


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

**МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв  
іме ні 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 ступень, ОПП, спеціальність)

на тему: **Вдосконалення конструкції віброзмішувача лінії виробництва сметани в**  
**умовах м. Мелітополь Запорізької області**

**19ХВД.6266506.06.25**

Виконав: студент 4 курсу, 21С (МС) ГМ групи

  
(підпис)

Данило ПАЛІЙ  
(прізвище та ініціали)

Керівник:

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

  
(підпис)

Кирило САМОЙЧУК  
(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)

Надія ЗАГОРКО  
(прізвище та ініціали)










## 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (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 виконання етапів роботи чи проекту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	травень	
Розділ 2. Вдосконалення конструкції машини	травень	
Розділ 3. Розрахунок вдосконаленої машини	травень	
Розділ 4. Охорона праці	червень	
Розділ 5. Економічне обґрунтування проекту	червень	
Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	червень	
Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	червень	

Студент

  
(підпис)

Данило ПАЛІЙ  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

  
(підпис)

Кирило САМОЙЧУК  
(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему “Вдосконалення конструкції віброзмішувача лінії виробництва сметани в умовах м. Мелітополь Запорізької області” складається з 65 сторінок розрахунково-пояснювальної записки, яка має таку структуру: 5 розділів, 5 рисунків, 51 формула і 22 джерел літератури. Графічна частина включає 6 аркушів (формату А1).

Об’єктом дослідження в дипломному проекті є віброзмішувач лінії виробництва сметани.

Конструкторська розробка включає модернізацію змішувача, що дозволяє підвищити продуктивність та покращити якість готового продукту. Модернізація дозволяє знизити собівартість виробничої продукції.

Було розглянуто проблеми охорони праці при роботі підприємства, а також при роботі з змішувачем і запропоновано їх рішення.

Відповідно до оцінки технічного рівня модернізації зроблено економічне обґрунтування роботи.

СМЕТАНА, ЛОПАТЕВИЙ ОРГАН, ЛОПАТКА, ЗМІШУВАЧ,  
ОХОРОНА ПРАЦІ, ВДОСКОНАЛЕННЯ.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						5
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ	8
1 Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	9
1.1 Характеристика підприємства	9
1.2 Огляд технології виробництва продукції	11
1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика	14
Розробка проектного завдання	17
2 Вдосконалення конструкції машини	18
2.1 Опис конструкції і принципу дії машини	18
2.2 Вимоги до класу машин	18
2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини	20
2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення	28
Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення	31
3 Розрахунок вдосконаленої машини	32
3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини	32
3.2 Енергетичний розрахунок машини	35
3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини	37
Висновки за розділом	40
4 Охорона праці	41
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства	41
4.2 Аналіз небезпек	41
4.3 Планування заходів з охорони праці	43
4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці	46
Висновки за розділом	50
5 Економічне обґрунтування проекту	51
5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини	51

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						6
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого

обладнання 55

Висновки за розділом 61

Висновки за проектом 62

Список літератури 64

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						7
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Зростання обсягів виробництва кисломолочних продуктів є пріоритетним напрямом розвитку харчової галузі. Такі продукти відзначаються високою поживною цінністю, лікувальними й дієтичними властивостями. Вони містять усі необхідні для організму речовини – білки, жири, вуглеводи, мінерали, вітаміни, ферменти – у збалансованому співвідношенні та в легкозасвоюваній формі.

Сметанні продукти поступово закріплюють свої позиції на ринку України. Процес їх виготовлення вважається одним із найскладніших у технологічному аспекті, оскільки вимагає безперервного контролю на всіх етапах виробництва. Досягнення стабільної якості сметани можливе лише за умови правильно організованого технологічного процесу та відповідного коригування його параметрів з урахуванням особливостей сировини.

Застосування альтернативної сировини для виготовлення сметани, зокрема структуроутворювальних стабілізаторів і рослинних жирів, дозволяє підприємствам, які мають обмежений доступ до якісного молока, забезпечити необхідні обсяги випуску продукції, зменшити її собівартість, а також досягти відповідності споживчим вимогам щодо густоти, терміну придатності та органолептичних характеристик. Використання спеціальних жирових композицій зі збалансованим складом також сприяє створенню нових видів продуктів з покращеними властивостями, що відповідають принципам здорового харчування.

