

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація вузла ковшового конвеєра зворушувача солоду  
марки ВВС

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МОм-61  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Голояд А.-І. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пилипець О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра обладнання харчових технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ОХ  
Вітенько Т.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« 17 » листопада 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Голояду Арсену-Іллі Михайловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація вузла ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС

Керівник роботи Пилипець Оксана Михайлівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 16 » листопада 2023 року № 4/7-1062.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту зворушувача солоду марки ВВС.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження. 4.

Комп'ютерне моделювання конструкції ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві спирту. 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Ковшовий зворушувач солоду марки ВВС (2 л.ф.А1).

Барабан транспортера ковшового зворушувача солоду марки ВВС (1 л.ф.А1).

Рама ковшового зворушувача солоду марки ВВС (1 л.ф.А1).

Постановка завдань на дослідження ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС (1 л.ф.А1)

Дослідження ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3 мм. (1 л.ф.А1).

Результати дослідження ковша ковшового конвеєра для зворушування солоду марки ВВС при різних величинах його товщини (2 л.ф.А1).

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворощук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження		
4	2. Методи та методика досліджень		
5	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження		
6	4. Комп'ютерне моделювання конструкції ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
8	5.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві спирту		
9	5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Графічна частина		
12	Ковшовий зворушувач солоду марки ВВС (2 л.ф. А1).		
13	Барaban транспортера ковшового зворушувача солоду марки ВВС (1 л.ф. А1).		
14	Рама ковшового зворушувача солоду марки ВВС (1 л.ф. А1).		
15	Постановка завдань на дослідження ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС (1 л.ф. А1)		
16	Дослідження ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3 мм. (1 л.ф. А1).		
17	Результати дослідження ковша ковшового конвеєра для зворушування солоду марки ВВС при різних величинах його товщини (2 л.ф. А1).		
18			
19			

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Голояд А.-І. М.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Пилипець О.М.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Голояд Арсен-Ілля Михайлович

Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація вузла ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС

Кваліфікаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2023 році

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 78 сторінок (45 рисунків) та графічної частини обсягом 8 листів А1.

У кваліфікаційній роботі магістра пропонуються технічні заходи з заміни ковшів вузла ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС.

Для втілення вказаних заходів виконуються завдання:

проектні розрахунки ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС;  
формування 3d моделі ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС із послідуочим виконанням числових експериментів;

аналіз отриманих результатів;

розроблення заходів з охорони праці;

розроблення заходів із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Ключові слова:** конструктивні параметри, зворушувач, спирт, солод.

## Abstract

Holoiad A.-I. M. Modernization of the bucket conveyor node of the malt agitator, model VVS. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2023.

The project consists of calculated explanatory note by capacity of 78 pages ( 45 pictures, 2 tables ) and graphic part by capacity 8 sheets of paper A1 .

Diploma work proposes technical measures to replace the buckets of the bucket conveyor unit of the malt stirrer of the BBS brand.

To implement these measures, the following tasks are performed:

design calculations of the bucket conveyor of the malt stirrer of the BBS brand;

creation of a 3D model of the bucket conveyor of the BBS malt stirrer with the subsequent performance of numerical experiments;

analysis of the results;

development of labour protection measures;

development of emergency safety measures.

Keywords: design parameters, stirrer, alcohol, malt.

## Зміст

Анотація .....	4
Abstract .....	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	10
1.1. Огляд обладнання для вироблення солоду.....	10
1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження. ....	17
1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи. ....	18
2. Методи та методика досліджень.....	19
2.1. Вибір і обґрунтування програмного комплексу для виконання досліджень.....	19
2.2. Обґрунтування вибору SolidWorks Simulation для моделювання.....	20
2.3. Інструментарій SolidWorks Simulation для моделювання.....	21
2.4. Функціональні можливості SolidWorks Simulation і порядок роботи з ним.....	22
3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження. ....	27
3.1. Вибір і обґрунтування машинно-апаратної схеми солодового відділення .....	27
3.2. Опис принципу роботи зворушувача солоду .....	28
3.3. Опис модернізації ковшового зворушувача.....	30
3.4. Технологічний розрахунок солодовні.....	30
3.5. Структурний аналіз зворушувача солоду марки ВВС .....	31

3.6. Кінематичний аналіз зворушувача солоду марки ВВС.....	32
3.7. Конструктивний розрахунок ланцюгової передачі приводу ковшів ....	35
3.8. Конструктивний розрахунок ланцюгової передачі приводу каретки.....	40
4. Комп'ютерне моделювання конструкції ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС.....	45
4.1. Постановка завдань дослідження .....	45
4.2. Результати моделювання ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС під навантаженням. ....	45
4.3. Аналіз результатів дослідження .....	56
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	62
5.1.Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві спирту.....	62
5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. ....	67
5.2.1. Інженерні заходи із захисту людей при надзвичайних ситуаціях .....	67
5.2.2. Організація рятувальних робіт. заходи особистої безпеки при роботі на території, забрудненої СДОР .....	69
Висновки .....	77
Перелік посилань.....	78
Специфікації	

## Вступ

Виробництво етилового спирту є актуальним ьз причини його багатоманітності використання у різноманітних сферах. Цей продукт відіграє ключову роль у секторі продовольства, медицині та косметології, а також у виробництві біопалива. Враховуючи широкий спектр застосувань – від використання у виробництві різних продуктів до медичних та технологічних цілей – виробництво спирту залишається важливою галуззю, що має стабільний попит у сучасному світі.

Якість солоду має вирішальне значення у виробництві спирту, оскільки вона безпосередньо впливає на остаточні характеристики та якісні властивості продукту. Солод виступає ключовою складовою у процесі бродіння, де його якість впливає на ефективність та продуктивність цього процесу. Висока якість солоду гарантує належний рівень цукрів, ферментабельних речовин, амінокислот, інші необхідні компоненти та ензими, необхідні для виробництва спирту. Тому якісний солод є ключовим моментом для досягнення високої якості та конкурентоспроможності спиртового виробництва.

Дослідження і вдосконалення конструкції і принципу роботи обладнання для виробництва солоду, зокрема зворушувача солоду марки ВВС є актуальним науково-практичним завданням, що обумовлює напрям досліджень в кваліфікаційній роботі магістра.

Завданнями кваліфікаційної роботи магістра є

- проектні розрахунки ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС;
- формування 3d моделі ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС із послідуочим виконанням числових експериментів;
- аналіз отриманих результатів;
- розроблення заходів з охорони праці;
- розроблення заходів із безпеки у надзвичайних ситуаціях.



Об'єкт дослідження. Об'єкт досліджень у даній роботі - напруження, переміщення і деформації, які виникають у ковші при роботі ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС.

Методи досліджень, які використовуються у кваліфікаційній роботі магістра, охоплюють як експериментальні, так і теоретичні підходи до виконання досліджень.

Наукова новизна. У роботі було створено комп'ютерну модель ковша ковшового конвеєра для переміщення солоду марки ВВС, що дозволило провести ретельний аналіз та розрахунки параметрів міцності. Здійснено аналіз впливу товщини стінки на рівень напружень і деформацій ковша під час навантаження, а також були отримані математичні залежності у вигляді степеневих функцій.

Отримані результати комп'ютерних досліджень мають потенціал стати корисними при вдосконаленні існуючих конструкцій ковшів для солоду та при розробці нових рішень у цій області.

Результати, представлені у магістерській роботі були показані на XII Міжнародної науково-технічній конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року.

Обсяг магістерської кваліфікаційної роботи складають п'ять частин пояснювальної записки, додатки та графічна частина обсягом 8 аркушів А1.

# 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження

## 1.1. Огляд обладнання для вироблення солоду

Солодовні. Зерно пророщується в токових і пневматичних солодовнях. В даний час токові солодовні не будують, вони збереглися доки на невеликих спиртних заводах для пророщування проса. У токовій солодовні зерно пророщують на струму - це цементна підлога з бетонною підставою. Струм робиться з невеликим ухилом у бік стоку води.

У пневматичних солодовнях замочене зерно проростає на ситах, під які вентилятором нагнітається кондиціоноване повітря. Для подачі повітря прокладається загальний канал з індивідуальним підведенням до кожного сита. Повітряний канал служить одночасно і для відведення промивних вод в каналізацію. Для запобігання витoku повітря каналізаційні трапи обладнані гідравлічними затворами. Регулюють подачу повітря шибером, що є на кожному лотку.

Температура повітря, що подається, для аерації зерна, що проростає, визначається мірою його проростання і має бути на 3-4° С нижче за температуру зерна, що аерується.

Виробнича площа пневматичної солодовні в 4- 7 разів менше токової солодовні. Процес перелопачування солоду механізований.

Пневматичні солодовні бувають різній конструкції: ящичні, барабанні і шахтні. На спиртових заводах найбільшого поширення набули ящичні солодовні.

Ящична пневматична солодовня з шнековим перетрушувачем (рис. 1.1). Солодовня складається з 10 прямокутних бетонних або цегельних ящиків (відсіків) 2, в яких на каркасах розташовані металеві сита 5 з штапованими отворами розміром 1,5X20 мм.

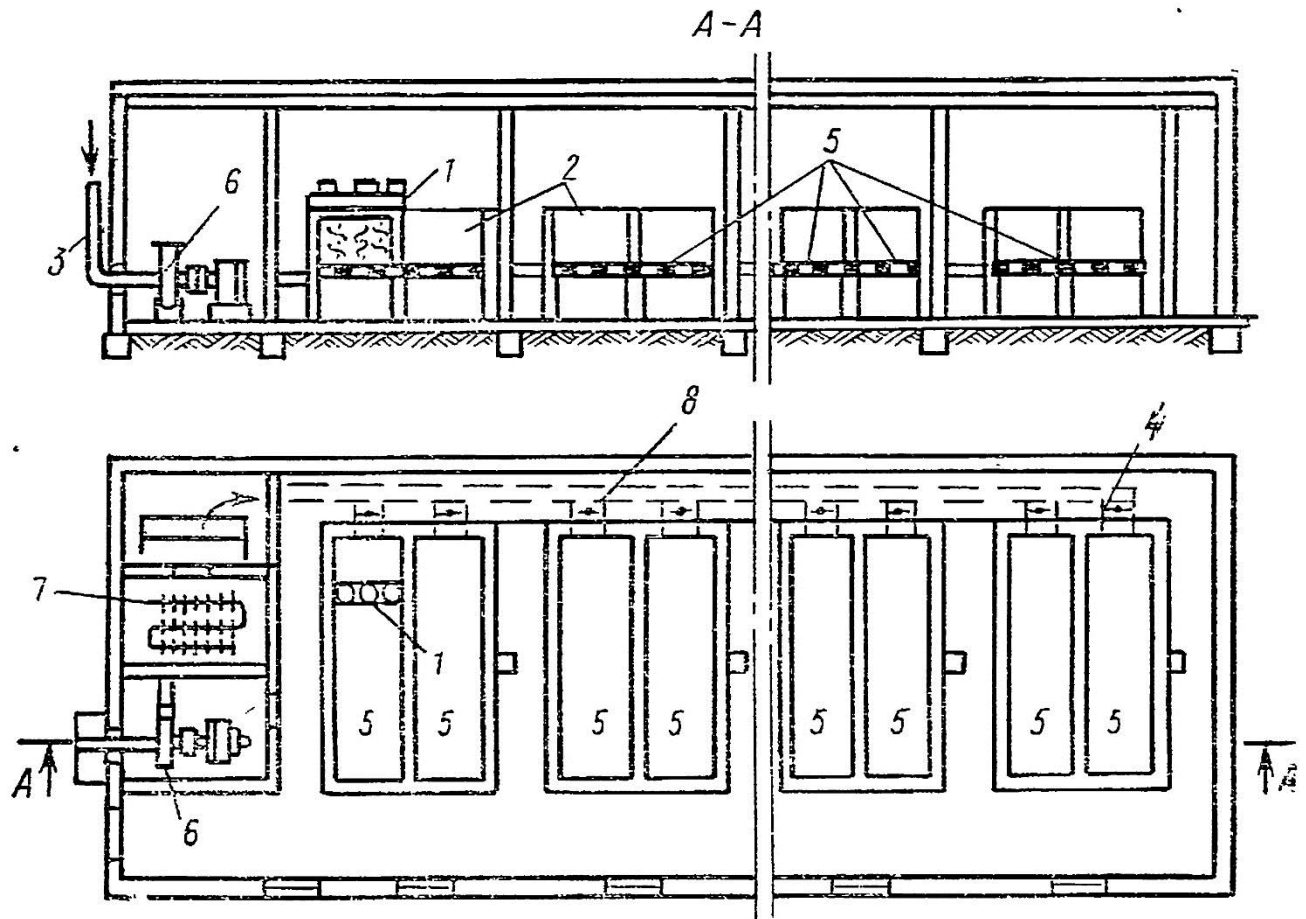


Рис. 1.1.- Ящична пневматична солодовня з шнековим перетрушувачем.

Живий перетин сит складає не менше 10% загальної площі. Підлога робиться з ухилом 3-5 мм на 1 м довжини до середини і уздовж ящика для стоку води в каналізацію, а також напрями повітряного потоку. Висота підситового простору 0,7-0,8 м. Сита укладають на рами і кріплять шарнірними петлями, на яких вони піднімаються, відкриваючи доступ в підситовий простір для чищення і миття. На подовжні стіни ящиків укріплюють рейки, які служать опорою для катків перетрушувача 1.

Шнековий перетрушувач солоду (рис. 1.2) є візком 1, що катками спирається на рейки 2, укладені уздовж ящика. На траверсі візка встановлені вертикальні шнеки 3 лівого і правого обертання. При обертанні шнеки захоплюють нижні шари солоду на ситах 5 і піднімають у верхню частину ящика, тим самим зворушивши зерно і створюючи нормальні умови для його пророщування.

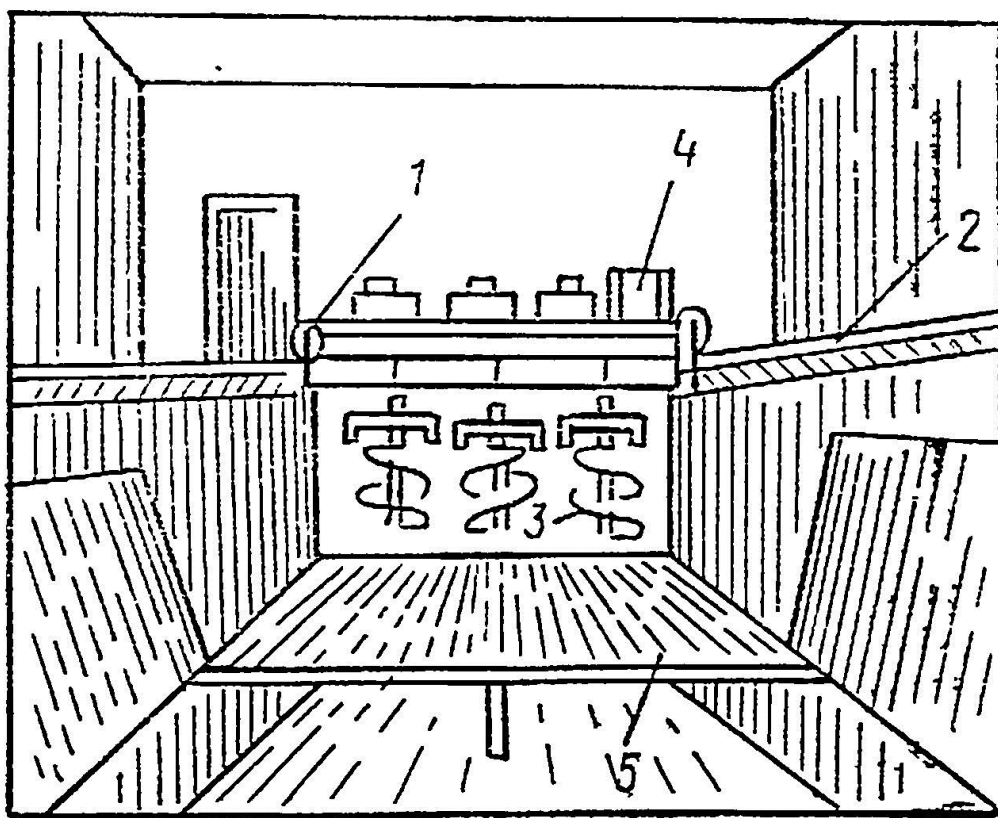


Рис. 1.2.- Шнековий перетрушувач в солодоростильному ящику.

Шнеки обертаються від електродвигуна 4 через зубчасті і черв'ячні передачі. Горизонтальний вал обертається за допомогою муфти через три конічні шестерні. Шестерні, укріплені на кінцях валу, входять в зачеплення з двома зубчастими рейками і переміщують перетрушувач. В кінці ящика муфта перемикається на зворотний хід перетрушувача.

Повітря з атмосфери по трубі 3 вентилятором 6 (рис. 1.1) подається в камеру кондиціонування 7, де промивається, підігрівається або охолоджується до 12-14° С, насичується вологою до відносної вологості 100%. Кондиціоноване повітря по каналу 8 поступає під сита ящика і, проходячи через шар солоду, охолоджує і зволожує його. Подачу кондиціонованого повітря регулюють заслінками 4.

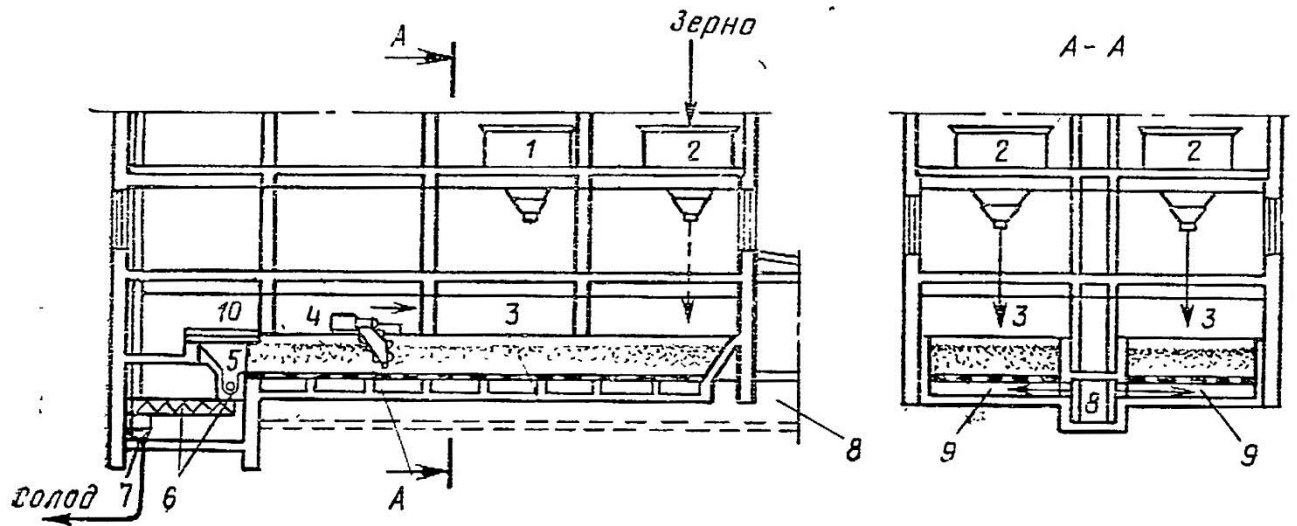


Рис. 1.3. Ящична пневматична солодовня з пересувною грядкою:

1 2 - замкові чаньг 3 - солодорастильні ящики; 4 - ковшовий перетрушувач; 5 - приймальний бункер; 6- шнеків; 7 -чан-смеситель; 8 - повітророзподільний канал; 9- підситовий простір; 10 - візок для переміщення перетрушувача від ящика до ящика.

Ящична пневматична солодовня з пересувною грядкою. Конструкторським бюро Всесоюзного науково-дослідного інституту пивобезалкогольної промисловості (ВНИИПБП) розроблений ковшовий перетрушувач солоду, скомпонований з агрегатом, названим пересувною грядкою.

Солодовня з пересувною грядкою (рис. 1.3) - це довгий ящик, викладений ситами. Підситовий простір цегельними або бетонними перегородками розділений на 16-18 секцій (відділень) .

У кожену секцію під сита через повітророзподільний канал 8 вентилятором подається кондиціоноване повітря для охолодження солоду.

На подовжні стінки ящика укладені рейки, по яких за допомогою каретки переміщається ковшовий перетрушувач. Якщо у солодовні декілька солодовирощувальних ящиків, то перетрушувач на візку 10 переміщається: від одного ящика до іншого.

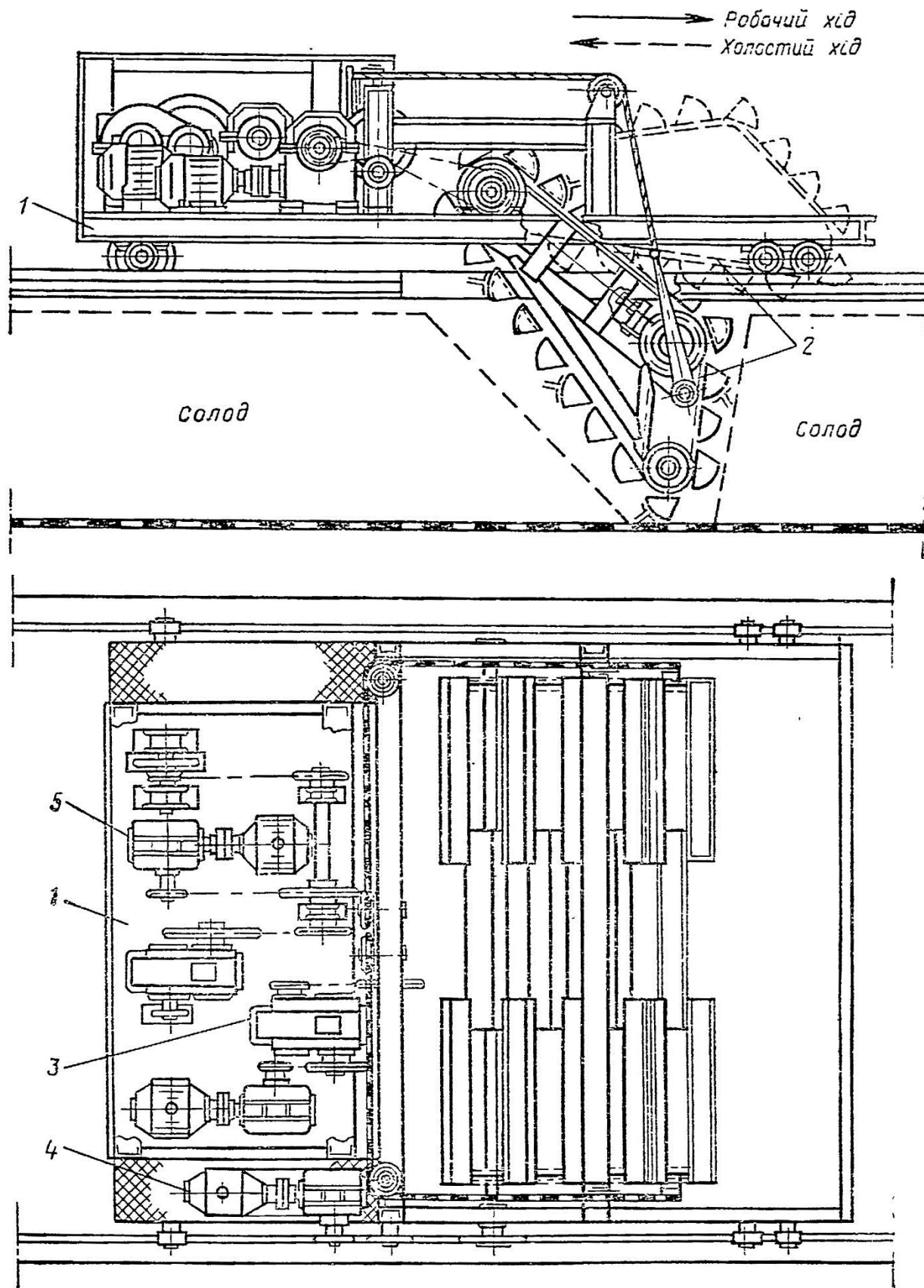


Рис. 1.4.- Ковшовий перетрушувач солоду.

