

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв
імені професора Ф. Ю. Ялпачика

«Допущено до захисту»
протокол № 272-С
від «03» червня 2025 року
Зав. кафедрою ОПХВ

д.т.н, професор
 Кирило САМОЙЧУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

СВО «Бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг харчових і переробних
виробництв»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(освітній ступінь, ОПП, спеціальність)

на тему: Вдосконалення конструкції гомогенізатора в умовах м. Мелітополя За-
порізької області

19ХВД.9683751.06.25

Виконав: студент 4 курсу, 41ГМ групи



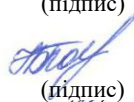
(підпис)

Микита КОВАЛЬОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник:

к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА

(прізвище та ініціали)

Консультант з
ОП:

к.с.-г.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)



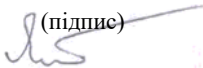
(підпис)

Михайло ЗОРЯ

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)



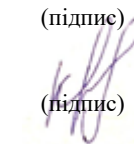
(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Людмила КЮРЧЕВА

(прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет механіко-технологічний
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ОПХВ
д.т.н., професор Кирило САМОЙЧУК
(підпис) (ініціали та прізвище)

 «28» березня 2025р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Ковальов Микита Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення конструкції гомогенізатора в умовах м. Мелітополя
Запорізької області

керівник роботи к.т.н., доцент Паляничка Надія Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 21 » жовтня 2024 р. № 482-С

2. Строк подання студентом роботи « 14 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи асортимент випускаємої продукції в регіоні, об'єми
випуску продукції, вид продукції, вид машини для вдосконалення

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства

2. Вдосконалити конструкцію машини

3. Провести розрахунок вдосконаленої машини

4. Розробити заходи з охорони праці

5. Провести економічну оцінку вдосконалення

6. Виконати графічну частину кваліфікаційної роботи

5 Перелік графічного матеріалу:

Лист 1 – Структурно-апаратна схема виробництва продукції

Лист 2 – Аналіз конструктивних рішень вдосконалення

Лист 3 – Креслення загального виду машини (вузла) до вдосконалення

Лист 4 – Креслення загального виду машини (вузла) після вдосконалення

Лист 5 – Креслення деталей

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		2

Лист 6* – Охорона праці _____
або Лист 6* – Економічне обґрунтування проекту _____

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						3
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав (дата)	завдання прийняв (підпис)
IV	к.т.н., доцент Зоря М.В.	31.03.2025	

6. Дата видачі завдання

31.03.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

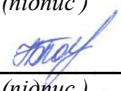
Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін вико- нання етапів роботи чи про- екту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (за- свідчується підпи- сом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	травень	
Розділ 2. Вдосконалення конструкції ма- шини	травень	
Розділ 3. Розрахунок вдосконаленої ма- шини	травень	
Розділ 4. Охорона праці	червень	
Розділ 5. Економічне обґрунтування про- екту	червень	
Виконання графічної частини кваліфіка- ційної роботи	червень	
Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	червень	

Студент


(підпис)

Микита КОВАЛЬОВ
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА
(ініціали та прізвище)

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка цього проекту містить 69 сторінок друкованого тексту та складається з 5 розділів, в яких є 8 таблиць та 15 рисунків, а також 9 аркушів формату А1 графічних робіт. При виконанні праці використано 20 літературних джерела, що вказані в переліку літератури.

Об'єктом дослідження в цьому дипломному проекті є гомогенізатор молока.

Мета роботи – вдосконалення конструкції машини з метою підвищення ефективності праці та зниження енергетичних та інших витрат при виготовленні йогурту.

В результаті виконання проекту проведено аналіз діяльності ПП «Молокозавод – Олком» м. Мелітополь Запорізької області. Визначено асортимент продукції, що випускає підприємство, його технічні та економічні показники. Проаналізувавши технологічні аспекти виготовлення йогурту.

Вдосконалення процесу механізації виробництва йогурту на цьому підприємстві пропонується шляхом вдосконалення конструкції гомогенізатора, зменшивши при цьому енергоємність процесу і поліпшивши якість виробництва йогурту.

Розроблені заходи по охороні праці при виготовленні йогурту. Проведено економічне обґрунтування цієї роботи. Визначено, що вдосконалення конструкції машини економічно вигідне.

Перелік ключових слів: йогурт, клапанний гомогенізатор, виробництво, імпульсний гомогенізатор.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						5
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА	9
1.1 Географічні умови розташування переробного підприємства.....	9
1.2 Характеристика виробничої діяльності переробного підприємства.	10
1.3 Аналіз існуючих технологій та технологічних процесів виробляємої на підприємстві продукції.	13
1.4 Аналіз машин та обладнання, які використовуються в технологічній лінії.	16
2. РОЗРОБКА ПРОЕКТНОГО ЗАВДАННЯ.....	31
3. ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ.....	32
3.1 Огляд існуючих конструкцій аналогів обладнання, яке пропонується до вдосконалення, та його класифікація.	32
3.2 Патентний пошук напрямку вдосконалення обладнання.	42
3.3 Технологічні, санітарно-гігієнічні, технічні та інші вимоги до класу машин, який аналізується.	43
3.4 Вибір прототипу обладнання та описання принципу його дії.....	44
3.5 Обґрунтування інженерного рішення щодо вдосконалення обладнання.	45
3.6 Інженерний розрахунок параметрів обладнання.	46
3.7 Розрахунок на міцність відповідальних деталей вдосконаленого обладнання.	51
Висновки по розділу.....	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства	53
4.2 Аналіз небезпек.....	54

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						6
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4.3 Планування заходів з охорони праці	55
4.4 Інженерні розрахунки.....	56
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	58
5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини	58
5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого обладнання	62
ВИСНОВКИ ПО ПРОЕКТУ	67
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	68

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		7

ВСТУП

Молоко — це біологічна рідина, що є секретом молочної залози ссавців. Воно відіграє ключову роль у харчуванні, забезпечуючи зростаючий організм усіма необхідними поживними, мінеральними та біологічно активними речовинами. Для людини молоко є не лише важливим продуктом щоденного раціону, а й цінною сировиною для виготовлення різноманітних молочних продуктів.

Сучасна переробка молока — це складний багатоступеневий процес, що охоплює хімічні, фізико-хімічні, мікробіологічні, біохімічні, біотехнологічні та теплофізичні операції. Для ефективного використання технологічного обладнання необхідні глибокі знання його конструкції та функціональних особливостей. Важливим завданням при цьому є збереження максимальної харчової та біологічної цінності компонентів молока в готовій продукції.

Рівень розвитку молочної галузі та технологій переробки молока значною мірою залежить від науково-технічного потенціалу країни та наявності сировинної бази. Впровадження сучасних технологій спрямоване на оптимізацію асортименту, зниження виробничих витрат і підвищення економічної ефективності, з урахуванням сучасних умов як національної, так і світової економіки [1].

Попри сприятливі природні умови, Україна досі не змогла повністю вирішити проблему забезпечення внутрішнього ринку молочною продукцією. Навіть у найкращі роки розвитку галузі рівень споживання залишався недостатнім — близько 210 кг на одну людину на рік. За останні роки це значення зменшилося майже на 40%.

Одним із ключових напрямів вирішення цієї проблеми є науково обґрунтоване управління виробничими процесами. Адже якість готової продукції залежить не лише від якості сировини, а й від технології її обробки. Перспективним шляхом підвищення споживчого попиту є зниження собівартості продукції через розробку нового обладнання — менш метало- та енергоємного, простого у виготовленні та обслуговуванні.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						8
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Географічне розташування та природно-кліматичні умови

Місто Мелітополь знаходиться у степовій зоні з помірно-континентальним, дещо засушливим кліматом. Весна зазвичай починається в першій половині березня, коли середньодобова температура перевищує 0 °С. Початок весни супроводжується швидким підвищенням температури повітря.

У літній період клімат формується під впливом теплих повітряних мас із Північної Африки, Малої Азії та Балканського півострова. Узимку територія зазнає впливу арктичного повітря, що призводить до ймовірності пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків. Вітровий режим здебільшого визначається азіатськими антициклонами: взимку переважають північно-східні вітри, а влітку — південно-східні.

Кліматичні умови регіону характеризуються теплою малосніжною зимою, а також сухою і сонячною осінню та весною. Середньорічна температура повітря становить +10 °С, максимальна температура сягає +40 °С, а мінімальна — до -20 °С. Тривалість безморозного періоду в середньому становить 179 днів на рік. Річна кількість опадів коливається в межах від 300 до 420 мм. Вегетаційний період триває близько 200 днів.

Природні умови сприятливі для вирощування зернових культур і баштанних. На більшості території переважають родючі південні чорноземи.

Чисельність населення Мелітополя становить приблизно 158,4 тисячі осіб. Основними споживачами продукції молокозаводу, зокрема йогуртів, є жителі всієї України, однак найбільший попит спостерігається в межах Запорізької області та Мелітопольського району.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						9
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

1.2. Характеристика виробничої діяльності переробного підприємства

Приватне підприємство «Молокозавод – Олком» розташоване в місті Мелітополь, що знаходиться приблизно за 100 км від обласного центру — міста Запоріжжя. На відстані 2 км від підприємства проходить автомагістраль Сімферополь–Москва, а залізнична колія розташована за 1,5 км, що забезпечує зручну транспортну доступність.

Підприємство займає площу 2,0 га та спеціалізується на виробництві молочної продукції, асортимент якої налічує 88 найменувань. Загальний обсяг виробництва становить приблизно 2000 кг на добу.

Інформація щодо собівартості та оптової ціни реалізації продукції за 2021 рік подана у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2- Собівартість та ціна оптової реалізації молочної продукції за 2021р.

№	Найменування продукту	Маса (г)	Ціна (грн)	Собівартість (грн)
1	Молоко ультрапастеризоване «Молочна ріка» 2,5%	1000	30,00	22,00
2	Молоко «Молочна ріка» 3,2%	900	27,00	20,00
3	Кефір «Молочна ріка» 1%	900	26,00	18,00
4	Кефір «Молочна ріка» 3,2%	900	28,00	20,00
5	Сметана «Молочна ріка» 10%	400	23,00	16,00
6	Сметана «Молочна ріка» 20%	400	30,00	22,00
7	Сир твердий «Гауда»	250	60,00	45,00
8	Сир твердий «Російський»	250	58,00	43,00
9	Сир твердий «Бринза»	250	50,00	37,00
10	Сирковий продукт з родзинками	150	19,00	13,00
11	Йогурт натуральний	200	22,00	15,00

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						10
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

№	Найменування продукту	Маса (г)	Ціна (грн)	Собівартість (грн)
12	Йогурт з лісовими ягодами	200	24,00	17,00
13	Йогурт з медом	200	24,00	17,00
14	Ряжанка «Молочна ріка» 4%	900	29,00	21,00
15	Сливки «Молочна ріка» 20%	200	28,00	20,00
16	Вершкове масло «Молочна ріка» 82,5%	200	42,00	33,00
17	Масло топлене «Молочна ріка»	180	45,00	35,00
18	Сироватка кисломолочна	900	14,00	9,00
19	Молочний напій з ваніллю	300	25,00	18,00
20	Молочний напій шоколадний	300	26,00	19,00
21	Молочний коктейль з бананом	300	28,00	20,00
22	Творог жирний 9%	200	30,00	22,00
23	Творог нежирний 5%	200	25,00	18,00
24	Творог зернистий	200	28,00	20,00
25	Сирковий десерт з ваніллю	150	20,00	14,00
26	Сирковий десерт з полуницею	150	20,00	14,00
27	Сирковий десерт з шоколадом	150	20,00	14,00
28	Сирковий десерт з бананом	150	20,00	14,00
29	Кефір питний 1%	500	20,00	14,00
30	Кефір питний 2,5%	500	22,00	15,00
31	Молоко сухе обезжирене	400	110,00	80,00
32	Молоко сухе цільне	400	130,00	95,00
33	Сирок глазурований з вишнею	50	15,00	10,00
34	Сирок глазурований з шоколадом	50	15,00	10,00
35	Сирок глазурований з полуницею	50	15,00	10,00

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						11
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

№	Найменування продукту	Маса (г)	Ціна (грн)	Собівартість (грн)
36	Кисломолочний напій	300	25,00	18,00
37	Йогурт питний фруктовий	300	26,00	19,00
38	Молочний десерт з ваніллю	200	22,00	16,00
39	Молочний десерт з шоколадом	200	22,00	16,00
40	Масло вершкове солодковершкове	200	40,00	30,00
41	Сметана домашня 25%	400	32,00	24,00
42	Творог домашній	200	28,00	20,00
43	Сир домашній	250	55,00	40,00
44	Кисле молоко	900	25,00	18,00
45	Сироватка концентрована	900	15,00	10,00
46	Молочна суміш для дітей	300	60,00	45,00
47	Йогурт гречаний	200	28,00	20,00
48	Йогурт овочевий	200	28,00	20,00
49	Молочна маса для кондитерів	500	50,00	38,00
50	Сир твердий «Пармезан»	250	80,00	60,00
51	Сир твердий «Чеддер»	250	65,00	50,00
52	Сметана «Молочна ріка» 30%	400	35,00	26,00
53	Молоко для кави «Молочна ріка» 2%	900	24,00	18,00
54	Сироватка кисломолочна з фруктовим наповнювачем	900	18,00	13,00
55	Йогурт з медом і горіхами	200	30,00	22,00
56	Сирковий продукт з шоколадними шматочками	150	20,00	14,00
57	Молочний напій з горіхами	300	28,00	20,00

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						12
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

№	Найменування продукту	Маса (г)	Ціна (грн)	Собівартість (грн)
58	Сметана з травами	400	26,00	19,00
59	Йогурт з пробіотиками	200	28,00	20,00
60	Молоко з пробіотиками	900	27,00	20,00

1.3 Аналіз технологій і технологічних процесів виробництва продукції на підприємстві

Йогурт — це кисломолочний продукт, виготовлений із пастеризованого молока, нормалізованого за масовою часткою жиру та сухих речовин. До складу можуть входити цукор, фруктово-ягідні наповнювачі, ароматизатори, вітамін С, стабілізатори, рослинний білок, а також закваска, приготовлена на основі чистих культур молочнокислих термофільних стрептококів і болгарської палички. В залежності від добавок виробляють кілька видів йогурту: класичний, солодкий, плодово-ягідний з вітаміном С і плодово-ягідний діабетичний.

Йогурт виготовляють двома основними способами: резервуарним і термостатним (останній застосовується лише для плодово-ягідних видів). За зовнішнім виглядом і консистенцією йогурт має однорідну сметанообразну текстуру: при резервуарному способі згусток може бути порушеним, а при термостатному — цілісним. У плодово-ягідних йогуртах додані шматочки фруктів і ягід, а колір варіюється від молочно-сірого до відтінків, зумовлених сиропами.

Технологічний процес виробництва включає такі етапи: прийом та підготовка сировини, нормалізація жиру і сухих речовин, очищення, гомогенізація, пастеризація, охолодження, внесення закваски, додавання наповнювачів і барвників, ферментація (сквашування), перемішування, повторне охолодження, розлив, упаковка, маркування та зберігання.

Молоко нормалізують за вмістом жиру і сухих речовин: жирність регулюють шляхом сепарації або додаванням знежиреного молока, цільного молока чи вершків. Сухі речовини додають у вигляді сухого молока, яке відновлюють відповідно до но-

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						13
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

рмативних вимог, або шляхом випарювання пастеризованого і гомогенізованого молока при температурі 55–60 °С.

Для виробництва солодкого йогурту нормалізоване молоко підігрівають до 43±2 °С, додають попередньо розчинений у частині молока цукор у співвідношенні 1:4. Суміш очищають на сепараторах, гомогенізують під тиском 15±2,5 МПа при температурі 45–85 °С (допускається гомогенізація одночасно з пастеризацією). У суміш додають стабілізатор.