У зв'язку з цим, мета даного дипломного проекту полягає в удосконаленні конструкції віброзмішувача, який застосовується у виробництві сметани, з метою підвищення ефективності процесу та забезпечення додаткового прибутку для підприємства.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						8
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНУ РОЗТАШУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

## 1.1 Характеристика підприємства

Приватне підприємство «Молокозавод-ОЛКОМ» розміщується в межах Запорізької області, а саме в місті Мелітополь, яке по праву вважається медовою столицею регіону. Запорізька область займає вигідне положення з точки зору економіки та географії: вона розташована на південному сході України й межує з Херсонською, Дніпропетровською та Донецькою областями. Її південна межа омивається Азовським морем, берегова лінія якого на території області становить понад 300 км.

Загальна площа області — 27,2 тис. км<sup>2</sup>, що дорівнює близько 4,5% території України. Протяжність області з півночі на південь становить 208 км, а із заходу на схід — 235 км. Відстань від Запоріжжя до Києва становить 715 км залізницею і 618 км автомобільними шляхами.

Територіально область поділяється на три сільськогосподарські зони: степову (50,8%), посушливу степову (34,8%) та сухостепову (14,4%). Кліматичні умови дозволяють успішно вирощувати широкий спектр сільськогосподарських культур із високими врожайми.

Мелітополь розташований на південному сході України, на перехресті стратегічних автомагістралей Одеса–Ростов-на-Дону та Сімферополь–Москва. Близькість до портів Бердянськ і Маріуполь забезпечує вигідне розташування для зовнішньоекономічної діяльності. Клімат тут помірно-континентальний із тенденцією до посушливості: середні температури літа становлять +22 °С, зими — -4,5 °С. За рік фіксується приблизно 225 сонячних днів, а рівень опадів досягає 448 мм, що сприяє розвитку сільського господарства та рекреаційної галузі.

Місцевий ландшафт — переважно рівнинний, ґрунти — переважно чорноземи. Регіон багатий на природні ресурси, зокрема запаси рудних корисних копалин, глини та мінералів. Значна частка державних запасів таких корисних копалин, як пегматит (88,06%), апатит (63,42%), марганцева руда

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						9
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

(69,1%), вторинні каоліни (22,9%) і вогнетривкі глини (8,6%) зосереджена саме тут. Населення Мелітополя складає близько 174 тисяч осіб.

ПП «Молокозавод-ОЛКОМ» у лютому 2006 року відсвяткувало п'яту річницю своєї діяльності. За цей період підприємство досягло стабільного рівня переробки сировини — від 100 до 120 тонн молока на добу залежно від сезону. Активний розвиток туризму в приазовських курортних зонах (наприклад, Кирилівка) сприяв сталому попиту на продукцію заводу навіть у літні місяці, коли споживання молока зазвичай скорочується.

Місто Мелітополь оточене сільськогосподарськими районами Запорізької та Херсонської областей, звідки здійснюється постачання молока. Постачальниками виступають як агропідприємства, так і місцеве населення. Географія постачань охоплює населені пункти з поетичними назвами: Золота Долина, Веселе, Козачі Табори, Надеждіно, Дружбовка, Вольне, Родюче, Привільне тощо.

Окрім цього, підприємство співпрацює з двома агрофірмами, що мають розвинене молочне тваринництво. Така диверсифікація джерел постачання дозволяє мінімізувати ризики нестачі сировини, проте потребує ретельного контролю її якості. Тому встановлення холодильного обладнання в пунктах збору, а також регулярна перевірка якісних характеристик сировини — один із ключових напрямів роботи підприємства.

Асортимент продукції заводу налічує понад 60 позицій — від базових молочних продуктів до десертів на основі сиру і йогуртів з фруктовими наповнювачами. Під брендом «Молочна ріка» виробляються традиційні продукти: молоко, кефір, масло, сметана, ряжанка, сироватка, вершки, топлоне молоко, сирки та інші вироби, що відповідають уподобанням українських споживачів.

Виробничий процес ґрунтується на перевірених класичних технологіях. Лійка йогуртів та сиркових мас також є звичною для ринку й стала частиною щоденного раціону населення.