Ковшовий перетрушувач (рис. 1.4) складається з каретки 1 нескінченного ланцюгового конвеєра 2 з ковшами, механізму для підйому конвеєра 3 і механізмів приводів конвеєра 4 і каретки 5. Ковші розміщуються по всій ширині ящика.

Працює перетрушувач таким чином. Для робочого ходу перетрушувача один кінець ковшового конвеєра опускається в крайнє нижнє положення, при якому ковши не доходять до ситчатого дна ящика всього на 10-15 мм, наводяться в рух конвеєр і каретка перетрушувача. Ковші конвеєра зачерпують солод і перекидають його назад по ходу каретки, яка в цей час повільно рухається вперед. При цьому солод не лише перемішується, але і переміщається уздовж ящика. Зачистка солоду на ситах виробляється щітками і гумовими шкребками, що укріплюються на ланцюгах конвеєра або на ковшах. В кінці ящика, де встановлені кінцеві вимикачі, каретка зупиняється, а ковшовий конвеєр механізмом підйому піднімається у верхнє положення. При піднятому конвеєрі каретка здійснює зворотну дорогу з більшою швидкістю.

Замочене зерно один раз в добу завантажується на сито двох перших секцій ящика. Перетрушувач пускається через 12 ч і перекидає солод на одну секцію. Готовий солод з останньої секції вивантажується в приймальний бункер. Що звільнилися дві перші секції піддаються чищенню і миттю і готуються до наступного завантаження. Кондиціоноване повітря вентилятором подається з камери по каналу під сита, проходить через шар солоду, охолоджує і зволожує його і поступає в приміщення солодовні.

Ковшові перетрушувачі виготовляються декількох типорозмірів для грядок з висотою солоду 0,75 і 1,2 м і для ящиків шириною 2,5; 3; 3,5; 4 і 4,5 м. Оскільки ковшовий перетрушувач перелопачує солод в одному ящику за 1-2 год, його можна використовувати для попереминої роботи в двох ящиках. Для цього встановлюють рейки і візок для переміщення перетрушувача з одного ящика в іншій.

Технічна характеристика ковшових перетрушувачів конструкції  
ВНИИПБПа

Робочі швидкості каретки, м/хв  
при ворушінні солоду 0,4  
при вивантаженні солоду з ящика. 0,117  
при зворотному (холостому) ході 6,49  
Швидкість руху ковшів, м/хв 19,8  
Потужність електродвигунів, кВт  
каретки перетрушувача 1,7  
конвеєра 2,8  
механізму підйому 1,7  
візки 1,7

Кондиціонер для пневматичних солодівень. Повітря, що подається з атмосфери в підситовий простір, заздалегідь нагрівається або охолоджується залежно від пори року і зволожується в кондиціонері.

Кондиціонер є цегельною або металеву камерою, розділеною перегородками на 2-3 відділення. У стінках владнують оглядові стекла і двері. У середині камери встановлюються підігрівач (трубчастий калорифер) і форсунки, до яких підводиться гаряча і холодна вода. Стікаючу воду після відстоювання можна повертати назад.

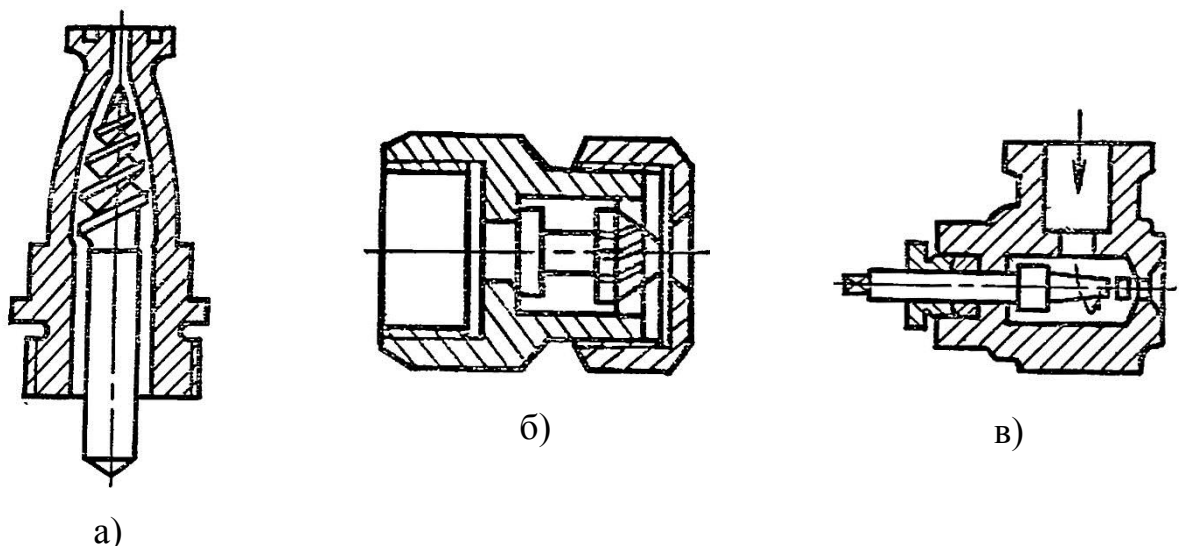


Рис. 1.5.- Форсунки для того, що розпиляло води в кондиціонері:

а - гвинтова; б - грибкова; у - коробчата.



Холодне повітря в кондиціонері можна підігрівати як через калорифер, так і змішуючи його з відпрацьованим повітрям.

Підігрівання повітря в трубчастому калорифері парою або гарячою водою відбувається при постійному вмісті вологості і відносній вологості, що зменшується.

Змішуючи холодне повітря з відпрацьованим в певній пропорції, легко отримати суміш потрібної температури. Цей спосіб економічний, оскільки не вимагає витрат тепла ззовні, і простий в здійсненні.

У теплу пору року повітря охолоджують холодною водою, розпилявши її через форсунки, встановлені в камері кондиціонування.

Зволоження повітря до насичення (100%) досягається за рахунок того, що розпилюється вода через форсунки в потоці повітря і пуску пари в потік повітря.

Форсунки (рис. 1.5) для того, що розпиляти воду по всій конструкції. Вода під тиском поступає в корпус форсунки, набуває обертального руху, проходячи через вузьке сопло, і під дією відцентрової сили розпиляється. Коробчаті форсунки дають тонке розпилення, зручне для очищення, тому знайшли ширше застосування.

## 1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.

Механічний зрушувач солоду моделі ВВС базується на конструкції, яка включає в себе пересувний візок, на якому розміщена зварена рама з ланцюгами та ковшами, а також механізми пересування візка та підйому зрушувача.

Технічні характеристики зрушувача солоду

Швидкість транспортна, м/с, не більше 1,2

Швидкість ковшів, м/с, не більше 1,8

Кількість ковшів, шт.: 120

Встановлена потужність, кВт 10,2

Габаритні розміри, мм

довжина 2725

ширина 3410

висота 2870

Маса, кг, не більше 3800

### 1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – внести зміни до конструкції вузла ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС, які б дозволили зробити експліатацію зворушувача простішою і дешевшою.

Завданнями кваліфікаційної роботи магістра є  
проектні розрахунки ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС;  
формування 3d моделі ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС із послідуочим виконанням числових експериментів;

аналіз отриманих результатів;

розроблення заходів з охорони праці;

розроблення заходів із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Об'єкт досліджень у даній роботі - напруження, переміщення і деформації, які виникають у ковші при роботі ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС.

Предмет дослідження. Предмет дослідження - ковшовий зворушувач солоду марки ВВС.

## 2. Методи та методика досліджень

### 2.1. Вибір і обґрунтування програмного комплексу для виконання досліджень

SolidWorks є поширеним програмним забезпеченням для комп'ютерного проектування і моделювання, особливо в області інженерії. Цей програмний продукт розроблено із прицілом на інженерні дослідження. Зокрема, його притаманно наступне.

**Простота використання.** SolidWorks має дружній інтерфейс, який дозволяє швидко вчитися та працювати з програмою. Це важливо для студентів і дослідників, які швидко хочуть навчитися використовувати САД-програмне забезпечення для своїх проектів.

**Широкі можливості моделювання.** SolidWorks надає різноманітні інструменти для створення 2D і 3D-моделей, а також для аналізу та симуляцій різних інженерних систем і деталей.

**Можливості аналізу і симуляцій.** Програма має вбудовані інструменти для проведення аналізу напружень, термодинамічних і термічних симуляцій, що дозволяє інженерам досліджувати поведінку матеріалів та конструкцій у різних умовах.

**Співпраця та обмін даними.** SolidWorks підтримує спільну роботу над проектами та зручний обмін даними з іншими програмами, що дозволяє ефективно працювати в команді та інтегрувати різні елементи проекту.

**Широкий функціонал.** Від моделювання до створення креслень для виробництва, SolidWorks надає засоби для повного циклу розробки виробу, що робить його зручним для інженерів та дослідників на всіх етапах роботи.

**Підтримка та спільнота користувачів.** SolidWorks має велику спільноту користувачів, де можна знайти відповіді на питання, отримати поради та підтримку в процесі роботи з програмою.

Загалом, SolidWorks є потужним інструментом для інженерних досліджень, оскільки надає широкі можливості моделювання, аналізу та

співпраці, що робить його привабливим для використання у великій кількості інженерних проектів.

## 2.2. Обґрунтування вибору SolidWorks Simulation для моделювання

SolidWorks Simulation - це інтегрований модуль в програмному забезпеченні SolidWorks, який дозволяє інженерам проводити різноманітні розрахунки та симуляції для аналізу поведінки конструкцій та матеріалів. Ось деякі причини, чому SolidWorks Simulation є хорошим вибором для інженерних розрахунків.

**Інтеграція з SolidWorks.** SolidWorks Simulation інтегровано з основним програмним забезпеченням SolidWorks, що дозволяє безперервно переходити від проектування до симуляцій без необхідності експортувати або конвертувати файли. Це зменшує час та спрощує процес роботи з проектом.

**Різнманітні види аналізу.** SolidWorks Simulation пропонує широкий спектр аналізу, такий як аналіз напружень, термічний аналіз, аналіз деформацій, акустичний аналіз тощо. Це дозволяє інженерам проводити різні типи тестів та досліджень для різних виробів та систем.

**Моделювання реальних умов.** SolidWorks Simulation дозволяє створювати моделі, які відображають реальні умови експлуатації виробу, такі як вплив навантажень, температур, динамічних факторів тощо, що дозволяє точніше прогнозувати поведінку конструкцій.

**Швидкість і точність.** SolidWorks Simulation володіє ефективними алгоритмами розрахунків, які дозволяють швидко проводити аналіз та забезпечувати достатню точність результатів.

**Оптимізація конструкцій.** Інструменти оптимізації у SolidWorks Simulation дозволяють інженерам здійснювати ітеративний процес вдосконалення конструкцій, зменшуючи вагу, витрати матеріалу та підвищуючи ефективність виробу.

Загалом, SolidWorks Simulation надає інженерам потужний інструментарій для проведення різноманітних розрахунків і симуляцій, допомагаючи зрозуміти поведінку та властивості конструкцій та матеріалів без фізичних випробувань, що робить його цінним інструментом для інженерної практики.

### 2.3. Інструментарій SolidWorks Simulation для моделювання

SolidWorks Simulation надає різноманітні інструменти та можливості для забезпечення високої точності розрахунків у сфері аналізу на міцність. Деякі з ключових інструментів та функцій, що сприяють точним обчисленням, включають наступне.

#### 1. Методи елементів скінченних (MES).

- **Якісні схеми елементів.** SolidWorks Simulation має різні типи елементів, які можна використовувати для створення меш-мережі моделі. Вибір правильних елементів може вплинути на точність результатів.

- **Різні види елементів.** Від квадратних до трикутних елементів, SolidWorks надає можливість вибору елементів, що відповідають конкретним умовам задачі.

#### 2. Підтримка різних матеріалів та моделювання поведінки матеріалів:

- **Реалістичні матеріали:** SolidWorks Simulation дозволяє моделювати різні типи матеріалів з їхніми унікальними механічними властивостями, що підвищує точність результатів.

- **Моделі поведінки матеріалів:** Деякі матеріали мають нелінійну поведінку (наприклад, пластичність, гіпереластичність). SolidWorks Simulation дозволяє використовувати різні моделі матеріалів для більш точного відображення їх поведінки.

#### 3. Розуміння умов навантаження та обмежень.

- **Точне визначення умов навантаження.** Встановлення точних значень сил, тиску, моментів тощо, які впливають на модель, дозволяє отримати більш точні результати.

- **Коректні обмеження.** Встановлення правильних умов фіксації та обмежень для областей, які не можуть рухатися, є ключовим для точності аналізу.

#### 4. Вибір типу аналізу.

- **Детальне налаштування параметрів аналізу.** SolidWorks Simulation дозволяє вибрати різні параметри, такі як тип рішення, крок часу, точність, що впливають на точність обчислень.

- **Розгляд різних видів аналізу.** Лінійний, нелінійний, статичний, динамічний — вибір підходящого типу аналізу для конкретної задачі впливає на точність результатів.

#### 5. Перевірка результатів.

- **Перевірка збіжності.** SolidWorks Simulation надає можливість перевірки збіжності обчислень, що допомагає оцінити точність отриманих результатів.

Ці інструменти та можливості у SolidWorks Simulation сприяють підвищенню точності розрахунків та дозволяють інженерам отримувати більш точні та надійні результати аналізу на міцність.

## 2.4. Функціональні можливості SolidWorks Simulation і порядок роботи з ним

Статичний розрахунок у SolidWorks Simulation дозволяє досліджувати поведінку конструкцій під статичним навантаженням, коли навантаження змінюється дуже повільно або навіть залишається постійним у часі. Опишемо послідовність роботи із SolidWorks Simulation.

1. **Створення моделі.** Спочатку потрібно створити модель конструкції або деталі у SolidWorks. Це може бути будь-яка деталь чи конструкція, яку ви хочете проаналізувати.

У SolidWorks конфігурації дозволяють створювати та керувати різними варіантами однієї моделі. Це дозволяє ефективно використовувати одну основну модель для створення різних варіантів, що мають відмінності у розмірах,

матеріалах, функціональних властивостях тощо. Ось деякі можливості конфігурацій у SolidWorks:

1. **Зміна розмірів та геометрії.** За допомогою конфігурацій можна змінювати розміри, форму та геометрію моделі. Наприклад, можна створити конфігурації з різними розмірами деталі, зберігаючи одну основну модель.

2. **Використання різних матеріалів.** Конфігурації дозволяють задавати різні матеріали для однієї моделі. Це корисно для аналізу різних матеріалів на вплив на поведінку деталі або при створенні деталей для виробництва з різних матеріалів.

3. **Варіація компонентів та функціональних елементів.** За допомогою конфігурацій можна варіювати компоненти, включати або виключати їх, змінювати функціональні елементи або опції деталі.

4. **Керування через таблиці конфігурацій.** SolidWorks надає можливість керувати конфігураціями через спеціальні таблиці конфігурацій. Це дає змогу швидко змінювати параметри різних варіантів моделі, вносячи зміни у таблиці.

5. **Організація варіантів дизайну.** Конфігурації дозволяють легко порівнювати різні варіанти дизайну та варіанти виробу перед виробництвом чи випробуванням.

2. **Визначення матеріалів.** Встановлюють матеріальні властивості вашої моделі. Важливо точно визначити матеріал, оскільки це впливає на розрахунки.

SolidWorks надає користувачам можливості роботи з матеріалами для ефективного моделювання і проектування. Ось деякі з можливостей роботи з матеріалами у SolidWorks:

1. **База даних матеріалів.** SolidWorks містить в собі велику базу даних матеріалів, що містить інформацію про різні типи матеріалів, їх фізичні властивості, механічні характеристики, теплопровідність, модулі пружності, масові властивості та багато іншого.

2. **Вибір матеріалів для моделювання.** Користувач може вибрати матеріали з вбудованої бібліотеки SolidWorks або додавати власні матеріали, вказуючи їх властивості для подальшого використання в проектах.

3. **Застосування матеріалів до моделей.** SolidWorks дозволяє призначати вибрані матеріали окремим деталям або всій моделі. Це важливо для точного відтворення фізичних властивостей при аналізі та симуляціях.

4. **Аналіз матеріалів у симуляціях.** SolidWorks Simulation дозволяє враховувати властивості матеріалів під час проведення симуляцій і аналізу. Він автоматично використовує дані про матеріали для розрахунків напружень, деформацій, теплопередачі тощо.

5. **Оптимізація матеріалів для друку або виробництва.** У SolidWorks можна оцінювати властивості матеріалів для виробництва деталей або для 3D-друку, що дозволяє вибрати оптимальний матеріал для конкретних умов та вимог проекту.

6. **Розрахунок маси та інших параметрів:** SolidWorks автоматично розраховує масу, об'єм, центр ваги та інші параметри моделі на основі вибраних матеріалів.

3. **Налаштування граничних умов.** Додайте граничні умови (наприклад, закріплення, прикладення сили, фіксовані переміщення тощо), які відображають умови, за яких буде аналізуватися конструкція.

При налаштуванні граничних умов для статичного розрахунку у SolidWorks Simulation, важливо визначити умови, які відображають обмеження або внутрішні умови для досліджуваної конструкції. Ось деякі з основних граничних умов, які можна налаштувати:

1. **Фіксовані (закріплені) граничні умови.** Це умови, які моделюють точки або області конструкції, які є нерухомими або закріпленими. Наприклад, визначення фіксованого положення певних точок, граней або поверхонь, щоб вони залишалися нерухомими під час аналізу.

2. **Прикладення навантажень.** Це умови, які вказують на застосування сил, тиску, моментів або інших навантажень до конструкції.



Наприклад, прикладення сили або моменту до певних точок або областей конструкції.

3. **Умови зміщення (вільні умови).** Це умови, що визначають деякі частини моделі як вільні для переміщень. Це може бути корисно для моделювання випадків, де частини конструкції мають вільний рух або зв'язок з іншими елементами.

4. **Умови контакту.** Це умови, що встановлюють взаємодію між різними частинами конструкції або між конструкцією та оточенням. SolidWorks Simulation дозволяє налаштовувати різні типи умов контакту, такі як непроникність, зчеплення, контакт з тертям тощо.

5. **Розміщення умов навантаження за часом.** Це можливість встановлення умов навантаження, які змінюються з часом або із зміною інших параметрів.

6. **Умови температурного впливу.** SolidWorks Simulation дозволяє встановлювати температурні умови, такі як постійна температура, зміна температури з часом, термічний потік тощо.

Це лише деякі з базових умов, які можна налаштувати у SolidWorks Simulation для статичного розрахунку. Під час роботи з програмою, конкретні умови можуть бути налаштовані відповідно до потреб вашого проекту або аналізу.

4. **Мешування моделі.** Створіть сітку (mesh) для вашої моделі, яка розбиває її на менші елементи для подальшого розрахунку.

Мешування моделі у SolidWorks Simulation для статичного розрахунку включає розділення моделі на менші елементи, щоб чисельно розв'язувати рівняння для кожного з цих елементів. Це необхідно для точних та ефективних розрахунків поведінки конструкції під час аналізу. Ось деякі можливості мешування в SolidWorks Simulation:

1. **Вибір типу елементів.** SolidWorks Simulation дозволяє вибирати різні типи елементів мешування, такі як тетраедричні, гексаедричні,

пластинчаті елементи (shell elements) тощо. Кожен тип елемента має свої переваги та обмеження для конкретних типів моделей.

2. **Налаштування розмірів елементів.** Користувач може налаштувати розміри елементів мешування для досягнення балансу між точністю розрахунків і обчислювальною складністю. Більша кількість елементів може дати більш точний результат, але потребує більшого обсягу обчислень.

3. **Автоматичне мешування.** SolidWorks Simulation має можливість автоматичного мешування моделі за зазначеними параметрами. Це дозволяє швидко створювати меш для аналізу без необхідності вручну задавати кожен елемент.

4. **Уточнення мешування.** Після автоматичного мешування можна виконати уточнення мешування, змінивши параметри для покращення точності або продуктивності обчислень.

5. **Перевірка якості мешування.** SolidWorks Simulation має інструменти для перевірки якості мешування, такі як визначення аспектного співвідношення (aspect ratio), яке допомагає виявляти елементи з несприятливими відношеннями довжини сторін.

5. **Налаштування параметрів аналізу.** Встановлюють параметри аналізу, такі як тип навантаження, тип аналізу, точність симуляції, параметри контролю ітерацій тощо.

6. **Запуск аналізу.** Після налаштування усіх параметрів запускають аналіз для виконання розрахунків.

7. **Оцінка результатів.** Після завершення аналізу оцінюють отримані результати, такі як напруження, деформації, фактори безпеки, переміщення тощо. Аналізують, як конструкція поводить себе під заданими умовами.

8. **Уточнення і оптимізація.** На основі результатів може виникнути необхідність вносити зміни у модель, параметри аналізу чи граничні умови для поліпшення конструкції.

Варто зазначити, що в залежності від конкретної задачі та потреби аналізу, послідовність дій може дещо відрізнятись.

### 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.

#### 3.1. Вибір і обґрунтування машинно-апаратурної схеми солодового відділення

Очищені та класифіковані зерноматеріали піднімаються за допомогою елеватора 1 (зображеного на рис. 3.1) на автоматичні ваги 2. Після зважування зерно надходить до замочного чану 3, де відмивається від забруднень та насичується необхідною вологою. Намочені зерна разом із водою поступають до ящика для пророщування солоду 6. Протягом процесу пророщування солоду контролюється його температура, за допомогою нагнітача повітря 4, який забезпечує подачу холодного повітря та переміщення солоду вздовж ящика за допомогою ковшового перетрушувача 7. Повітря зволожується до відносної вологості не менше 95% в кондиціонері 5.

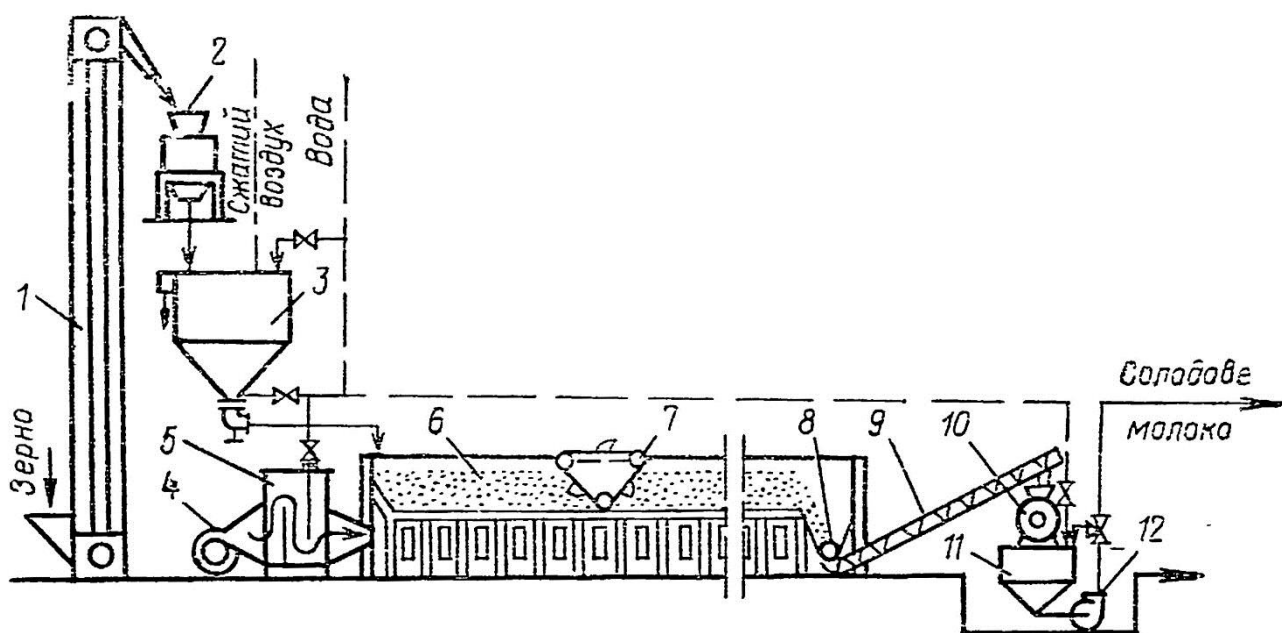


Рис. 3.1 – Машинно-апаратурна схема солодового відділення

Продування повітря через шар солоду відбувається не рідше, ніж 2-3 рази на добу, тоді як переміщення солоду здійснюється кожні 12 годин. Зелений солод, розташований в кінці ящика, перекидається ковшовим перетрушувачем в бункер, відтуди через шнеки 8 і 9 направляється до дробарки 10. Роздроблений солод з дробарки поступає в чан солодового молока 11, де змішується з водою

до заданої концентрації і насосом 12 перекачується до витратного чану відділення зцукрення.