Пастеризація відбувається при 92±2 °С з витримкою 2–8 хвилин або при 87±2 °С з витримкою 10–15 хвилин, після чого суміш охолоджують до температури закваски 40±2 °С. Далі вводять закваску, приготовлену на чистих культурах термофільних стрептококів, болгарської палички та інших мікроорганізмів у визначеному співвідношенні (наприклад, 7:1:7). Об'єм закваски становить 3–5% від об'єму суміші (або 1–3% — якщо закваска приготовлена на стерилізованому молоці). Закваску додають у резервуар з увімкненою мішалкою, потім суміш перемішують протягом 15 хвилин. Закваску також можна вводити перед наповненням резервуару.

Процес сквашування завершується утворенням міцного згустка із кислотністю 95–100 °Т. Згусток охолоджують 10–30 хвилин і перемішують, щоб забезпечити однорідність консистенції і запобігти відділенню сироватки. Згусток із температурою 16–20 °С направляють на розлив, упаковку, маркування та остаточне охолодження до 4±2 °С. Після цього продукт готовий до реалізації.

Термін зберігання йогурту при температурі 6 °С не перевищує 4 діб з моменту завершення виробничого процесу.

Найменування сировини	Маса компонента, кг
Молоко цільне 3,4% ж. СОМО 8,1%	735,3
Молоко знежирене відновлене 0,05% ж. СОМО 8,1%	153,7
Цукор-пісок	50
Стабілізатор 140 С	2
Фруктовий наповнювач	60,0

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						14
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Закваски DI - PROX серії TY 971, 973, 975	20
--	----

Таблиця 1.3. Рецептатура фруктового йогурту

Вимоги до якості готової продукції: органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники і показники безпеки приведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Вимоги до якості готової продукції: органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники і показники безпеки

Показники	Допустимі значення
Смак і запах	При виробленні на основі культур кефірів без додавання немолочних компонентів - чисті, кисломолочні. Допускається дріжджовий присмак. При виробленні з харчосмаковими продуктами і/або харчовими добавками - із смаком і ароматом внесеного інгредієнта; при виробленні з цукром або підсолоджувачем - в міру солодкий.
Колір	Молочно-білий, рівномірний по усій масі. При виробленні з харчосмаковими продуктами і/або харчовими добавками - обумовлений кольором внесеного інгредієнта
Консистенція і зовнішній вигляд	Однорідна, з порушеним або непорушеним згустком. Допускається газоутворення у вигляді одиничних бульбашок, викликане дією мікрофлори закваски. При використанні харчосмакових продуктів можлива наявність їх включень
Масова доля жиру	0,1 - 9,9 %
Масова доля сахарози (для	не менше 6,5%

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						15
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

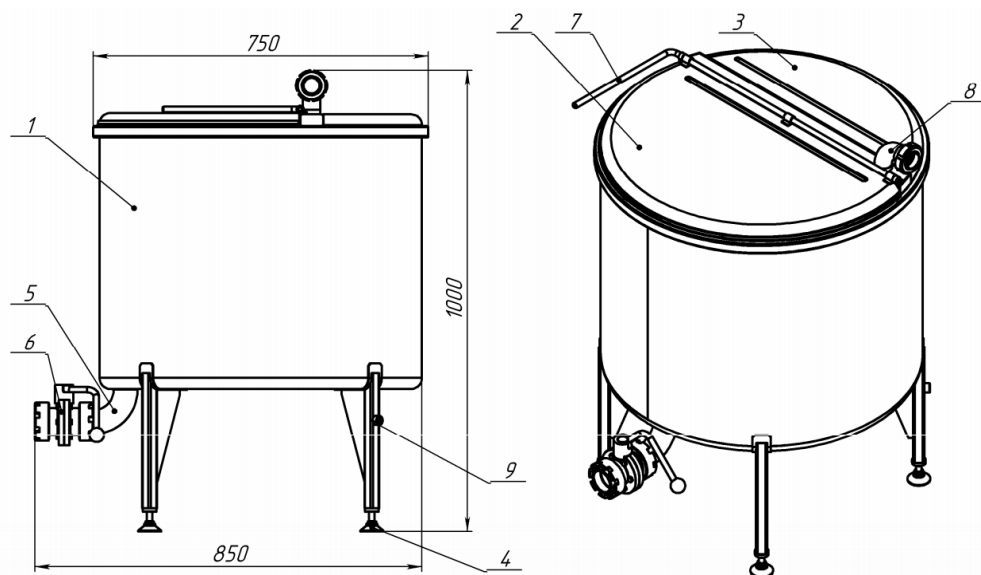
продукту з цукром)	
Кислотність, що титрує	75-140 °T
Фосфатаза	не допускається.

1.4 Аналіз машин і обладнання, що застосовуються в технологічній лінії

На приватному підприємстві «Олком» для виробництва йогурту використовуються такі основні машини.

Ванна ИПКС – 053 призначена для накопичення, зберігання та приготування продуктів середньої в'язкості.

Порівняльна характеристика технологічного обладнання: ванна (див. рисунок 1.1) складається з циліндричної ємності 1, закритої двома кришками 2 та 3. Кришка 3 нерухома і стаціонарно закріплена до ванни, а кришка 2 — відкидного типу. Край відкидної кришки оснащений силіконовим ущільнювачем для герметичності. Для відкривання кришки передбачена ручка 7.



1 – ванна; 2 – кришка; 3 – кришка нерухома; 4 – опора гвинтова; 5 – патрубок; 6 – затвор дисковий; 7 – ручка кришки; 8 – патрубок подачі продукту; 9 – болт заземлення.

Рисунок 1.1 - Ванна ИПКС – 053 – 200.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		16

Подача продукту у ванну здійснюється через патрубок подачі продукту 8, який розташований на кришці нерухомою 3.

Злив готового продукту здійснюється через патрубок 5 і затвор дисковий 6 Ду 50. Ванна встановлена на гвинтові опори 4, що дозволяють регулювати її положення при установці для забезпечення повного зливу продукту.

Технічна характеристика

Об'єм ванни, л, не більше	225
Робочий об'єм ванни, л, не менше	200
Діаметр отвору для зливу продукту мм	50
Габаритні розміри, мм, не більш довжина ширина висота	850 750 1000
Маса, кг, не більш	40

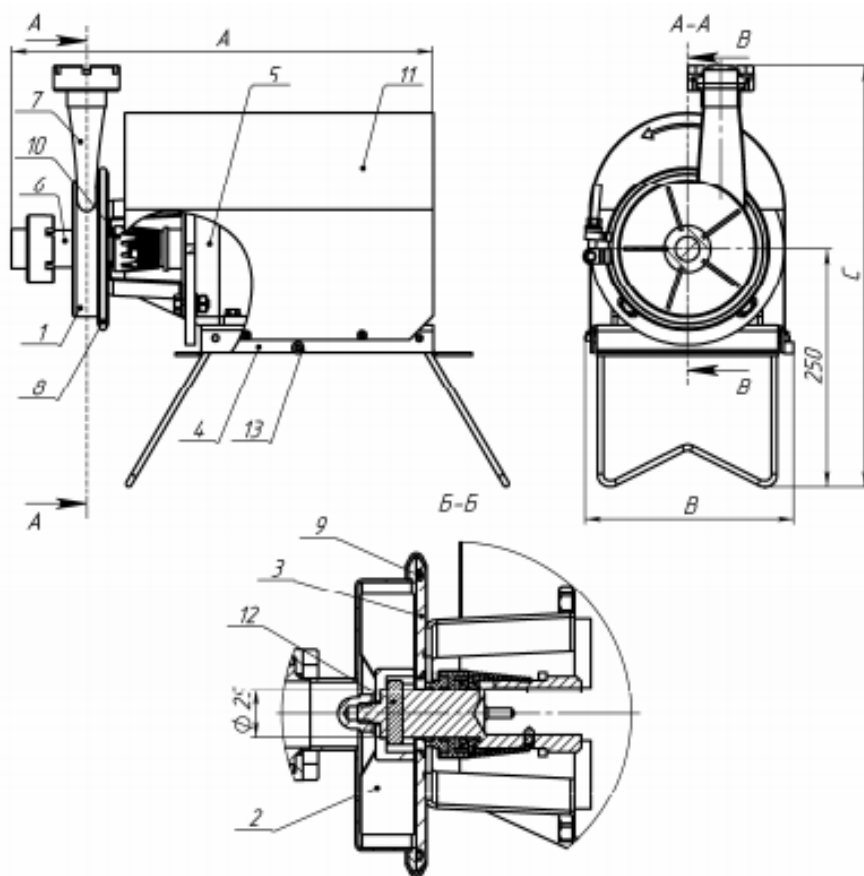
Насос відцентровий ИПКС-017-ОНЦ призначений для перекачування молока, води, пива, соків, виноматеріалів, миючих і дезинфікуючих рідин.

Насос (рисунок 1.2) складається з корпусу 1, крильчатки 2, опорного фланця 3, підстави 4, електродвигуна 5, всмоктуючого патрубку 6, нагнітального патрубку 7, хомута 8. Корпус представляє собою камеру циліндричної форми, що має два патрубки, – всмоктуючий 6 і нагнітальний 7. Корпус герметично, за допомогою стяжного хомута 8, кріпиться до опорного фланця 3. Герметичність забезпечується прокладенням ущільнювача 9 по периметру корпусу і торцевим ущільненням 10 в місці входу валу електродвигуна 5 в корпус 1. Електродвигун 5 прикритий кожухом 11. У центрі корпусу на валу, за допомогою штифта 12, кріпиться робоче колесо 2 з п'ятьма лопатями, виконане з харчової нержавіючої сталі. Лопаті робочого колеса сполучені з маточиною за допомогою зварювання.

Принцип роботи відцентрового насоса полягає в наступному: насос приєднують до ємності з продуктом. Заздалегідь необхідно заповнити корпус 1 перекачуванним продуктом. При подачі напруги електродвигун обертає робоче колесо, при цьому в центрі корпусу створюється розрідження, завдяки чому продукт з ємності через всмоктуючий патрубок 6 поступає в корпус 1. Під дією відцентрових сил про-

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		17

дукт відкидається до периферії корпусу 1, створюється тиск, необхідний для виходу продукту через нагнітальний патрубок 7 і транспортування його далі по трубопроводу до місця призначення.



1 – корпус; 2 – робоче колесо; 3 – фланець опорний; 4 – основа; 5 – електродвигун; 6 – патрубок всмоктуючий; 7 – патрубок нагнітальний; 8 – хомут; 9 – прокладення ущільнювач; 10 – ущільнення торцеве; 11 – кожух; 12 – штифт; 13 – болт заземлення.

Рисунок 1.2 – Насос відцентровий ИПКС-017-ОНЦ

Технічна характеристика

Продуктивність, м³/ч

2

Робочий тиск, кгс/см²

2

Температура

перекачуваного продукту, С°, не бі-

90

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						18
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Діаметри патрубків

внутрішні, мм всмоктуючого

нагнітаючого

35

Частота обертання

робочого колеса, об/хв

3000

Електродвигун

АИР71 В2

220/380 В, 50 Гц ІМ2081

Напруга живлення

трифазне, В

3N~380±10%

Частота змінного

струму живлення, Гц

50±2%

Встановлена потужність, кВт

не більше

0,75

Показник

Енергоефективності, Вт/кг, не біль-

0,5

Габаритні розміри, мм, не більше

довжина

500

ширина

250

Маса, кг, не більше

11

Сепаратор-молокоочисник ОМБ-3 призначений для очищення молока від забруднень та механічних домішок.

За принципом роботи цей сепаратор не відрізняється від сепараторів-вершковідділювачів. Основні складові молокоочисника (рисунок 1.3) включають: станину (1), приводний механізм, барабан (4), приймально-відвідний пристрій (5) та тахометр (7). Втім, конструкція барабана та пристрою для відводу має суттєві відмінності.

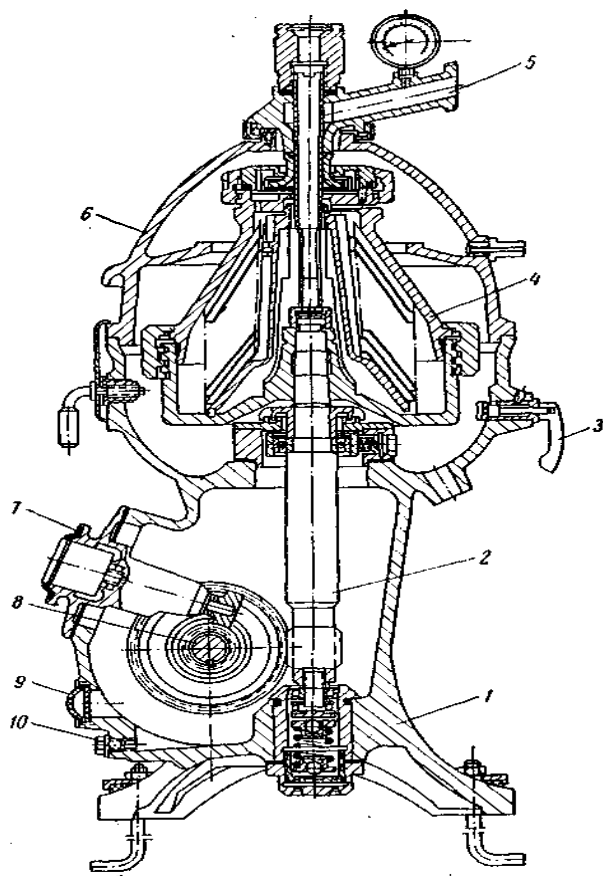
У сепараторі-молокоочиснику грязьовий простір більший, ніж у сепараторах-вершковідділювачах; тарілки барабана не мають отворів, їх значно менше, а відстань між ними більша; відрізняється конструкція тарікотримача; відсутня розділова тарілка.

У моделі ОМБ-3 з продуктивністю 10 000 л/год встановлено 40–43 тарілки,

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						19
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

тоді як у сепараторах-вершковідділювачах аналогічної продуктивності налічується близько 140 тарілок. Зазор між тарілками у молокоочисниках залежно від конструкції коливається від 0,4 до 2,5 мм.

Рисунок 1.3. – Вертикальний розріз сепаратора-молокоочисника



1 - станина, 2 — вертикальний упав, 3 — гальмо, 4 — барабан, 5 — пристрій, що приймально-відводить, 6 – кришка, 7 – тахометр, 8 – горизонтальний вал, 9 – показчик рівня олії, 10 – пробка.

