.5"/>	mm/s
	Angle of rotation:	<input type="text" value="60.0"/>	deg
	Overpress:	<input type="text" value="0.0"/>	mm

Support	Overpress:	<input type="text" value="0.0"/>	mm
General	Overpress velocity:	<input type="text" value="1.5"/>	mm/s
First Layer	Wait (after overpress):	<input type="text" value="0.0"/>	s
Burn-in Layer	Overpress return velocity:	<input type="text" value="1.5"/>	mm/s
Model Layer	Separation slide maximum jerk:	<input type="text" value="4629.62963"/>	deg/s <sup>3</sup> (x10 <sup>3</sup> )
	Separation Z-axis maximum jerk:	<input type="text" value="0.0463"/>	cm/s <sup>3</sup>
	Approach slide maximum jerk:	<input type="text" value="4629.62963"/>	deg/s <sup>3</sup> (x10 <sup>3</sup> )
	Approach Z-axis maximum jerk:	<input type="text" value="0.0463"/>	cm/s <sup>3</sup>

Support	Burn-in layers:	<input type="text" value="4"/>	
General	Wait (before exposure):	<input type="text" value="5.0"/>	s
First Layer	Exposure time:	<input type="text" value="4.0"/>	s
Burn-in Layer	Separation slide velocity:	<input type="text" value="4.0"/>	rpm
Model Layer	Z-axis overlift:	<input type="text" value="0.75"/>	mm
	Separation Z-axis velocity:	<input type="text" value="1.5"/>	mm/s
	Approach slide velocity:	<input type="text" value="4.0"/>	rpm
	Approach Z-axis velocity:	<input type="text" value="0.5"/>	mm/s
	Angle of rotation:	<input type="text" value="60.0"/>	deg

First Layer
Burn-in Layer
Model Layer

Overpress:  mm  
 Overpress velocity:  mm/s  
 Wait (after overpress):  s  
 Overpress return velocity:  mm/s  
 Separation slide maximum jerk:  deg/s<sup>3</sup>(x10<sup>3</sup>)  
 Separation Z-axis maximum jerk:  cm/s<sup>3</sup>  
 Approach slide maximum jerk:  deg/s<sup>3</sup>(x10<sup>3</sup>)  
 Approach Z-axis maximum jerk:  cm/s<sup>3</sup>

Support
General
First Layer
Burn-in Layer
Model Layer

Wait (before exposure):  s  
 Exposure time:  s  
 Separation slide velocity:  rpm  
 Z-axis overlift:  mm  
 Separation Z-axis velocity:  mm/s  
 Approach slide velocity:  rpm  
 Approach Z-axis velocity:  mm/s  
 Angle of rotation:  deg  
 Overpress:  mm

Support
General
First Layer
Burn-in Layer
Model Layer

Overpress:  mm  
 Overpress velocity:  mm/s  
 Wait (after overpress):  s  
 Overpress return velocity:  mm/s  
 Separation slide maximum jerk:  deg/s<sup>3</sup>(x10<sup>3</sup>)  
 Separation Z-axis maximum jerk:  cm/s<sup>3</sup>  
 Approach slide maximum jerk:  deg/s<sup>3</sup>(x10<sup>3</sup>)  
 Approach Z-axis maximum jerk:  cm/s<sup>3</sup>

## 8.ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

### 8.1 Принципи організації монтажних робіт

Монтажні роботи виконуються за спеціально розробленим проектом організації монтажу, в якому відображені наступні основні питання та рішення:

- Календарний план робіт монтажу в цілому, а також монтаж окремих видів обладнання;
- Методи роботи, їх механізації, заходи по охороні праці та техніці безпеки;
- Технічні схеми процесів монтажу окремих частин обладнання;
- Необхідність в підйомно-транспортному обладнанні, пристосуваннях опорних пристроях та інструментах для механізації монтажних робіт;
- Необхідність у робочій силі відповідної класифікації;
- Кошториси на виконання монтажних робіт.

Проект виконання монтажних робіт розробляється відповідно до існуючого Державного стандарту, яким регламентується порядок розробки, перелік документації та її зміст.

### 8.2 Порядок установки

1. Підготувати горизонтальну площину, де буде встановлюватись вібросито. Відхилення від горизонтального розташування майданчика не повинно перевищувати 1 градуса
2. Встановити вібросито на майданчик таким чином, щоб з усіх боків був вільний простір не менше 1м.
3. Закріпити вібросито фундаментними болтами.
4. Зняти болти і шайби.
5. Підключити вібратори до мережі гнучким кабелем.
6. Перевірити надійність кріплення огорожі.

### 8.3 Підготовка до роботи

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.</i>	<i>Вид документа Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа  НУХТ</i>	<i>Разробник документа Стельмащук Б.</i>	<i>Назва, додаткова назва  ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ</i>	<i>191679.KP.08.08 ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова на</i>	<i>Аркуш 1/6</i>

1. Перед пуском необхідно перевірити:

- наявність мастила в підшипниках;
- роботу вентиляційних установок;
- затяжку всіх гайок і болтів;
- натяг сит і установку пружинних опор.

2. Перевірте електроживлення вібросита і протягом однієї години простежте за його роботою без навантаження.