У випадку розташування солодовні окремо від дробильного відділення, солод поступає в чан з мішалкою, де додається хлорована вода. Отримана суміш подається насосом до барабанного водовідділювача, розташованого над дробаркою, а вода повертається у зворотній напрям.

### 3.2. Опис принципу роботи зворушувача солоду

Візок зрушувача 1 (див. рис. 3.2) обладнаний двома передніми направляючими і двома задніми ведучими колесами діаметром 150 мм, які мають привід для руху вперед (робочий хід) та назад (холостий хід).

Привід складається з електродвигуна АО 42-6 (потужність  $N = 1,7$  кВт, швидкість  $n = 930$  об/хв) і редуктора РЧП-120-1-1 (передавальне число  $i = 39$ ), з'єднаних муфтою. Вихідний вал редуктора з'єднаний муфтою з коробкою передач 7.

Коробка передач дозволяє використовувати дві швидкості для робочого режиму: 0,4 м/с - під час переміщення солоду і 0,117 м/с - при вивантаженні готового солоду з ящика. Швидкість візка під час холостого ходу становить 6,49 м/с. Зварена рама 11 має вільне кріплення на валу верхньою лівою вершиною трикутника. Це забезпечує можливість підняття рами під час холостого ходу та опускання її під час робочого ходу зрушувача. Залежно від ширини зрушувача, рама складається з чотирьох або п'яти трикутних секцій, які з'єднуються поперечними трубами методом зварювання.

У верхівках трикутних секцій встановлені зірочки. Дві з них, розташовані біля короткої лобової частини трикутника, можуть обертатися вільно під час руху вперед та назад; третя зірочка, розташована на валу, є привідною.

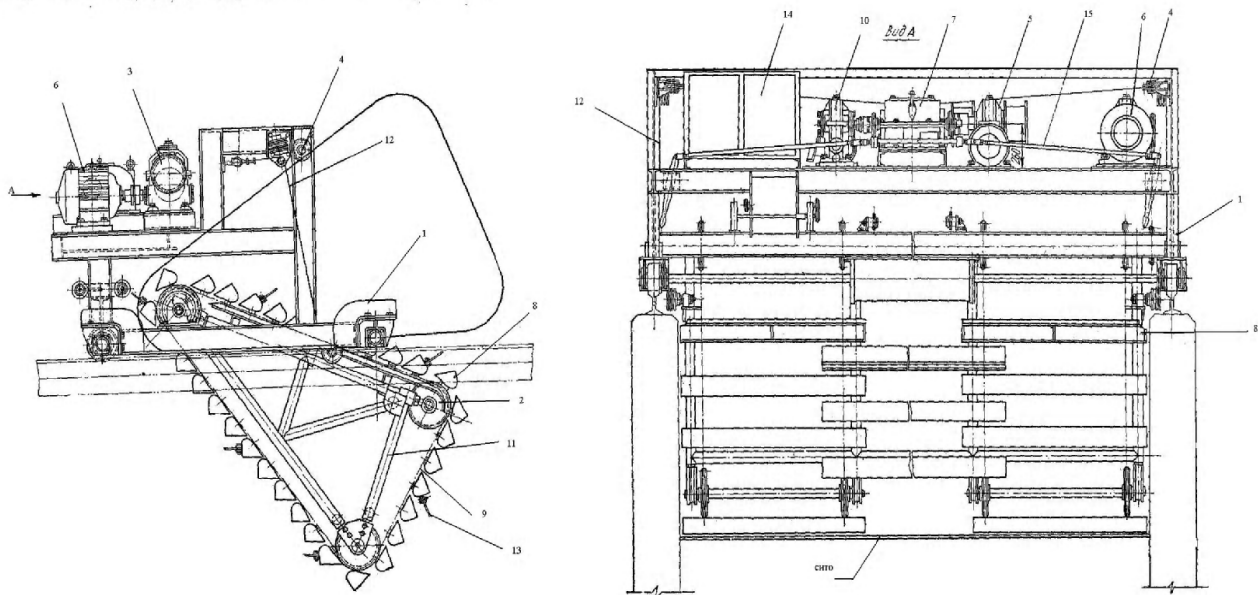


Рис. 3.2. Ковшовий зрушувач солоду:

1-візок зрушувача; 2-зірочка; 3, 10- редуктори; 4-ролики механізму підйому; 5- механізм підйому ворошителя; 6-електродвигун; 7-коробка швидкостей привода візка; 8-ковші; 9- пластинчастий ланцюг; 11-рама; 12- трос; 13-щітка; 14-шкаф електрообладнання; 15-тяга.

Пересування зрушувача здійснюється за допомогою одного вала, що обертається в різних напрямках під час прямого та заднього ходу. Ця система має зірочку заднього ходу, яка може рухатися лише в одному напрямку на валу. Ця зірочка приводить вал у рух під час холостого ходу зрушувача, але забезпечує прослизання під час зміни напрямку обертання вала під час робочого ходу.

Всі зірочки на кожній трикутній секції з'єднані з пластинчастим ланцюгом з кроком 25,4 мм. Робочі ковші, що мають крок 355,6 мм, прикріплені до цих ланцюгів.

Кількість рядів ковшів у механічних зрушувачах варіюється від двох до чотирьох, з кількома щітками 13 на кожному ряді, які прикріплені до ковшів для очищення сит від солоду під час роботи зрушувача.

Вал, що рухає пластинчасті ланцюги, обертається з частотою 23,8 об/с від електродвигуна типу АО 51-6 (потужність  $N = 2,8$  кВт, швидкість  $n = 950$  об/с)

через редуктор типу РЧП-120-1-1 з передавальним числом  $i = 39$  та ланцюгову передачу. Швидкість руху ковшів становить 19,8 м/с.

Підняття та опускання рами з ковшами здійснюється за допомогою двох тросів 12 з натягачем, приводиться в рух електродвигуном типу АО 42-6 (потужність  $N = 1,7$  кВт, швидкість  $n = 930$  об/с) через редуктор типу РЧП-120-1-3. На вихідних кінцях валу редуктора розміщені два барабани, на яких намотані троси.

Кожен трос з одного боку фіксується до барабана, а з іншого боку через чотирикратний палиспаст 4 прикріплюється до стійки візка. Один блок палиспасти розташований на стійці візка, а інший - на ковшовій рамі. При намотуванні тросів на барабани блоки палиспасти зближуються, піднімаючи раму. Підняття рами відбувається за 20 секунд.

### 3.3. Опис модернізації ковшового зворушувача

Приведення в рух базового ковшового механізму здійснюється за рахунок двох однакових окремих незалежних електродвигунів, які повинні синхронно приводити в блок рух лівих і правих ланцюгів. Проте на практиці абсолютно однакових двигунів немає. Їх робоча частота хоч на мізерну величину, але відрізняється. Даний чинник призводить в першу чергу до значних шумів у роботі, а також служить важливим чинником швидшого виходу з ладу системи. Тому поставим задачу забезпечити приведення в рух механізму ковшів від одного електродвигуна більшої потужності.

Також з метою зменшення навантаження на привід запропоновано змінити матеріал ковшів зі сталі на пластик ABS, що дасть змогу у декілька разів зменшити масу ковшів і тим самим зменшити навантаження на привід.

### 3.4. Технологічний розрахунок солодовні

Обчислимо площу солодовни за допомогою формули [3]:

$$F = 1,4 \cdot \frac{G'_3}{\rho_3 \cdot h},$$

де  $G'_3 = 73$  т – зерна, перероблене за одну добу для виробництва солоду [3];

$\rho_3 = 0,760$  т/м<sup>3</sup> – насипна вага зерна [3];

$h = 0,8$  м – значення висоти замоченого шару зерноматеріалу на ситах [3].

$$F = 1,4 \cdot \frac{73}{0,760 \cdot 0,8} = 168 \text{ м}^2;$$

Розрахуємо розміри солодовні.

$$F = LB,$$

де  $L$  - довжина солодовні;

$$B = \frac{F}{L} = \frac{168}{2,93} = 57,33 \text{ м.}$$

### 3.5. Структурний аналіз зворушувача солоду марки ВВС

Одним із основних функціональних операцій, яку виконує ця машина, є забезпечення переміщення каретки вперед і назад вздовж ящика з солодом, а також піднімання та рух ковшів із солодом.

Пересування зрушувача здійснюється за допомогою одного вала, який обертається у протилежних напрямках під час прямого та заднього ходу. Зірочка заднього ходу, розташована на валу, може вільно рухатися лише в одному напрямку. Вона запускає вал у обертання під час холостого режиму руху зрушувача, але при зміні напрямку обертання вала під час робочого режиму прослизає.

З точки зору функціонування, дана машина відноситься до обладнання з механічним приводом. Робочий орган, яким є ковші, виконує складний рух по напрямних. Структурна схема має в собі три електричні двигуни (для приводу візка, підйому візка та приведення в рух ковшів), які оснащені відповідними редукторами. Для приведення в рух візка використовується коробка передач, а

для приведення в рух безпосередніх виконавчих механізмів використовуються ланцюгові передачі.

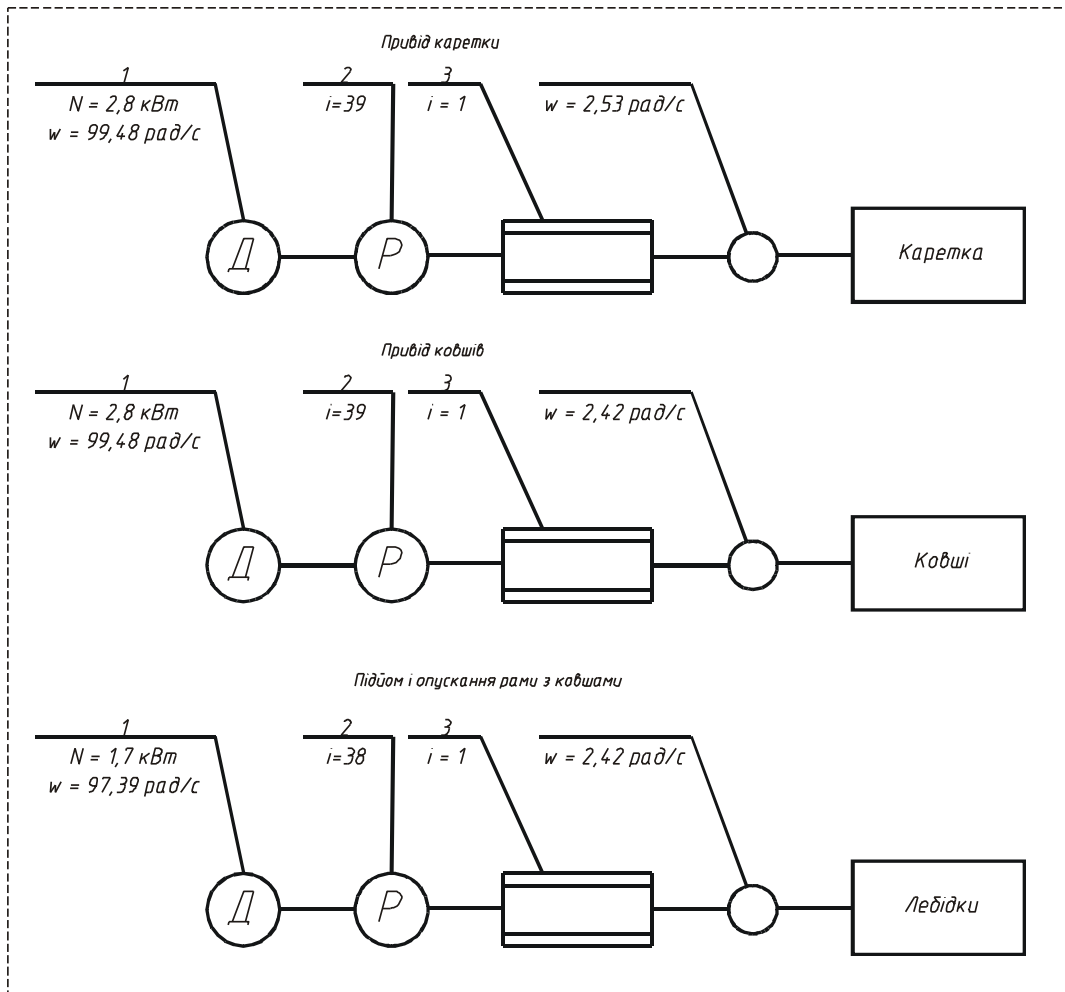


Рис. 3.3. Структурно-кінематична схема зворушувача солоду марки ВВС

### 3.6. Кінематичний аналіз зворушувача солоду марки ВВС

Привід зрушувача складається з електродвигуна типу АО 42-6 (потужність  $N = 1,7$  кВт, швидкість  $n = 930$  об/хв) та редуктора РЧП-120-1-1 з передавальним числом  $i = 39$ , які з'єднані між собою за допомогою муфти. Вихідний вал редуктора з'єднаний муфтою з коробкою передач для регулювання швидкості.

Вал, який використовується для приведення в рух пластинчастих ланцюгів, обертається з частотою 23,8 оборотів в секунду із застосуванням електродвигуна типу АО 51-6 (потужність  $N = 2,8$  кВт, швидкість  $n = 950$  об/с)



через редуктор типу РЧП-120-1-1 з передавальним числом  $i = 39$  та ланцюгову передачу.

Підняття і опускання рами з ковшами здійснюється двома тросами 12, які мають натяжачі і приводяться в рух електродвигуном типу АО 42-6 (потужність  $N = 1,7$  кВт, швидкість  $n = 930$  об/с) через редуктор РЧП-120-1-3. На кінцях вихідного валу редуктора встановлені два барабани, на яких намотані ці троси.

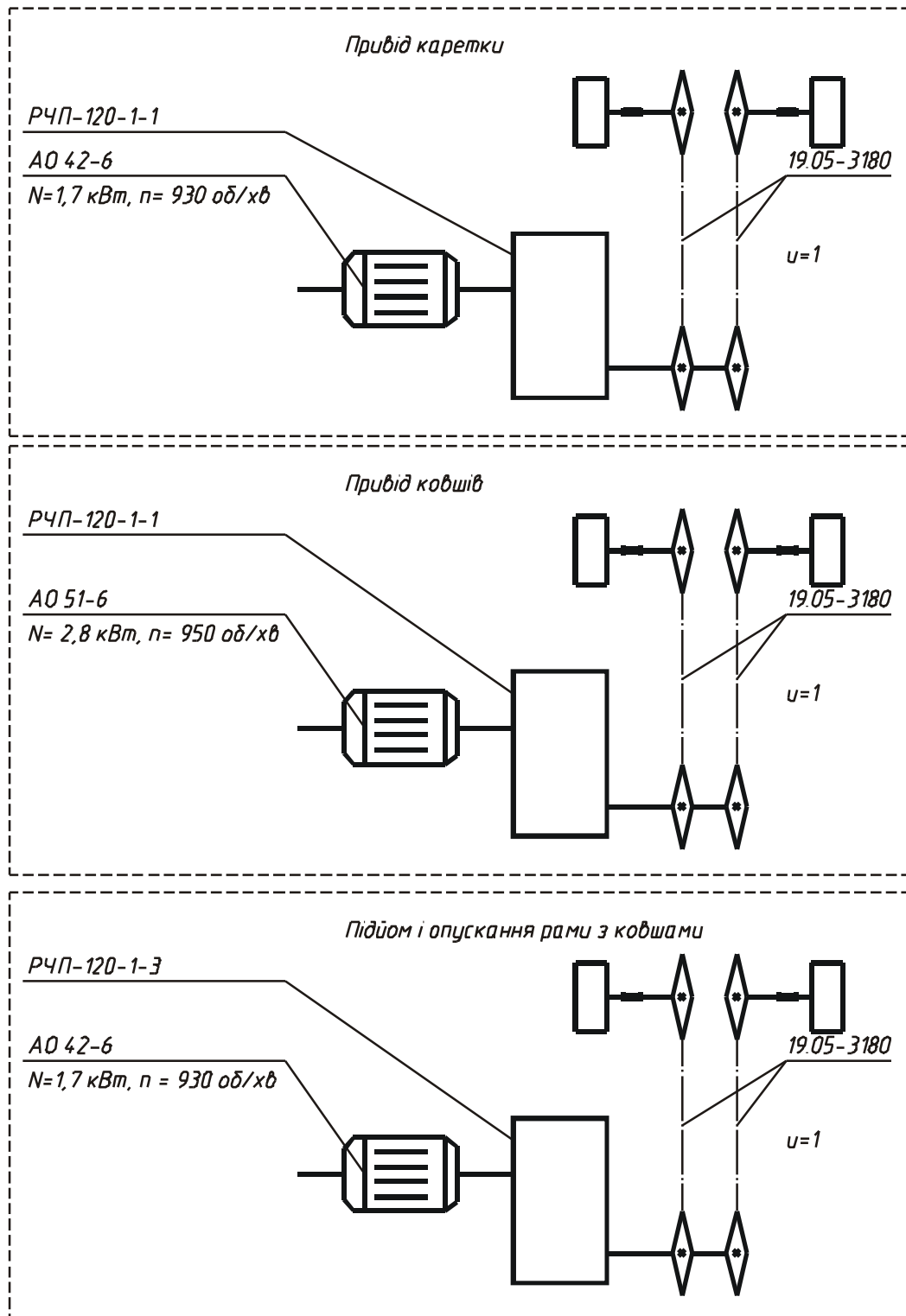


Рис. 3.4. Кінематична схема зворушувала солоду.

### 3.7. Конструктивний розрахунок ланцюгової передачі приводу ковшів

Вихідні дані до розрахунку.

Потужність на валу ведучої зірочки  $P_1 := 2.8$  (кВт);

кутова швидкість ведучої зірочки  $\omega_1 := 2.422$   $\omega_1 = 2.42$  (рад/с);

передаточне число передачі  $u := 1$  ; передача

вертикальна; регулювання натягу ланцюга періодичне; коефіцієнт короточасних перевантажень при пусках

$K_{\Pi} := 1.1$  типовий режим навантаження - середній нормальний (СН);

допустиме збільшення середнього кроку ланцюга  $\frac{\Delta P}{P} = 2.7$  %;

строк служби ланцюга  $h := 8000$  год.

На одній ведучій зірочці з умови наявності двох зірочок обертовий момент:

$$T_1 := 0.5 \cdot \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 578.03 \quad (\text{Н*м})$$

Якщо припустити, що крок ланцюга не буде більш, ніж 31.8 мм, то для

$\omega_1 = 2.42$  (рад/с) [ 3 ] можна вибрати число зубців ведучої зірочки

$z_1 := 33$  Тоді число зубців веденої зірочки  $z'_2 := u \cdot z_1$   $z'_2 = 33$

Вибираємо  $z_2 := 33$

Орієнтовне значення кроку ланцюга при двох одночасно працюючих ланцюгах

$$P' := 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{z_1}} \quad P' = 33.76 \quad (\text{мм})$$

До розрахунку вибираємо роликівий ланцюг ПР-19.05-3180 [ 3], для якого маємо: крок  $P := 19.05$  мм; площа опорної поверхні шарнірна

$A_{\text{оп}} := 106$  мм<sup>2</sup>; руйнівне навантаження  $F_{\text{рн}} := 31.8$  кН; маса 1м ланцюга  $q := 1.9$  кг/м.

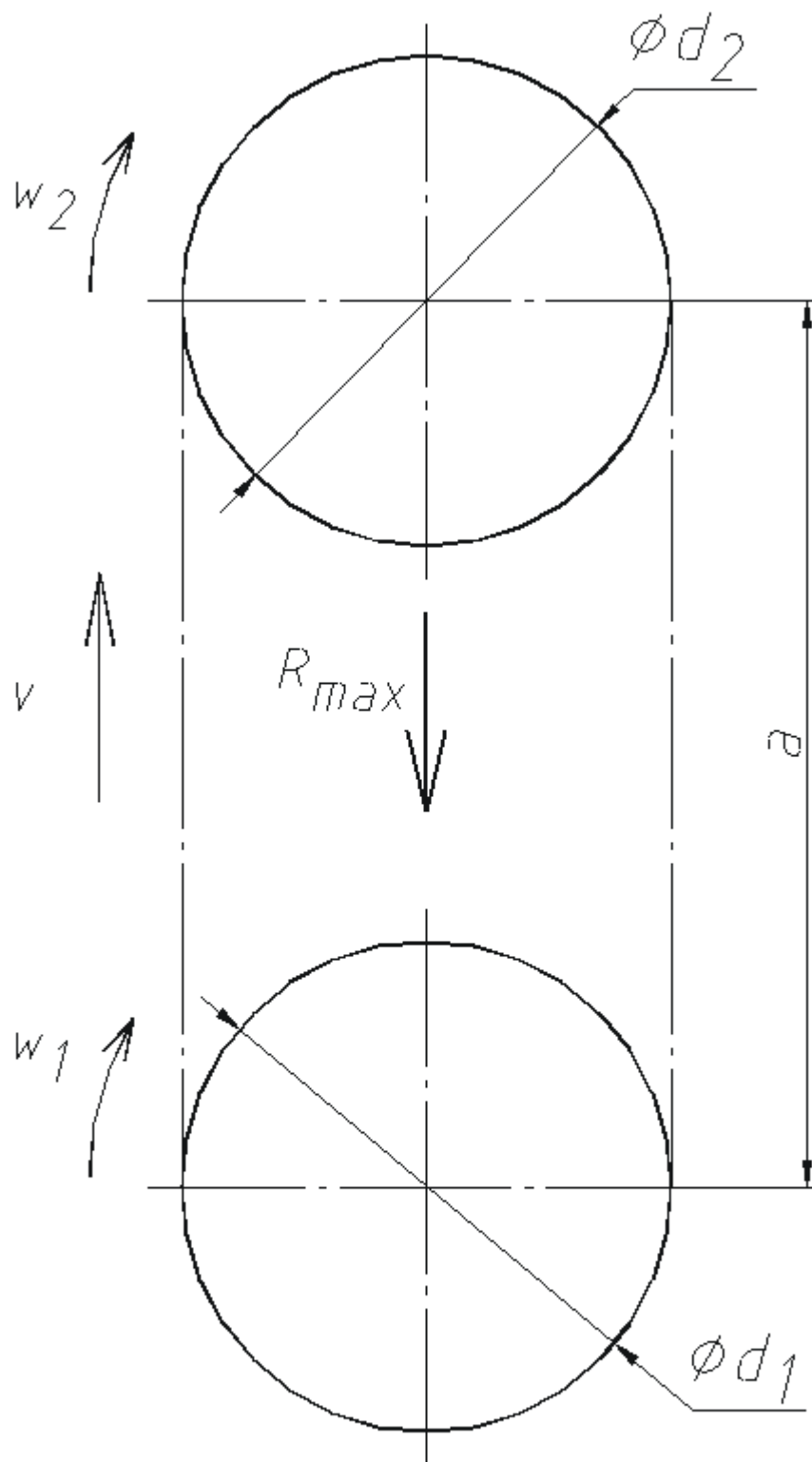


Рис. 3.5. Розрахункова схема ланцюгової передачі.

Швидкість ланцюга

$$v := \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot z_1}{2 \cdot \pi} \quad v = 0.24 \quad (\text{м/с})$$

Орієнтовно визначаємо міжосьову віддаль передачі

$$a' := 13 \cdot P \quad a' = 247.65 \quad (\text{мм})$$

Число ланок ланцюга:

$$W' := 2 \cdot \frac{a'}{P} + 0.5 \cdot (z_1 + z_2) + \frac{P}{a'} \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2} \quad W' = 59$$

Вибираємо  $W := 180$

Розрахункова міжосьова відстань:

$$a_0 := \frac{P}{4} \cdot \left[ W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2) + \sqrt{\left[ W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2) \right]^2 - 8 \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2}} \right]$$

$$a_0 = 1400.17 \quad (\text{мм})$$

Міжосьова відстань передачі із забезпеченням провисання веденої вітки

$$a := a_0 - 0.003 \cdot a_0 \quad a = 1395.97 \quad (\text{мм})$$

Ділильні діаметри зірочок

$$d_1 := \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_1}\right)} \quad d_1 = 200.41 \quad (\text{мм})$$

$$d_2 := \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_2}\right)} \quad d_2 = 200.41 \quad (\text{мм})$$

Номінальне корисне навантаження ланцюга:

$$F_t := 2 \cdot \frac{T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 5768.58 \quad (\text{H})$$

Максимальне навантаження ланцюга при пуску передачі:

$$F_{t\max} := K_{\Pi} \cdot F_t \quad F_{t\max} = 6345.43 \quad (\text{H})$$

Максимальна сила, яка діє на вали передачі:

$$R_{\max} := 1.15 \cdot F_{t\max} \quad R_{\max} = 7297.25 \quad (\text{H})$$

Розрахуємо шарніри ланцюга на стійкість проти спрацювання.