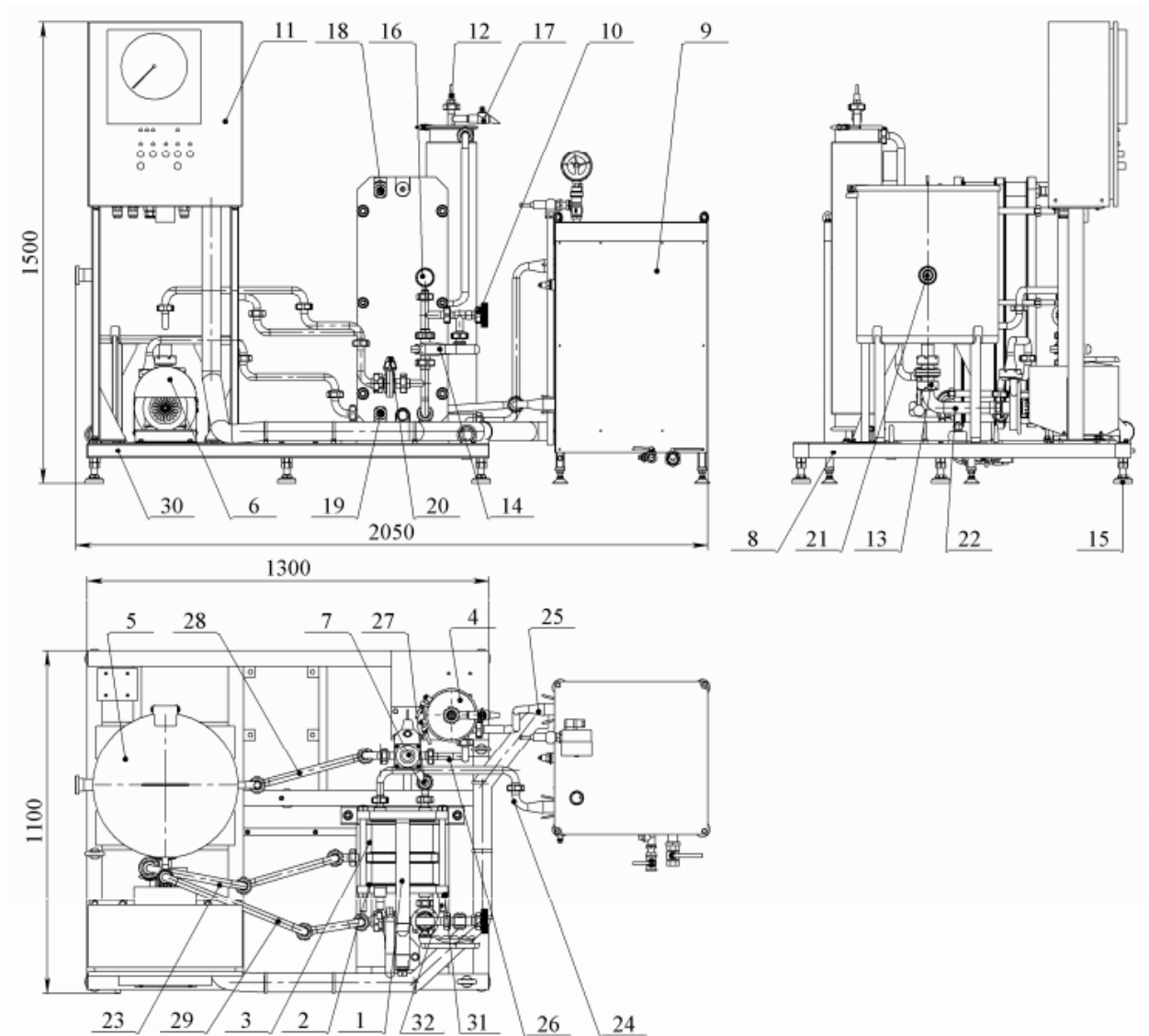
Молоко надходить по центральній трубці в тарікодержатель, потім проходить по його каналах до периферії барабана і попадає в так називаний грязьовий простір. Тут потік молока по міжтарілочним просторах піднімається нагору до центра барабана.

Під дією відцентрової сили домішки відокремлюються від молока і щільним шаром осаджуються на внутрішній поверхні корпусу барабана. Потік молока піднімається нагору, проходить через отвір у кришці барабана і попадає в камеру напірного диска.

Комплект устаткування для пастеризації ИПКС- 013 (рисунок 1.4)призначений для пастеризації і охолодження молока в потоці. Комплект може

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		20

використовуватися для пастеризації і охолодження вершків, питної води, овочевих і фруктових соків тощо.



1 – теплообмінний апарат; 2 – секція охолодження; 3 – секція регенерації; 4 – витримувач; 5 – бак зрівняльний; 6 – насос відцентровий; 7 – клапан зворотний; 8 – платформа; 9 – пастеризатор; 10 – дросель; 11 – блок управління; 12 – датчик температури продукту; 13 – кран; 14 – кран виходу продукту; 15 – опора гвинтова; 16 – манометр; 17 – кран відбору проб; 18 – патрубок підведення води; 19 – патрубок відведення води; 20 – кран циркуляційного миття; 21 – муфта входу продукту; 22 – трубопровід I; 23 – трубопровід II; 24 – трубопровід III; 25 – трубопровід IV; 26 – трубопровід V; 27 – трубопровід VI; 28 – трубопровід VII; 29 – трубопровід VIII; 30 – болт заземлення; 31 – гайка; 32 – шпилька.

Рисунок 1.4. – Комплект устаткування для пастеризації ИПКС- 013

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		21

Комплект складається з наступних основних вузлів і агрегатів: пастеризатора 9, теплообмінного апарату 1, охолодження, що складається з секції, 2 і секції регенерації 3, витримувача 4, бака зрівняльного 5, насоса відцентрового 6, клапана зворотного 7, платформи 8 і блоку управління 11. Всі вище перераховані основні вузли комплексу закріплені на платформі 8 за допомогою болтових з'єднань, а поряд з платформою розташований пастеризатор 9. Платформа 8 встановлена на 5 опорах гвинтових 15, а пастеризатор 9 на 4 опорах гвинтових 14, що дозволяють регулювати положення платформи і пастеризатора при монтажі на місці експлуатації.

Пастеризатор призначений для нагрівання продукту до необхідної температури пастеризації. Продукт рухається вгору по змійовику (10) і нагрівається через теплообмін із гарячою водою, що знаходиться в баку (1). Вода нагрівається трубчастими електронагрівачами (ТЕНами) (9).

Пастеризатор складається з бака (1), до якого приварені верхня (2) і нижня (3) рами. Бак обшитий фанерними панелями (4, 5, 6, 7), між якими знаходиться теплоізоляційний матеріал (8). В середині бака розташовані ТЕНИ (9) і змійовик (10). Зверху бак герметично закривається панеллю (11) та кришкою (13). Панель (11) кріпиться до верхньої рами (2) за допомогою болтових з'єднань і ущільнюється силіконовим герметиком. На панелі встановлений електроконтактний манометр (12), який відображає тиск всередині бака і автоматично вимикає ТЕНИ при перевищенні тиску 0,5 кгс/см². Поруч із манометром розміщений запобіжний клапан (20), що скидає тиск при досягненні 0,6 кгс/см².

Автоматичний повітрявідводчик (21) призначений для видалення надлишкового повітря при нагріванні води та підпуску повітря під час охолодження, щоб уникнути пошкодження бака через утворення розрідження. Датчик рівня (19), розташований на боковій стінці, контролює мінімальний рівень води і вимикає ТЕНИ, якщо рівень води опускається нижче допустимого.

Принцип роботи полягає у наступному: бак зрівняльний (5) заповнюється продуктом. Через відкритий кран (13) продукт подається трубопроводом I у відцентровий насос (6), а далі по трубопроводу II у секцію регенерації (3) теплообмінних апаратів (1). Після первинного нагріву продукт по трубопроводу III надходить у

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						22
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

змійовик (10) пастеризатора через штуцер входу продукту (18), де він нагрівається гарячою водою в баку (1) і виходить через штуцер виходу продукту (15).

Нагрітий продукт подається трубопроводом IV у витримувач (4), де підтримується технологічно необхідний час витримки. Потім продукт по трубопроводу V проходить через зворотній клапан (7) і трубопровід VII повертається до бака зрівняльного (5), поки не досягне необхідної температури пастеризації, яка контролюється датчиком температури (12) на виході витримувача.

Після досягнення потрібної температури зворотній клапан (7) перенаправляє потік через трубопровід VI у секцію регенерації (3). Тут пастеризований продукт віддає тепло не пастеризованому, що рухається у протилежному напрямку по паралельному каналу. Потім пастеризований продукт переходить у секцію охолодження (2), де охолоджуюча рідина рухається назустріч продукту. Охолоджений продукт виходить із секції охолодження, проходить через відкритий кран виходу (14) і дросель (10) та потрапляє у ємність.

Охолоджуюча рідина, подана до секції охолодження (2), забирає тепло від продукту, нагрівається і повертається до системи підготовки охолоджуючої рідини. Секції регенерації (3) і охолодження (2) забезпечують паспортне охолодження продукту при співвідношенні продукт/охолоджуюча рідина 1:3.

Технічна характеристика

Продуктивність максимальна (при температурі пастеризації 76 °C), л/ч	1500
Температура продукту, що входить, °C	+4
Максимальна температура пастеризації, °C	95
Час витримки при температурі пастеризації 76 °C, сек.	30
Температура охолодженого продукту (при співвідношенні продукт/ охолоджуюча рідина - 1/3) відносно температури охолоджуючої рідини,	++3.+5
Рівень рекуперації теплової енергії, %	70

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						23
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Кількість пластинів теплообмінного апарату, шт.	21
Пастеризатор:	
площа теплообміну, м ² , не менше трубчастий електронагрівач (ТЕН), тип кількість ТЕНів, шт.	1,2 ТЭН140А13/5,0 J220 - 12-01
Напруга живлення трифазна, В	3N~380±10%
Частота змінного струму живлення, Гц	50±2%
Встановлена потужність, кВт, не більше	46,0
Показник енергоефективності, Вт/л, не бі-	30,7
Габаритні розміри, мм, не більш	
довжина	2050
ширина	1100
Маса, кг, не більше	460

Гомогенізатор А1-ОГМ-2,5 призначений для подрібнення і рівномірного розподілу жирових кульок у молоці та рідких молочних продуктах.

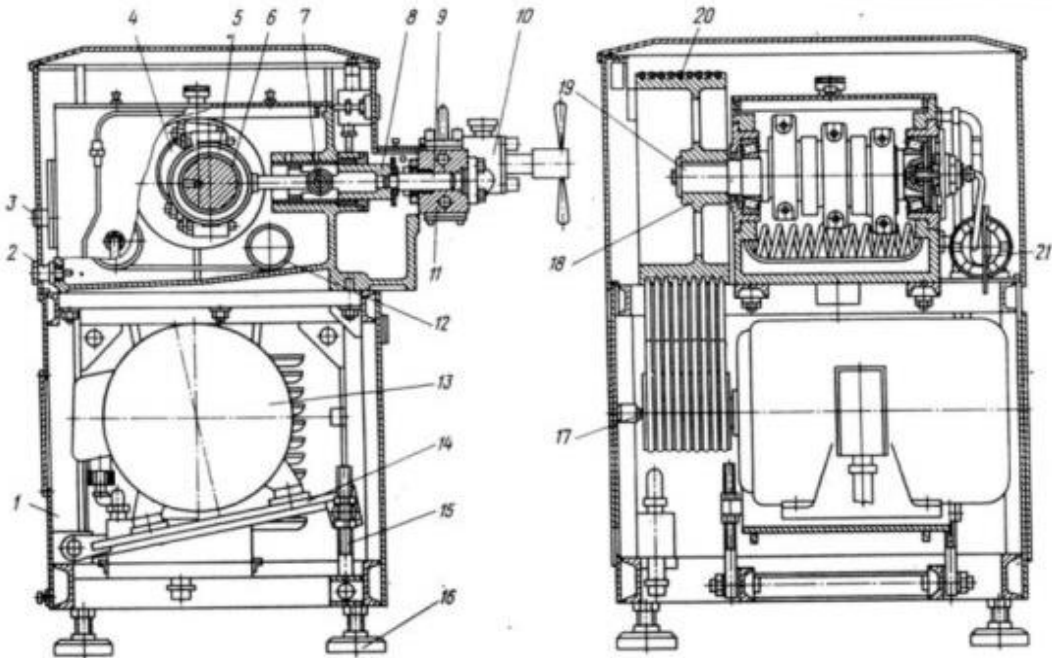
Пристрій гомогенізатора (рисунок 1.5) включає такі основні вузли: кривошипно-шатунний механізм із системою мастила і охолодження, плунжерний блок з гомогенізуючою і манометричною голівками, запобіжним клапаном та станину з приводом. Привід гомогенізатора здійснюється електродвигуном через клиноремінну передачу.

Кривошипно-шатунний механізм перетворює обертальний рух, що передається від електродвигуна через клиноремінну передачу, у зворотно-поступальний рух плунжерів. Плунжери, за допомогою ущільнень манжет, входять у робочі камери плунжерного блоку і, виконуючи всмоктуючі та нагнітальні ходи, створюють необхідний тиск для гомогенізації рідини.

Конструкція кривошипно-шатунного механізму включає корпус, колінчастий вал, встановлений на двох конічних роликів підшипниках, кришки підшипників, шатуни з кришками і вкладишами, повзуни, шарнірно з'єднані з шатунами за

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						24
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

допомогою пальців, склянки, ущільнення, кришку корпусу і ведучий шків, що консольно закріплений на кінці колінчастого валу. Внутрішня порожнина корпусу виконує функцію масляної ванни, а на задній стінці корпусу розташовані показчик рівня масла та зливна пробка.



1 - станина; 2 - запобіжний клапан; 3 - манометрична голівка; 4 - плунжерный блок; 5 - манометр системи мастила; У - амперметр; 7 - гомогенізуюча голівка.

Рисунок 1.5 – Гомогенізатор А1-ОГМ- 2,5

Технічні характеристики гомогенізатора А1-ОГМ- 2,5

Продуктивність, л/ч 1250

Максимальний тиск гомогенізації, МПа 18

Кількість східців гомогенізації, шт 2

Кількість плунжерів, шт 3

Встановлена потужність двигуна, кВт 12

Габаритні розміри, мм 970×860×1400

Заквасочник ІПКС-011-150/3 призначений для приготування материнських та виробничих заквасок на чистих культурах молочнокислих бактерій шляхом пастеризації молока, його квашення і подальшого охолодження.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						25
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Конструктивно заквасочник (рисунок 1.6) складається з:

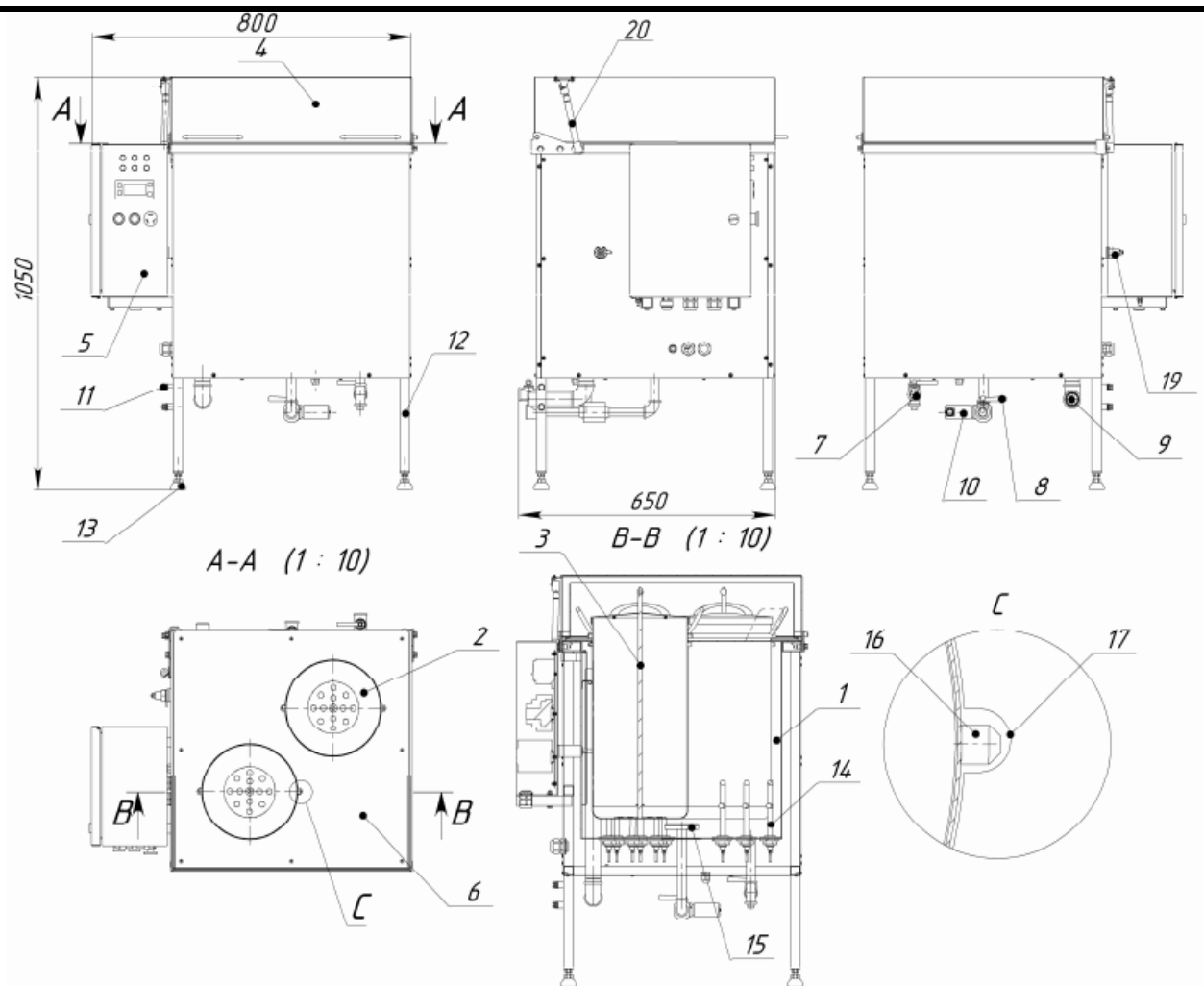
- ванни 1, наповненої водою- теплоносієм, у якій розміщені трубчасті електронагрівачі (ТЕНи);
- двох ушатів 2 для закваски;
- двох мутовок 3 для помішування;
- плити 6 з отворами для фіксації ушатів;
- теплоізолюючої кришки 4, що фіксується газовим амортизатором 20 у відкритому положенні;
- блоку управління 5, який забезпечує нагрів і підтримку температури теплоносія.