3. Після 5 та 60 хвилин роботи вібратора обов'язково необхідно підтягнути болти, якими він кріпиться до рами.

4. При різкому підвищенні температури корпусу вібратора необхідно негайно відключити його від електромережі.

5. Під час роботи не повинні спостерігатися відхилення, удари короба по несучій рамі.

#### **8.4 Технологічна послідовність технічного обслуговування.**

Технічне обслуговування

1. Рекомендована система планово-попереджувальних ремонтів передбачає виконання таких видів робіт:

- щодобовий перевірка правильної експлуатації і технічного стану (П);  
ремонтні огляди (РО)

- планові ремонти - поточні ремонти (Т); капітальні ремонти (К).

2. Щодобова перевірка правильної експлуатації і технічного стану здійснюється особами нагляду і фахівцями молодшої ланки (механіками, змінними майстрами і т.д.), А також ремонтними слюсарями і електрослюсарями. Решта видів обслуговування виробляють ремонтні бригади.

3. Ремонт вібросита, мастило підшипників, натяг ременів можна робити тільки під час повної зупинки вібросита.

Табл. 8.4.1 Види, періодичність і порядок технічного обслуговування

Вид технічного обслуговування	Періодичність	Склад робіт
Перевірка правильної експлуатації	Кожного дня	Перевірити нагрів підшипників по нагріву корпусу. Перевірити підключення заземлення вібросита.
Ремонтний огляд	1 раз в місяць	Замінити змазку підшипників. Перевірити надійність болтових з'єднань. Перевірити надійність кріплень.
Поточний ремонт	1 раз в місяць	Провести роботи ремонтного огляду. Перевірити пружинні опори. Замінити зношені резинові кільця.

4. Капітальний ремонт рекомендується проводити один раз в три роки.

5. Названі періодичність і порядок технічного обслуговування і ремонтів вібросита можуть бути змінені з урахуванням особливостей умов його експлуатації.

6. При складанні складових частин вібросита деталі повинні бути ретельно очищені від бруду.

7. Забороняється здійснювати посадку деталей ударами молотка.

### 8.5 Несправності та засоби їх усунення

Характерні несправності та методи їх усунення наведені в таблиці

5.2.1.

Таблиця 8.5.1 – Характерні несправності та методи їх усунення.

№	Найменування несправності, зовнішні прояви та додаткові ознаки	Вірогідна причина	Методи усунення
1	Температура мастила перевищує температуру довкілля більше ніж на 45 °С	Занадто багато або дуже мало мастила в корпусі вібратора.  Брудна змазка.  Використана не відповідна марка мастила.  Вийшов з ладу підшипник.	Встановити нормальний об'єм мастила.  Замінити брудне мастило і заповнити чистим.  Замінити підшипник, який вийшов із ладу.
2	Під час роботи стукіт вібраторів.	Не затягнуті гайки кріплення деталей вібратора.  Вийшли з ладу підшипники.	Затягнути гайки.  Замінити підшипники, які вийшли з ладу.
3	Стукіт сита під час роботи.	Ослабло кріплення сита.  Сито сильно зносилось.	Натягнути кріплення.  Замінити зношене сито.
4	Двигун при запуску повільно набирає оберти або зупиняється.	Заїдання ротора внаслідок зношування підшипників.  Обрив однієї з фаз.  Заїдання валу вібратора внаслідок виходу з ладу підшипників.	Замінити підшипники.  Усунути обрив.  Замінити підшипники вібратора.
5	Поперечні коливання вібросита.	Нерівномірна загрузка короба по ширині.	Забезпечити рівномірну загрузку сита по ширині.

		Маса дебалансів різна	Зрівноважити маси дебалансів
6	Недостатня ефективність просіювання.	Підвищена зношуваність сит.  Вічки сит забиті матеріалом.	Замінити сито.  Очистити сито, встановити підбивні тіла.

Залежно від особливостей і ступеня пошкоджень і зносу виробів і їх складових частин, а також трудомісткості ремонтних робіт, виробляють наступні види ремонту: поточний, середній, капітальний.

Поточний ремонт являє собою мінімальний за обсягом вид ремонту, при якому забезпечується нормальна експлуатація вібросита до чергового планового ремонту. Під час поточного ремонту усувають несправності заміною або відновленням окремих складових частин (швидкозношуваних деталей), а також виконують регулювальні роботи.

Протягом зміни, між змінами або в період технологічних простоїв обладнання повинно здійснюватися щозмінне технічне обслуговування - догляд за віброситом для збереження його в працездатному стані.

Під час поточного ремонту проводиться усунення несправностей, заміна зношених деталей.

Виробляються такі основні роботи:

- затягування ослаблених болтових з'єднань;
- заміна мастила в вібраторі і перевірка ущільнень;
- очищення сит від налиплого матеріалу;
- дефектація, а при необхідності заміна сит;
- огляд, а при необхідності заміна хомутів пелюсткових муфт.

Середній ремонт полягає у відновленні експлуатаційних характеристик виробу ремонтом або заміною зношених або пошкоджених складових частин.

Середній ремонт вібросита виконують рухливі або стаціонарні ремонтні служби.