Якщо коефіцієнт інтенсивності  $K_{\text{Есп}} := 0.40$  [ 3 ] для режиму

навантаження СН, то еквівалентне корисне навантаження ланцюга:

$$F_{t\text{Есп}} := K_{\text{Есп}} \cdot F_t \quad F_{t\text{Есп}} = 2307.43 \quad (\text{H})$$

Коефіцієнт динамічного навантаження (при помірних змінах навантаження)  $K_{\text{д}} := 1.3$  ; для однорядного ланцюга  $K_{\text{м}} := 1$

Допустиме збільшення середнього кроку ланцюга  $\frac{P}{\Delta P} = 2.7 \%$

При даному допустимому збільшенні розрахункові коефіцієнти:

$$C := 1.33 \cdot 10^6 \cdot 2.7 \quad C = 3591000$$

$$K_{\text{V}} := \sqrt[3]{\omega_1^2} \quad K_{\text{V}} = 1.8$$

коефіцієнт міжосьової віддалі  $a_p := 13$

$$K_{\text{T}} := \left( \frac{25}{z_1} \right)^4 \cdot \sqrt[4]{\frac{40}{a_p}} \cdot \frac{1}{\sqrt[6]{u}} \quad K_{\text{T}} = 1$$

Коефіцієнти, які враховують умови роботи передачі і її конструкцію:

$$K_{\text{H}} := 1 \quad K_{\text{p}} := 1 \quad K_{\text{ЗМ}} := 3$$

$$K_{\text{е}} := K_{\text{H}} \cdot K_{\text{p}} \cdot K_{\text{ЗМ}} \quad K_{\text{е}} = 3$$

З умови стійкості проти спрацювання допустимий тиск у шарнірах

$$IpI_{сп} := \frac{C}{h \cdot K_v \cdot K_T \cdot K_e} \quad IpI_{сп} = 82.69 \quad (\text{МПа})$$

Визначимо розрахунковий тиск в шарнірах ланцюга.

$$p := \frac{F_{tЕсп} \cdot K_d}{A_{оп} \cdot K_m} \quad p = 28.3 \quad (\text{МПа})$$

Стійкість шарнірів ланцюга проти спрацювання забезпечується

Розрахуем пластини ланок ланцюга на втому.

При розрахунку пластин на втому еквівалентне корисне навантаження ланцюга ( $K_{ЕВТ} := 0.65$  для режиму навантаження СН)

$$F_{tЕВТ} := K_{ЕВТ} \cdot F_t \quad F_{tЕВТ} = 3749.57 \quad (\text{Н})$$

Розрахункові коефіцієнти

$$K'_z := \sqrt[12]{z_1} \quad K'_z = 1.34$$

$$K_h := \sqrt[4]{\frac{15000}{h}} \quad K_h = 1.17$$

$$K_B := 10 \cdot \sqrt[9]{\omega_1} \quad K_B = 11.03$$

$$K_P := \sqrt[24]{\frac{P}{25.4}} \quad K_P = 0.99$$

Допустимий тиск у шарнірах ланцюга, що гарантує втомну міцність пластин його ланок

$$IpI_{ВТ} := \frac{270 \cdot K'_z \cdot K_h}{K_B \cdot K_P} \quad IpI_{ВТ} = 38.79 \quad (\text{МПа})$$

Розрахунковий тиск у шарнірах за умови втомної міцності пластин

$$p_{ВТ} := \frac{F_{tЕВТ} \cdot K_d}{A_{оп} \cdot K_m} \quad p_{ВТ} = 45.99 \quad (\text{МПа})$$

Втомна міцність пластин ланцюга достатня.

Розрахуем ланцюг на міцність при дії максимальних коротко- термінових перевантажень

$$s := \frac{F_{рн} \cdot 1000}{F_{tmax}} \quad s = 5.01 \quad > s_{min} = 5$$

### 3.8. Конструктивний розрахунок ланцюгової передачі приводу каретки

Вихідні дані до розрахунку.

Потужність на валу ведучої зірочки  $P_1 := 1.7$  (кВт);

кутова швидкість ведучої зірочки  $\omega_1 := 2.497$  (рад/с);

передаточне число передачі  $u := 1$  ; передача

вертикальна; регулювання натягу ланцюга періодичне; коефіцієнт короточасних перевантажень при пусках

$K_{\Pi} := 2.2$  типовий режим навантаження - середній нормальний (СН);

допустиме збільшення середнього кроку ланцюга  $\frac{\Delta P}{P} = 2.7$  %;

строк служби ланцюга  $h := 8000$  год.

На одній ведучій зірочці з умови наявності двох зірочок обертовий момент:

$$T_1 := 0.5 \cdot \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 340.41 \quad (\text{Н*м})$$

Якщо припустити, що крок ланцюга не буде більш, ніж 31.8 мм, то для

$\omega_1 = 2.5$  (рад/с) [ 3 ] можна вибрати число зубців ведучої зірочки

$z_1 := 110$  Тоді число зубців веденої зірочки  $z'_2 := u \cdot z_1$   $z'_2 = 110$

Вибираємо  $z_2 := 110$

Орієнтовне значення кроку ланцюга при двох одночасно працюючих ланцюгах

$$P' := 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{z_1}} \quad P' = 18.94 \quad (\text{мм})$$

До розрахунку вибираємо роликівий ланцюг ПР-19.05-3180 [ 3], для якого

маємо: крок  $P := 19.05$  мм; площа опорної поверхні шарнірна

$A_{\text{оп}} := 106$  мм<sup>2</sup>; руйнівне навантаження  $F_{\text{рн}} := 31.8$  кН; маса 1м

ланцюга  $q := 1.9$  кг/м.



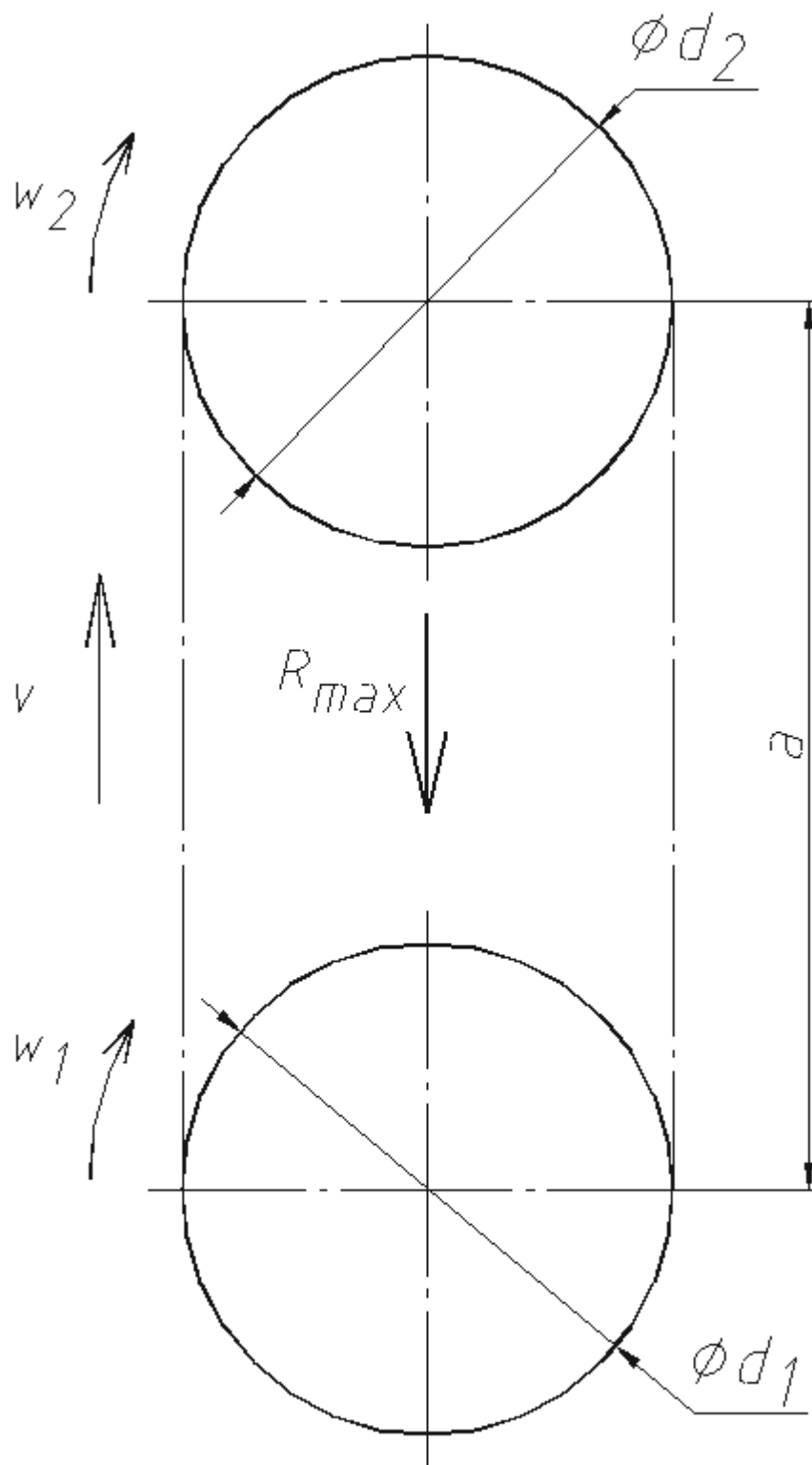


Рис. 3.6. Розрахункова схема ланцюгової передачі.

Швидкість ланцюга

$$v := \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot z_1}{2 \cdot \pi} \quad v = 0.83 \quad (\text{м/с})$$

Орієнтовно визначаємо міжосьову віддаль передачі

$$a' := 13 \cdot P \quad a' = 247.65 \quad (\text{мм})$$

Число ланок ланцюга:

$$W' := 2 \cdot \frac{a'}{P} + 0.5 \cdot (z_1 + z_2) + \frac{P}{a'} \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2} \quad W' = 136$$

Вибираємо  $W := 180$

Розрахункова міжосьова відстань:

$$a_0 := \frac{P}{4} \left[ W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2) + \sqrt{\left[ W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2) \right]^2 - 8 \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2}} \right]$$

$$a_0 = 666.75 \quad (\text{мм})$$

Міжосьова відстань передачі із забезпеченням провисання веденої вітки

$$a := a_0 - 0.003 \cdot a_0 \quad a = 664.75 \quad (\text{мм})$$

Ділильні діаметри зірочок

$$d_1 := \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_1}\right)} \quad d_1 = 667.11 \quad (\text{мм})$$

$$d_2 := \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_2}\right)} \quad d_2 = 667.11 \quad (\text{мм})$$

Номінальне корисне навантаження ланцюга:

$$F_t := 2 \cdot \frac{T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 1020.55 \quad (\text{H})$$

Максимальне навантаження ланцюга при пуску передачі:

$$F_{t\max} := K_{\Pi} \cdot F_t \quad F_{t\max} = 2245.21 \quad (\text{H})$$

Максимальна сила, яка діє на вали передачі:

$$R_{\max} := 1.15 \cdot F_{t\max} \quad R_{\max} = 2581.99 \quad (\text{H})$$

Розрахуємо шарніри ланцюга на стійкість проти спрацювання.

Якщо коефіцієнт інтенсивності  $K_{\text{Есп}} := 0.40$  [ 3 ] для режиму

навантаження СН, то еквівалентне корисне навантаження ланцюга:

$$F_{t\text{Есп}} := K_{\text{Есп}} \cdot F_t \quad F_{t\text{Есп}} = 408.22 \quad (\text{H})$$

Коефіцієнт динамічного навантаження (при помірних змінах навантаження)  $K_{\text{д}} := 1.3$  ; для однорядного ланцюга  $K_{\text{м}} := 1$

Допустиме збільшення середнього кроку ланцюга  $\frac{P}{\Delta P} = 2.7 \%$

При даному допустимому збільшенні розрахункові коефіцієнти:

$$C := 1.33 \cdot 10^6 \cdot 2.7 \quad C = 3591000$$

$$K_{\text{V}} := \sqrt[3]{\omega_1^2} \quad K_{\text{V}} = 1.84$$

коефіцієнт міжосьової віддалі  $a_p := 13$

$$K_{\text{T}} := \left( \frac{25}{z_1} \right)^4 \cdot \sqrt[4]{\frac{40}{a_p}} \cdot \frac{1}{\sqrt[6]{u}} \quad K_{\text{T}} = 0.3$$

Коефіцієнти, які враховують умови роботи передачі і її конструкцію:

$$K_{\text{H}} := 1 \quad K_{\text{p}} := 1 \quad K_{\text{ЗМ}} := 3$$

$$K_{\text{е}} := K_{\text{H}} \cdot K_{\text{p}} \cdot K_{\text{ЗМ}} \quad K_{\text{е}} = 3$$

З умови стійкості проти спрацювання допустимий тиск у шарнірах

$$IpI_{\text{СП}} := \frac{C}{h \cdot K_V \cdot K_T \cdot K_e} \quad IpI_{\text{СП}} = 270.07 \quad (\text{МПа})$$

Визначимо розрахунковий тиск в шарнірах ланцюга.

$$p := \frac{F_{t\text{ЕСП}} \cdot K_d}{A_{\text{оп}} \cdot K_m} \quad p = 5.01 \quad (\text{МПа})$$

Стійкість шарнірів ланцюга проти спрацювання забезпечується

Розрахуем пластини ланок ланцюга на втому.

При розрахунку пластин на втому еквівалентне корисне навантаження ланцюга ( $K_{\text{ЕВТ}} := 0.65$  для режиму навантаження СН)

$$F_{t\text{ЕВТ}} := K_{\text{ЕВТ}} \cdot F_t \quad F_{t\text{ЕВТ}} = 663.36 \quad (\text{Н})$$

Розрахункові коефіцієнти

$$K'_Z := \sqrt[12]{z_1} \quad K'_Z = 1.48$$

$$K_h := \sqrt[4]{\frac{15000}{h}} \quad K_h = 1.17$$

$$K_B := 10 \cdot \sqrt[9]{\omega_1} \quad K_B = 11.07$$

$$K_P := \sqrt[24]{\frac{P}{25.4}} \quad K_P = 0.99$$

Допустимий тиск у шарнірах ланцюга, що гарантує втомну міцність пластин його ланок

$$IpI_{\text{ВТ}} := \frac{270 \cdot K'_Z \cdot K_h}{K_B \cdot K_P} \quad IpI_{\text{ВТ}} = 42.73 \quad (\text{МПа})$$

Розрахунковий тиск у шарнірах за умови втомної міцності пластин

$$p_{\text{ВТ}} := \frac{F_{t\text{ЕВТ}} \cdot K_d}{A_{\text{оп}} \cdot K_m} \quad p_{\text{ВТ}} = 8.14 \quad (\text{МПа})$$

Втомна міцність пластин ланцюга достатня.

Розрахуем ланцюг на міцність при дії максимальних коротко-термінових перевантажень

$$s := \frac{F_{\text{РН}} \cdot 1000}{F_{t\text{max}}} \quad s = 14.16 \quad > s_{\text{min}} = 5$$

#### 4. Комп'ютерне моделювання конструкції ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС

##### 4.1. Постановка завдань дослідження

В процесі дослідження роботи модернізованого ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС із пластику ABS під навантаженням розглядали набір варіантів із різною товщиною стінки, зокрема 0,003м; 0,0035м; 0,004м; 0,0045м; 0,005м.

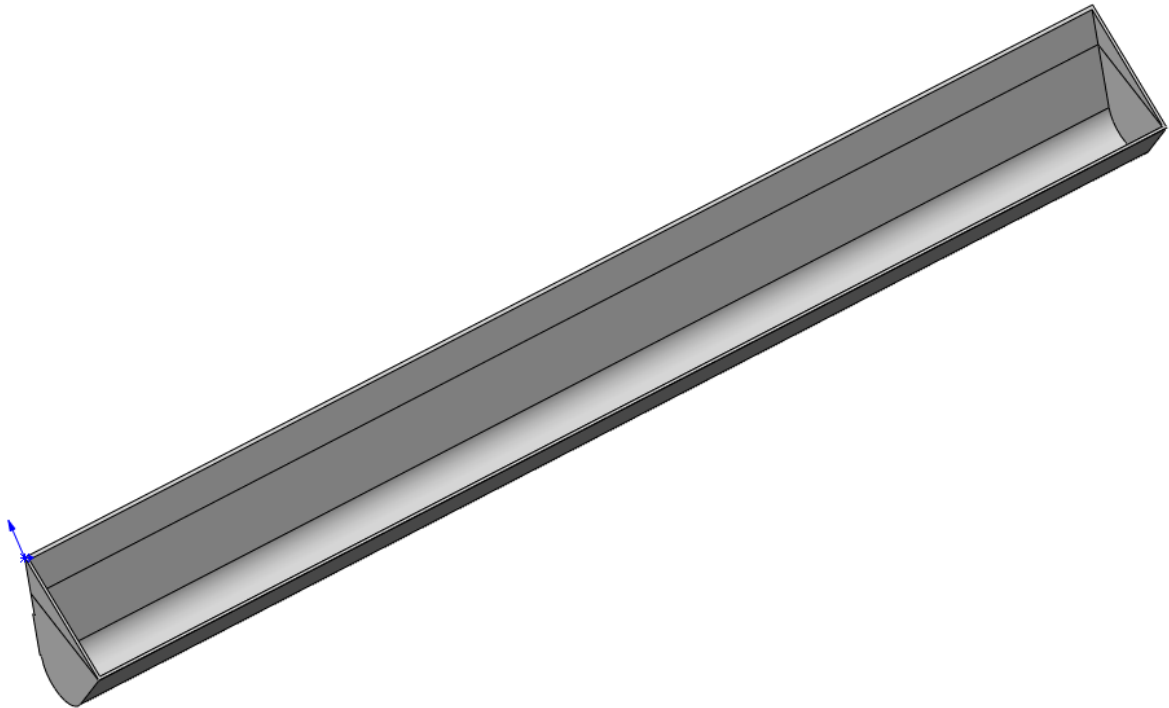


Рис. 4.1. Конструктивна схема ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС із пластику ABS

##### 4.2. Результати моделювання ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС під навантаженням.

Спрощена розрахункова схема ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС із кріпленнями і силовими чинниками подана на рис. 4.2.

Сітку для моделюючого МКЕ показано на рис. 4.3. Результати моделюючих числових експериментів подано на рис.4.4 – рис.4.23.

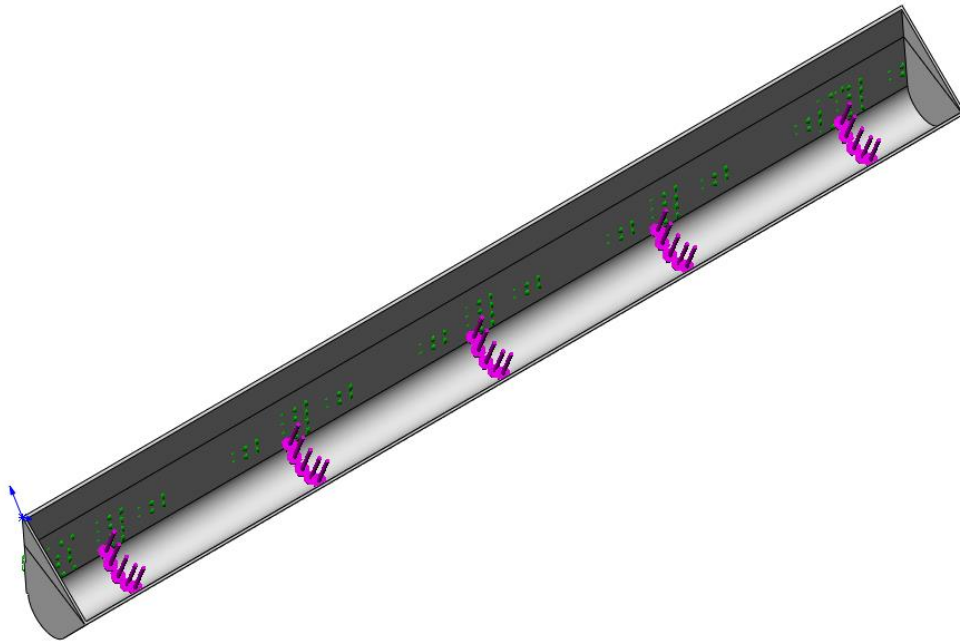


Рис. 4.2. Розрахункова схема ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС

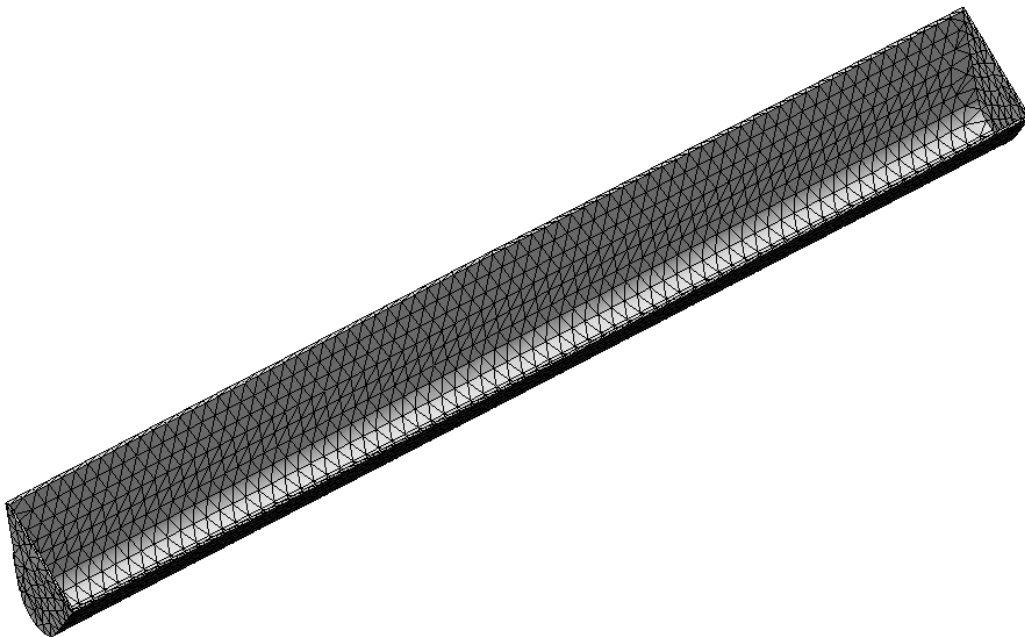


Рис. 4.3. Сітка МКЕ ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1-(По умолчанию)  
Тип элюры: Статический узловое напряжение Напряжение1

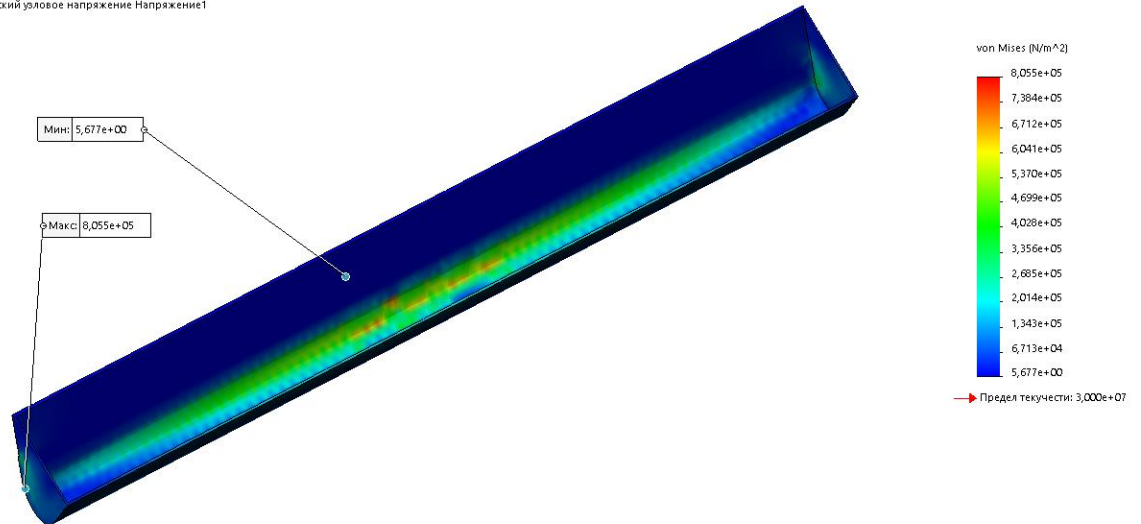


Рис. 4.4. Напряжения за фон Мизесом ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3 мм.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1-(По умолчанию)  
Тип элюры: Статическое перемещение Перемещение1