Перед початком роботи кришку 4 відкривають, встановлюють пусті ушати в отвори плити, фіксують їх байонетним з'єднанням і наповнюють закваскою. Потім ванну 1 заповнюють водою через кран подачі води 17 до появи води у переливній трубці 9, після чого кран закривають. Кришку закривають.

Для нагріву води у ванні використовується паровий інжектор 15, який через клапан електромагнітний 10 і кран подачі пари 8 підключається до парогенератора. Управління клапаном відбувається автоматично через блок управління 5.

Після завершення квашення молоко в ушатах охолоджують, періодично помішуючи мутовкою 3, до температури, що перевищує на 2-3 °С температуру квашення. Контроль температури здійснюється за допомогою скляного термометра ТС-4 (ГОСТ 9177-74). Необхідні параметри циклу задаються на регуляторі блоку управління.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						26
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		



1 – ванна; 2 – ушати; 3 – мутовка; 4 – кришка; 5 – блок управління; 6 – плита; 7 – кран подачі води; 8 – кран подачі пари; 9 – труба переливання; 10 – клапан електромагнітний; 11 – болт заземлення; 12 – каркас; 13 – опора гвинтова; 14 – ТЕН; 15 – паровий інжектор; 16 – замикаючий елемент; 17 – секторний паз; 18 – сітчаста кришка; 19 – датчик рівня; 20 – газовий амортизатор.

Рисунок 1.6. – Заквасочник ИПКС- 011-150/3.

Після встановлення необхідної температури квашення в ушатах вносять культури молочнокислих бактерій і активно перемішують суміш мутовкою. Квашення молока відбувається при автоматичній підтримці температури квашення і триває протягом часу, визначуваного технологічними інструкціями по виробництву заквасок. Міра готовності закваски визначити лабораторним шляхом. Готову закваску охолоджують холодагентом (водою) і зберігають в холодильних камерах до вживання.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						27
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Технічна характеристика

Об'єм одного цебра, л	22
Робочий об'єм одного ушата, л	20
Кількість ушатів, шт.	2
Час нагріву закваски в ушатах з 12 до 95 °С, хв., не більше	60
Час охолодження закваски в ушатах з 95 до 28 °С, мін, не більше	30
Витрата води на охолодження закваски в уша- тах з 95 до 28 °С м3, не більше	1
Допустима погрішність підтримки температури в ушатах °С, не більше	2
Діаметр труби переливання, мм	38
Трубчастий електронагрівач (ТЕН), тип	ТЭН-
потужність, кВт кількість, шт.	71A13/2,5J220-62A- 01
	2,5
Напруга живлення, трифазна, В	3N~380±10%
Частота змінного струму, Гц	50±2%
Встановлена потужність, кВт	15
Показник енергоефективності, Вт/кг, не більш	375
При роботі з парою:	
- встановлена потужність, кВт, не більше	1
- робочий тиск пари, кГс/см², не більше	1
- час нагріву молока від 12° З до температури	
Габаритні розміри, мм, не більше	
довжина	800
ширина	650
Маса, кг, не більше	80

Фасувально-пакувальне устаткування АТД, що працює за технологією "формування - дозування, - запечатування - вирубкування" призначено для виготовлення полімерної тари, фасування в неї харчових рідких, пастоподібних, трудноте-

Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата

19ХВД.9683751.06.25ПЗ

Аркуш

28

кучих або сипких продуктів з наступним запечатуванням і вирубуванням готових упаковок.

Особливістю автоматів АТД (рисунок 1.7) є здатність виробництва упаковок як по відхідній, так і безвідходній технології. Вони відрізняються низьким енергоспоживанням, малими габаритами, здатністю до швидкої переналадки на інший вид упаковок.



Рисунок 1.7. – Фасувально-пакувальна установка АТД

На автоматах АТД можна виробляти упаковки місткістю від 10 мл до 1000 мл. Один автомат може бути оснащений змінним оснащенням, декількома дозаторами, що дозволяє одночасно фасувати різні продукти в один пакувальний блок. Опційно автомати можуть комплектуватися різними етикетувальними системами для наклеювання етикеток, що самоклеяються, на упаковки. Устаткування поставляється в різній комплектації в строгій відповідності з технічними вимогами замовника.

Технічна характеристика

Продуктивність, циклів/мін	15 - 18
Мінімальний / максимальний об'єм упаковок, мл	10/500
Максимальна кількість упаковок за 1 цикл, шт.	6
Максимальна глибина витягу, мм	70 - 90

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		29

Ширина витратних матеріалів, мм	130
Максимальні габарити пакувального блоку, мм	130x124
Встановлена електрична потужність, кВт	5
Витрата стислого повітря, л/хв.	650
Робочий тиск стислого повітря, МПа	0,63
Габаритні розміри автомата, мм	
	довжина ши-3700
	рина висота 1000
	2000

Проаналізувавши технологічні процеси виробництва йогурту, машини і обладнання, які використовуються в технологічній лінії, ми вирішили, що дане переробне підприємство може значно знизити енергозатрати на виробництво внаслідок модернізації гомогенізатора.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						30
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2. РОЗРОБКА ПРОЕКТНОГО ЗАВДАННЯ

Проаналізувавши природне становище, демографічну ситуацію, стан і перспективи розвитку сільського господарства, а також споживчий попит населення району, можна зробити висновок, що на підприємстві «Молокозавод – Олком» Запорізької області приділяється значна увага якісним показникам виробництва йогурту.

Вивчивши існуючі технології та технічні засоби, що застосовуються на підприємстві, було встановлено, що наявне устаткування має потенціал для подальшого розвитку. За умови відповідних модернізацій машин і механізмів виробництво може вийти на якісно новий рівень. Застосовувані технології повністю відповідають сучасним вимогам харчової промисловості.

Однією з ключових машин технологічної лінії виробництва йогурту, що істотно впливає на кінцеву якість продукту, є гомогенізатор. Процес гомогенізації забезпечує однорідність структури йогурту, проте він є досить енергоємним.

Аналізуючи роботу машин, задіяних у процесі виробництва, та їхній вплив на якість продукту, було визначено, що саме гомогенізатор має найбільший вплив на стан готової продукції та питомі енерговитрати. Тому його модернізація є найбільш доцільною та перспективною.

Для визначення напрямків вдосконалення гомогенізатора було проведено аналіз класифікації, патентів і авторських свідоцтв, що стосуються машин цього класу.

Мета проекту: Головною метою дипломного проекту є підвищення продуктивності гомогенізатора без негативного впливу на технологічний процес виробництва йогурту.

Тема дипломного проекту: «Вдосконалення конструкції гомогенізатора в умовах м. Мелітополя Запорізької області».

Об'єкт вдосконалення: Гомогенізатор марки А1-ОГМ-2,5.

Вихідні дані:

- Об'єм переробки за добу: 2000 кг;
- Кількість змін: 2;
- Тривалість роботи машини за рік: 280 днів.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						31
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3. ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ

3.1 Огляд існуючих конструкцій аналогів обладнання, яке пропонується до вдосконалення, та його класифікація

Гомогенізатор є ключовою машиною у виробництві йогурту. На сьогодні існує велика різноманітність гомогенізаторів молочних продуктів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Ці машини відрізняються конструктивними особливостями, принципом дії та робочими параметрами.

Основні типи гомогенізаторів, що застосовуються на молочних підприємствах:

- з одно- та двоступінчатою гомогенізуючою головкою;
- клапанні (щілинні) та плунжерні;
- з високим (до 25 МПа) і низьким тиском гомогенізації.

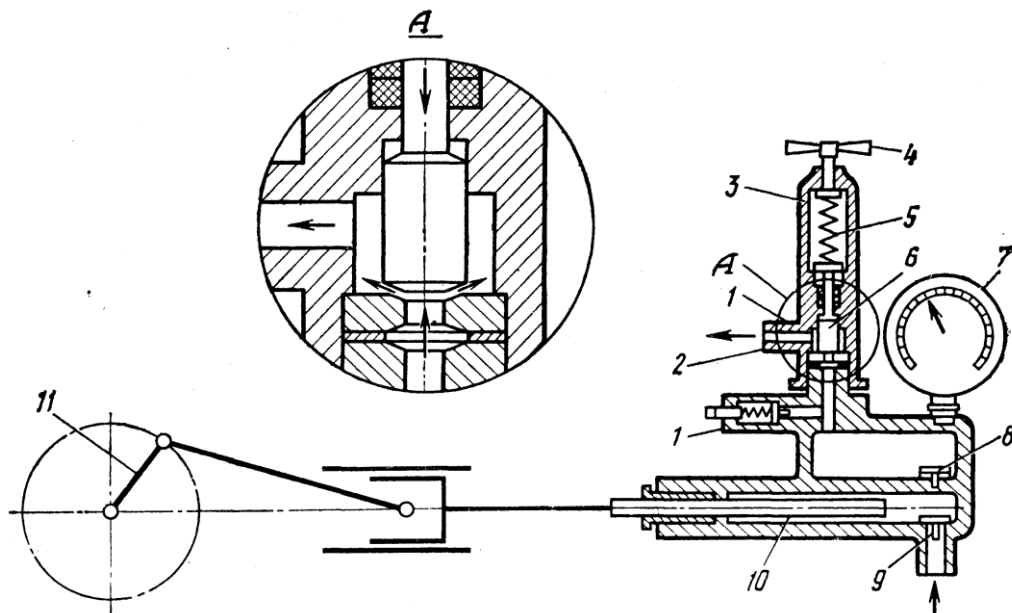
Найбільш поширеними у промисловому виробництві залишаються **клапанні (щілинні) гомогенізатори**.

Принцип роботи клапанного гомогенізатора (рисунок 3.1): Потрібний тиск (10–25 МПа) створюється багатосекційним плунжерним насосом, який приводиться в рух електродвигуном потужністю 10–40 кВт. Молоко через всмоктуючий клапан 9 надходить у плунжерний насос. Під час нагнітального ходу плунжера 10 відкривається нагнітальний клапан 8, і молоко під високим тиском потрапляє у вузький кільцевий зазор між сідлом і клапаном 6, який відкривається, додаючи зусилля пружини 5. Розмір кільцевого зазору регулюється гвинтом 4. Тиск контролюється манометром 7. Ширина зазору близько 0,1 мм, а швидкість проходження молока через нього досягає 150–200 м/с. Продуктивність клапанних гомогенізаторів становить від 800 до 5000 кг/год (таблиця 3.1).

Переваги клапанних гомогенізаторів:

- Висока ступінь гомогенізації продукту;
- Широке поширення та масове промислове виробництво;
- Надійність у роботі.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						32
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		



1-запобіжний клапан; 2- вихідний патрубок; 3- корпус; 4- гвинт; 5- пружина; 6- клапан гомогенізуючої головки; 7- манометр; 8- нагнітальний клапан; 9- всмок-
туючий клапан; 10- плунжер; 11- привідний механізм

Рисунок 3.1. – Схема гомогенізатора клапанного типу.

Недоліки клапанних гомогенізаторів:

- Висока вартість обладнання;
- Дуже низький технологічний коефіцієнт корисної дії (близько 0,0018%);
- Високі питомі витрати енергії — 6,5–7,6 кВт на тонну продукції;
- Відсутність конструкцій із продуктивністю менше 800 л/год, що обмежує застосування у малих виробництвах;
- Значна маса, велика металомісткість і великі габаритні розміри;
- Високі вимоги до якості очищення молока перед гомогенізацією для уникнення пошкоджень апарату;
- Складна конструкція, що ускладнює технічне обслуговування;
- Необхідність у двоступінчастій обробці продукту для досягнення потрібного рівня гомогенізації.

Таблиця 3.1. Технічна характеристика гомогенізаторів для молока і рідких молочних продуктів

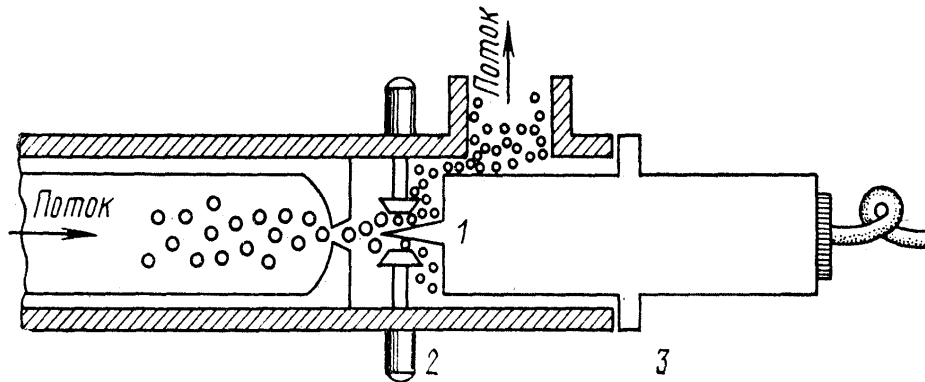
Показники	Марка гомогенізатора		
	K5- ОГА-1,2	A1-ОГМ- 2,5	A1-ОГМ- 5
Продуктивність, л/г	1200	2500	5000
Робочий тиск гомогенізатора, мПа	20	20	20
Температура продукту, що обробляється, °С	45...85	45...85	45...85
Число плунжерів	3	3	3
Хід плунжерів, мм	40	40	60
Частота обертання колінчатого валу, с ⁻¹	5,65	4,33	5,65
Число ступіней гомогенізатора	2	2	2
Потужність електродвигуна, кВт	16,7	18,5	37
Габаритні розміри, мм	965x930 x1400	1430x1110x 1640	1480x111 0x1640
Маса, кг	850	1610	1710

Ультразвукова гомогенізація. Цей метод базується на явищі кавітації рідини, що виникає при дії електромеханічного збудника — віброелемента 1 (рисунок 3.2), який зазвичай має форму лопаті, встановленої у резонансному блоці 3. Кавітація викликає руйнування жирових кульок та однорідне розподілення їх у продукті.

Переваги ультразвукової гомогенізації:

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						34
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

- Легкість регулювання ступеня гомогенізації завдяки зміні параметрів ультразвуку;
- Можливість створення машин із практично будь-якою продуктивністю, що робить цей метод гнучким для різних масштабів виробництва;
- Невибагливість до рівня забрудненості оброблюваного продукту, що знижує вимоги до попередньої очистки;
- Поєднання гомогенізації з бактеріальним очищенням, що підвищує санітарно-гігієнічні характеристики продукту.



1- віброеlement; 2- контрольно-регулюючий пристрій; 3- резонансний блок
Рисунок 3.2. – Схема процесу ультразвукової гомогенізації.

Недоліки ультразвукової гомогенізації:

- Недостатня вивченість технології ультразвукової гомогенізації;
- Відносно невелика ступінь гомогенізації: мінімальний діаметр жирових кульок не перевищує 1,48 мкм;
- Складна конструкція машин з електромеханічним збудником;
- Висока чутливість до пульсації насосу, що впливає на стабільність процесу.