Капітальний ремонт полягає в повному розбиранні і дефекації вібросита, в заміні, ремонту і перевірці всіх складових частин, зборці вібросита і його комплексної перевірки, регулювання та випробування.

Капітальний ремонт виконується стаціонарними ремонтними підприємствами. Періодичність ремонтів рекомендується наступна:

- середній ремонт повинен проводитися після відпрацювання 7000 годин;
- капітальний ремонт повинен проводитися після відпрацювання віброситом ресурсу 10000 годин.

До середнього ремонту і в період між середнім і капітальним ремонтом повинні виконуватися поточні ремонти.

Вібросито працює в умовах дії на його конструкцію великих динамічних навантажень і абразивного зносу. Тому експлуатація вібросита з найменшої несправністю може привести до більш серйозних поломок і виходу з ладу всього вібросита.

## 9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Автоматизація, як відомо, це загальні принципи звільнення людини від безпосередньої участі в управлінні технологічними і виробничими процесами і побудови систем для цього.

Використання автоматичних пристроїв, а саме: регуляторів амплітуди та частоти коливань вібросита, а також регулятора заслонки для подачі продукту з бункера дозволяє управляти процесом просіювання в автоматичному режимі. Участь людини в керуванні процесом зводиться до мінімуму та необхідна лише під час запуску вібросита в дію на початку роботи або в разі виникнення аварійної ситуації.

Система управління віброситом є доцільною: з економічної точки зору – витрати на встановлення та обслуговування автоматичних пристроїв є меншими у порівнянні з витратами при використанні людських ресурсів; з точки зору техніки безпеки – виробничий травматизм мінімальний.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Вересоцький Ю.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Разробник документа</i> Стельмащук Б.	<i>Назва, додаткова назва</i>  ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ	191679.KP.08.09 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 1/1	

## 10. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 10.1 Заходи з охорони праці при роботі з вібриситами

В Україні основною законодавчою базою охорони праці є прийнятий Верховною Радою Закон «Про охорону праці», а також «Кодекс законів про працю України». Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці – це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами працівниками України.

Згідно Закону «Про охорону праці» деякі категорії робітників повинні проходити обов'язкові медичні огляди. До їх числа відносяться працівники, зайняті на важких роботах і на роботах зі шкідливими і небезпечними умовами праці. Вони проходять обов'язкові попередні (при прийомі на роботу) і періодичні медичні огляди для визначення придатності цих працівників для виконання доручається роботи та попередження професійних захворювань. До шкідливих, небезпечних виробничих факторів віднесені хімічні фактори, фізичні фактори (виробнича вібрація, виробничий шум, підвищена і знижена температура в порівнянні з допустимими рівнями і т. д.); фактори трудового процесу (фізичні перевантаження, перебування у вимушеній робочій позі понад 25% часу зміни та ін.).

Частота проведення періодичних медичних обстежень визначається територіальними органами служби з нагляду в сфері захисту прав споживачів і благополуччя людини спільно з роботодавцем, виходячи з конкретної епідеміологічної та санітарно гігієнічної ситуації, але не рідше ніж один раз на два роки.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Вересоцький Ю.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Разробник документа</i> Стельмащук Б.	<i>Назва, додаткова назва</i>  ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ	1191679.KP.08.10 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 1/11

Періодичні медичні огляди можуть проводитись достроково відповідно до медичного висновку з обов'язковим обґрунтуванням в напрямку причини позачергового (дострокового) огляду.

Працівники, які здійснюють трудову діяльність, пов'язану з джерелами підвищеної небезпеки (з впливом несприятливих виробничих факторів і шкідливих речовин), а також працюють в умовах підвищеної небезпеки, з метою визначення їх придатності за станом психічного здоров'я проходять обов'язковий психіатричний огляд.

У випадках, коли за станом здоров'я працівнику необхідно пройти позачерговий медичний огляд відповідно до медичних рекомендацій, він повинен бути спрямований на обстеження із збереженням за ним місця роботи і середнього заробітку.

Проходження особами, задіяними на роботах з шкідливими і небезпечними умовами праці, обов'язкових попередніх (при вступі на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів (обстежень) є їх обов'язком.

Відмова працівника від проходження чергового періодичного медичного огляду без поважної причини роботодавець може розглядати як порушення трудової дисципліни і піддати його дисциплінарному стягненню.

Роботодавець не має права допускати працівників до виконання ними трудових обов'язків без проходження обов'язкових медичних оглядів, а також у випадку медичних протипоказань.

## **10.2 Техніка безпеки при роботі з віброситами**

Якщо монтаж вібросита не проводиться відразу після отримання, то необхідно організувати його правильне зберігання.

Розпакування ящиків виконувати в сухому приміщенні після їх доставки до місця монтажу. При цьому необхідно дотримуватися обережності, щоб не пошкодити упаковані деталі.

Перед монтажем необхідно оглянути всі складальні одиниці і деталі вібросита і усунути пошкодження, які могли виникнути при транспортуванні.

Особливу увагу слід приділити надійності болтових з'єднань. Вали вібраторів повинні вільно провертатися, без заїдань при погойдуванні дебалансів вручну.

Установку вібросита необхідно виконувати таким чином, щоб забезпечити з усіх боків вільний простір шириною не менше 1 м, необхідне для його обслуговування і ремонту.