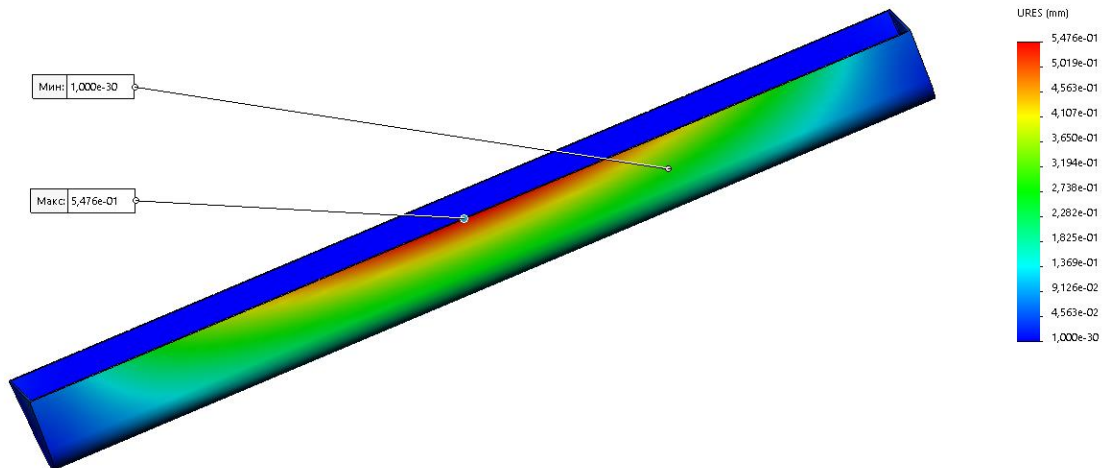


Рис 4.5. Статичне переміщення ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3 мм.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элю: Статическая деформация Деформация1

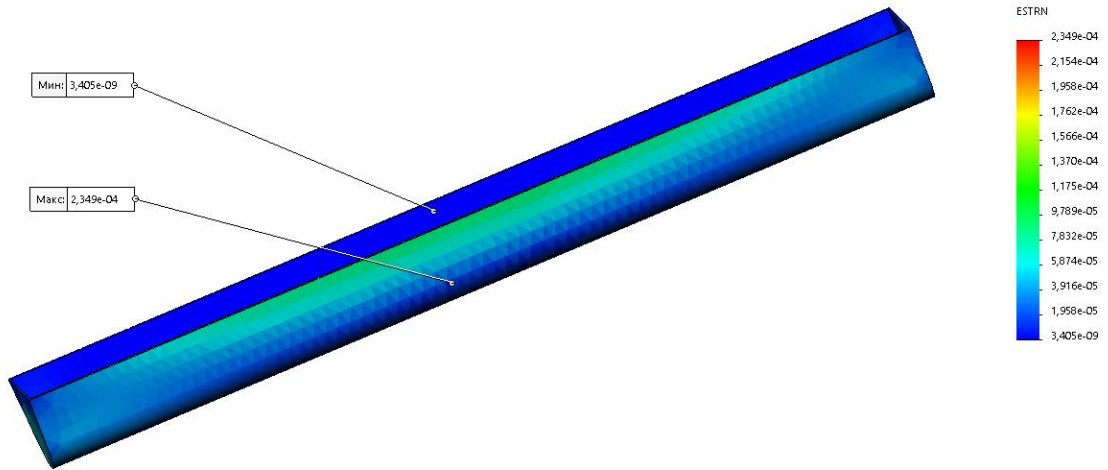
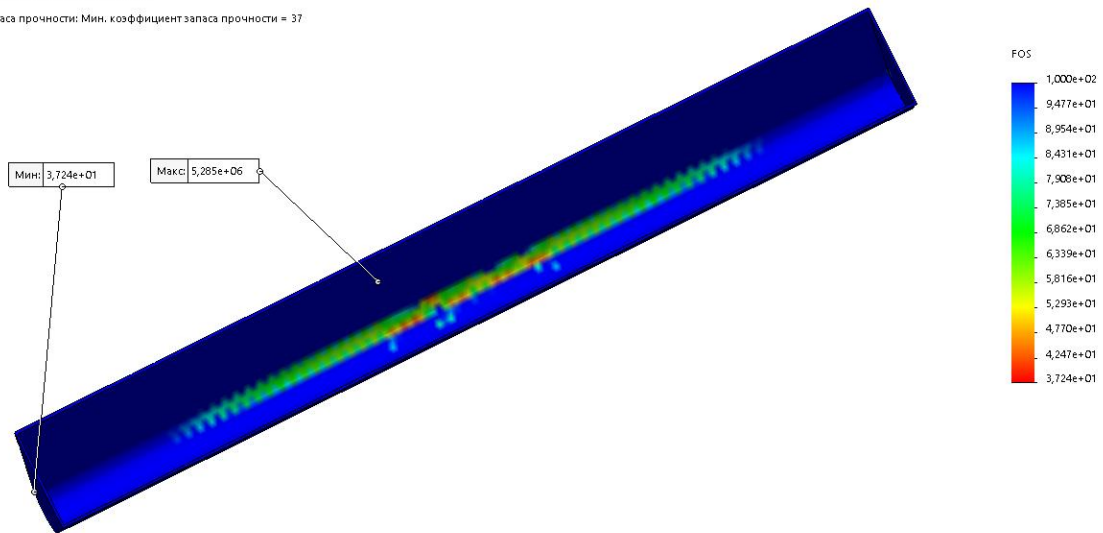


Рис 4.6. Статична деформація ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3 мм.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элю: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий: Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 37



г)

Рис. 4.7. Запас міцності (FOS) ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3 мм.



Имя модели:Квш  
Название исследования:Статический 1(-По умолчанию)  
Тип элэуры: Статический узловое напряжение Напряжение1

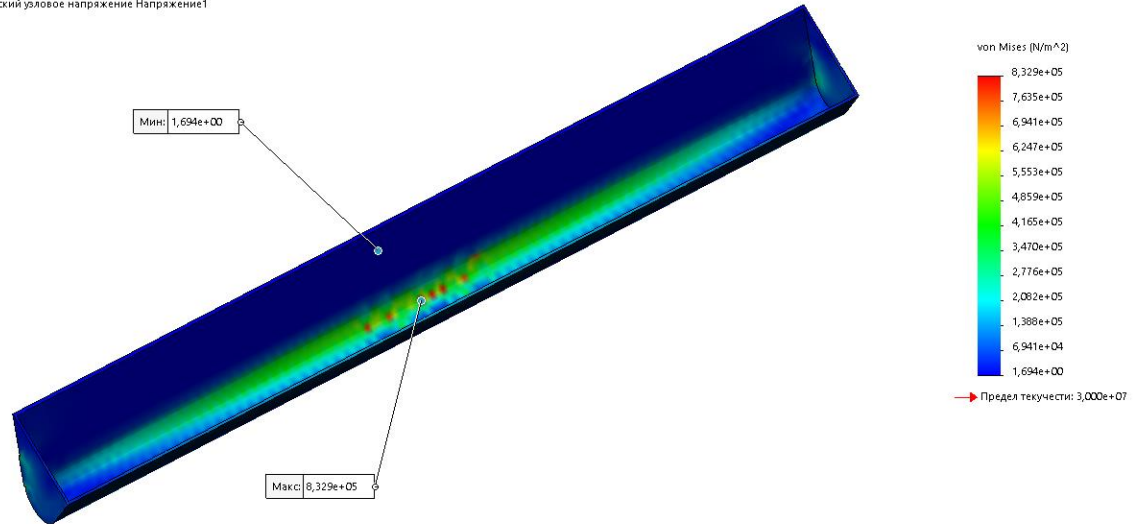


Рис. 4.8. Напряжения за фон Мізесом ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3,5 мм.

Имя модели:Квш  
Название исследования:Статический 1(-По умолчанию)  
Тип элэуры: Статическое перемещение Перемещение1

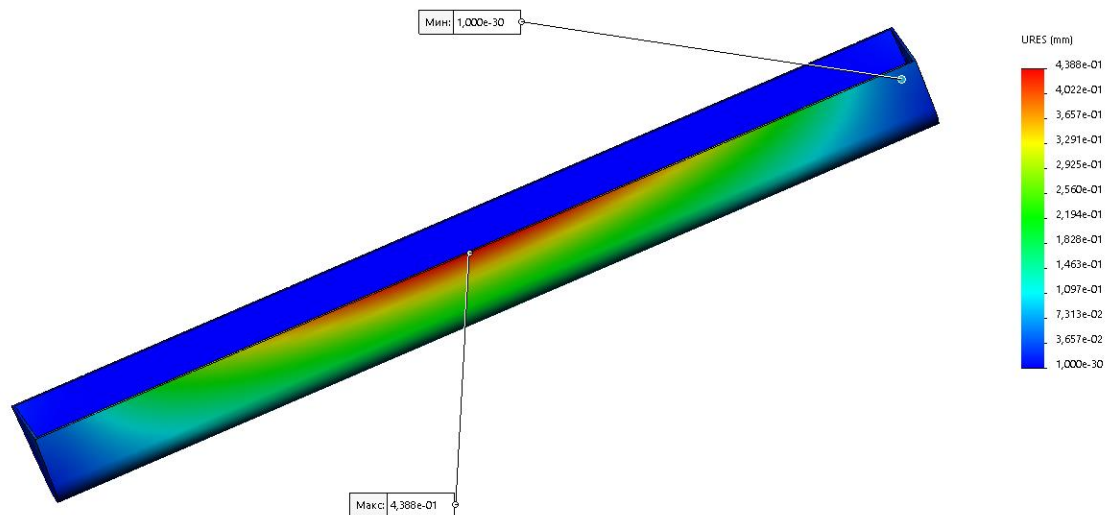


Рис 4.9. Статичне переміщення ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3,5 мм.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элэпы: Статическая деформация Деформация1

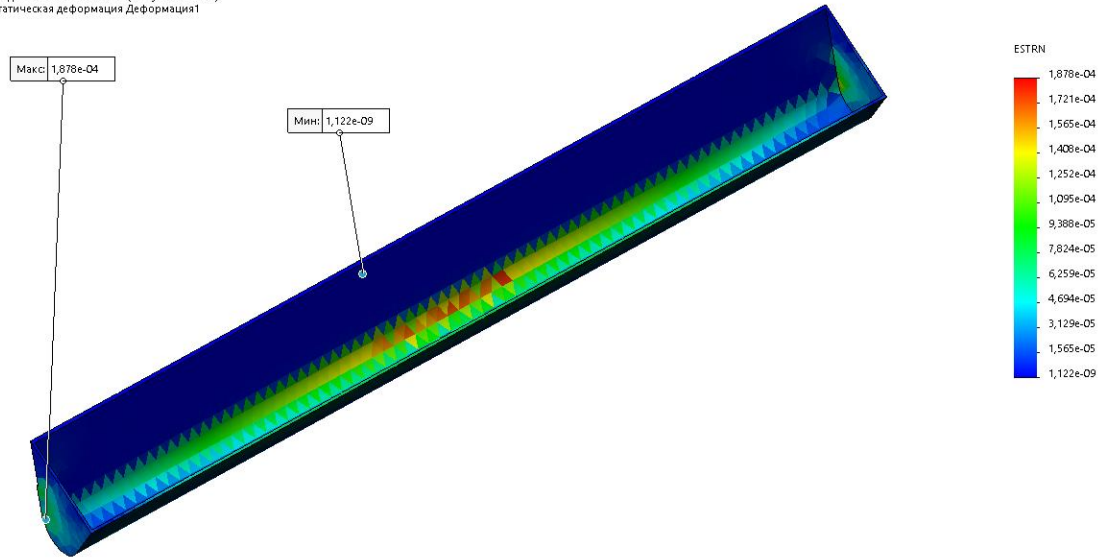
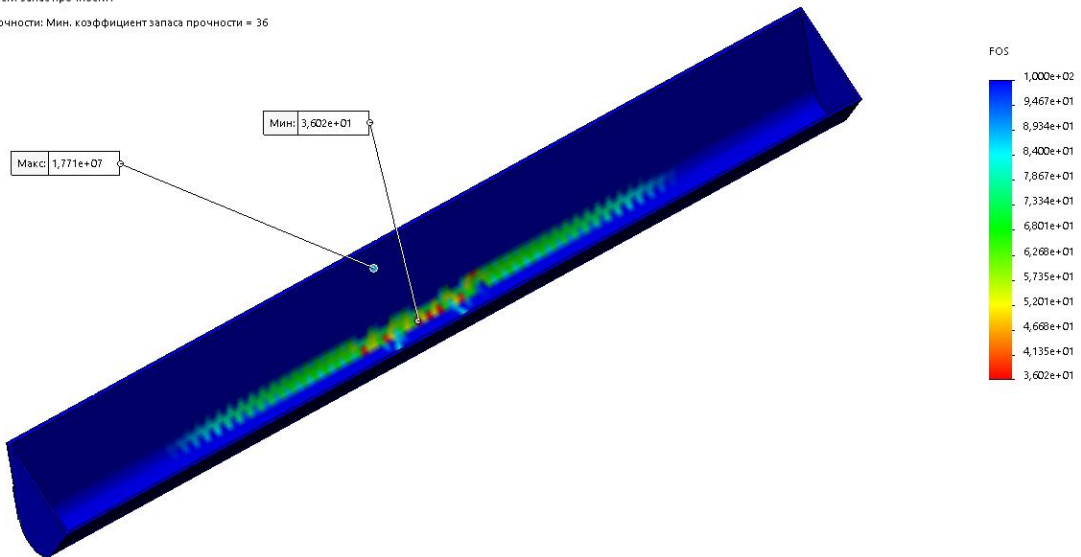


Рис 4.10. Статична деформація ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3,5 мм.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элэпы: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий: Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 36



Г)

Рис. 4.11. Запас міцності (FOS) ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 3,5 мм.

Имя модели: Квш  
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
Тип элора: Статический узловое напряжение Напряжение1

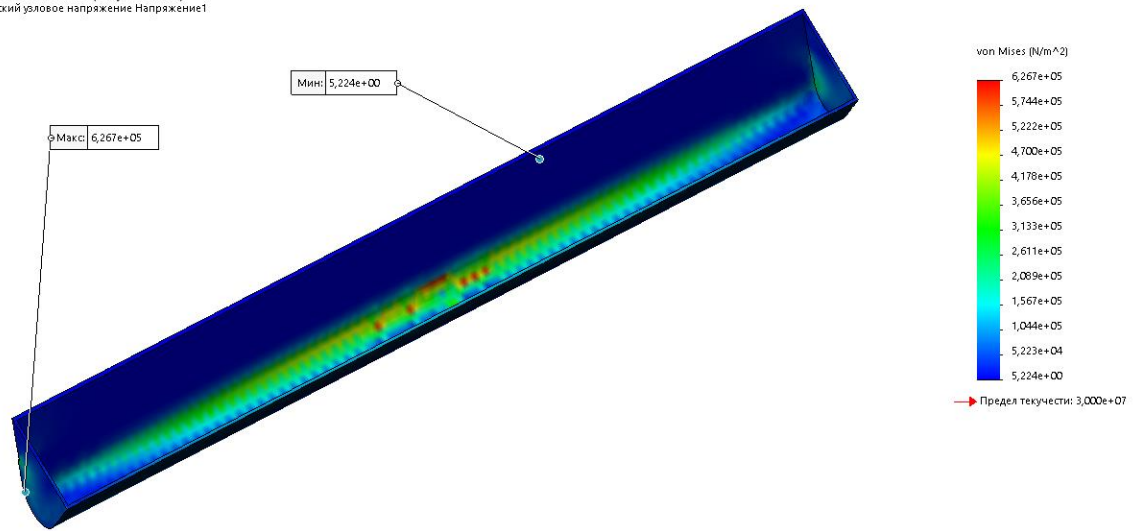


Рис. 4.12. Напряжения за фон Мизесом ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4 мм.

Имя модели: Квш  
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
Тип элора: Статическое перемещение Перемещение1

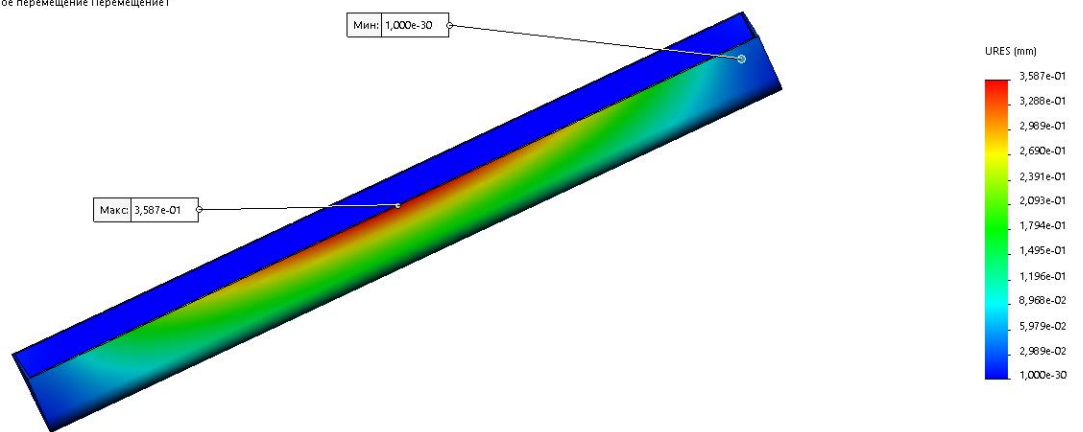


Рис 4.13. Статичне переміщення ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4 мм.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]  
Тип элюар: Статическая деформация Деформация1

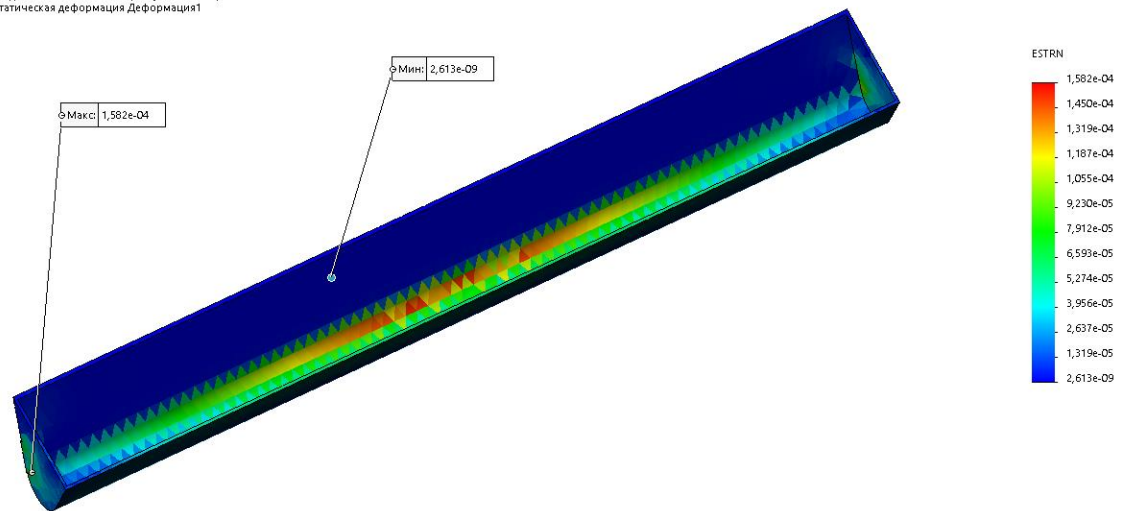


Рис 4.14. Статична деформація ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4 мм.

Имя модели: Ковш  
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]  
Тип элюар: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий: Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 48

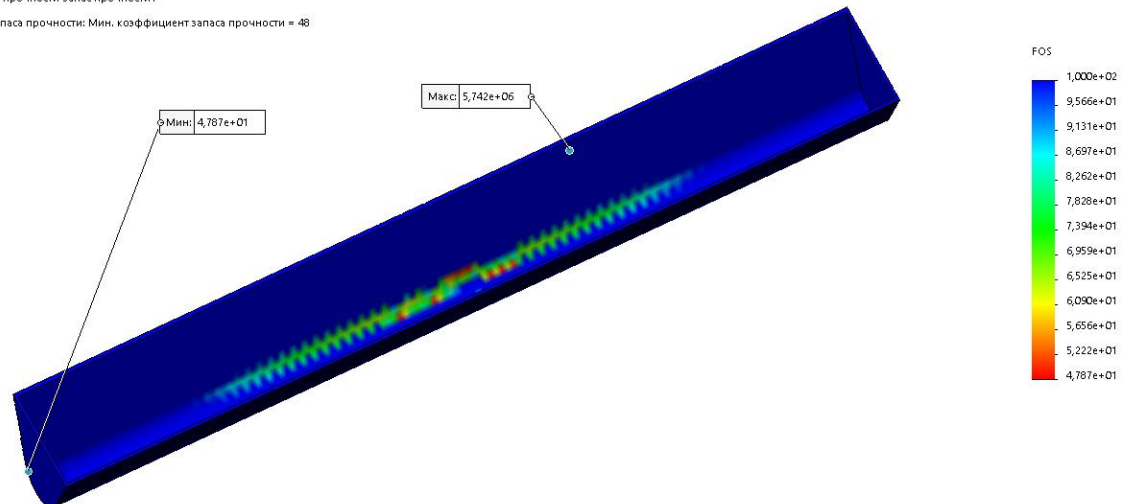


Рис. 4.15. Запас міцності (FOS) ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4 мм.

Имя модели:Ковш  
Название исследования:Статический 1(По умолчанию)  
Тип эпюры: Статический узловое напряжение Напряжение1

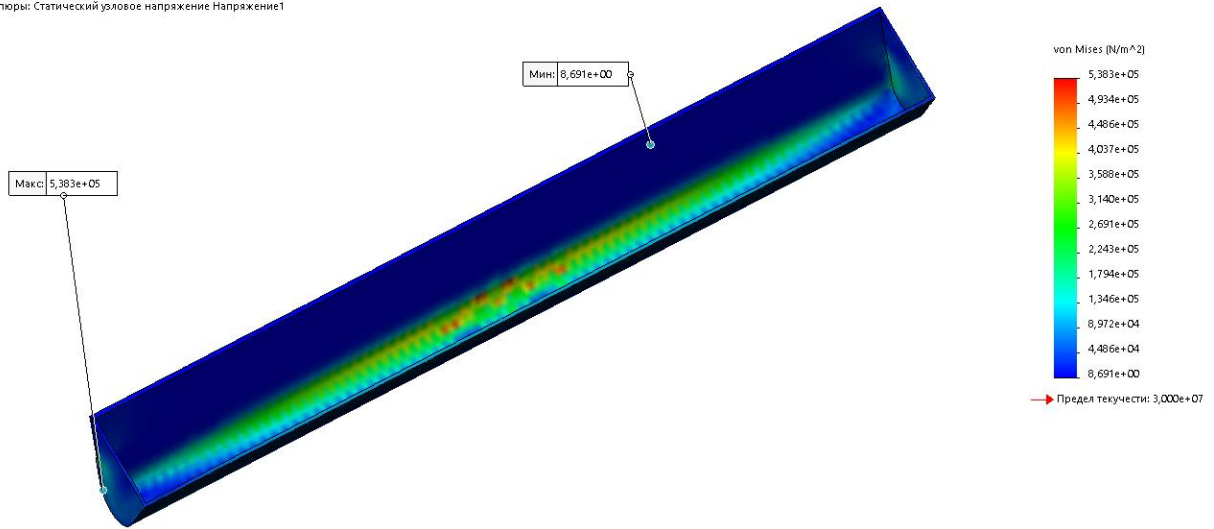


Рис. 4.16. Напряжения за фон Мизесом ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4,5 мм.