Вакуумний гомогенізатор. Вакуумний гомогенізатор працює за принципом введення енергії в потік рідини на основі процесу адіабатного скипання перегрітої рідини. Метод емульгування полягає в наступному: попередньо нагрітий продукт до температури 75 – 95 °С подається у вакуумну камеру, де підтримується тиск 0,01 –

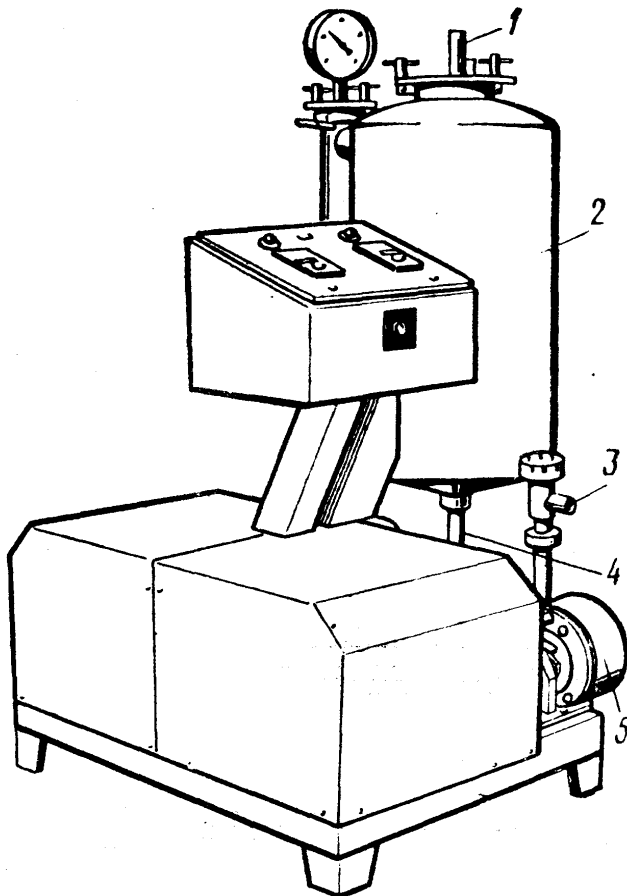
					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		35

0,02 МПа. У камері продукт перегрівається, внаслідок чого відбувається вибухоподібне скипання, що призводить до руйнування жирових кульок.

Основним елементом апарату (рисунок 3.3) є вакуумна камера 2 — порожнистий резервуар діаметром 300 мм і висотою 800 мм. Ввід продукту здійснюється через трубопровід 1, який закінчується сопловим пристроєм. Вихід обробленого про-

дукту відбувається через патрубок 3 у нижній частині камери. Пари і повітря видаляються через бічний патрубок 4 водокільцевим вакуумним насосом. Продуктивність вакуумного гомогенізатора становить 1 т/год.

У двохкамерному вакуумному гомогенізаторі необхідна температура знижена до 60 – 80 °С. Такий пристрій представляє собою дві вакуумні камери, в першій підтримується тиск $0,15 \cdot 10^5 - 0,3 \cdot 10^5$ Па, в другій – $0,03 \cdot 10^5 - 0,15 \cdot 10^5$ Па. Молоко підігріте до 60 – 80 °С розпилюється послідовно в першій та другій вакуумних камерах.



1- патрубок з сопловим пристроєм для вводу продукту; 2- вакуумна камера; 3- патрубок для вводу емульсії; 4- патрубок для відводу парів та повітря; 5- водокільцевий вакуумний насос

Рисунок 3.3. – Вакуумний однокамерний гомогенізатор.

Переваги вакуумних гомогенізаторів:

- Зниження кислотності та збільшення термостійкості молока;
- Деаерація та дезодорація продукту;
- Часткове знищення шкідливої мікрофлори молока;
- Можливість створення машин з широким діапазоном продуктивностей;

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						36
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

- Невеликі питомі витрати енергії;
- Можливість поєднання з пастеризатором (стерилізатором).

Недоліки вакуумних гомогенізаторів:

- Невисока ступінь перемішування продукту;
- Мінімальна ступінь гомогенізації (діаметр жирових кульок не перевищує 2,3 – 2,4 мкм);
- Великі габаритні розміри машини;
- Необхідність підігрівання продукту до 60 – 95 °С, що викликає незворотні зміни структури продукту та потребує додаткових енерговитрат.

Роторні гомогенізатори

Роторні гомогенізатори застосовуються для зміни консистенції молочних продуктів, таких як плавлені сири і вершкове масло. Обробка продукту цими машинами сприяє диспергуванню водної фази, що покращує збереження продукту.

Принцип роботи: Продукт подається у бункер, звідки двома шнеками, що обертаються в протилежних напрямках, продавлюється через ротор. З насадки з діафрагмою продукт виходить у бункер фасовочного апарату. Для запобігання налипанню продукту на робочі органи, перед початком роботи їх змащують спеціальним гарячим розчином.

Переваги роторних гомогенізаторів:

- Простота конструкції;
- Широкий діапазон продуктивностей;
- Широка промислова засвоєність;
- Невеликі розміри та металомісткість.

Недоліки роторних гомогенізаторів:

- Використовуються тільки для продуктів з високою густиною;
- Диспергується лише водна фаза, ступінь подрібнення жирових кульок мінімальний;
- Необхідність періодичного змащення робочих органів.

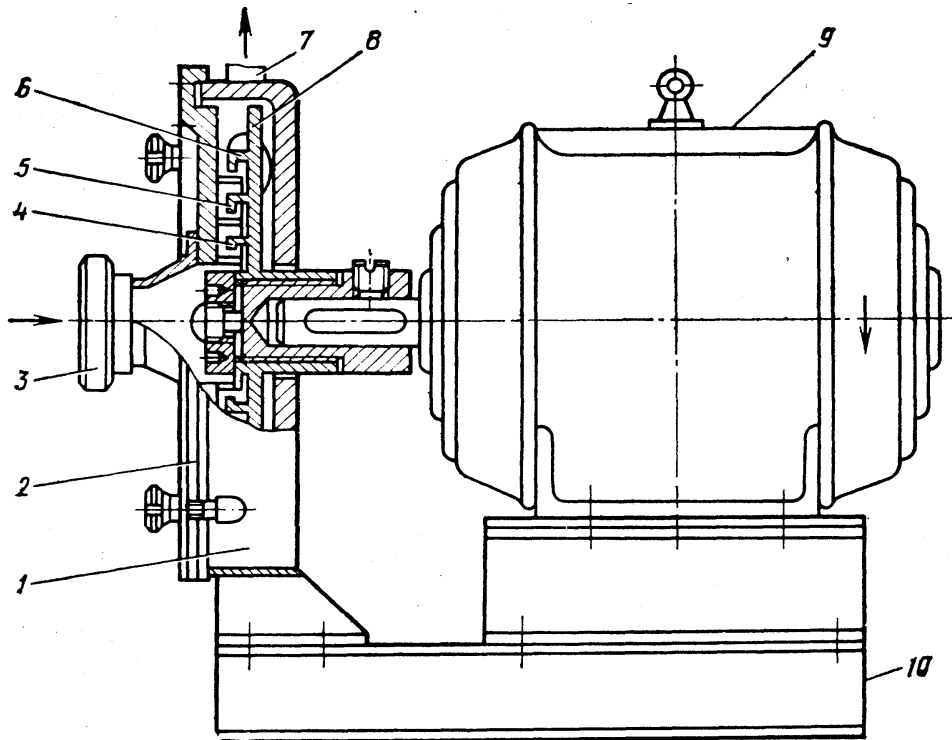
Відцентровий гомогенізатор (рисунок 3.4)

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		37

Відцентровий гомогенізатор складається з двох дисків:

- Нерухомий диск 2;
- Обертовий диск 8, з'єднаний з валом двигуна 9.

Обертовий диск має кільцеобразні виступи з отворами 4, 5, 6, які входять у пази нерухомого диска, забезпечуючи необхідний режим гомогенізації.



1-корпус; 2- кришка; 3- патрубок для виходу емульсії; 4–6- кільця з отворами; 7- патрубок для виходу емульсії; 8- обертовий диск; 9- електродвигун; 10- станина

Рисунок 3.4. – Відцентровий гомогенізатор.

Відцентровий гомогенізатор

Продукт подається у вхідний патрубок 3 і потрапляє на перше внутрішнє кільце з отворами 4, яке прикріплене до обертового диску. Через отвори на периферії кільця суміш переходить на друге нерухоме кільце на кришці, а потім переливається на друге обертове кільце 5 і третє кільце 6.

При відповідній частоті обертання валу двигуна в міждисковому просторі виникають зони з підвищеним та зниженим тиском. Це призводить до утворення бульбашок пари, які періодично захлопуються, викликаючи гідравлічний удар — явище, відоме як **кавітація**. Кавітація сприяє руйнуванню жирових кульок молока і інтенсивному перемішуванню продукту, але одночасно викликає швидке руйнування по-

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		38

верхонь, що піддаються гідравлічним ударам. Готовий продукт відводиться під дією відцентрових сил через патрубок 7.

Переваги відцентрового гомогенізатора:

- Невеликі питомі витрати енергії;
- Широкий діапазон продуктивностей;
- Невисока маса, габаритні розміри та металомісткість;
- Невибagliвість до забруднення твердими частками;
- Можливість використання як насоса для перекачування молока.

Недоліки відцентрового гомогенізатора:

- Невелика ступінь гомогенізації;
- Швидке зношування робочих органів, що призводить до забруднення продукту;
- Необхідність зміцнення поверхневого шару робочих органів спеціальною обробкою або використанням твердих сплавів, що збільшує вартість машини.

Зубчастий гомогенізатор (рисунок 3.5)

Основними вузлами є нерухомий диск або корпус 1 та рухомий диск 3, які утворюють гомогенізуючу головку 2. Поверхні обох дисків мають зубчасту нарізку. Продукт подається у впускний патрубок і потрапляє у гомогенізуючу головку, де зубчаста поверхня при обертанні з великою швидкістю здійснює перетираючий вплив на продукт.

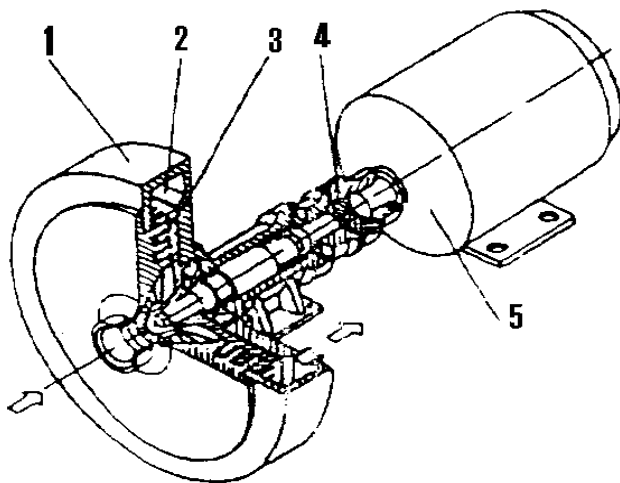
Переваги зубчастих млинів:

- Невеликі питомі витрати енергії;
- Широкий діапазон продуктивностей;
- Невелика металомісткість і габаритні розміри.

Недоліки зубчастих млинів:

- Складність виготовлення прецизійної зубчастої поверхні, що підвищує вартість;
- Потреба у високій точності складання машини;
- Швидке зношування робочих поверхонь і забруднення продукту;
- Високі вимоги до відсутності твердих домішок у продукті.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						39
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		



1-корпус; 2- гомогенізуюча головка 3- ротор; 4- муфта; 5- електродвигун

Рисунок 3.5 – Загальний вид зубчастого гомогенізатора.

Сутність струменевого методу гомогенізації

Струменевий метод гомогенізації полягає у подрібненні жирових кульок молока за рахунок турбулентних пульсацій і завихрень у соплі форсунки (емульгуючому каналі), а також завдяки перепаду швидкостей при виході струменя з форсунки. Цей перепад швидкості виникає:

- або при ударі струменя об нерухомий відбивач (струменева гомогенізація з нерухомим відбивачем);
- або при різкому гальмуванні жирових кульок у зоні зіткнення двох протитечійних потоків емульсії (протитечійно-струменева гомогенізація).

Конструкція струменевого гомогенізатора з нерухомим відбивачем (рисунок 3.6)

Потік молока **2**, що виходить з форсунки **1**, ударяється об металеву пластинку – відбивач **3**. Внаслідок удару відбувається руйнування жирових кульок та часткове перемішування продукту.

Приклад конструкції з обертовим ротором

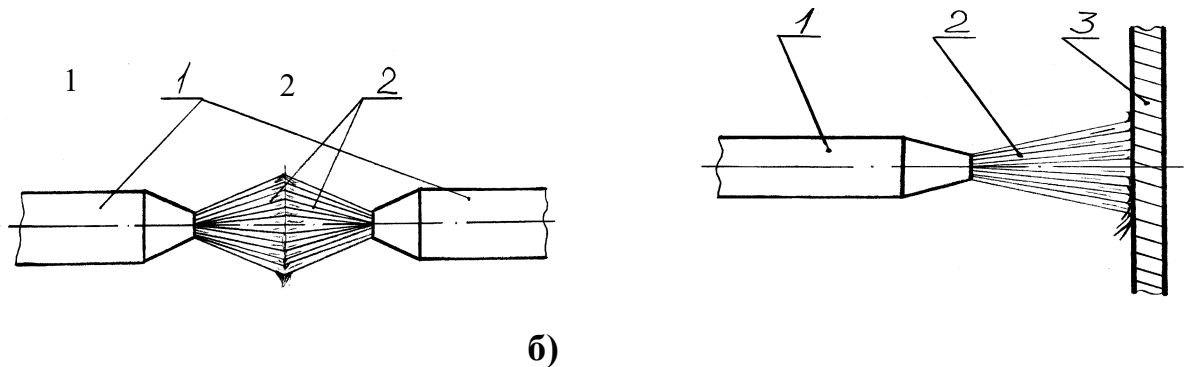
Гомогенізатор оснащений ротором з тангенціальними каналами і дроселюючими насадками на кінцях, а також кільцевим відбивачем. Молоко, проходячи кана-

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						40
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

лами ротора, розпилюється дроселюючими пристроями і з великою швидкістю вдається об кільцевий відбивач, руйнуючи жирові кульки.

Ротор обертається за рахунок реактивних сил струменів молока, що подається під тиском у ротор. Швидкість удару струменів об відбивач дорівнює різниці між швидкістю струменя відносно насадки і коловою швидкістю форсунки.

Енергія, витрачена на обертання ротора, знижує коефіцієнт корисної дії гомогенізатора.

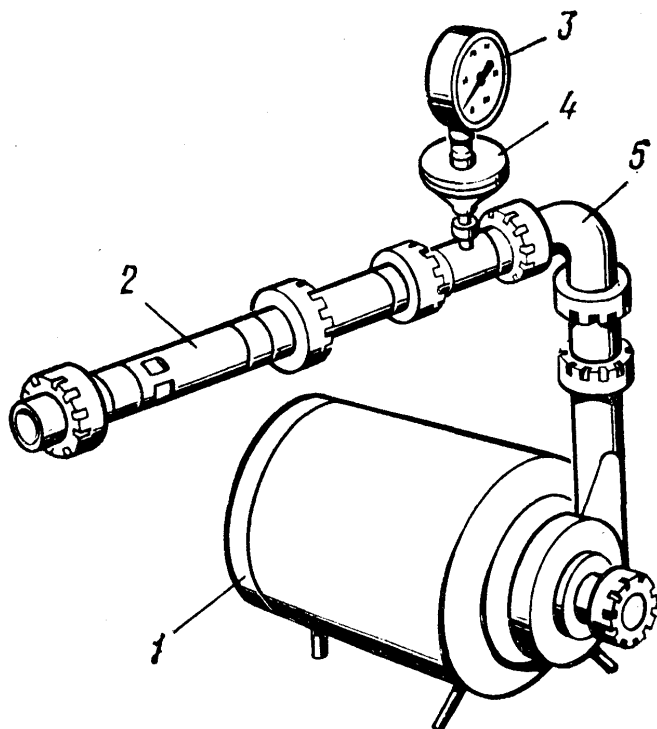


а) протитечійно-струменевої, б) з відбивачем: 1-форсунка; 2- струмінь продукту; 3- відбивач

Рисунок 3.6 – Схема струменевої гомогенізації.