Забороняється встановлювати на рухомих частинах вібросита завантажувальні або розвантажувальні лотки, кожуха, додаткові деталі або складальні одиниці та інше, тому що це може привести до зміни режиму роботи вібросита (зменшення амплітуди коливань) або до поломок.

До монтажу вібросита допускаються особи, які склали випробування в обсязі технічного мінімуму і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Стропування вібросита і його переміщення при монтажі повинні здійснювати особи, які мають офіційний дозвіл на виконання цих робіт.

Монтаж електричного обладнання здійснюють особи, які пройшли інструктаж і мають допуск на роботи, пов'язані з наявністю напруги до 1000 В. В процесі монтажу все електричне обладнання, а також обладнання та механізми, які можуть опинитися під напругою (корпус двигуна, захисні кожухи рубильників, металева броня кабелів, вібросито, воронки для надситового і підситового продуктів), повинні бути надійно заземлені відповідно до «Правил експлуатації електроустановок».

Забороняється під час виконання монтажних робіт виконувати підйом вібросита з незакріплені корпусом, кріпити стропи для підйому і транспортування за деталі корпусу, забороняється тягнути вібросито до місця монтажу по землі без використання катків або інших пристосувань, проводити

роботи на віброситі, піднятому на стропах і залишати його в положенні на тривалий час.

Експлуатація вібросита не допускається випадкове рухомих частин за нерухомі, несправності просіює або приводу, сильних вертикальних вібрацій рухомих частин, ослабленні болтів і гайок, відсутності мастила в вібраторах, знятих огорожах.

Перед пуском вібросита необхідно перевірити наявність мастила в вібраторі, надійність встановлення кріплення дек шпильками, наявність огорожень обертових частин.

Вібрації - це коливання різних хвильових процесів, які відбуваються при певних фізичних навантаженнях.

При роботі в умовах вібрацій продуктивність праці знижується, росте число травм. На деяких робочих місцях вібрації перевищують нормовані значення, а в деяких випадках вони близькі до граничних. Зазвичай в спектрі вібрації переважають низькочастотні вібрації, негативно діють на організм. Деякі види вібрації негативно впливають на нервову і серцево-судинну системи, вестибулярний апарат. Найбільш шкідливий вплив на організм людини дає вібрація, частота якої збігається з частотою власних коливань окремих органів організму.

Ознаки вібраційної хвороби:

- нервові стреси; носові і вушні кровотечі;
- часті головні болі, непритомність, запаморочення;
- паралізація організму, інфаркт, інсульт;
- відхилення від прямо ходіння, нервові тики.

Зменшувати вібрацію і шум вібросита в джерелі їх утворення можна наступними заходами: усуненням в конструкції ударної взаємодії деталей,

усуненням резонансного явища, застосуванням мінімальних допусків в розділенні деталей, використання полімерних сит.

Коливання машин з частотою до 15 - 18 Гц сприймаються організмом людини ізольовано одне від іншого і відчуються як поштовхи або струс. Ці відчуття викликають нервові збудження. Інтенсивність поштовхів і струсів можна зменшити установкою амортизаторів. Коливання з більшою частотою (понад 18 Гц) і невеликою амплітудою сприймаються разом і відчуються як вібрація. В результаті тривалої вібрації виникає вібраційна хвороба.

Виробнича вібрація, яка характеризується значною амплітудою і тривалістю дії, викликає у працюючих безсоння, дратівливість, головний біль, шум у вухах, погіршення пам'яті, схуднення, порушення координації рухів.

Для захисту від вібрації застосовують такі методи: зниження віброактивності машин; відбудова від резонансних частот; вібродемпферування; віброізоляція; віброгасіння; індивідуальні засоби захисту.

Зниження віброактивності машин здійснюється зміною технологічного процесу. Налаштування від резонансних частот полягає в зміні режимів роботи машини і, відповідно, частоти вимушених вібросил. При вібродемпфіруванні зниження вібрації здійснюється шляхом посилення в конструкції процесів тертя, які розсіюють коливальну енергію. Віброгасіння здійснюють шляхом установки додаткових мас.

Віброізоляція полягає в зменшенні передачі коливань від джерела до захисного об'єкту за допомогою додаткових пристроїв, які розміщені між ними.

Профілактичні заходи щодо захисту від вібрацій полягають в зменшенні їх в джерелі утворення і на шляху поширення, а також в застосуванні індивідуальних засобів захисту, проведення санітарних і організаційних заходів.

Якщо вібрація машини перевищує допустиме значення, то час контакту працюючого з цією машиною обмежують.

Для підвищення захисних властивостей організму, працездатності і трудової активності необхідно використовувати спеціальні комплекси виробничої гімнастики, вітамінну профілактику, спеціальне живлення.

При експлуатації вібросита забороняється проводити регулювання, змащення або ремонт сита на ходу, вмикати двигун без заземлення і при несправних електричних пускових пристроях, вмикати сито без огорож обертових частин.

Перед тим, як почати роботу, необхідно встановити необхідну амплітуду коливання короба і необхідний кут нахилу віброзбудника для досягнення необхідної продуктивності при необхідній ефективності просівання.