Имя модели:Ковш  
Название исследования:Статический 1(По умолчанию)  
Тип эпюры: Статическое перемещение Перемещение1

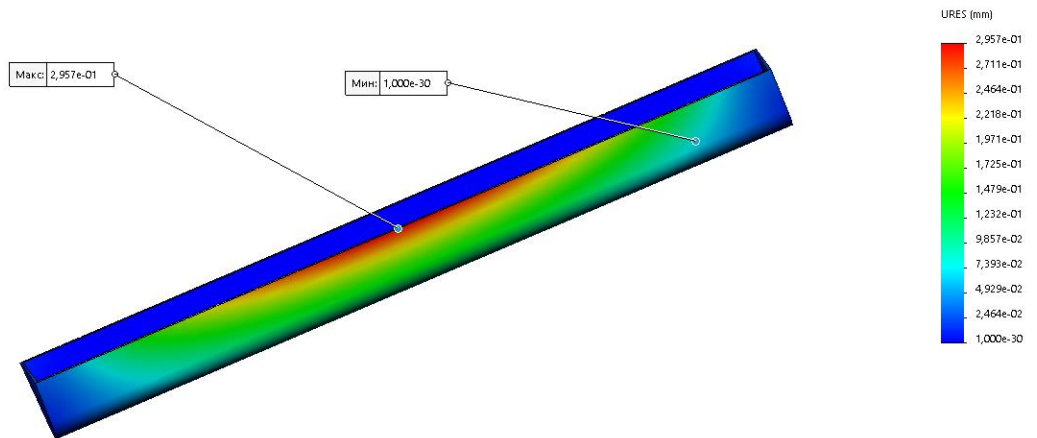


Рис 4.17. Статичне переміщення ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4,5 мм.

Имя модели: Квш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элэур: Статическая деформация Деформация1

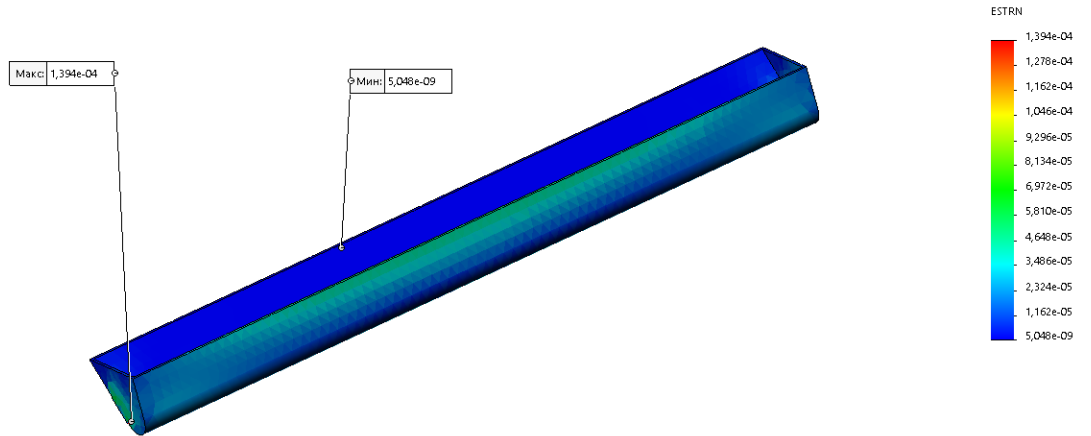


Рис 4. 18. Статична деформація ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4,5 мм.

Имя модели: Квш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элэур: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий : Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 56

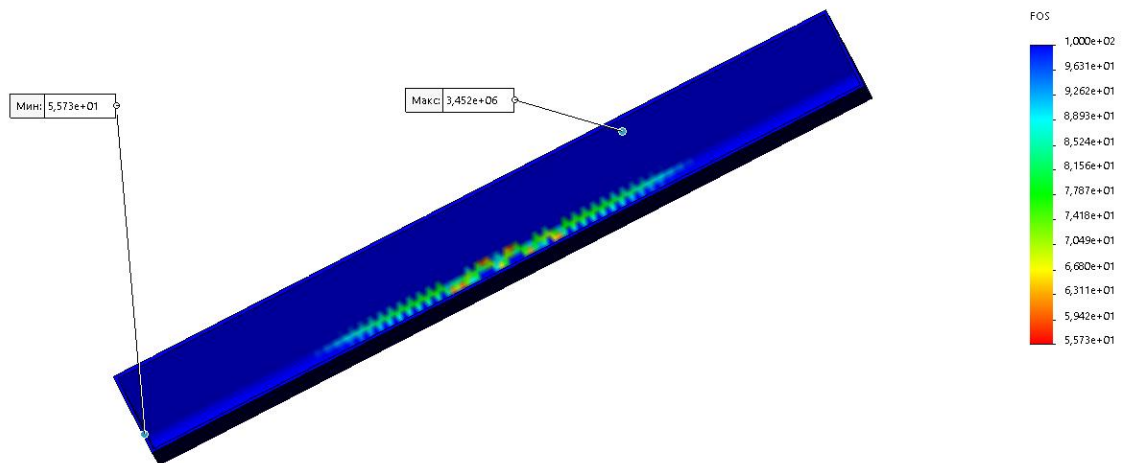


Рис. 4.19. Запас міцності (FOS) ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 4,5 мм.

Имя модели: Квш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элэры: Статический узловое напряжение Напряжение1

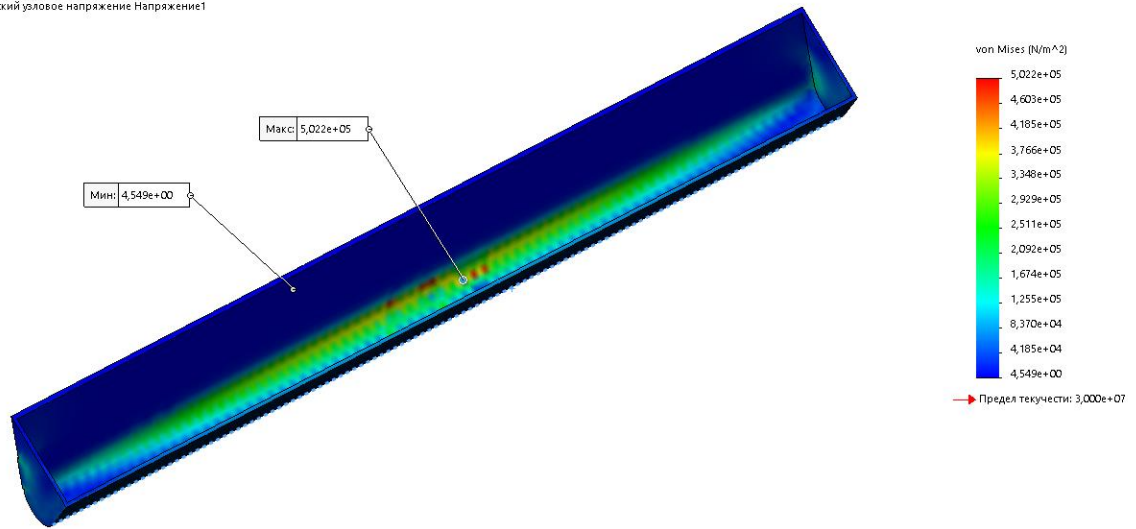


Рис. 4.20. Напряжения за фон Мизесом ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 5 мм.

Имя модели: Квш  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элэры: Статическое перемещение Перемещение1

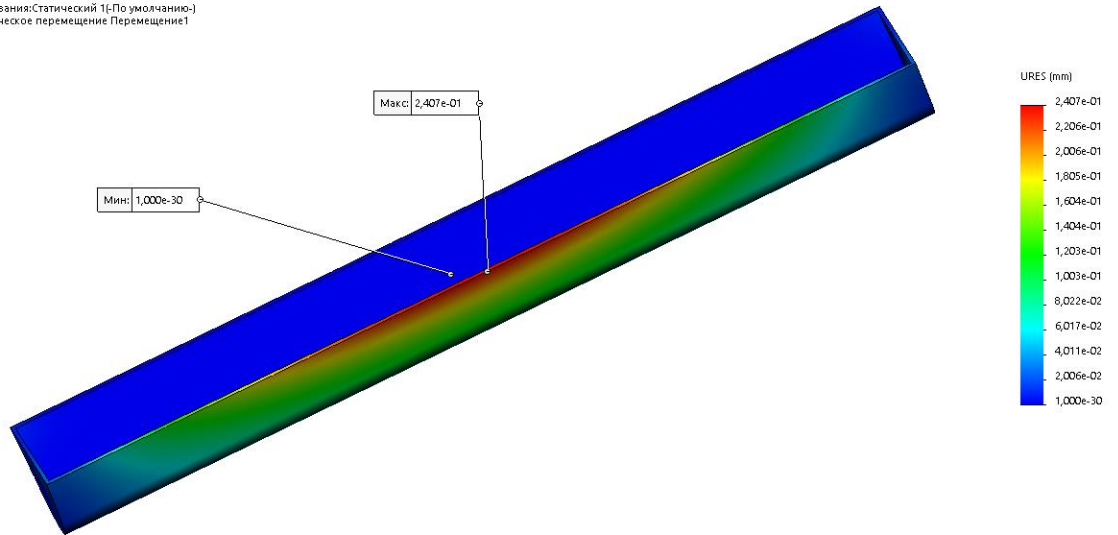


Рис 4.21. Статичне переміщення ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 5 мм.

Имя модели:Ковш  
Название исследования:Статический 1(По умолчанию)  
Тип эпоры: Статическая деформация Деформация1

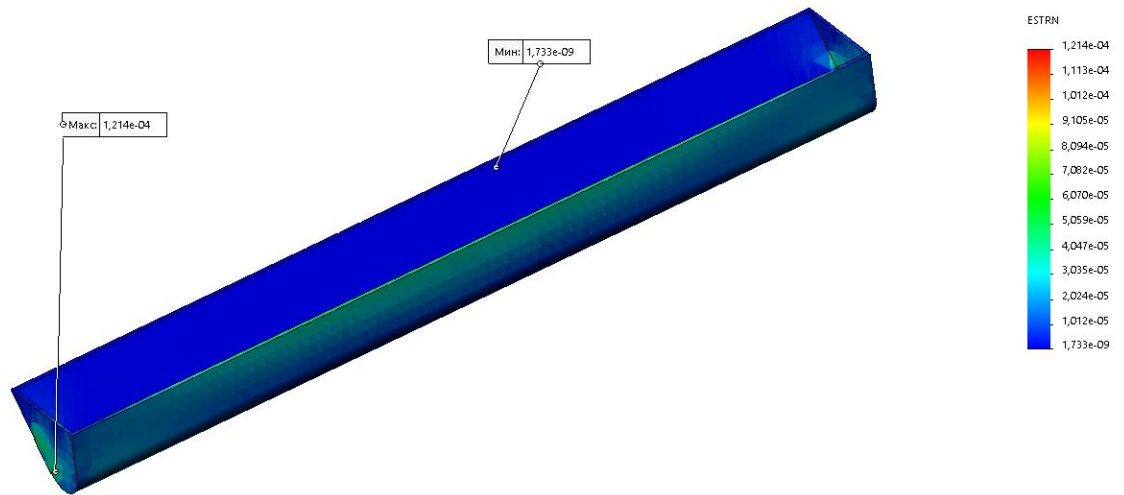


Рис 4. 22. Статична деформація ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 5 мм.

Имя модели:Ковш  
Название исследования:Статический 1(По умолчанию)  
Тип эпоры: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий : Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 60

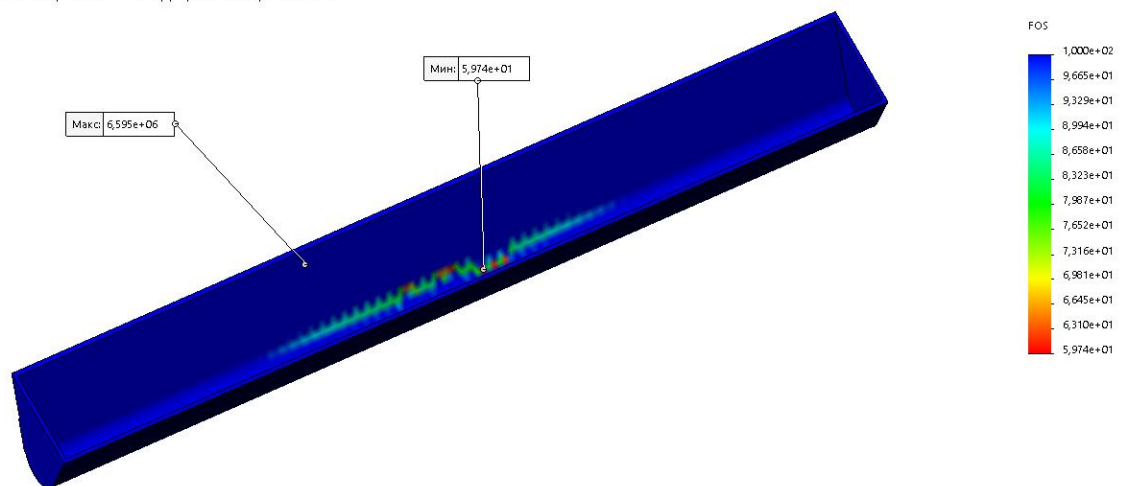


Рис. 4.23. Запас міцності (FOS) ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки 5 мм.

### 4.3. Аналіз результатів дослідження

У процесі визначення завдань для вивчення було включено низку конструктивних параметрів для ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС. Конкретно, розглядалися різні товщини стінок ковша: 0,003м; 0,0035м; 0,004м; 0,0045м; 0,005м. Для ковша даного конвеєра запропоновано



використання пластику ABS. Отримані під час обчислень результати були упорядковані й представлені у вигляді таблиці 4.1, а також відтворені на графіках 4.24 – 4.29, які відображають дану таблицю.

Таблиця 4.1.

Результати аналізу ковша ковшового конвеєра для зворушування солоду марки ВВС при різних величинах його товщини.

Товщина стінки ковша	Маса ковша, кг	Об'єм ковша, м <sup>3</sup>	Напруження Von Mises max, Н/м <sup>2</sup>	URES max, мм	ESTRN, max	Запас міцності, min
3	1,2902	0,001265	8,06E+05	5,48E-01	2,35E-04	3,72E+01
3,5	1,46874	0,00144	7,53E+05	4,39E-01	1,88E-04	3,60E+01
4	1,64597	0,001614	6,27E+05	3,59E-01	1,58E-04	4,79E+01
4,5	1,82189	0,001786	5,38E+05	2,96E-01	1,39E-04	5,57E+01
5	1,99651	0,001957	5,02E+05	2,41E-01	1,21E-04	5,97E+01

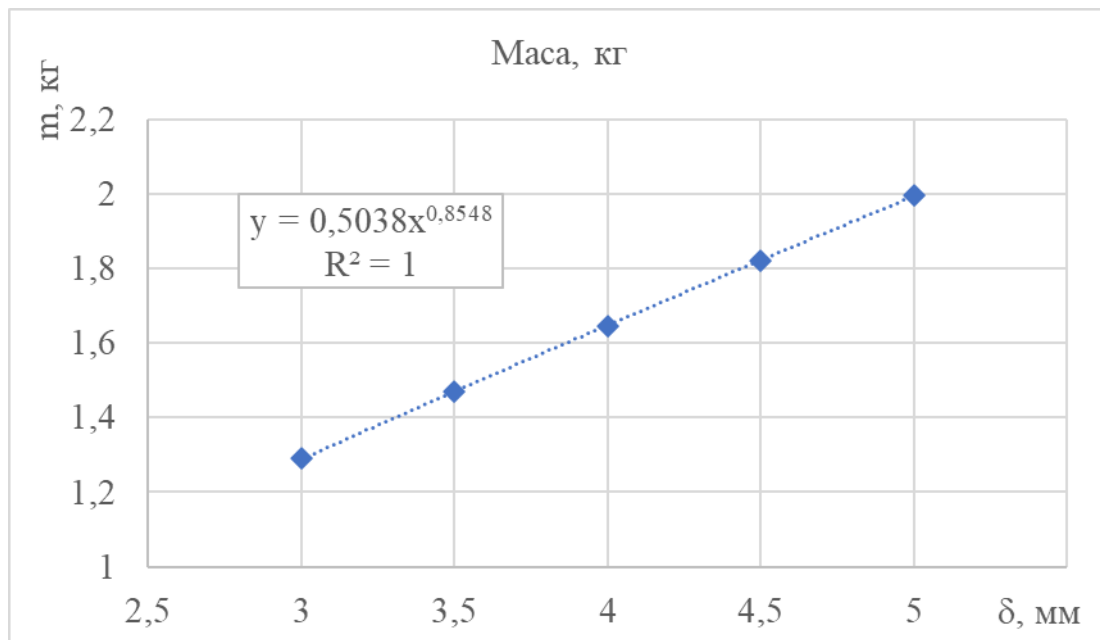


Рис. 4.29. Маса ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки при різних значеннях товщини стінки ковша.

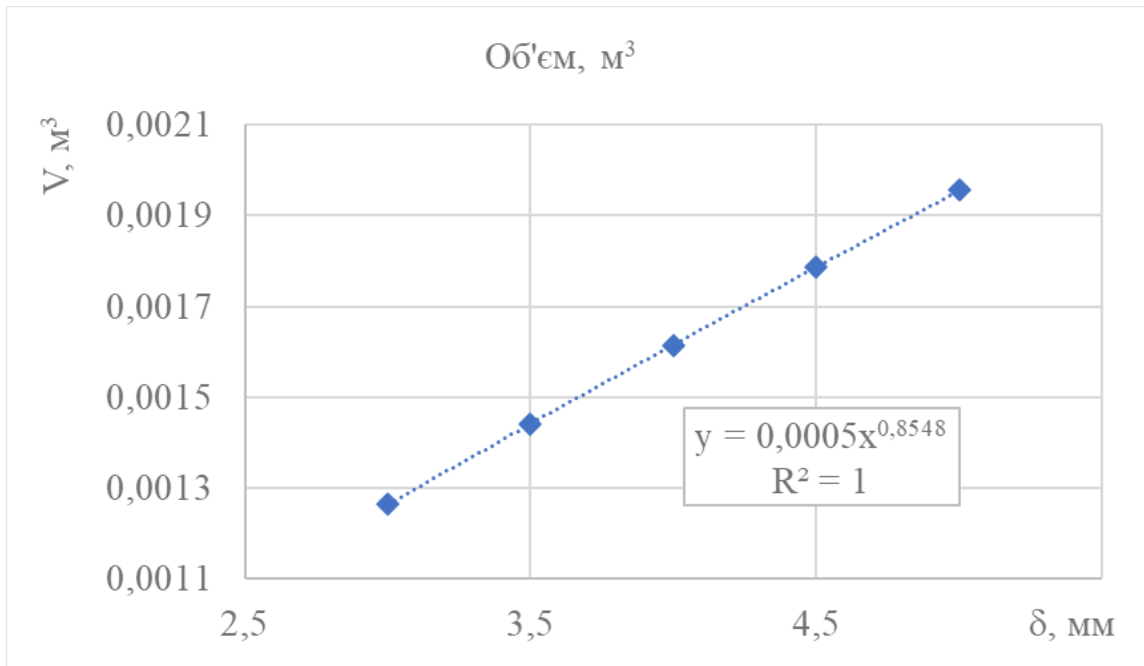


Рис. 4.30. Об'єм ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки при різних значеннях товщини стінки ковша.

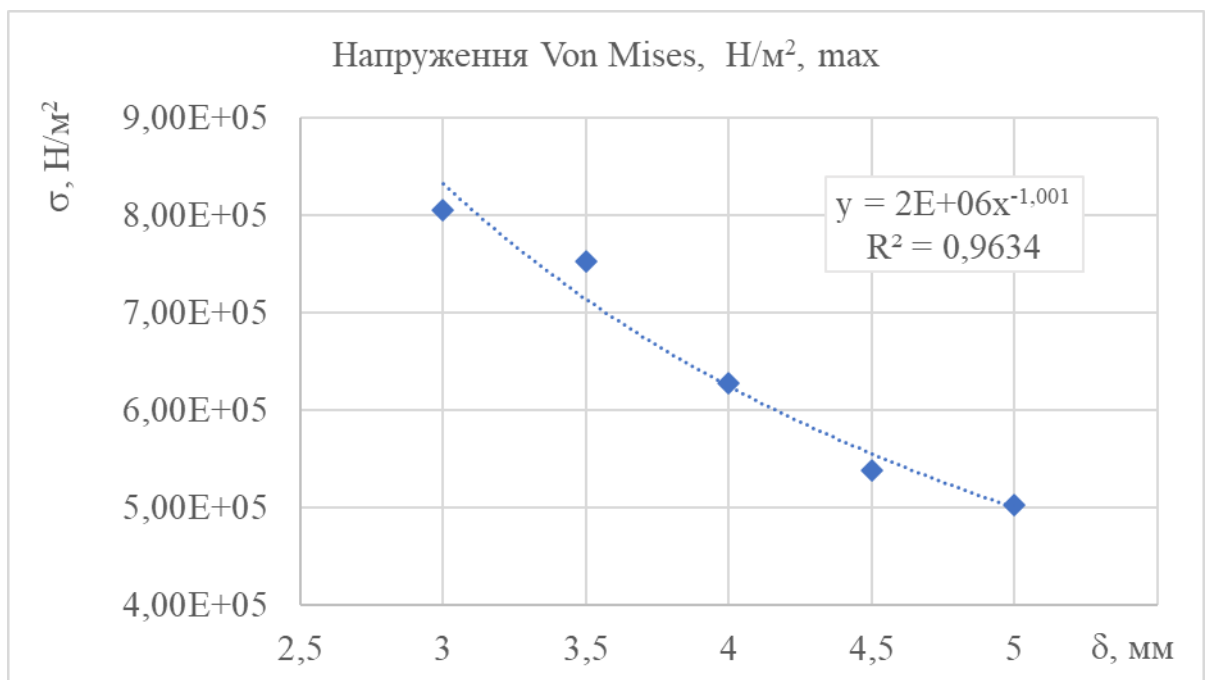


Рис. 4.31. Максимальні напруження ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки при різних значеннях товщини стінки ковша.

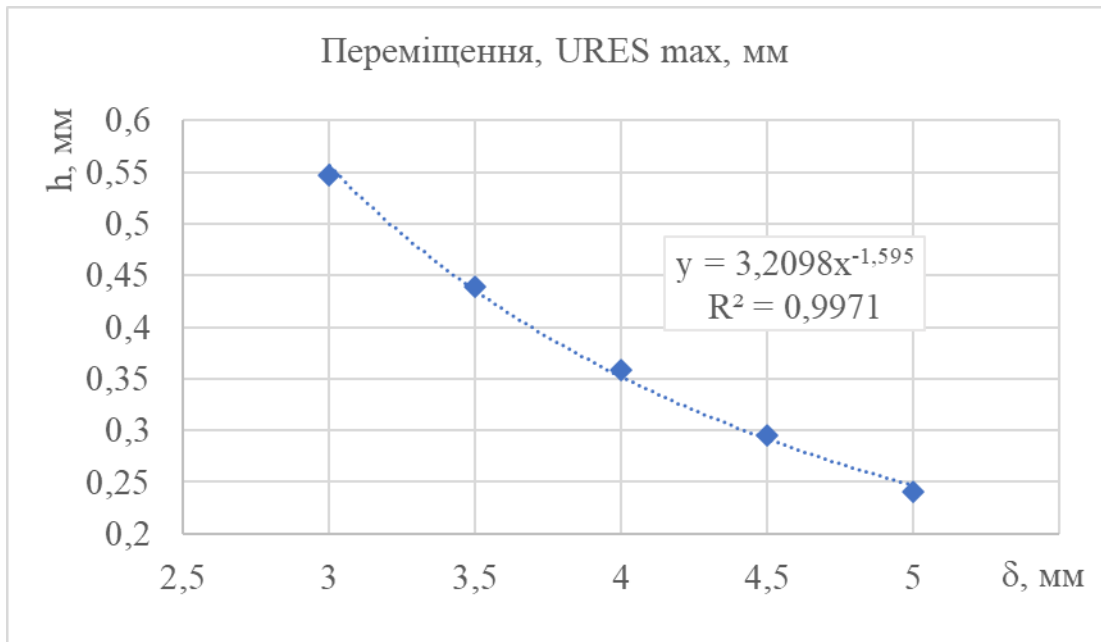


Рис. 4.32. Максимальні переміщення ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки при різних значеннях товщини стінки ковша.