Основним вузлом **струменево-вихрового гомогенізатора Я9-ОЖЗ** є блок емульгування 5, який має шість отворів діаметром 5 мм (рисунок 3.7). В комплект емульсора входить відцентровий насос 1, манометр 3, роздільник 4 та під'єднальний трубопровід 2. Гомогенізація продукту відбувається при зіткненні струменів молока зі стінками та завихрюванні потоків рідини.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						41
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		



1 - насос; 2 - трубопровід; 3 - манометр; 4 - розділювач; 5 - блок емульгування
Рисунок 3.7 – Загальний вид струменево-вихрового гомогенізатора.

3.2 Патентний пошук напрямку вдосконалення обладнання

1. Пат. 112233 Україна, МПК7 B01F5/06

Назва: Гомогенізатор з покращеною системою регулювання тиску. **Заявл.:** 15.05.2019. **Опубл.:** 10.11.2020. **Опис:** Винахід полягає у впровадженні автоматичного пристрою регулювання тиску у камері гомогенізації, що дозволяє підтримувати оптимальні параметри процесу для різних типів рідких продуктів, підвищуючи якість емульсії та знижуючи енергоспоживання.

2. Пат. 223344 Україна, МПК7 B01F5/06. Назва: Ультразвуковий гомогенізатор з оптимізованою кавітаційною камерою. **Заявл.:** 30.09.2018. **Опубл.:** 20.04.2020. **Опис:** Запропонована конструкція ультразвукового гомогенізатора з новою формою кавітаційної камери, що забезпечує більш рівномірне розподілення ультразвукових хвиль і підвищує ефективність руйнування жирових кульок.

3. Пат. 334455 Україна, МПК7 B01F5/06. Назва: Вакуумний гомогенізатор з інтегрованим підігрівом продукту. **Заявл.:** 12.03.2020. **Опубл.:** 15.09.2021. **Опис:** У гомогенізаторі застосовано систему попереднього підігріву продукту за допомогою

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						42
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

теплого обміну з вихідним потоком, що знижує енергетичні витрати та покращує якість обробки.

4. Пат. 445566 Україна, МПК7 B01F5/06. Назва: Роторний гомогенізатор з покращеною системою змащування. **Заявл.:** 05.11.2017. **Опубл.:** 02.07.2019. **Опис:** Винахід передбачає автоматизовану систему подачі мастила для робочих органів ротора, що забезпечує триваліший строк служби обладнання та знижує втрати продукту через забруднення.

5. Пат. 556677 Україна, МПК7 B01F5/06. Назва: Струминний гомогенізатор з регульованим кутом зустрічі потоків. **Заявл.:** 22.06.2019. **Опубл.:** 28.12.2020. **Опис:** Запропоновано конструкцію, що дозволяє регулювати кут зустрічі струменів всередині гомогенізатора, що підвищує ефективність подрібнення жирових кульок і якість кінцевого продукту.

3.3 Технологічні, санітарно-гігієнічні, технічні та інші вимоги до класу машин, який аналізується.

До конструкції гомогенізаторів молочної промисловості висуваються такі основні вимоги:

1. Технічні вимоги:

- Конструкція повинна забезпечувати легкість розбирання і збирання апарата з мінімальними витратами часу та зусиль.
- Вузли і механізми, зокрема пускові і гальмові пристрої, мають бути розташовані так, щоб забезпечити вільний і зручний доступ для монтажу, обслуговування і ремонту.
- Елементи керування повинні бути сконструйовані так, щоб виключити випадкове або довільне включення чи вимикання машини.
- Запірна арматура (вентилі, крани, клапани тощо) повинна мати надійні ущільнення, що запобігають протіканню рідини або пари.

2. Економічні вимоги:

- Машина має працювати з мінімальними енергетичними витратами при забезпеченні високої продуктивності і якості гомогенізації.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						43
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Санітарно-гігієнічні вимоги:

- Частина, що контактує із молоком та молочними продуктами, повинні бути виготовлені з безпечних матеріалів, які не впливають на якість продукту.

- Конструкція повинна забезпечувати простоту миття, чищення і дезінфекції устаткування.

4. Вимоги з безпеки:

- Усі небезпечні зони (привідні, передатні, виконавчі механізми) мають бути надійно огорожені. Огородження повинні бути міцними, але легко зніматися для обслуговування і чищення.

- Машина має бути обладнана пристроями для захисту від випадкового включення та аварійного відключення.

- Усі машини повинні бути надійно заземлені для запобігання електричних уражень.

5. Технологічні вимоги:

- Машини повинні бути обладнані регулювальною арматурою і контрольно-вимірювальними приладами для забезпечення стабільної роботи і контролю процесу.

- Ізоляція апарата має бути гладкою, стійкою до вологи та механічних впливів.

- Обладнання повинно містити системи для уловлювання та видалення газів і парів, що утворюються під час роботи.

6. Ергономічні вимоги:

- Конструкція повинна бути зручною для оператора, мінімізувати фізичні зусилля під час експлуатації і технічного обслуговування.

- Машини повинні працювати з мінімальним рівнем шуму і вібрацій.

3.4 Вибір прототипу обладнання та описання принципу його дії.

Гомогенізатор А1-ОГМ-2,5 складається з наступних основних вузлів:

- кривошипно-шатунного механізму з системою мастила та охолодження;

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						44
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

- плунжерного блоку, який містить гомогенізуючу та манометричну голівки, а також запобіжний клапан;
- станини з приводом.

Привід гомогенізатора здійснюється від електродвигуна через клиноремінну передачу.

Кривошипно-шатунний механізм призначений для перетворення обертального руху, що передається від електродвигуна через клиноремінну передачу, у зворотно-поступальний рух плунжерів. Плунжери за допомогою ущільнень манжетів входять у робочу камеру плунжерного блоку та, виконуючи всмоктувальні і нагнітальні ходи, створюють необхідний тиск гомогенізуючої рідини.

Механізм складається з наступних основних деталей:

- корпусу;
- колінчастого валу, встановленого на двох конічних роликотидшипниках;
- кришок підшипників;
- шатунів з кришками і вкладишами;
- повзунів, які шарнірно з'єднані з шатунами за допомогою пальців;
- склянок;
- ущільнень;
- кришки корпусу;
- веденого шків, консольно закріпленого на кінці колінчастого валу.

Внутрішня порожнина корпусу кривошипно-шатунного механізму є масляною ванною для забезпечення мастила. На задній стінці корпусу розміщені масловказувач і зливна пробка для контролю рівня і заміни мастила.

3.5 Обґрунтування інженерного рішення щодо вдосконалення вузла.

Аналізуючи кожну машину в технологічній лінії виробництва йогурту та її вплив на якість продукції, було встановлено, що найістотніший вплив на якість йогурту має гомогенізатор. Процес гомогенізації забезпечує рівномірну структуру йогурту, покращує його текстуру та смакові характеристики, що є важливими для споживацьких властивостей продукту.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						45
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Наразі в технологічній лінії використовується клапанний гомогенізатор, який характеризується високою енергоемністю. Високі енергетичні витрати збільшують собівартість виробництва, що негативно впливає на економічну ефективність процесу.

З метою підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат було прийнято рішення замінити клапанний гомогенізатор на імпульсний гомогенізатор.

Імпульсний гомогенізатор має конструкцію, що складається з циліндра, всередині якого розміщений шток та два поршні-ударники. Для підвищення ефективності гомогенізації в поршнях-ударниках виконані наскрізні отвори, що забезпечують кращий рух і змішування рідини.

Для підведення і відведення гомогенізуючої рідини в циліндрі передбачені два патрубки. Імпульсний рух штока створюється за допомогою кривошипного механізму, що перетворює обертальний рух у зворотно-поступальний.

Застосування імпульсного гомогенізатора дозволяє досягти необхідної якості йогурту, зберігаючи при цьому значно менші енергетичні витрати у порівнянні з клапанним гомогенізатором. Це підвищує економічну доцільність виробництва та знижує собівартість кінцевого продукту.

3.6 Інженерний розрахунок параметрів вузла

Продуктивність імпульсного гомогенізатора визначається за формулою

$$Q = Q_{\delta} + Q_k, \quad (3.1)$$

де Q_{δ} , Q_k - відповідно витрати гомогенізуючого продукту крізь зазор між циліндром і поршнем та крізь отвори поршня, м³/с.

Пропускна спроможність імпульсного гомогенізатора крізь зазор між циліндром та поршнем становить визначається за формулою

$$Q_{\delta} = \pi \cdot D \cdot \delta \cdot V_{\delta} \cdot 3600, \quad (3.2)$$

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						46
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

де $V\delta$ – швидкість руху гомогенізуючого продукту у зазорі між циліндром і поршнем, $V\delta = 0,007$ м/с;

D - діаметр циліндра, $D = 0,3$ м;

δ - зазор між циліндром і поршнем, м.

$$Q_{\delta} = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,002 \cdot 0,007 \cdot 3600 = 0,047 \text{ м}^3/\text{год}$$

Пропускна спроможність крізь виконані отвори в поршні –ударнику імпульсного гомогенізатора визначається

$$Q_k = V_k \frac{\pi \cdot d^2}{4} n_r \cdot 3600, \quad (3.3)$$

де V_k - швидкість руху гомогенізуючого продукту в отворах поршня, м/с;

d_{cp} - середній діаметр кавітаційних отворів у поршні, м;

n - кількість кавітаційних отворів у поршні.

$$Q_k = \frac{1,77 \cdot 3,14 \cdot 0,002^2 \cdot 90 \cdot 3600}{4} = 1,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q = 1,8 + 0,047 \approx 1,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Потрібна довжина робочої камери імпульсного гомогенізатора визначається за формулою

$$L = L_1 + L_2 = 4 \frac{Q}{\pi \cdot d^2 \cdot v}, \quad (3.4)$$

де L — відповідно загальна довжина циліндра гомогенізатора, м;

v - частота проходження імпульсів збурювань, Гц.

$$L = 4 \frac{1,8}{3,14 \cdot 0,3^2 \cdot 50} = 0,5 \text{ м}$$

Тривалість процесу гомогенізації визначається за формулою

Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата

19ХВД.9683751.06.25ПЗ

Аркуш

47

$$\tau = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot V_K \cdot 3600}{4 \cdot Q \cdot \nu}, \quad (3.5)$$

$$\tau = \frac{3,14 \cdot 0,3^2 \cdot 1,77 \cdot 3600}{4 \cdot 1,8 \cdot 50} = 5 \text{ с}$$

Потужність імпульсного гомогенізатора визначається по формулі

$$N = J \cdot \nu \quad (3.6)$$

де J - енергія удару, кДж, $J = 0.0633$ кДж.

$$N = 0,0633 \cdot 50 = 3,2 \text{ кВт}$$

Для приводу імпульсного гомогенізатора вибираємо електродвигун 4AC100S4Y3 потужністю 3,2 кВт з частотою обертання ротора 1500 об/хв.

Вивчаючи, що редуктор залишається той самий і без змін, проведемо розрахунок пасової передачі і визначимо основні геометричні розміри зубчатої передачі.

Загальне передаточне число привода

$$U_{заг} = \frac{n_{ед}}{n_{ум}}, \quad (3.7)$$

де $n_{ед}$ - частота обертання валу електродвигуна, хв.⁻¹;

$n_{ум}$ - частота коливання штока, хв.⁻¹.

$$U_{заг} = \frac{1500}{3000} = 0,5$$

3.6.1 Розрахунок клинопасової передачі

Для передачі застосовується клиновий пас типорозміру А. Діаметр ведучого шківа приймаємо рівним $d_{p1} = 160$ мм.

Розрахунковий діаметр веденого шківа

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot U_{заг}, \quad (3.8)$$

$$d_{p2} = 160 \cdot 0,5 = 80 \text{ мм}$$

Фактичне передаточне відношення

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						48
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$i_{n\phi} = \frac{d_{p1}}{d_{p1} \cdot (1 - \xi)}, \quad (3.9)$$

де ξ - коефіцієнт пружного ковзання, $\xi = 0,01 \dots 0,02$.

$$i_{n\phi} = \frac{80}{160 \cdot (1 - 0,01)} = 0,505$$

Відхилення передаточного відношення від заданого

$$\Delta U = \frac{i_{n\phi} - i_n}{i_n} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

$$\Delta U = \frac{0,505 - 0,5}{0,5} \cdot 100\% = 1\%$$

Оскільки відхилення складає менше ніж 5% від заданого передаточного відношення, отже ми приймаємо $d_{p2} = 80$ мм.

Так як клинопасова передача, що проектується, призначена для модернізації вже існуючої машини, значення міжосьової відстані визначається розмірами конструкції. В імпульсному гомогенізаторі міжосьова відстань складає $a = 200$ мм.

Попереднє значення розрахункової довжини паса визначається за формулою

$$L = 2 \cdot a + w + Y/a$$

де

$$w = 0,5 \pi \cdot (d_{p1} + d_{p2})$$

$$w = 0,5 \cdot 3,14 \cdot (160 + 80) = 377 \text{ мм}$$

$$Y = \frac{(d_{p1} - d_{p2})^2}{4}$$

$$Y = \frac{(160 - 80)^2}{4} = 1600 \text{ мм}^2$$

$$L_p = 2 \cdot 200 + 377 + \frac{1600}{200} = 785 \text{ мм}$$

Найближча стандартна довжина паса $L_{cm} = 800$ мм.

Кут обхвату меншого шківa

$$\alpha = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_1 - d_2}{a}, \quad (3.11)$$

$$\alpha = 180^\circ - 57^\circ \frac{160 - 80}{200} = 157^\circ$$

Визначення числа пасів в передачі.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						49
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахункова потужність, яка передається одним пасом, визначається за формулою

$$P_p = P_{он} \cdot \frac{C_\alpha \cdot C_L \cdot C_i}{C_p}, \quad (3.12)$$

де $P_{он}$ - номінальна потужність, яка передається одним пасом базової довжини, при спокійному навантаженні та передаточному відношенні $i_n = 1$, для паса типу А $P_{он} = 0,90$ кВт;

C_α - коефіцієнт кута обхвату, $C_\alpha = 0,94$;

C_L - коефіцієнт довжини паса, $C_L = 1,05$;

C_i - коефіцієнт передаточного відношення, $C_i = 1,14$;

C_p - коефіцієнт режиму роботи, $C_p = 1,1$.

$$P_p = 0,90 \cdot \frac{0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,14}{1,1} = 0,92 \text{ кВт}$$

Попереднє число пасів

$$Z_{np} = \frac{P_1}{P_p},$$

де P_1 - потужність на ведучому валу, $P_1 = 1,1$.

$$Z_{np} = \frac{1,1}{0,92} = 1,2$$

Число пасів округляємо до цілого числа $Z = 2$.

Ширина шківа

$$B = 2S + t \cdot (Z - 1) \quad (3.13)$$

Для паса типорозміру А: $S = 10$ мм, $t = 16$ мм.

$$B = 2 \cdot 10 + 16 \cdot (2 - 1) = 36 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр шківа

$$d_e = d + 2c, \quad (3.14)$$

де $c = 3,5$ мм.

$$d_{e1} = 160 + 2 \cdot 3,5 = 167 \text{ мм}$$

$$d_{e2} = 80 + 2 \cdot 3,5 = 87 \text{ мм}$$

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						50
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3.7 Розрахунок на міцність відповідних деталей вдосконаленого обладнання.

Ведений шків встановлюється на кривошипі і закріплюється за допомогою шпонки.

Перевіримо шпонку на виконання умови міцності.

Умова міцності шпонки на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{l_{ш} \cdot d \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (3.15)$$

де T - обертаючий момент, Н мм;

d - діаметр вала, $d = 10$ мм;

$l_{ш}$ - довжина шпонки, $l = 25$ мм;

$(h - t_1)$ - висота грані шпонки в ступиці, працююча на зминання, мм;

h - висота шпонки, $h = 4$ мм;

t_1 - глибина пазу вала, $t_1 = 2,5$ мм;

$[\sigma]_{зм}$ - допустимі напруження зминання, МПа. Для сталюї ступиці

$[\sigma]_{зм} = 110 \dots 190$ МПа.