Збільшення кута нахилу знижує продуктивність, але збільшує ефективність просіювання. Збільшення амплітуди збільшує обидва ці параметра, але зменшує термін служби деталей вібратора, збільшує напруги в несучих конструкціях вібросита.

Запуск і зупинку вібросита здійснювати тільки вхолосту після повного очищення сит від матеріалу.

Завантаження вібросита проводити рівномірно по часу. Товщину шару матеріалу на ситах регулювати живильним пристроєм і встановлювати в залежності від необхідної ефективності просіювання і продуктивності.

Змащування вібросита здійснювати згідно графіку змащування (рис. 10.1) і таблиці 10.1. Перша заміна мастила в корпусі вібратора повинна бути проведена після 100 годин роботи вібросита з метою видалення забруднення. Наступні заміни мастила проводити після 200 годин безперервної роботи вібросита.

Перед заміною мастила вібросито повинно пропрацювати безперервно не менше 1 години. Кожен корпус підшипника повинен бути очищений від бруду і пилу.

Після цього зняти кришки підшипників, видалити старе мастило, промити підшипники гасом, витерти чистою ганчіркою, заповнити чистим мастилом на  $1/3 - 0,5$  обсягу підшипникової порожнини, зібрати вібратор.

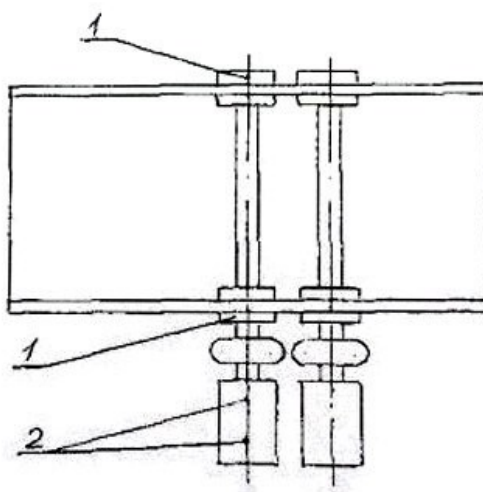


Рис.10.1 – Схема змащування підшипників: 1- підшипник вібратора, 2- підшипник двигуна.

Таблиця 10.1 – Карта змащування.

Найменування складальної одиниці	Найменування точок змащування	Кількість точок підводу змазки	Спосіб змащування	Періодичність змащування	Витрати змазки, см <sup>3</sup>	Тип змазки
Вібратор	Підшипник	2	Набивка	Один раз за 200 год роботи	100	Літол-24 DIN ISO 2137
Двигун	Підшипник	2	Набивка	Один раз на місяць	20	Ціатим-201 DIN ISO 6743-13-89

Періодично контролювати температуру нагрівання масла (протягом перших двох годин роботи вібратора, вона може підвищуватися, після чого не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища більше ніж на 45°C).

Не менш ніж один раз на добу контролювати на слух рівномірність шуму при роботі вібросита, стежити за станом болтових з'єднань.

Механічні коливання машин призводять до коливань повітряного середовища, які є причиною шумів. Сильний і тривалий шум негативно впливає на стан здоров'я.

Знизити рівень шуму до гранично допустимих норм можна конструктивними і технологічними рішеннями, які дозволяють послабити шум в джерелі його виникнення.

Одним з варіантів зниження рівня шуму є звукоізоляція механізмів або машини в цілому за допомогою кожухів. Застосування кожухів знижує шум до 3 дБ.

Шум можна трохи знизити, якщо вібросито розмістити на території підприємства з підвітряного боку по відношенню до інших будівель.

Заходи боротьби з шумом:

- заміна гучних процесів безшумними-менш гучними;
- поліпшення якості виготовлення і монтажу обладнання;
- укриття джерел шуму;
- усунення працюючих людей зі сфери шуму;
- застосування індивідуальних захисних засобів.

Звукова шкала:

- до 20 дБ - рівень шепоту;
- до 40 дБ - рівень розмовної мови;
- до 85 дБ - рівень виробничого шуму;
- до 130 дБ - рівень нестерпного шуму;
- до 180 дБ - рівень «втоми метала».

За характером спектра шуми поділяють на: тональні – характерні для більшості установок з обертовими частинами при високих швидкостях; широкосмугові - шуми з безперервним спектром шириною більше однієї октави, де перепад звукового тиску з сусідніми октавами становить не більше 10 дБ.

Промисловий шум від працюючого устаткування підрозділяють на низькочастотний (300 - 400 Гц), середньочастотний (400 - 1000 Гц), високочастотний (більше 1000 Гц). Звук частотою менше 16 Гц (інфразвук) і більше 20000 Гц (ультразвук) органи слуху людини не сприймають.

З огляду на, що верхній межа діапазону сприйняття шуму людини близько 130 дБ, виробничий шум являє виробничу шкідливість.

Роблячи шкідливий вплив на весь організм і в першу чергу на центральну нервову і серцево-судинну системи, шум може привести і до погіршення слуху, а в окремих випадках до глухоти; послаблює увагу, уповільнює швидкість психічних реакцій, знижуючи продуктивність і ускладнюючи сприйняття попереджувальних сигналів, що може привести до травматизму.