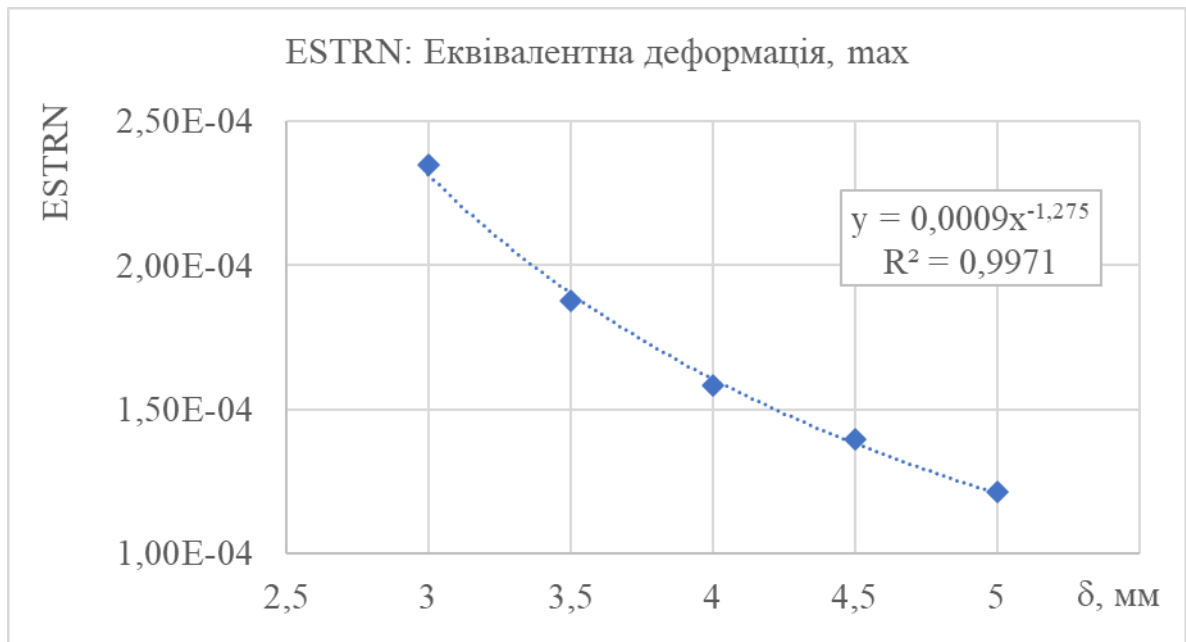


Рис. 4.33. Максимальні деформації ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки при різних значеннях товщини стінки ковша.

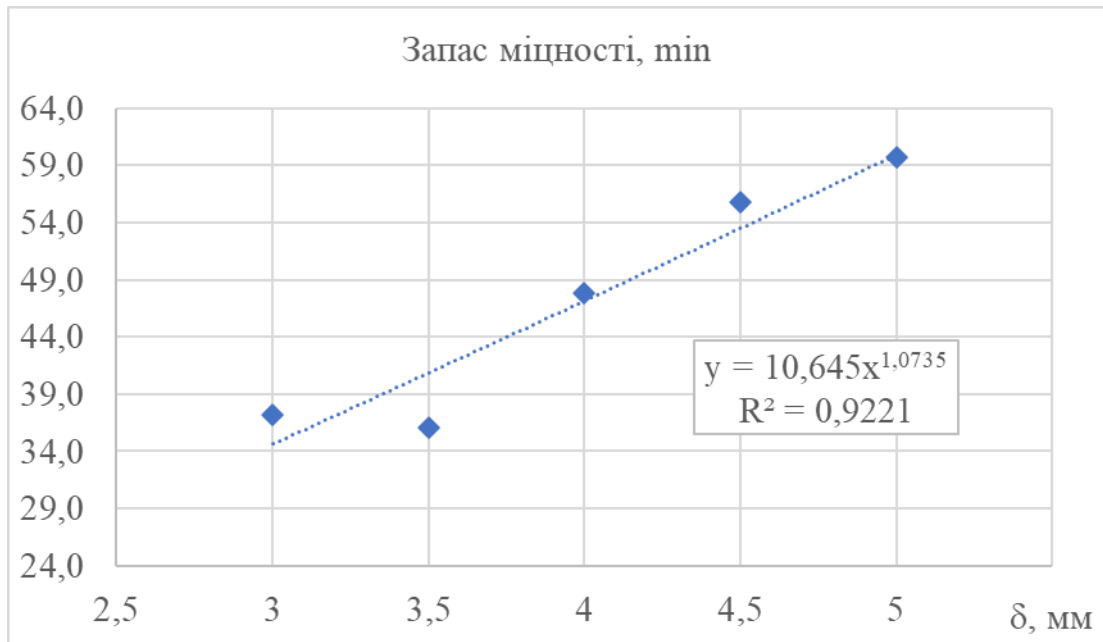


Рис. 4.34. Мінімальний запас міцності ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС з товщиною стінки при різних значеннях товщини стінки ковша.

За допомогою електронних таблиць було виявлено взаємозв'язки між параметрами, які потребують аналізу. Більшість залежностей було виражено у зручній для роботи формі, використовуючи степеневі вирази.

Залежність маси ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду  $m$  від товщини його стінки:

$$m = 0,5038 \times \delta^{0,8548}$$

$$R^2 = 1$$

Залежність об'єму ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду  $V$  від товщини його стінки:

$$V = 0,0005 \times \delta^{0,8548}$$

$$R^2 = 1$$

Залежність максимальних напружень  $\sigma$  ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду від товщини його стінки:

$$\sigma = 2E+06 \times \delta^{-1,001}$$

$$R^2 = 0,9634$$

Залежність максимального переміщення *URES* ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду від товщини його стінки:

$$URES = 3,2098 \times \delta^{-1,595}$$

$$R^2 = 0,9971$$

Залежність максимальних деформації ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду *ESTRN* від товщини його стінки:

$$ESTRN = 0,0009 \times \delta^{-1,275}$$

$$R^2 = 0,9971$$

Залежність мінімального запасу міцності *FOS* ковша ковшового конвеєра зворушувача солоду від товщини його стінки:

$$FOS = 10,645 \delta^{1,0735}$$

$$R^2 = 0,9221$$

Таким чином, було виявлено, що найбільш оптимальним значенням з урахуванням досліджуваних параметрів є товщина стінки ковша ковшового конвеєра для зворушування солоду рівна 3мм.

## 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві спирту

Вітчизняне норматичне забезпечення умов праці на підприємствах по переробці спирту є досить розвиненим. Базовими ГОСТами та СНiПами є: "Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і харчових продуктів", затв. 1.08.89, № 5061-89; СН 245-71 – "Санітарні норми проектування промислових підприємств"; "Санітарні правила організації технологічних процесів і гігієнічні вимоги до виробничого обладнання" затв. 1.04.73, № 1042-73; ГОСТ 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю"; Сніп 2.04.-85 "Внутрішній водопровід і каналізація будинків"; Сніп 2.09.04-87 "Адміністративні і побутові будинки"; Сніп "Природне і штучне висвітлення. Норми проектування"; "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень", затв. 31.03.86 № 4088-86; ГОСТ 12.0.001–82 "ССБТ. Основні положення", ГОСТ 12.0.002–80 "ССБТ. Терміни і визначення", ГОСТ 12.0.004–79 "ССБТ. Організація навчання робітників безпеки праці. Загальні положення", ГОСТ 12.1.003–83 "ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки", ГОСТ 12.1.004–85 "ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги", ГОСТ 12.1.005–82 "ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони", ГОСТ 12.1.019–79 "ССБТ. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту", ГОСТ 12.1.030–81 "ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення" тощо.

Технологічний процес виробництва спирту забезпечується наступним технологічним обладнанням: ковшові зворушувачі, відцентрові дробарки, бродильні чани; відцентрові насоси; ректифікаційні колони, теплообмінники.

Будова ковшового зворушувача включає електричну частину (електродвигун), і механічну (елементи кінематики).

Джерелом живлення зворушувача є мережа промислового струму наругою 380 В, тому при його експлуатації слід звернути увагу на основні правила техніки безпеки при роботі з електрообладнанням, а також обладнанням, що працює під надлишковим тиском.

Робочі елементи машини конструкційно розміщуються в закритому просторі тому явної небезпеки не становлять. Проте їх робота спричинює вібрацію і шум. Електродвигун приводу транспортуючої частини повинен відповідати ПУЕ, бути надійно заземленим, оскільки під час роботи на них можуть накопичуватися значні заряди статичної електрики. Передачі приводу повинні бути закриті захисними кожухами. Повинні використовуватись також запобіжні пристрої для безпеки при ремонті чи оглядах.

До роботи зі зворушувачем допускаються особи, які пройшли інструктаж по техніці безпеки і мають відмітку в спеціальному журналі.

Перед початком роботи необхідно пересвідчитись в справності машини, надійності заземлення і цілісності захисних кожухів. Потрібно пересвідчитися в відсутності інородних предметів в робочій зоні.

Початковий пуск здійснюється в холостому режимі. Після його виходу на оптимальні режими оператор повинен пересвідчитися в відсутності нехарактерних шумів, стуків, надмірної вібрації. При наявності хоча б одного з наведених вище явищ необхідно негайно зупинити апарат і викликати механіка.

Під час роботи зворушувача заборонено знімати кожухи, кришки та здійснювати будь-які роботи крім тих, що безпосередньо передбачені технологічним процесом і є безпечними.

Під час роботи зворушувача всі захисні кожухи привідного механізму повинні знаходитися в закритому положенні. Змащування чи інші подібні роботи під час обертання двигуна категорично заборонені, оскільки це може призвести до травматизму робочого персоналу.

У випадку появи під час роботи підозрілих шумів, вібрацій зворушувач потрібно зупинити і пересвідчитись у цілісності (справності) передач приводу.

Після завершення роботи машину потрібно оглянути, перевірити температуру підшипникових вузлів, стан привідного механізму. Про всі виявлені неполадки повідомити механіка.

Огляди і ремонти повинні відбуватися згідно плану затвердженого інженером підприємства, але не через більші терміни ніж передбачені заводом-виробником.

Огляди і ремонти проводяться при відключеному від мережі двигуні.

Для зниження ступеня ураження електричним струмом передбачено окремий вимикач. На протязі всього терміну експлуатації автомату для пакування крохмалю в ящики необхідно слідкувати за станом ізоляції на струмоведучих елементах мережі та використовуваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізольованих частин. Вибір заземлення вибирається згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

Загорання зворушувача в зв'язку з відсутністю легкозаймистих і вогненебезпечних матеріалів є дуже малоімовірним і може трапитись лише при умові короткого двигуна приводу. З огляду на цей факт серед первинних засобів пожежогасіння повинен бути вогнегасник для гасіння устаткування під напругою.

Відцентрові дробарки являються найбільшим джерелом шуму в спиртових виробництвах. Вони являють собою закриту конструкцію для подрібнення зерна. Привід електричний, що вимагає заземлення.

Основними факторами небезпеки при їх експлуатації є: шум та вібрація, електрична проводка систем контролю і керування, велика кількість пилюки в повітрі.

Бродильні чани являють собою циліндроконічні місткості із підведеними до них комунікаціями.

Відкриті ємності слід розміщувати на висоті, яка б унеможливила випадкове падіння у них обслуговуючого персоналу. Рекомендується встановлення захисних огорож.

Вимогами з безпечної експлуатації електричних відцентрових насосів передбачається в першу чергу якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами



роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Нормативним документом, який регламентує рівень шумів для різних категорій робочих місць і службових приміщень являється ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”.

Під час роботи підтікання насосу не повинно перевищувати встановлених для даної конструкції максимальних нормативних значень.

При несправному насосі (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

При експлуатації теплообмінних установок суттєву небезпеку становлять ситуації, пов’язані з тепловими опіками.

Колони являють собою циліндричні апарати вертикального розміщення із високою температурою стінок. Вони підлягають нагляду і контролю у відповідних державних комісіях.

Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію або кожухи, які б забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020–82).

Технологічне обладнання, апаратура, посуд, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних і інших синтетичних матеріалів, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

Ванни, металевий посуд, спуски, лотки, жолоби і т.д. повинні мати гладкі, внутрішні поверхні, що очищаються легко, без щілин, зазорів, що виступають чи

болтів заклепок, що утрудняють очищення. Варто уникати використання дерева й інших матеріалів, що погано миються і дезінфікуються.

Технологічне обладнання й апаратура повинні бути зовні пофарбовані фарбою світлих тонів (крім обладнання, виготовленого чи облицьованого нержавіючим матеріалом), не утримуючих шкідливих домішок. Фарбування посуду й інвентарю фарбами, що містять свинець, кадмій, хром не допускається.

## 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### 5.2.1. Інженерні заходи із захисту людей при надзвичайних ситуаціях

Одним із основних засобів захисту населення у надзвичайних обставинах мирного та воєнного часів є укриття людей у захисних спорудах, розташованих за місцем проживання, роботи та навчання.

Захисні споруди залежно від захисних властивостей розподіляються на:

сховища;

протирадіаційні укриття (ПРУ);

простіші укриття.

Сховищами називають інженерні споруди герметичного зразка, які забезпечують надійний захист людей від уражаючих факторів ядерного вибуху, отруйних та сильнодіючих отруйних речовин (ОР, СДОР), бактеріальних засобів (БЗ), а також високих температур і обвалів будівель.

За місцем розташування сховища можуть бути вбудованими під будинками (у підвалах) і побудованими поза будинками.

У мирний час їх використовуються під господарські приміщення. Сховище складається із основних і допоміжних приміщень. До основних відносяться приміщення для людей, тамбури, шлюзи. Допоміжними вважаються фільтровентиляційні установки, системи водопостачання, освітлення, опалення, санітарні кімнати і т.ін.

Повітря у сховища постачається за допомогою фільтровентиляційних установок (ФВУ), які працюють у трьох режимах роботи:

1. Режим чистої вентиляції – зовнішнє повітря очищається від радіоактивного пилу;

2. Режим фільтровентиляції – окрім радіоактивного пилу, повітря також очищається від отруйних речовин (ОР) та бактеріальних засобів (БЗ);

3. Режим повної ізоляції із регенерацією внутрішнього повітря – очищення повітря від вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) та збагачення його киснем ( $\text{O}_2$ ).

ФВУ може працювати як від електричної мережі, так і в ручному режимі.

Система водопостачання забезпечує людей водою для життя та гігієнічних потреб, вона підключена до міської мережі водопостачання. У разі припинення подачі води у сховищах повинен бути аварійний запас води з розрахунку 3 л на добу на одну особу.

Система освітлення працює від загальної електромережі. За відсутності струму використовуються ліхтарики, свічки.

Система опалення працює від загальної опалювальної мережі та інших теплових приладів.

Протирадіаційні укриття (ПРУ) призначені для захисту людей від зовнішнього гама-випромінювання та безпосереднього попадання радіоактивного пилу в органи дихання людини, на шкіру та одяг, а також світлового випромінювання ядерного вибуху. При належній міцності конструкції ПРУ в стані частково захистити від дії ударної хвилі та уламків зруйнованих будинків. Захисні властивості ПРУ в тому, що стосується проникаючої радіації, оцінюються коефіцієнтом послаблення випромінювання, який вказує, у скільки разів рівень радіації на відкритій місцевості вищий від рівня радіації у сховищі, і залежить від матеріалу, з якого побудовано ПРУ.

Простіші укриття-щілини викопують на глибину до 180-200 см, шириною 100-120 см, по дну – 80 см, із входом під кутом 90° до повздовжньої осі. Довжина визначається з розрахунку 0,5 м на одну особу. Роль та значення щілин в умовах аварії на АЕС або застосування ядерної зброї підвищується. Щілина може бути відкритою або перекритого типу. Перекриті щілини – це вдосконалені щілини, обладнані перекриттям із дерев'яних колод довжиною 240 см, боки яких обшиваються дошками. На перекриття насипається 50-60 см землі.

Захисні властивості місцевості залежать від її рельєфу, від форм місцевих предметів та їхнього розташування щодо осередку вибуху. Кращий захист забезпечують вузькі, глибокі яри. Височини із крутими схилами, земляні

насипи, котловини, копри є добрим захистом від впливу уражаючих факторів ядерного вибуху.

Лісові масиви послаблюють дію усіх уражаючих факторів ядерного вибуху. Але неодмінно треба пам'ятати, що світлове випромінювання спричиняє в лісі пожежу. Окрім цього, дія ударної хвилі призводить до руйнувань і ломки дерев. За цих обставин найкраще розташовуватися на полях, галявинах і вкритих чагарниками просіках. При відсутності просік необхідно ховатися у глибині лісу на відстані 30-50 м від шляхів та просік і 150-200 м від узлісся, аби у разі пожежі зуміти швидко вибратися із лісового масиву.

#### 5.2.2. Організація рятувальних робіт. заходи особистої безпеки при роботі на території, забрудненої СДОР

При виникненні техногенної аварії на компресорній установці (аміак) або фільтрувальної станції (хлор), у цеху хімкомбінату і будь-якого ОНХ, що використовує хімічні речовини необхідно:

Оповістити працюючих на території об'єкта і людей, що живуть або працюють у районі аварії.

Процедура оповіщення розроблена заздалегідь і проводиться в такий спосіб: на всіх хімічно небезпечних об'єктах є інструкція для чергових і диспетчерів про порядок і черговість подачі сигналів, виклику на об'єкт керівного й особового складу невоєнізованих формувань ЦО, висилки транспорту і посильних.

Сигнал про аварію з викидом (виливом) СДОР, що надійшов диспетчеру підприємства, негайно доводиться до начальника ЦО об'єкта — першого керівника. Одночасно оповіщуються робітники, службовці, місцевий штаб ЦО і служби цивільної оборони. Повідомляють у міліцію і пожежну частину. Вмикаються звукові сирени в масштабі району або міста — сигнал “Увага всім!”.

Відповідно до рішення начальника ЦО об'єкта організуються роботи з ліквідації осередку ураження. У першу чергу для проведення аварійно-відбудовних і рятувальних робіт залучаються свої об'єктові формування: охорони суспільного порядку, протипожежні, медичні, протихімічного і протирадіаційного захисту, а потім, у залежності від масштабу аварії, прибувають і включаються в роботу формування міста або області.

Іzolювати район аварії в радіусі 200 м і більше (задача міліції).

Терміново організувати евакуацію працюючих із цеху або всього населення на відстань до 5 км з урахуванням кількості і характеру СДОР і напрямку вітру. Евакуація може бути вертикальною — на 5-10 поверхи при виході хлору і горизонтальною в інших випадках.

Спеціальна служба і ланки хімічної розвідки проводять оцінку масштабів аварії, виявляють вид СДОР і концентрацію її на місцевості. Керівництво об'єкта, штаб ЦО оцінюють обстановку, прогноз і виносять своє рішення.

Наявність і індикацію СДОР у повітрі можна визначити за допомогою різноманітних приладів (газоаналізаторів та ін.). Наприклад, при використанні універсального газоаналізатора (УГ-2) по зміні кольору індикаторного порошку можна визначити вид СДОР:

- а) при наявності хлору — порошок стає червоного кольору;
- б) при наявності аміаку — синього;
- в) при наявності сірководню — коричневого.

Першу медичну допомогу в перші хвилини надають люди в порядку само- і взаємодопомоги — виносять на свіжий струмінь повітря з забрудненого помешкання, при необхідності роблять штучне дихання, зігрівають, промивають шкірні покрови і видимі слизові. Крім того, першу медичну допомогу надають СП, СД, ОСД і медробітники МНС, закріплені за даним об'єктом. Про це необхідно докладно знати.

Обсяг першої медичної допомоги при хімічному ураженні.

Якнайраніше надягання протигаза на себе і на ураженого. При цьому звернути увагу на шкіру обличчя, якщо на ньому є сліди ОР, СДОР (краплі,

маслянисті плями), необхідно опрацювати її вмістом ППІ-8, тобто провести фрагмент часткової санітарної обробки і тільки потім надягати протигаз. Протигази повинні відповідати характеру СДОР:

- при ОР типу зарин, зоман, V-гази й ін. ФОР, а також ОР шкірноаривної дії можуть застосовуватися будь-які фільтруючі протигази: ЦП-4, ЦП-5, ЦП-7, загальновійськові;
- при аварії з виходом хлору, аміаку краще застосовувати ізолюючі протигази (ПІ-46), хоча можна звичайні фільтруючі на короткий час;
- для захисту від чадного газу (СО) використовують фільтруючі протигази з приєднаними до них гопкалітовими патронами;
- можливе використання промислових протигазів із коробками різноманітних марок — “А”, “У”, “Т”, “Е”, “КД”, “БКФ”, “М”, “З”. Такі протигази захищають далеко не від усіх СДОР, а конкретно від якої-небудь ОР, що виробляється або використовується на даному підприємстві. Час дії коробки від 1 до 3 годин, у залежності від концентрації СДОР і марки коробки.

При необхідності і наявності таких можна скористатися шланговими протигазами (ПШ-1, ПШ-2). Декілька слів про останні.

Шлангові протигази — найбільш прості прилади ізолюючого типу. Принцип їхньої дії складається в тому, що повітря для дихання забирається з чистої зони на визначеній відстані від працюючої людини (від 10 до 40 м) або попередньо очищується. Ними зручно користуватися при виконанні ремонтних і очисних робіт усередині різноманітних ємкостей, підземних сховищ і підвальних помешкань, де накопичуються пара СДОР. По засобі подачі повітря для дихання шлангові протигази діляться на самовсмоктуючі (ПШ-1) і з примусовою подачею повітря (ПШ-2). Останній має електроручну повітродувку і може обслуговувати відразу двох людей.

Крім того, для захисту від СДОР на багатьох об'єктах широко використовують промислові фільтруючі респіратори. Вдихуване повітря

обчищається від домішок паро- і газоподібних СДОР у респіраторах за рахунок протікання фізико-хімічних процесів, а від аерозольних домішок — завдяки фільтрації його через волокнисті матеріали. З цією метою застосовуються респіратори протигазові патронного типу (із фільтруючих елементів у виді патрона) — РПГ-67, і респіратор універсальний — РУ-60М.

Такими фільтруючими респіраторами можна скористатися при аварії з виходом в атмосферу таких СДОР: ацетон, бензол, ефіри, оксид сірки, сірководень, аміак, пара ртуті й ін. Тривалість захисної дії від 0,5 години до 15-20 годин.

Промисловістю, зокрема ВНПО “Респіратор” м. Донецька, серійно випускаються респіратори фільтруючого й ізолюючого типу, що дозволяють автономно перебувати людині в забрудненій СДОР атмосфері, надавати допомогу при дихальній недостатності зокрема у вугільній промисловості. До них відносять “Гірськорятувальники – 10, 11”, “Саморятувальники ізолюючі” – СІ-15, СІГ-1, С-90, ШСС-1у; “Респіратори ізолюючі регенеративні” – Р-30А, Р-34, Р-35.

Введення антидотів — здійснюється якнайшвидше (у лічені секунди, хвилини), за показниками в залежності від виду ОР (СДОР) і наявності такого взагалі:

- при ураженнях ФОР — тарен у табл. під язик або атропін із шприц-тюбика у вигляді ін’єкції;
- при ураженні СДОР загальноотруйної дії (синильна кислота, хлорціан) використовується антидот амлінітрил в ампулах. Ампулу в синій марлевій обгортці роздавити пальцями і терміново помістити під шолом-маску протигазу ураженого ближче до носа. Денце ампули повинно бути звернене догори, щоб рідина витікала і змочувала марлеву обгортку;
- при ураженнях ОР подразної дії — роздавити ампулу з протидимною сумішшю і помістити під маску протигазу.

Часткова санітарна обробка за допомогою вмісту ІПП-8. Вона особливо ефективна при ураженнях СДОР нервово-паралітичної і шкірноаривної дії. При



відсутності стандартного пакета ПП-8 використовувати підручні засоби. При частковій санобробці обробляти не тільки відкриті ділянки шкіри, але і прилягаючі до них частини одягу — комірці, манжети і т.д.

При необхідності виконання штучного дихання (ШД). У зоні зараження його проводять ручними методами; постраждалих повинні знаходитися в протигазі (частіше застосовують метод Калістова за допомогою лямок). За межами осередку хімічного ураження можна використовувати ротові засоби ШД. У випадку ураження СДОР задушливої дії при розвитку набряку легенів — задишка, синюшність, виділення значної кількості слизу — ШД будь-яким засобом протипоказане (!). Повинна проводитися киснева терапія за допомогою дихальних приладів.