Водночас зростає попит на інноваційні та технологічно складні молочні продукти з покращеними споживчими властивостями. Це обумовлено

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						10
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

підвищенням рівня культури харчування, загальним зростанням добробуту населення й посиленням конкуренції на ринку. У зв'язку з цим у найближчому майбутньому під брендами «Олком» та «Молочна ріка» очікується поява нових, удосконалених продуктів.

## 1.2 Огляд технології виробництва продукції

Технологічна схема виготовлення сметани повинна забезпечувати максимально можливе збереження цінних поживних компонентів продукту. У світовій промисловій практиці застосовують кілька варіантів таких схем, однак усі вони включають однакові технологічні етапи: приймання молочної сировини, її нормалізацію, гомогенізацію, пастеризацію, охолодження до температури внесення закваски, заквашування та сквашування, подальше перемішування, фасування і маркування готового продукту, а також зберігання.

Відмінності між схемами, що впливають на кінцеву якість сметани, полягають у специфіці технологічного обладнання, ступені контролю виробничого процесу та властивостях сировини і застосовуваних добавок.

На приватному підприємстві «Молокозавод-ОЛКОМ» застосовується резервуарна технологія виробництва сметани, яку схематично зображено на рисунку 1.1.

Приймання сировини проводиться за масою та якісними характеристиками, встановленими лабораторією підприємства, а також на підставі сертифікаційних документів постачальників. Сухі закваски та бактеріальні концентрати приймаються згідно з посвідченнями про якість і безпеку, сертифікатами відповідності, за показниками кількості, маси, зовнішнього вигляду і маркування. Для підвищення якості сметани рекомендується використовувати коров'яче молоко з загальним бактеріальним обсіменінням не вище  $5 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>, вмістом соматичних клітин не більше  $5 \cdot 10^5$  в 1 см<sup>3</sup>, не нижче другого класу за пробою на зсідання, термостійкість за спиртовою пробою також не нижче другого класу, з масовою часткою білка не менше 2,8% та кислотністю до 20°Т.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						11
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

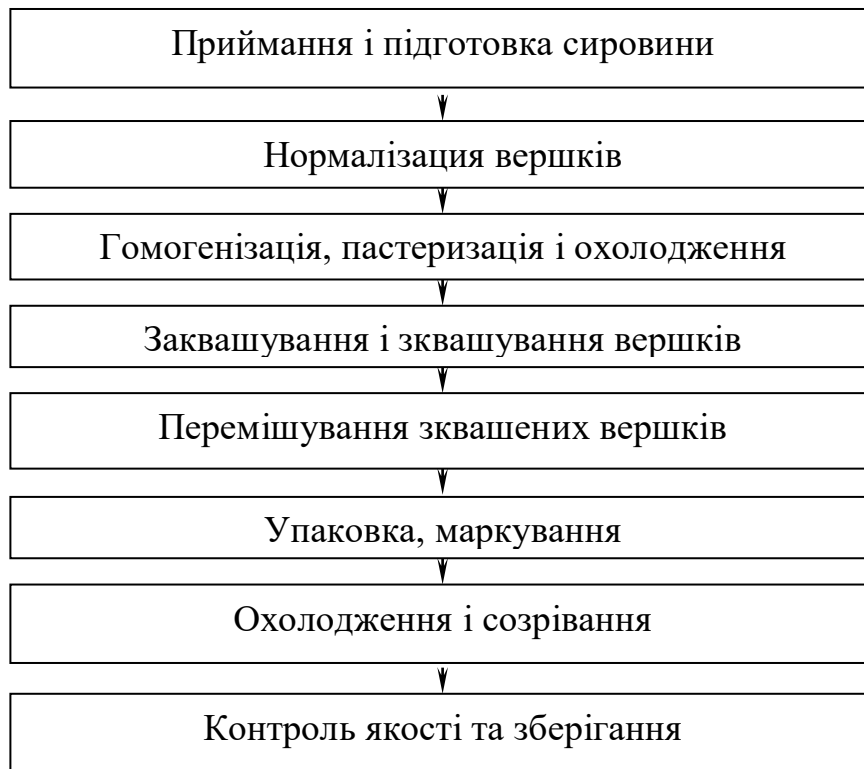


Рисунок 1.1 - Загальна технологія виробництва сметани

Отримане молоко очищується від механічних домішок у відцентрових очисниках або шляхом фільтрації. Після цього його направляють на переробку або охолоджують до 2-6 °С і зберігають у проміжних резервуарах. Молоко з температурою 4 °С дозволено зберігати до 12 годин, з температурою 6 °С — до 6 годин. При бактеріальному обсіменінні вище  $5 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup> тривале зберігання не рекомендоване. Сепарація молока здійснюється відповідно до інструкції з експлуатації сепараторів.