Шкідливий вплив шуму залежить від тривалості впливу, інтенсивності, частотної характеристики, при чому, чим вища частота, тим небезпечніший вплив шуму.

### **10.3 Індивідуальні засоби захисту**

До роботи на вібронебезпечному обладнанні допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд, мають відповідну професійну кваліфікацію та відповідають мінімальним технічним вимогам для безпечного виконання робіт, оскільки існує ризик вібрації.

Для зменшення негативного впливу вібрації застосовуються засоби індивідуального захисту та встановлюються режими праці працівників, які виконують роботи з вібрацією.

Антивібраційні рукавички та взуття, що використовуються як засоби індивідуального захисту.

Як засіб індивідуального захисту працюючих від шкідливого впливу ультразвуку, що поширюється в повітрі, необхідно застосовувати шумозаглушувальне обладнання.

Для захисту рук від дії ультразвуку в зоні контакту людини з твердими (рідкими) середовищами слід використовувати рукавички або захватиманіпулятори.

#### 10.4 Освітлення

У приміщенні використовується три види освітлення: штучне, природне та змішане. Допустима величина освітленості регламентується згідно з ДБН В2.5-28-2006.

Для штучного освітлення мінімальний рівень освітлення робочих підлог у виробничих приміщеннях регламентується за коефіцієнтом природного освітлення та змішаного освітлення (КПО).

Норми освітлення розробляються на основі класифікації робіт за їх окремими ознаками.

Основною характеристикою, що визначає якість роботи, є найменший розмір помітних частин. Розміри, в свою чергу, поділяються на 4 підрозряди (в залежності від відбивної здатності тону і контрасту між деталлю і тоном). Основний промінь світла повинен бути справа та спереду. Цех має стрічкові вітрини. Стіни білі, що покращує освітлення.

Для штучного освітлення використовується система загального освітлення, що включає стільникові лампи білого світла ЛБ 80 потужністю 80 Вт в кількості 24 шт.

Лампи ці є найбільш ефективними з точки зору спектрального складу, але, на жаль, мають певну частоту мерехтіння, яка усувається включенням їх у протифазі. Для операторів характеристикою зорової роботи є «низька

точність». У цьому випадку коефіцієнт природного освітлення з боку буде дорівнювати 0,9; Мінімальний розмір об'єкта – 1...5 мм.

Норма освітлення робочих місць зі штучним загальним освітленням згідно з ДБН В2.5-28-2006 має становити 150 Лк.

Природне освітлення в приміщеннях коливається в залежності від пори року та часу доби, внаслідок чого виникає необхідність впровадження КПО:

$$КПО = (E_n / E_n) \times 100 \%$$

де  $E_n$  – освітленість в даній точці приміщення;

$E_n$  – освітленість точки, що знаходиться на горизонтальній площі зовні приміщення та освітлена розсіяним світлом повністю відкритого неба.

### 10.5 Висновки та пропозиції

Загалом можна виділити наступні причини незадовільного стану охорони праці в галузі:

- недостатня підготовка фахівців галузі з питань охорони праці, несвоєчасне проведення та неякісна перевірка знань навчання;
- використання недосконалого обладнання та застарілої, недосконалої технології;
- низький рівень трудової дисципліни через відсутність економічного стимулювання виконання норм і правил охорони праці та застосування економічних санкцій за порушення.

Для запобігання захворювань та травматизму необхідно:

- заміна ручної роботи оператора на автоматизовану значно зменшить тяжкість травм рук при натисканні на кнопки машини;
- розміщувати інструкцію з використання біля використовуваного обладнання;
- відгородити всі рухомі частини та пофарбувати огорожу в червоний колір;
- відображати плани евакуації для виробничого персоналу на видному місці в разі надзвичайної ситуації.

## 11. Охорона довкілля

### Вступ

Технології виробництва харчових продуктів здебільшого характеризуються високими питомими витратами сировини, палива, енергії, води та інших природних ресурсів, що робить їх неконкурентоспроможними на міжнародному ринку. Неконтрольовані викиди забруднювальних речовин в атмосферу, водойми та ґрунти призвели до істотного забруднення їх, що стало на заваді виробництву екологічно безпечної рослинної та тваринної сировини для харчових виробництв. Особливо погіршився екологічний стан після катастрофи на Чорнобильській атомній електростанції. Це призвело до радіоактивного забруднення ґрунтів та водойм на значних територіях, внаслідок чого виробництво екологічно безпечної продукції на сільськогосподарських угіддях стало проблематичним.

### 11.1 Утилізація відходів

Харчова промисловість охоплює виробництво багатьох харчових продуктів, які повною мірою задовольняють харчовий раціон людини. Під час здійснення технологічних процесів утворюється велика кількість різних відходів та побічних продуктів.

В галузі кондитерського виробництва 5-8 млн. тон шкаралупи волоського горіха утворюється щорічно та потребує переробки. Частково шкаралупа використовується в косметичній промисловості та у виробництві толі, лінолеуму, наждаку та точильних матеріалів. А використання шкаралупи волоського горіха в якості сировини для отримання активованого вугілля дозволяє розв'язати питання утилізації відходів і отримати сорбент високої якості.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження <i>Вересоцький Ю.І.</i>	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Разробник документа <i>Стельмащук Б.</i>	Назва, додаткова назва  <i>Охорона довкілля</i>	<i>191679.KP.08.11 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Якимчук М.В.</i>		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/5

Розмолота мука шкарлупи багата мінеральними речовинами і тому служить хорошим добривом.