При зупинці серця або різкому порушенні його діяльності проводиться непрямий масаж серця з урахуванням конкретної обстановки (техніка ШД і масажу серця докладно вивчені в темі № 9 “Основи реанімації”).

У більшості випадків, особливо при ураженнях СДОР задушливої дії, що постраждали необхідно виносити з осередку ураження, тобто необхідно максимальне обмеження фізичних навантажень постраждалим (тому що швидко розвивається набряк легенів — ядуха). Всіх постраждалих виносять на свіжий струмінь повітря, на спеціально обране підняте місце, зручне для вантаження на транспорт і подальшої евакуації з ОХУ.

Всі названі вище пункти першої медичної допомоги повинні добре засвоїти члени сандружин, робітники хімічних об’єктів, населення, що мешкає в районі хімічно небезпечних об’єктів і, природно, студенти, що вивчають курс “БЖД і ЦО”.

Заходи безпеки при проведенні аварійно-рятувальних робіт.

Рятувальники повинні працювати в захисних засобах: захисні костюми, ізолюючі протигazi П-46, гумові чоботи і рукавички, шоломи з нагрудником, окуляри. Входити в осередок із навітряної сторони. У районі ОХУ суворо дотримуватися правил техніки безпеки: забороняється знімати засоби захисту,

приймати їжу, воду, курити, розстібати одяг, сідати або лягати на зараженій місцевості.

При аварії з виходом хлору уникати низинних місць. Місця розливу хлору (із цистерн) заливати “вапняним молоком”, каустиком.

У зоні парів аміаку не курити! Вибухонебезпечно! Ємкість поливати при пожежі з великої відстані — вибух!

Не припускати попадання рідкого аміаку або хлору у водойми: усе живе загине.

Порядок роботи санітарних дружин (СД) в осередку хімічного ураження.

СД працюють в ОХУ частіше в складі рятувальних загонів. Командир СД, отримавши завдання і з'ясувавши обстановку, у свою чергу зобов'язаний:

- перед уведенням санітарної дружини в осередок ураження ознайомити її з обстановкою в осередку, повідомити, які ОР або СДОР викликали НС;
- дати команду на прийом відповідного антидоту особовим складом СД;
- вказує орієнтири і межі ділянки осередку ураження, виділеного для роботи СД;
- визначає місце роботи і дій кожної ланки СД;
- повідомляє гаданий обсяг першої медичної допомоги, порядок роботи носилкових ланок, вказує шляхи і напрямки виносу і місця розміщення уражених перед вантаженням на транспорт, вказує найближчі лікарні;
- повідомляє порядок поповнення антидотів, медичного майна і засобів захисту, витрачених у ході робіт;
- вказує місце свого перебування, порядок зв'язку, місце збору по закінченні робіт і багато іншого.

Ознайомившись з обстановкою, члени СД приймають антидот із профілактичною метою, надягають і старанно перевіряють один в одного засоби захисту органів дихання і шкіри і негайно направляються до місця роботи.

Медичну допомогу надають у першу чергу ураженим, що знаходяться на відкритій місцевості. Потім члени СД оглядають будинки, підвали, сховища й укриття, де населення могло вкриватися при виникненні НС. У першу чергу

допомога надається дітям, вагітним жінкам, що не мають протигазів, і особам, що отримали комбіноване ураження. Дозування антидоту визначається індивідуально, але дітям дошкільного віку обов'язково в половинному розмірі. При наявності травми (механічної або термічної) і ураження СДОР перша медична допомога повинна надавати насамперед проти дії отруйної речовини (антидоти, протигаз, санобробка тощо) і тільки після цього допомога з приводу травми.

Тривалість роботи членів сандружин в ізолюючих засобах захисту повинна бути суворо регламентована і залежить від температури повітря. Так, при температурі повітря 30°C та вище час роботи визначено нормативами в 15-20 хв.; при температурі 25-29°C — 30 хв.; при температурі 20-24°C — 45-50 хв.; при температурі 15-19°C — 1,5-2 години; нижче 15°C — 3 години.

Командир СД постійно підтримує зв'язок із начальниками інших формувань ЦО і МНС, забезпечує взаємодію з ними, веде контроль за особовим складом своєї СД із метою попередження теплових ударів, особливо в жаркий час. При появі хиткої ходи й ін. ознак (запаморочення, нудота тощо) формування варто вивести з осередку.

По завершенні роботи в ОХУ СП і СД виводяться (вивозяться) за межі осередку хімічного ураження і проходять часткову, а потім і повну санітарну обробку на спеціальних обмивальних пунктах.

Повна санобробка включає проведення обробки тіла розчинами, що дегазують, із наступним обмиванням під душем (36-38°C) водою з милом, із зміною натільної білизни, одяги і взуття. Брудні одяг, взуття і спорядження (протигаз, сумки, рукавички, чоботи й ін.) піддаються дегазації на спеціальних площадках відділення санобробки при суворому дотриманні заходів безпеки.

Для уникнення і мінімізації важких наслідків надзвичайних ситуацій надзвичайно важливим є забезпечення заходів з інженерного захисту від можливих негативних чинників.



## Висновки

У кваліфікаційній роботі магістра запропоновано замінити матеріал ковша вузла ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС зі сталі на пластик ABS та з використанням SolidWorks виконано дослідження параметрів міцності при навантаженні для різної товщини стінки ковша.

Також з метою зменшення навантаження на привід запропоновано змінити матеріал ковшів зі сталі на пластик ABS, що дасть змогу у декілька разів зменшити масу ковшів і тим самим зменшити навантаження на привід..

Дослідження ковша вузла ковшового конвеєра зворушувача солоду марки ВВС виконано для 5 варіантів товщини стінки: 3 мм, 3,5 мм, 4 мм, 4,5 мм та 5 мм у випадку повного завантаження ковша вологим солодом.

В результаті обчислень було встановлено, що для всіх розглянутих у роботі сценаріїв збільшення товщини стінок призводить до зменшення напружень і деформацій, тоді як зменшення товщини призводить до збільшення цих параметрів. Отримані математичні зв'язки представлені у розділі 4 і показують високу достовірність, оскільки коефіцієнт детермінації  $R^2$  становить від 0,9 до 1,0.

Також були розроблені заходи щодо охорони праці та забезпечення безпеки життєдіяльності. Запропоновані технічні рішення ґрунтуються на наукових підходах і видаються доцільними для впровадження.

## Перелік посилань

1. Голояд А.-І. М. Застосування солодовень при виробництві спирту // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — С.279.
2. Кучерявий Є. І. Ітенсифікація процесу розподілення теплоносія в підігрівачі солоду / Є. І. Кучерявий, А-І. М Голояд // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — С.295.
3. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.А. Домарецький – К.: ІНКІОС, 2004. – 426 с.
4. Осипенко О.П., Таран В.М., Доломакін Ю.Ю. Технологічне обладнання галузі. Виробництво етилового спирту шляхом зброджування: Конспект лекцій для студентів спеціальностей 7.05170106 «Технології продуктів бродиння і виноробства» та 7.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв». – К.: НУХТ, 2012. –48 с
5. Ковалевский К. А. Технология бродильных производств : учеб. пособие / К. А. Ковалевский. – К.: Инкос, 2016. – 340 с.
6. Куц, А. М. Технологія бродильних виробництв [Електронний ресурс] : конспект лекцій з дисц. "Загальні технології харчової промисловості" для студ. денної та заочної форм навч. / А. М. Куц, В. М. Кошова . — Київ : НУХТ, 2016 . — 156 с.
7. Практикум з дисципліни: «Технологічне обладнання галузі» для студентів спеціальності 6.091700 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» денної та заочної форми навчання. О.М. Прохоров.- К.: НУХТ, 2009. — 77с

8. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. - 288с.
9. Ростислав Баран, Віктор Ворощук. Системи 3D моделювання при вирішенні завдань конструювання та інжинірингу обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р. К., НУХТ, 2023. Ч.2. С.20.
10. Олександр Смолій, Віктор Ворощук. Застосування PLM-систем в процесі експлуатації обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р. К., НУХТ, 2023 р. Ч.2. С. 36.
11. Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунки і проектування деталей машини. - Харків. Основа, 1991.- 275с.
12. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.– К.: Вища школа, 1993.– 556с.
13. SolidWorks 2010: Расширенное моделирование деталей. / SolidWorks Corporation, SolidWorks Corporation.– 2009.– 333 с.
14. Ворощук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.
15. Ворощук В.Я. Інноваційні методи отримання знань інженерними кадрами : Міжнародна науково-методична конференція до 50-річчя кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, 23–24 травня 2019 р, С. 38-39.
16. Вітенько Т.М., Ворощук В.Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : третя міжнародна науково-практична

- конференція, 4–6 вересня 2019 р. : [тези доп.] / під заг. ред. . Г. В. Дейниченко. – Харків : ХДУХТ, 2019. – 272 с. С.108-109.
17. Основи охорони праці : підручник. 2-ге видання /К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В. Зацарний та ін. К.: Основа, 2006. 448 с
18. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
19. Губський А.І., Цивільна оборона. – К.: Міністерство освіти, 1995. – 216 с.



# Дотаток А

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

## **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**  
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
6-7 грудня 2023 року



**УКРАЇНА**  
**ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

УДК 663.6

А.-І. М. Голояд

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## **ЗАСТОСУВАННЯ СОЛОДОВЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ**

А.-І. М. Holoiad

### **APPLICATION OF MALTHOUSES IN ALCOHOL PRODUCTION**

Солодовні є важливим елементом виробництва спирту. Вони забезпечують сировиною для виробництва спирту, визначають якість і формують собівартість виробництва спирту.

У пневматичних солодовнях замочене зерно проростає на ситах, під які вентилятором нагнітається кондиціоноване повітря. Для подачі повітря прокладається загальний канал з індивідуальним підведенням до кожного сита. Повітряний канал служить одночасно і для відведення промивних вод в каналізацію. Для запобігання витoku повітря каналізаційні трапи обладнані гідравлічними затворами. Регулюють подачу повітря шиберами, що є на кожному лотку. Процес перелопачування солоду зараз механізований.

Пневматичні солодовні бувають різної конструкції: ящичні, барабанні і шахтні. На спиртових заводах найбільшого поширення набули ящичні солодовні.

Ящична пневматична солодовня з шнековим перетрушувачем складається з прямокутних бетонних або цегельних ящиків (відсіків), в яких на каркасах розташовані металеві сита з штапованими отворами. Долівка робиться з ухилом 3-5 мм на 1 м довжини до середини і уздовж ящика для стоку води в каналізацію, а також напрями повітряного потоку. Висота підситового простору 0,7-0,8 м. Сита укладають на рами і кріплять шарнірними петлями, на яких вони піднімаються, відкриваючи доступ в підситовий простір для чищення і миття. На подовжні стіни ящиків укріплюють рейки, які служать опорою для катків перетрушувача.

Шнековий перетрушувач солоду є візком, що катками спирається на рейки, укладені уздовж ящика. На траверсі візка встановлені вертикальні шнеки лівого і правого обертання. При обертанні шнеки захоплюють нибжні шари солоду на ситах і піднімають у верхню частину ящика, тим самим зворушивши зерно і створюючи нормальні умови для його пророщування.

Ящична пневматична солодовня з пересувною грядкою - це довгий ящик, викладений ситами. Підситовий простір цегельними або бетонними перегородками розділений на 16-18 секцій (відділень). На подовжні стінки ящика укладені рейки, по яких за допомогою каретки переміщається ковшовий перетрушувач. Якщо у солодовні декілька солодовирощувальних ящиків, то перетрушувач на візку переміщається від одного ящика до іншого.

До найбільш технологічних перетрушувачів відносять ковшові, головною частиною якого є каретка нескінченного ланцюгового конвеєра з ковшами. Ковші розміщуються по всій ширині ящика. Для робочого ходу перетрушувача один кінець ковшового конвеєра опускається в крайнє нижнє положення, при якому ковші не доходять до ситчатого дна ящика всього на 10-15 мм, наводяться в рух конвеєр і каретка перетрушувача. Ковші конвеєра зачерпують солод і перекидають його назад по ходу каретки, яка в цей час повільно рухається вперед. При цьому солод не лише перемішується, але і переміщається уздовж ящика.

Ковшові зворушувачі дозволяють ефективно зворушувати великі обсяги солоду, забезпечуючи необхідний рівень оброблення зерна і відіграють важливу роль при виробництві спирту.

#### **Література**

1. Кобзар І. Зношування елементів обладнання у харчовій промисловості / Кобзар І., Криворучко О., Ворошук Віктор Ярославович // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 93. — (Механічна інженерія).

**УДК 663.434**

**Є. І. Кучерявий, А-І. М Голояд**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ В ПІДІГРІВАЧІ СОЛОДУ**

**Ye. I. Kucheriavyi, A-I. M Holoiad**

### **ITENSIFICATION OF THE COOLANT DISTRIBUTION PROCESS IN THE MALT HEATER**

Інтенсифікація процесу розподілення теплоносія в підігрівачі солоду є важливим аспектом для оптимізації енергоефективності та продуктивності виробництва. Підігрівачі солоду використовуються в пивоварній промисловості для сушіння солоду перед його використанням у виробництві пива. При виробництві солоду витрати теплової енергії є досить значними, навіть при використанні сучасних сушильних установок.

Основними методами інтенсифікації процесу розподілення теплоносія є:

- Удосконалення конструкції обладнання: використання спеціальних конструкцій теплообмінників для збільшення площі теплообміну; впровадження вдосконалених систем розподілу теплоносія для однорідного нагріву солоду.
- Використання високоефективних теплоносіїв, а саме вибір теплоносія з високою теплопровідністю для забезпечення ефективного передачі тепла до солоду.
- Управління температурним режимом, тобто регулювання температури теплоносія для оптимального нагріву солоду без перегріву або недогріву.
- Використання теплообмінних допоміжних пристроїв, наприклад застосування додаткових пристроїв, таких як теплообмінники з зубчастими трубами або лопатчаті теплообмінники, для підвищення ефективності теплообміну.
- Впровадження автоматизації, використання автоматизованих систем контролю та регулювання для точного управління процесом підігріву солоду.
- Забезпечення ефективної ізоляції обладнання для уникнення тепловтрат і забезпечення максимальної концентрації тепла навколо солоду.
- Використання технологій збільшення поверхні теплообміну. Застосування новітніх технологій, таких як наноматеріали або структури з високою поверхнею, для збільшення ефективної поверхні теплообміну.
- Використання математичного моделювання та оптимізаційних методів для визначення оптимальних параметрів процесу розподілення теплоносія.

Враховуючи постійно зростаючу ціну на енергоносії та електроенергію, підвищення енергоефективності процесу сушіння солоду шляхом вдосконалення режимів сушіння і конструкцій сушильних установок є актуальним завданням сьогодення. Доведено, що для зниження витрат теплоти на випаровування вологи доцільно подавати на сушку попередньо нагрітий солод, що підвищує швидкість сушіння. Для реалізації попереднього підігріву солоду використовують апарат, недоліком якого є низька ефективність системи розподілу теплоносія, що призводить до нерівномірного нагріву солоду. Розробка ефективної конструкції вимагає інтеграції інженерного підходу, теплофізичного моделювання та експериментів для досягнення оптимальних результатів.

Ключовими елементами для ефективного та рівномірного нагрівання солоду є застосування теплообмінників з великою площею теплообміну для ефективного передачі тепла до солоду, застосування спеціальних конструкцій теплообмінників, таких як лопатчаті або зубчасті теплообмінники; встановлення систем розподілу теплоносія, які

забезпечують рівномірне розподілення тепла по всій поверхні солоду, застосування регульованих елементів розподілу для керування потоком теплоносія в різних частинах підігрівача; застосування систем контролю температури, а саме встановлення точних датчиків температури для контролю та регулювання теплоносія та використання автоматизованих систем керування для підтримки заданих температурних режимів; створення конструкції підігрівача, що забезпечує оптимальний контакт між солодом і теплообмінниками, використання спеціальних поверхонь або додаткових елементів для збільшення ефективності теплообміну; застосування систем вентиляції для забезпечення однорідності розподілу тепла і уникнення перегріву чи недогріву окремих ділянок солоду; забезпечення ефективної ізоляції підігрівача для уникнення тепловтрат і концентрації тепла в процесі; застосування сучасних технологій, таких як теплові насоси чи теплообмінні агрегати, для підвищення енергоефективності; встановлення систем моніторингу для виявлення проблем або відхилень у роботі підігрівача та автоматизовані системи діагностики.

Ефективним для проектування та оптимізації процесу розподілення теплоносія в підігрівачі солоду може бути використання теплового моделювання та комп'ютерного моделювання для аналізу та оптимізації розподілу теплового потоку в камері подачі теплоносія підігрівача солоду. Створення теплової моделі включає визначення параметрів, таких як теплова провідність матеріалів, теплова ємність, густина, теплові коефіцієнти обміну тепла, інші властивості обладнання та матеріалів, а також розподіл теплових джерел (наприклад, вентиляторів, теплообмінників) та витрат теплоносія в моделі. Врахування граничних умов при моделюванні включає узгодження граничних умов з реальними умовами експлуатації, такими як температура теплоносія, тепловтрати через стіни та інші фактори зовнішнього середовища.

Моделюючи систему важливо враховувати різні фактори що впливають на процес, таких як зміна температури теплоносія, зміна витрати теплоносія, або зміна конфігурації обладнання, провести аналіз теплового розподілу, вивчити результати моделювання для оцінки розподілу теплового потоку в різних частинах камери, визначити зони з високою або низькою температурою, а також можливі точки перегріву або недогріву.

Результатом моделювання може бути оптимізація параметрів. Зміна параметрів, таких як розташування вентиляторів, кут напрямку потоку повітря, розташування теплообмінників, зміна конструкції вентиляційних каналів і т.д.

Оцінка впливу цих змін на розподіл тепла та ефективність системи та уточнення моделі на основі даних з експериментів з подальшим використанням результатів реальних вимірювань та експериментів для уточнення теплової моделі та порівнянням даних моделювання з реальними результатами для перевірки точності моделі.

Врахування результатів моделювання для визначення оптимальних параметрів системи, що забезпечують рівномірний розподіл тепла сприяють розробці ефективної конструкції системи подачі теплоносія для підігрівача солоду.

Використання теплового моделювання дозволяє ефективно визначити вплив різних факторів на розподіл тепла та вдосконалити конструкцію системи подачі теплоносія для підігрівача солоду. За результатами моделювання запропоновано конструкцію підігрівача з удосконаленою системою підведення теплоносія, яка забезпечує рівномірне прогрівання солоду та досягнення його температури в межах 45 - 47°C по всьому перерізу кінцевої секції підігрівача, що є достатнім для подачі його на сушарку; швидкість теплоносія після проходження шару солоду складає 0,1 - 0,22 м/с, за винятком початкової секції апарата, де знаходиться система відведення відпрацьованого повітря.

41. **А. М. Колівошко, Д. Ю. Соловко, Я. О. Філюк** 262  
ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ  
ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ
42. **О. М. Вілібніцький, Є. В. Тиш** 263  
ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В ОБЛАСТІ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ  
ОСВІТЛЕННЯМ
43. **І. М. Дулик, О. О. Іваніга, О. Я. Чайковський, Я. М. Осадца** 264  
АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО  
СВІТЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ
44. **І. І. Станчев, І. В. Ковалишин, Р. Б. Кріль, Я. М. Осадца** 265  
ОСОБЛИВОСТІ СВІТЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ  
ОСВІТЛЕННЯ ПАРКОВИХ АЛЕЙ
45. **В. П. Волоський, А. М. Паламар** 266  
АНАЛІЗ МЕТОДІВ БАЛАНСУВАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ У СУЧАСНИХ  
ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

**СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ, БІО- ТА  
НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

1. **О. В. Адамішин, Г. В. Карпик** 267  
ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ БУЛОЧКИ ЗІ ЗМІНЕНИМ СКЛАДОМ ЖИРІВ
2. **А. В. Чернега, Г. В. Карпик** 268  
ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК ВИКОРИСТАННЯ ГОРІХІВ ЯК  
КОМПОНЕНТУ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ
3. **В. В. Дорожко** 269  
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РИБНИХ  
СНЕКІВ
4. **А. С. Пахомова, В. С. Картель** 271  
ВЕГЕТАРІАНСЬКІ ТА ВЕГАНСЬКІ ОПЦІЇ В ЗАКЛАДАХ  
РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА - РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ
5. **Д. Вітенько, Н. Зварич** 273  
ГІДРОДИНАМІЧНА КАВІТАЦІЯ В МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСАХ.  
АНАЛІЗ ПАРОГАЗОВОЇ ФАЗИ
6. **В. В. Мартинюк, О. Б. Столяр, Н. І. Хомик** 275  
АКУМУЛЯТИВНА ЗДАТНІСТЬ ДВОСТУЛКОВОГО МОЛЮСКА ЗА  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВПЛИВУ
7. **Р. О. Баран** 276  
КАВІТАЦІЙНІ ЯВИЩА
8. **Р. В. Паперняк, М. М. Шинкарик** 277  
УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА МАСЛА У  
МАСЛОВИГОТОВЛЮВАЧАХ
9. **А. В. Корнійчук** 278  
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРІВ
10. **А.-І. М. Голояд** 279  
ЗАСТОСУВАННЯ СОЛОДОВЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ
11. **І. В. Прунько** 280  
АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАПОВНЕННЯ ФАРШЕМ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ  
НАГНІТАЧАМИ

12.	<b>М. А. Тримбашевський, Т. П. Друк</b> АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА	281
13.	<b>М. С. Маракін, Д. Р. Гавліч</b> ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БОРОШНА В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА	283
14.	<b>М. І. Шпікула</b> ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ МОРОЗИВА	284
15.	<b>Р. В. Береговий, Н. М. Кость, М. М. Череватий, О. І. Бакалець</b> МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ БІЛКІВ МОЛОКА	285
16.	<b>М. А. Стадницький, В. І. Кравець</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГОМОГЕНІЗАТОРА КЛАПАННОГО ТИПУ	286
17.	<b>Р. Г. Погайдак; В. І. Кравець; О. І. Кравець</b> ЗМІНА РОЗМІРІВ ЧАСТОК КАЗЕЇНУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО СУШННЯ В УСТАНОВЦІ ІЗ ПСЕВДО ЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ	287
18.	<b>С. І. Саварин, В. І. Саварин, Р. М. Варениця</b> ПІДХОДИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ МАШИН	288
19.	<b>А. В. Деркач</b> ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА В ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗІ	289
20.	<b>В. О. Пасгушенчин, Л. А. Сторож</b> ВИКОРИСТАННЯ ТОПІНАМБУРА В ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ВИРОБІВ	290
21.	<b>М. Д. Кухтин, М. В. Кухтин</b> МОНІТОРИНГ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ЗАМОРОЖЕНІЙ РИБІ ІМПОРТОВАНОЇ В УКРАЇНУ	291
22.	<b>Р. І. Журбик, К. Є. Дацишин</b> РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОНІЗУЮЧОГО МОЛОКОВІСНОГО ФЕРМЕНТОВАНОГО НАПОЮ	292
23.	<b>А. І. Журбик, К. Є. Дацишин</b> ВПЛИВ РІЗНИХ РЕАГЕНТІВ НА ВИХІД МОЛОЧНО-РОСЛИННОГО СИРУ ПРИ ТЕРМОКИСЛОТНОМУ СПОСОБІ ЙОГО ОТРИМАННЯ	293
24.	<b>О. А. Цибіна, Л. А. Сторож</b> ПАЖИТНИК ЯК СМАКО-АРОМАТИЧНА ДОБАВКА ДЛЯ РОЗСІЛЬНИХ СИРІВ	294
25.	<b>Є. І. Кучерявий, А-І. М Голояд</b> ІТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ В ПІДГРІВАЧІ СОЛОДУ	295
26.	<b>В. В. Корницький</b> ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ	297
27.	<b>Р. І. Мацєга, С. С. Наконечний, Н. М. Зварич</b> СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ	299
28.	<b>П. М. Чорний, Я. В. Фриз, Н. М. Зварич</b> ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОСФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	300
29.	<b>А. Т. Лялик, Л. І. Божик</b> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ У ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ	301
30.	<b>О. С. Покотило, Д. Я. Далєвська, В. М. Далєвський</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РЯЖАНКИ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТАЦІЇ	302