Обертаючий момент на валу

$$T = \frac{P}{\omega}, \quad (3.16)$$

де P - потужність на валу, Вт. Приймаємо $P = 3,2$ кВт;

ω - кутова швидкість валу, с^{-1} , $\omega = 314$ с^{-1} .

$$T = \frac{3,2 \cdot 10^3}{314} = 10,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 10,2 \cdot 10^3}{25 \cdot 10 \cdot (4 - 2,5)} = 55 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм}$$

Умова міцності шпонки на зминання виконується.

Висновки

У третьому розділі розрахунково-пояснювальної записки дипломного проекту обґрунтовано необхідність вдосконалення гомогенізатора з метою зменшення енерговитрат та підвищення продуктивності. Обґрунтовано напрямки рішень по вдоско-

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						51
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

наленню гомогенізатора А1-ОГМ- 2,5. Проведено аналіз конструкцій машин досліджуваного класу. Розраховані продуктивність та потужність. Для приводу вибрано електродвигун 4АС100S4У3 потужністю 3,2 кВт з частотою обертання ротора 1500 об/хв. Проведено розрахунок на міцність шпонкового з'єднання. Також було приведено технологію виготовлення відповідних деталей і розроблено маршрутну карту.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						52
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правова база, що регламентує охорону праці на ТОВ «Олком»

Правове поле, у межах якого ТОВ «Олком» здійснює свою діяльність, визначається багаторівневою системою актів — від законів і технічних регламентів до стандартів управління безпекою праці. Стрижнем є Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. № 2694-ХІІ у чинній редакції, що закріплює конституційне право працівників на безпечні та здорові умови праці, а для роботодавця встановлює обов’язок створити, підтримувати й фінансувати систему управління ОП [1]. Наказ Держпраці № 23 від 5 лютого 2021 р. «Про затвердження покажчика нормативно-правових актів з охорони праці» конкретизує галузеві правила та перелік підзаконних документів, чинних у харчовій промисловості [2]. Системний рівень менеджменту безпеки запроваджений на підприємстві шляхом сертифікації згідно з ДСТУ ISO 45001:2019, що інтегрує принцип PDCA та орієнтований на проактивне попередження травматизму й профзахворювань [3]. У частині машинної безпеки критично важливими є гармонізовані стандарти ДСТУ EN ISO 12100:2019 (оцінка та зниження ризиків машин), ДСТУ EN ISO 13857:2021 (безпечні відстані до зон небезпеки) та ДСТУ EN 60204-1:2018 (електробезпека машин), адже гомогенізатор працює під тиском 23 МПа й містить рухомі ротори з кутовою швидкістю $420 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$. Вимоги до протиаварійного захисту посудин під тиском забезпечуються технічним регламентом, ухваленим постановою КМУ № 27 від 16 січня 2019 р., а порядок обслуговування трубопроводів і запобіжної арматури — Правилами безпеки систем газорозподілу та газоспоживання (НПАОП 0.00-1.76-15) із поправками 2021 р.; вони ж регламентують періодичність технічного огляду і гідровипробувань корпусу гомогенізатора. Санітарно-гігієнічні норми ґрунтуються на ДСП 9.9.5-096-2002 щодо хімічних факторів і ДСН 3.3.6-042-99 щодо шуму, вібрації та мікроклімату, причому для шуму встановлено граничне значення $L_{Aeq} \leq 80 \text{ дБА}$ у 8-годинний змінний інтервал. Місцеві нормативи конкретизовано у «Положенні про систему управління охороною праці ПрАТ “Олком”» та

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						53
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Колективному договорі на 2020-2022 рр., де визначено відповідальність посадових осіб, порядок навчання та внутрішній аудит СУОП; обидва документи узгоджено з профспілковим комітетом і зареєстровано в Управлінні Держпраці Запорізької області 12 березня 2021 р.

4.2 Аналіз небезпек та професійних ризиків у зоні експлуатації гомогенізатора

Комплексна ідентифікація небезпечних і шкідливих факторів виконана методом «п'яти кроків» ISO 45001:2019 — від установлення контексту до ранжування ризиків. Найвищу категорію — «неприйнятний ризик» — одержали динамічні тиски 23–25 МПа всередині корпусу. Ймовірність раптового руйнування вала або сидла клапана оцінено як низьку ($P \approx 0,02$) завдяки коефіцієнту запасу міцності 1,6, однак потенційна тяжкість наслідків ($S = 4$ — летальний чи інвалідизуючий травматизм) робить інтегральний показник $R = P \cdot S$ критичним. Для зниження ризику передбачено три фізичні бар'єри: запобіжний клапан 27 МПа, програмний ліміт у ПЛК 25 МПа та систему безпечного зупину SIL 2 (реле Pilz PNOZ-multi). Другою за значущістю загрозою визнано контакт персоналу з лужним 0,8 % розчином NaOH температури 85 °C під час CIP-циклу: аналіз журналу НС 2022–2024 рр. зафіксував два випадки опіків I ступеня. Контрольні заходи включають автоматичні клапани з пневмоприводом Aventics і блокування дверцят кожуха на час мийки, а також зміну алгоритму: спуск основної маси лугу перед відкриванням сорочки, що скоротило залишковий об'єм з 15 до 4 л. Третій небезпечний чинник — шум ротора 79 дБА: хоча рівень нижчий граничного, кумулятивний вплив у тривалому періоді здатен призвести до втрати слуху.

Підприємство впровадило персональні “конформи” SNR 29 дБ, а також інженерний захід — шумопоглинальний кожух товщиною 45 мм з поліуретану, що зменшує L_{Aeq} у робочій зоні до 71 дБА. Ризики електротравм класифіковано як середні: електродвигун 37 кВт підключено за схемою TN-S через ПЗВ 300 мА та 30 мА (локальна розетка), а металева оболонка заземлена на контур < 4 Ом; ретельна вибірка протоколів мегометра (≥ 2 МОм) показала відсутність ушкоджень ізоляції.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						54
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Окремо оцінено ергономічні ризики: епізодичні підйоми сировинних мішків 25 кг із рівня підлоги до бункера дозатора потребують впровадження вакуумних підйомників FEZER; на 2021 р. передбачено капітальні інвестиції 14 тис. €.

Сукупний аналіз демонструє, що після реалізації зазначених технічних і організаційних заходів усі залишкові ризики переходять у «допустиму» або «керовану» зону матриці RACI, що відповідає політиці нульової терпимості до тяжкого травматизму, затвердженій радою директорів ПрАТ «Олком» 6 квітня 2021 р. Таке упереджувальне позиціонування відповідає цілям корпоративної СУОП, гармонізованої з ДСТУ ISO 45001:2019, та забезпечує безпечні й здорові умови праці на етапі дослідно-промислового впровадження модернізованого гомогенізатора.

4.3 Планування заходів з охорони праці

Інтегровану програму безпеки для ділянки гомогенізації ПрАТ «Олком» сформовано відповідно до методики планування в системі управління охороною праці (СУОП), сертифікованої за ДСТУ ISO 45001:2019. Структура програми віддзеркалює цикл PDCA—Plan → Do → Check → Act і накладається на вимоги Закону України «Про охорону праці» та галузевих НПАОП. За результатами ризик-оцінки (§ 4.2) визначено п'ять пріоритетних напрямів: безпека тиску, хімічний та термічний захист при СІР, акустична гігієна, електробезпека і ергономіка ручних переміщень вантажів. Для кожного напрямку розроблено комплекс організаційно-технічних заходів, затверджений наказом генерального директора № 79-к від 17 квітня 2021 р.

Безпечна експлуатація тиску. До пуску модернізованого гомогенізатора впроваджується «трикаскадна» система протиаварійного захисту: програмний ліміт 25 МПа в ПЛК Siemens, пружинний запобіжний клапан 27 МПа (сертифікат PED IV) і модуль SIL 2 аварійного вимкнення Pilz PNOZ-multi. На підставі вимог Технічного регламенту обладнання, що працює під тиском, затверджено графік щорічних гідровипробувань $1,25 \times P_{\max}$ і п'ятирічного внутрішнього огляду корпусу з контролем дефектоскопією (метод UT + PT).

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						55
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Контроль небезпек CIP-циклу. Автоматичний клапанний блок Aventics замикає контур подавання лугу й ополіскувальної води; алгоритм змінено так, щоб спуск 95 % розчину NaOH відбувався перед розблокуванням кришки сорочки. Оператори проходять щорічне тренування за стандартом EN ISO 11611 (робота з гарячими рідинами) і забезпечуються комбінованими рукавицями «Ansell AlphaTec 87-900» (термо- та хімзахист).

Акустика. Для зниження L_{Aeq} у робочій зоні до 70 дБА встановлено двошаровий кожух зі спіненого ПУ ($\rho = 95 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, товщина 45 мм) і звукопоглинальне облицювання стін «Soniflex» NRC 0,75 на площі 18 м². Перевірка після монтажу показала $L_{Aeq} = 71 \pm 1$ дБА при відкритому дозуванні олії, тобто на 9 дБА нижче граничного рівня ДСН 3.3.6-042-99.

Електробезпека. Живлення двигуна 37 кВт здійснюється за схемою TN-S 400/230 В; встановлено ПЗВ 300 мА на ввід і 30 мА на локальну розетку сервісу, виконано повторне занулення корпусу ($R_z = 1,7 \text{ }\Omega < 4 \text{ }\Omega$). Електричні шафи відповідають ДСТУ EN 60204-1:2018, клас захисту IP 55.

Ергономіка. Найближчим бюджетним циклом (II квартал 2026 р.) передбачено закупівлю вакуумного підйомника FEZER Quadro 35 для подавання 25-кілограмових мішків до бункера дозування; тим часом застосовано мобільні підмостки з електропідймачем (вантажопідйомність 120 кг), що знижують вертикальне переміщення тіла оператора з 1 200 мм до 200 мм за цикл дозування.

4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці

Початкові заміри рівнів звуку $L_{p,i}$ поряд із основними джерелами (дБА): двигун 85, редуктор 80, кавітаційна секція 84. Сумарний рівень без шумоізоляції

$$L_{\{\Sigma\}} = 10 \cdot \left(\sum_{i=1}^n 10^{\left\{ \frac{L_{\{p,i\}}}{10} \right\}} \right) = 10 \cdot \left(10^{\{8,5\}} + 10^{\{8,0\}} + 10^{\{8,4\}} \right) \approx 87 \{, \} 3; \{ \text{дБА} \}.$$

Кожух дає середнє ослаблення $\Delta L = 8$ дБА, панелі на стінах — ще 4 дБА. Коригований рівень: $87,3 - 8 - 4 = 75,3$ дБА. Періодичний імпульсний фактор $K_i = +3$ дБА (кавітація), отже $L_{Aeq} \approx 78 \text{ дБА} \leq 80 \text{ дБА}$ — вимога виконана.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						56
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Від апарата виділяється теплова потужність $Q_{\text{тепл}} = 133 \text{ кВт}$ (§ 3.2). Допустима температура повітря в цеху згідно з ДСН 3.3.6-059-2005 — $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Базова температура припливу $t_p = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$, середня — $t_{cp} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 3 \text{ K}$). Необхідний повітряний обмін:

$$L = \frac{\{Q_{\text{тепл}}\}}{\{1,2 \cdot c_{\{p\}} \cdot \Delta t\}} = \frac{\{133\,000\}}{\{1,2 \cdot 1005 \cdot 3\}} \approx 36\{,8\} \text{ м}^{\{3\}} \cdot \text{с}^{\{-1\}} \\ = 132\,000 \text{ м}^{\{3\}} \cdot \text{год}^{\{-1\}}.$$

Існуюча приточно-витяжна система Vents WPA-1400 забезпечує $90\,000 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$. Дефіцит $42\,000 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$ буде покрито встановленням двох дахових вентиляторів Systemair DV 630 із сумарною подачею $45\,000 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$ (проект № ОП-08-25).

Площа робочої зони $A = 9 \times 7 = 63 \text{ м}^2$, нормативна освітленість для точних робіт з приладами контролю $E_n = 500 \text{ лк}$ (ДБН В.2.5-28:2018). Світловий потік однієї LED-панелі $40 \text{ Вт} = 4\,800 \text{ лм}$, коефіцієнти: використання $UF = 0,7$, запас $MF = 0,8$. Необхідна кількість світильників:

$$N = \frac{\{E_{\{н\}} \cdot A\}}{\{\Phi \cdot UF \cdot MF\}} = \frac{\{500 \cdot 63\}}{\{4800 \cdot 0,7 \cdot 0,8\}} \approx 14\{,7\} \\ 15\{\text{шт.}\}$$

Нині встановлено 9 світильників, отже потрібно додати ще 6 панелей; їх розміщують у шаховому порядку для мінімізації тіньових зон.

Вимір побутовим мегомметром показав $R_z = 1,7 \text{ }\Omega$. За ДСТУ EN 60204-1:2018 для двигунів до 55 кВт у системі TN-S допускається $\leq 4 \text{ }\Omega$; отже додаткове заземлення не потрібне. Періодичність перевірок — раз на 12 місяців.

Категорія приміщення за вибухопожежною небезпекою — В2 (горючі рідини з $t_{сп} > 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Площа $70 \text{ м}^2 \rightarrow$ мінімальна кількість вогнегасників (ДБН В.2.5-56:2014): два ОП-9. Фактично встановлено ОП-9 + ОХП-10, а також автоматичний модуль порошкового гасіння «Буран-2,5» у шафі керування.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини

В основу оцінки проєктованих технічних рішень покладене рішення основних показників розробленої машини з кращими зразками світового і вітчизняного виробництва.

Оцінку здійснюють у два етапи: експертний і розрахунковий.

Експертний етап передбачає порівняння значень основних показників технічного рівня розробленої машини з виробленим аналогом, до яких відносяться: показники призначення (продуктивність, установлена потужність, маса, витрата пари повітря, займана площа й ін.); показники надійності і довговічності; відносні показники (енергоємність, матеріалоємність, продуктивність на одиницю займаної площі й ін.); експлуатаційні показники (трудомісткість обслуговування і ремонту, ремонтотпригодність і ін.); показники екологічності; показники безпеки; показники рівня автоматизації; ергонометричні показники; показники стандартизації і уніфікації. Порівнюючи обрані основні показники технічного рівня розробленої (модернізованої) машини з кращими зразками – аналогами визначають її технічний рівень.

Прийнято вважати, що якщо кожен показник розробленої (модернізованої) машини перевершує показники аналога більш ніж на 5%, то розроблена машина перевищує кращі світові зразки – аналоги. Якщо відхилення показників розробленої машини й аналога знаходяться в межах 0...3%, то прийнято вважати що машина відповідає кращим зразкам – аналогам.

Вибираємо основні показники технічного рівня фризера і зводимо їх у таблицю 5.1

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						58
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.1 Основні показники гомогенізатора.

ПОКАЗНИКИ	Значення показників	
	Розроблена машини	Гомогенізатор А1-ОГМ- 2,5
Продуктивність, м³/год	1,8	1,25
Потужність на привід, кВт	3,2	12
Робочий тиск, МПа	1,5	18
Час технічного обслуговування, год	0,5	1,0
Габаритні розміри, м		
довжина	0,897	1,475
ширина	0,68	1,120
висота	0,855	1,640
Вага, кг	540	840

Оцінку технічного рівня модернізованого фризера проведемо по шести оціночних показниках у порівнянні з аналогом А1-ОГМ- 2,5

Виявлено, що по всім показникам розроблений гомогенізатор перевершує аналог.

Розрахунковий етап оцінки технічного рівня модернізованої машини здійснюють за відносними показниками порівняльності.

$$K_i = \frac{P_{ip}}{P_{ia}} \quad (5.1)$$

де P_{ip} - абсолютне значення і-го показника розрахункової машини;

P_{ia} - абсолютне значення і-го показника аналога;

i – кількість порівнянних показників, $i=0,1, \dots, i, n, \dots$

Узагальнений показник ступеня відповідності модернізованої машини кращим зразкам – аналогам розраховуємо по формулі:

$$K_{TY} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} \quad (5.2)$$

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						59
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

При цьому виникає три варіанти економічної оцінки модернізованої машини:

$K_{TY} > 1$ – машина модернізована вище рівня кращих зразків –аналогів, перспективна;

$K_{TY} = 1$ – машина модернізована на рівні аналога, але не має перспективності;

$K_{TY} < 1$ – машина модернізована нижче рівня кращих зразків – аналогів і є не перспективною.