Жмих ядра горіха, який залишається після витягування масла, містить близько 50 % білків, в яких багато (6,2 г на 100 г) незамінних амінокислот, 10% масла, велику кількість мінеральних солей та інших речовин. Зі жмиху ядра готують смачну, корисну та поживну горіхову халву. Крім того, жми використовують у кондитерському виробництві при виготовленні начинок для цукерок, пиріжків, шоколаду та ін.

Отже, невід'ємною перевагою переробки грецького горіху є відсутність його відходів.

### **11.2 Екологічна безпечність пакувальних матеріалів**

Нині в умовах забрудненого навколишнього природного середовища потрібно дотримуватися екологічних вимог до упаковки. Потрібно, щоб упаковка насамперед виконувала своє призначення в процесі зберігання продукту з моменту виготовлення до його реалізації -- не руйнувалася та запобігала надходженню в продукт небажаних інгредієнтів, не зумовлювала негативних якісних і кількісних показників його. Після використання продукту бажано, щоб упаковку можна було повторно використовувати або утилізувати. Адже це є умовою зменшення дедалі зростаючих витрат дефіцитних і важливих для існування людини природних сировинних і енергетичних ресурсів та забруднення навколишнього природного середовища відходами виробництва і використаної упаковки.

Для виготовлення пакувальних матеріалів (дерев'яна тара, картон, целофан, етери целюлози тощо) щороку витрачаються мільйони тонн деревини, що призводить до вирубування великих площ лісів та порушення екологічної рівноваги в біосфері Землі.

На виготовлення та застосування упаковки витрачається велика кількість енергетичних ресурсів, що дуже важливо в умовах їх дефіциту в нашій країні. Кожна тонна утилізованого паперу зберігає від вирубування 17 дерев, дає економію 4100 кВт енергії та 26000 л води. Це також запобігає викиду в повітря 27 кг забруднювальних речовин і вивезенню на смітники близько 2,3 м<sup>3</sup> сміття. Нагадаємо при цьому, що для виготовлення 1кг газетного паперу потрібно близько 33 кг деревини. Проте на виготовлення тієї самої кількості нового паперу витрачається близько 1,3 кг макулатури.

Відходи упаковки, що забруднюють довкілля, становлять близько 15% всіх відходів і 20 — 25 % цієї кількості — це полімерна упаковка. Як відомо, пластмаси та інші пластики є продуктами перегонки нафти і газу. Отже, виготовлення пластиків передбачає використання невідновних природних ресурсів. Процес забруднення довкілля відходами полімерної упаковки ускладнюється тим, що нова упаковка одноразового використання після вживання продукту споживачем викидається практично без утилізації. Це призводить до появи небезпечних відходів, коли пластики виготовляються, і тоді, коли вони вже виготовлені й спалюються на сміттєспалювальних підприємствах, а ще гірше, коли здійснюють неорганізоване спалювання в побуті.

Надзвичайно важливою є повторне перероблення та використання алюмінію і скла, оскільки в такому разі досягається найбільша економія. При цьому слід узяти до уваги й те, що технології утилізації скла і металу найкраще відпрацьовані й використовуються в промисловості вже давно. Справа лише за розробкою ефективних організаційних заходів щодо збирання використаної тари й упаковки.

### 11.3 Екологічна безпека очищення повітря

У багатьох галузях народного господарства очищення технологічних газів є частиною головного виробництва.

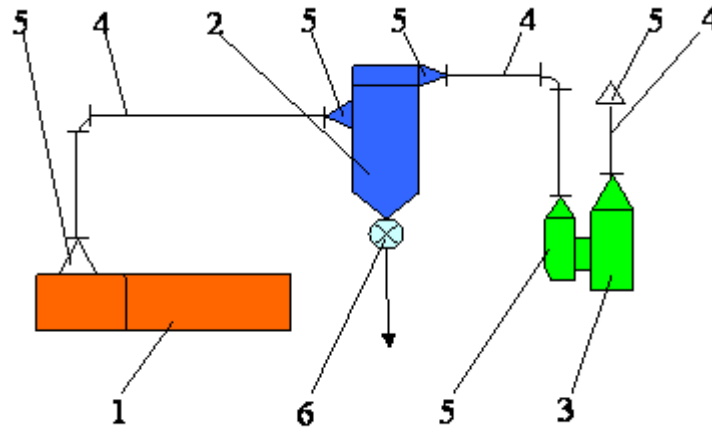


Рис. 11.3.1 Схема реалізації аспіраційної установки

Аспіраційна установка складається:

- 1 - технологічна машина, яка потребує аспірації;
- 2 - установка для очищення газів;
- 3 - вентилятор;
- 4 - система повітропроводів;
- 5 - фасонні деталі;
- 6 - шлюзовий затвор.

Для ефективної роботи систем аспірації необхідно спільне рішення відділами проектування, виробничими цехами, монтажним відділом ряду завдань:

1. Оптимізація аспіраційних систем з позиції їх компонування щодо технологічного обладнання.
2. Мінімізація (по можливості) кількості горизонтальних ділянок.

3. Заходи щодо пилопригнічення та герметизації технологічного обладнання.

4. Простота обслуговування і надійність.

5. Охорона праці та екологічні аспекти.

Вирішення цих завдань призводить до:

1. Зменшення витрат електроенергії до 30% .

2. Зниження вартості на обслуговування і зменшення впливу людського фактора.

3. Підвищення якісних і кількісних показників роботи систем газоочистки, що призведе до позитивних екологічних чинників, знизить штрафи за шкідливі викиди, поверне в виробництво цінну сировину.

## ВИСНОВКИ

1. У даному дипломному проекті розглянуто будову та принцип роботи вібросита ВСЛ-5-300 для просіювання грецького горіху.
2. Виконано технологічні та механічні розрахунки для вібросита.
3. Підібрано конструкційні матеріали для вібраційного сита
4. Модернізовано раму короба вібросита. Проведене моделювання та ряд досліджень дозволили встановити частоту власних коливань системи та визначити оптимальні параметри, а саме частоту і амплітуду вимушених коливань. За рахунок модернізації була підвищена надійність рамної конструкції та збільшено її витривалість до вібраційних навантажень.
5. Розглянуто правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.
6. Розглянуто стан виробничого травматизму, організацію охорони праці, фінансування заходів з ОП. Виконано аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації вібраційного обладнання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження <i>Вересоцький Ю.І.</i>	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Разробник документа <i>Стельмащук Б.</i>	Назва, додаткова назва  <i>ВИСНОВКИ</i>	<i>191679.KP.08.00 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Якимчук М.В.</i>		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш <i>1/1</i>

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Генералов, М.Б «Машини та апарати хімічних та нафтохімічних виробництв» / М.Б Генералов, А.М Кутепов, А.І. Макаров. 2004. – 496 с.
2. Домбровський, В.В. Проектування та розрахунок грохотів: методичні вказівки до виконання курсового проекту. 2016. – 33 с.
3. S. Delvecchio, G. D’Elia, G. Dalpiaz. Condition monitoring of marine couplings by means of vibration analysis. Proceedings of the ASME 2013 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and In-formation in Engineering Conference. Portland, Oregon, USA. August 4-7, 2013
4. Сатіна, Г. М. «Потенціал промислового виробництва грецьких горіхів в Україні та шляхи його ефективного використання» Автореферат, - Інститут аграрної економіки. 2005. – 23 с.
5. Якуніна, І.Н. «Транспортуючі машини». 1982. – 481 с.
6. Соколов, В.І. «Основи розрахунку і конструювання машин та апаратів харчових виробництв». 1983. – 447 с.
7. Анурьев, В.І. Довідник конструктора-машинобудівника: В 3 т. Т.1 -8-е ізд. 2001. – 920 с.
8. Анурьев, В.І. Довідник конструктора-машинобудівника: В 3 т. Т.2 -8-е ізд. 2001. – 912 с.
9. Вайсберг, Л.А. «Просіюючі поверхні грохотів. Конструкції, матеріали, досвід застосування» / Л.А. Вайсберг, А.Н. Картавий, А.Н. Коровніков. СПб. 2005. – 252 с.
10. Басов, К.А. ANSYS: Довідник користувача. 2005. – 640с.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.</i>	<i>Вид документа Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа  НУХТ</i>	<i>Розробник документа Стельмащук Б.  Документ затверджено Якимчук М.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва  Список використаних літературних джерел</i>	<i>191679.KP.08.00 ПЗ</i>			
			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова на</i>	<i>Аркуш 1/2</i>

- 11.Бруяка, В.А. Інженерний аналіз в Ansys Workbench Часть 2 / В.Г. Фокін, Я.В. Курвева. 2013. – 148 с.
- 12.Булат, А.Ф. Підвищення ефективності технології вібраційної стабілізації залишкових напруг та геометричних розмірів у зварних конструкціях /А.Ф.Булат, Г.А.Шевченко, В.А.Ленда. Інститут геотехнічної механіки ім. Полякова НАН України.
- 13.Геріке, Б.Л. Діагностика горних машин та обладнання. / Б.Л. Геріке, П.Б. Геріке, В.С. Квагінідзе, Г.І. Козовий, А.А. Хорешок. 2012. – 400 с.
- 14.<https://orehovod.com.ua/orehovodstvo/tehnologicheskii-protsess-pererabotki-gretskogo-oreha>
- 15.[http://mtspb.com/grohoti\\_vibratsionnie\\_i\\_gidravlicheskie](http://mtspb.com/grohoti_vibratsionnie_i_gidravlicheskie)
16. <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=6108>
17. <http://vibromotors.ru/catalog/4pole/ploshchadochnye-vibratory-iv-127/>
- 18.<http://3dtoday.ru/blogs/leoluch/add-science-to-your-3d-printing/>
- 19.<https://www.ansys.com/products/structures/vibrations>
- 20.[https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/17.0/en-us/help/wb\\_sim/ds\\_harmonic\\_analysis\\_type.html](https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/17.0/en-us/help/wb_sim/ds_harmonic_analysis_type.html)