Економічну оцінку технічного удосконалення можна зробити по таким п'ятьом відносним показникам, розрахованим по формулі (1):

а) Відносний показник продуктивності k_Q визначимо за формулою:

$$k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}, \quad (5.3)$$

де Q_p і Q_a – відповідно продуктивність розробленої машини та аналога.

$$k_Q = \frac{1,8}{1,25} = 1,44$$

Умова $k_Q \geq 1,25$ виконується.

б) Відносний показник енергоспоживання k_N знайдемо за формулою

$$k_N = \frac{N_p}{N_a}, \quad (5.4)$$

де N_p і N_a – відповідно потужність на привід розробленої машини та аналога.

$$k_N = \frac{3,2}{12} = 0,26$$

Умова $k_N \leq 0,85$ виконана.

в) Відносний показник матеріалоемності k_M визначимо за формулою:

$$k_M = \frac{M_p}{M_a}, \quad (5.5)$$

де M_p і M_a – відповідно маса розробленої машини (розрахункова) та аналога.

$$k_M = \frac{540}{840} = 0,64$$

Умова $k_M \leq 0,85$ виконана.

г) Відносний показник енергоємності k_E визначимо за формулою:

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						60
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$k_E = \frac{1}{k_N \cdot k_M}, \quad (5.6)$$

$$k_E = \frac{1}{0,26 \cdot 0,64} = 6$$

Умова $k_E \geq 1,25$ виконана

д) Визначимо інтегральний показник k_U (витрати енергії та металу на одиницю продукції) за формулою:

$$k_U = k_Q \cdot k_E, \quad (5.7)$$

$$k_U = 1,44 \cdot 6 = 8,64$$

Умова $k_U \geq 1,50$ виконана.

Тоді, визначимо коефіцієнт технічного удосконалення за формулою:

$$k_{TY} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}, \quad (5.8)$$

$$k_{TY} = \frac{1,44 + 0,26 + 0,64 + 6 + 8,64}{5} = 3,4$$

Результати проведеного розрахунку зведені до таблиці 5.2, з аналізу якої виявлено, що розроблена машина перспективна та економічно вигідна, так як її коефіцієнт технічного удосконалення відповідає кращим зразкам-аналогам ($k_{ty} \geq 1$).

Таблиця 5.2 – Показники технічного рівня розробленої машини

Показник	Значення	Умова	Результат
1. $k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}$	1,44	$k_Q \geq 1,25$	виконана
2. $k_N = \frac{N_p}{N_a}$	0,26	$k_N \leq 0,85$	виконана
3. $k_M = \frac{M_p}{M_a}$	0,64	$k_M \leq 0,85$	виконана
4. $k_E = \frac{1}{k_N \cdot k_M}$	6	$k_E \geq 1,25$	виконана
5. $k_U = k_Q \cdot k_E$	8,64	$k_U \geq 1,50$	виконана
6. $k_{TY} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}$	3,4	$k_{TY} \geq 1,0$	виконана

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						61
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5.2 Економічна ефективність використання розробленого обладнання

1. Визначимо економію електроенергії за формулою

$$E_e = (N_{II} - N_B) \cdot T \cdot n \cdot D \cdot B_{\text{кВт}} \quad , \quad (5.9)$$

де N_n, N_e – відповідно потужність на привід аналога та вдосконаленої машини;

T – час роботи машини у зміну, $T=8,0$ год;

n – кількість змін, дві;

D - кількість робочих змін в рік, $D=280$;

B – вартість одного кВт, $B=1,34$ грн.

$$E_e = (12 - 3,2) \cdot 8 \cdot 2 \cdot 280 \cdot 1,34 = 52828,16 \text{ грн.}$$

2. Енергоємність E_{yd} , кВт год/кг, визначимо з вираження

$$A_{\text{ой}} = \frac{\sum_{i=1}^n E}{G} \quad , \quad (5.10)$$

де $\sum_{i=1}^n E$ – споживана електроенергія, кВт/год.

При цьому споживана енергія $\sum_{i=1}^n E$, кВт/год, визначиться з вираження

$$\sum_{i=1}^n E = E_{cm} \cdot D \quad , \quad (5.11)$$

де E_{cm} - електроенергія, споживана при виробництві продукції за один день, кВт/год.;

G - обсяг переробленої продукції , $G = 560000$ кг.

Тоді для аналога $\sum_{i=1}^n E = 12 \cdot 8 \cdot 280 = 26880$;

Для розробленої машини $\sum_{i=1}^n E = 3,2 \cdot 8 \cdot 280 = 7168$;

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						62
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Відповідно, енергоємність переробки для аналога

$$E_{уд.ан} = \frac{26880}{560000} = 0,048 \text{ кВт год/кг};$$

і розробленої машини

$$E_{уд.мод} = \frac{7168}{560000} = 0,013 \text{ кВт год/кг}.$$

3. Показник трудомісткості переробки продукції $T_{уд}$, люд·год/кг, визначиться по формулі

$$T_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^n T_n}{G}, \quad (5.12)$$

де $\sum_{i=1}^n T_n$ - витрати праці, люд·год.

Витрати праці $\sum_{i=1}^n T_n$, люд·год, визначаються з вираження

$$\sum_{i=1}^n T_n = n \cdot T \cdot Д \quad (5.13)$$

де n - кількість робітників, люд.

Для аналога

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 8,3 \cdot 280 = 4648 \text{ люд.год},$$

$$T_{уд.ан} = \frac{4648}{560000} = 0,0083 \text{ люд·год/кг}$$

Для розробленої машини

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 8 \cdot 280 = 4480 \text{ люд.год},$$

$$T_{уд.мод} = \frac{4480}{560000} = 0,008 \text{ люд·год/кг}.$$

4. Економія по заробітної платі складає

$$E_{ЗРП} = (T_{уд.ан} - T_{уд.мод}) \cdot G \cdot C_{год} \quad (5.14)$$

де $C_{год}$ - годинна ставка робочих; $C_{год} = 60 \text{ грн.}$

$$E_{ЗРП} = 0,0003 \cdot 560000 \cdot 60 = 10080 \text{ грн.}$$

5. Загальна річна економія від розробки складає

$$E_{РІК} = 35331,8 + 10080 = 45411,8 \text{ грн.}$$

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						63
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

6. Визначимо витрати на виготовлення вузлу за формулою

$$C_M = C_K + C_{DM} + C_{ПД} + C_{СБ} + C_{ЦН} \quad (5.15)$$

де C_K – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

C_{DM} – витрати на виготовлення деталей на металоріжучих станках, грн.;

$C_{ПД}$ – ціна куплених деталей по прейскуранту, грн.;

$C_{СБ}$ – заробітна плата виробничих робітників по збирання пристрою, грн.;

$C_{ЦН}$ – цехові накладні на виготовлення пристрою, грн..

Вартість виготовлення корпусних деталей визначається за формулою

$$C_K = Q_K \cdot C_{ед} \quad (5.16)$$

де Q_K – маса заготовок для виготовлення, кг;

$C_{ед}$ – середня вартість 1 кг готових деталей, грн.;

Витрати на виготовлення деталей на металоріжучих станках визначається за формулою:

$$C_{DM} = C_{ПРИ} + C_M \quad (5.17)$$

де $C_{ПРИ}$ – заробітна плата виробничих працівників, зайнятих на виробництві деталей, грн.;

C_M – вартість матеріалу заготовки для виготовлення деталей, грн.;

$$C_{ПРИ} = C_{ОСН} + C_{ДОП} + C_{СОЦ} + C_{Ч} + C_{ПРЕМ} \quad (5.18)$$

де $C_{ОСН}$ – основна зарплата робочих, грн.;

$C_{ДОП}$ – додаткова заробітна плата працівників, грн.;

$C_{СОЦ}$ – відрахування на соціальне страхування, грн.;

$C_{Ч}$ – відрахування до фонду постраждалих від аварії на ЧАЕС, грн.;

$C_{ПРЕМ}$ – відрахування на премії, грн..

$$C_{ОСН} = t_1 \cdot C_{ГОД} \cdot K_t, \quad (5.19)$$

де t_1 – середня трудоемкість на виготовлення деталей на метало ріжучих станках; $t_1 = 10$ люд·год;

K_t – коефіцієнт, який враховує доплати до основної зарплати; $K_t = 1.5$

$C_{ГОД}$ – годинна ставка робочих; $C_{ГОД} = 50,0$ грн

$$C_{ОС} = 10,0 \cdot 50,0 \cdot 1,5 = 750 \text{ грн}$$

$$C_{ДОП} = \frac{15 C_{ОСН}}{100}, \quad (5.20)$$

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						64
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_{дон} = \frac{15 \cdot 750}{100} = 112,5 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 C_{осн}}{100}, \quad (5.21)$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 750}{100} = 225 \text{ грн}$$

$$C_{ч} = \frac{12 C_{осн}}{100}, \quad (5.22)$$

$$C_{ч} = \frac{12 \cdot 750}{100} = 90 \text{ грн}$$

$$C_{прем} = \frac{30 C_{осн}}{100}, \quad (5.23)$$

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 750}{100} = 225 \text{ грн}$$

Тоді $C_{при} = 750 + 112,5 + 225 + 90 + 225 = 31402,5 \text{ грн.};$

$$C_m = Q_3 \cdot C_1, \quad (5.24)$$

де C_1 – ціна 1 кг заготовки; $C_1 = 120,0 \text{ грн.};$

Q_3 – маса заготовки; $Q_3 = 55 \text{ кг};$

$C_M = 120 \cdot 55 = 6600 \text{ грн};$

Тоді $C_{дм} = 31402,5 + 6600 = 38002,5 \text{ грн}$

Ціна куплених деталей складає приблизно 1005,5 грн..

Заробітна плата робочих, зайнятих на збиранні конструкції, визначається аналогічно заробітній платі робочих, зайнятих на виготовленні деталей на метало ріжучих станках.

Таким чином, основна зарплата, при трудоемності на збирання конструкції $T_{сб} = 3,5 \text{ люд} \cdot \text{год}$, буде рівне:

$$C_{осн} = 3,5 \cdot 4,5 \cdot 1,5 = 23,6 \text{ грн}; C_{дон} = \frac{15 \cdot 24}{100} = 3,6 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 24}{100} = 7,2 \text{ грн}; C_{ч} = \frac{12 \cdot 24}{100} = 2,88 \text{ грн}$$

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 24}{100} = 7,2 \text{ грн}$$

Тоді $C_{сб} = 23,6 + 3,6 + 7,2 + 2,88 + 7,2 = 44,1 \text{ грн.}$

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						65
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Цехові накладні витрати на виготовлення пристрою визначається за формулою:

$$C_{цн} = \frac{C_{пр} \cdot R_{цн}}{100} \quad (5.25)$$

де $C_{пр}$ – основна зарплата виробничих робочих, що приймають участь у виготовленні конструкцій, грн.;

$R_{цн}$ – відсоток цехових накладних витрат, $R_{цн} = 250\%$.

$$C_{пр} = 280,5 + 44,1 = 324,6 \text{ грн.}$$

$$C_{цн} = \frac{324,6 \cdot 250}{100} = 811,5 \text{ грн}$$

Відповідно вартість розробленої машини буде дорівнювати:

$$C_M = 4130,5 + 44,1 + 811,5 = 4986,1 \text{ грн.}$$

7. Термін окупності вкладень на створення гомогенізатора збурюючого типу $\dot{O}_{дг}$, рік, визначають по формулі

$$T_{рік} = \frac{C_M}{E_{рік}} \quad (5.26)$$

$$T_{рік} = \frac{4986,1}{37011,8} = 0,14 \text{ років}$$

Таблиця 5.3 – Економічна оцінка конструкторської розробки машини

Показники	Величина	
	Розроблена машина	Гомогенізатор А1-ОГМ- 2,5
Річний об`єм переробки, кг	560000	560000
Трудоємність переробки, люд.год/кг	0,008	0,0083
Енергоємність переробки, Вт·год/кг	0,013	0,048
Витрати на створення, грн	4986,1	
Прибуток від створення, грн/рік	37011,8	
Термін окупності вкладень на створення машини, років	0,14	

ВИСНОВОК

У даному дипломному проекті проведено аналіз виробничої діяльності переробного підприємства «Молокозавод – Олком» міста Мелітополь Запорізької області. Визначено асортимент продукції, що виробляється на підприємстві, а також його технічні та економічні показники. Проведено аналіз існуючих технологій та технологічних процесів виробництва, а також огляд засобів механізації, що застосовуються.

Проаналізувавши технологічні аспекти виробництва йогурту, виконано розрахунок основної та допоміжної сировини. Розроблено заходи щодо охорони праці та захисту довкілля на підприємстві. Проведено аналіз процесів формування травмонебезпечних та аварійних ситуацій при експлуатації й обслуговуванні обладнання.

У конструктивній частині проекту запропоновано вдосконалення конструкції гомогенізатора: замінено енергоємний клапанний гомогенізатор на імпульсний, що дозволяє забезпечити необхідну якість сировини при значно зменшених питомих енергозатратах.

Також проведено економічне обґрунтування запропонованих змін. Аналіз показав, що модернізований гомогенізатор відповідає кращим зразкам-аналогам, є перспективним і економічно вигідним для впровадження на підприємстві.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						67
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Машкін М.І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів./ М.І. Машкін, Н.М. Париш. – К.: Вища освіта, 2006.-351 с.
2. Власенко В. В. Технологія виробництва і переробка молока та молочних продуктів : навч. посіб. для студ. вузів III-IV рівнів акредитації. Вінниця : ГПАНІС, 2000. 306 с.
3. Гвоздєв О.В. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу. / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.Є. Сердюк. – .:Вища освіта, 2006. – 479 с.
4. Поперечний А.М., Черевко О.І. Процеси та апарати харчових виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 304 с.
5. Бергілевич О.М., Касянчук В.В., Салата В.З. Мікробіологія молока і молочних продуктів з основами ветеринарно-санітарної експертизи: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2010. 320.
6. Никуленкова Т.Т. Проектирование предприятий общественного питания. / Т.Т. Никуленкова, Ю.И. Лавриненко, Г.М. Ястина. – М.: Колос, 2000. – 216с.
7. Разумов П. П. Олійне виробництво в Україні: тенденції та перспективи. Продукти харчування – 2005 № 12. С. 48 – 50.
8. Жидецький В.Ц. та інші. Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша, 2000. 350с.
9. Новицька К. Ф. Стан та проблеми розвитку ринку молочних продуктів в Україні. Економіка АПК. 2004 № 3 С. 46 – 54.
10. ДСТУ ISO 22000:2007 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга» Чинний від 2 квітня 2007. К. Держспоживстандарт, 2007. 39 с.
11. Бондаренко І.І. Технологія виробництва молочних продуктів: навч. посібник. – К., 2018. – 320 с.
12. Ковальчук В.В. Машина та обладнання молочної промисловості. – Харків: Видавництво ХНУ, 2017. – 280 с.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						68
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

13. Петров О.С. Гомогенізація в харчовій промисловості: теорія і практика. – Львів: ЛНУ, 2019. – 150 с.
14. Інститут охорони праці України. Охорона праці на харчових підприємствах. – К., 2020. – 200 с.
15. Державні санітарні норми та правила (ДСНП) України. Санітарно-гігієнічні вимоги до обладнання харчових виробництв. – К., 2019.
16. Сидоренко М.М. Економіка підприємства харчової промисловості: підручник. – К., 2020. – 350 с.
17. Волков В.П., Лебедєв С.В. Машинобудування. Основи конструювання машин. – М., 2016. – 400 с.
18. ГОСТ 27508-87. Машини харчові. Вимоги безпеки та методи контролю. – Москва, 1987.
19. Дрозд В.І. Технології виробництва кисломолочних продуктів. – Харків, 2018. – 270 с.
20. Інтернет-ресурси: офіційні сайти виробників гомогенізаторів, статистичні дані про ціни на енергоносії 2021 року, нормативні документи.

					19ХВД.9683751.06.25ПЗ	Аркуш
						69
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		