Вершки, одержані шляхом сепарації, нормалізують за вмістом жиру і білка з використанням молока, жирних вершків чи сухого молока. Розрахунок проводиться таким чином, щоб у готовому продукті забезпечувалась відповідність вимогам державного стандарту. Для покращення консистенції дозволено додавати сухе цільне або знежирене молоко до 40 кг на тонну продукції. У частину нормалізованих вершків або молока, підігрітих до 40-45 °С, поступово додають сухий компонент з постійним перемішуванням, уникаючи спінювання. Перемішування триває до повного розчинення сухої

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						12
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

складової.

Після нормалізації вершки фільтрують та гомогенізують при температурі 60-85 °С і тиску 12-15 МПа. Далі їх пастеризують за температурного режиму 84-88 °С з витримкою 2-10 хв або 92-96 °С протягом 20 с. Вибір режиму залежить від бактеріального забруднення, складу та термостійкості сировини. Потім вершки охолоджують до температури внесення закваски та направляють у резервуари для заквашування. Зберігання охолоджених пастеризованих вершків без закваски не допускається.

Для покращення структурно-механічних властивостей допускається фізичне дозрівання вершків при температурі 2-6 °С протягом 30-120 хв. Заквашування здійснюється у резервуарах з охолоджувальними сорочками і мішалками, за допомогою заквасок або бактеріальних концентратів при температурі 28-32 °С. Обсяг закваски складає 5-10% від об'єму вершків. Після внесення закваски вершки перемішують 10-15 хв і залишають для сквашування, можливе повторне перемішування через 1-1,5 год.

Квашення триває до утворення згустка і досягнення кислотності не нижче 65°Т, оптимально при рН 4,6-4,7. Процес не має перевищувати 10 год при температурі 28-34 °С або 12 год при температурі 22-26 °С. Після цього сметану перемішують до однорідності протягом 3-15 хв і фасують у споживчу тару, дозволена до використання з молочними продуктами. Фасування з однієї ємності триває не більше 4 год.

Упаковану сметану охолоджують до температури (4±2) °С, у процесі чого відбувається дозрівання продукту: формуються ароматичні речовини, відбувається структуроутворення, загушення. Тривалість охолодження й дозрівання не перевищує 12 год, після чого продукт вважається готовим до реалізації.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						13
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

### 1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика

На сучасних молочних підприємствах для транспортування молока застосовують різні типи трубопроводів, конструкція яких повинна відповідати особливим вимогам експлуатації: забезпечення високого санітарного рівня при перекачуванні продукту, швидкий і зручний монтаж, а також відповідність нормам очищення, миття та стерилізації. Трубопроводи виготовляють переважно з нержавіючої сталі, а також з міді, латуні, алюмінію, скла чи харчових полімерних матеріалів. Їх складають з однорідних складових: прямих труб завдовжки до 3 м, колін і з'єднувальних елементів. Внутрішній діаметр труб може бути 25, 36, 50 або 75 мм при товщині стінки 1–1,5 мм.

Для тимчасового зберігання молока використовуються спеціальні резервуари — танки, які можуть бути як вертикальними, так і горизонтальними. Їх виготовляють з нержавіючої сталі або алюмінію. Для збереження стабільної температури продукту передбачено теплоізоляційне покриття. У танках встановлюють мішалки (пропелерного або шнекового типу), а іноді перемішування відбувається за допомогою повітря. Окремі моделі обладнані пристроями для охолодження або підігріву, які можуть бути розташовані як усередині, так і зовні. Потік молока при заповненні танка спрямовується на його стінки з метою уникнення піноутворення. Визначення рівня молока здійснюється через оглядове вікно або молокомірне скло.

Для перекачування молока в галузі використовуються насоси трьох основних типів: відцентрові, роторні та поршневі. Відцентрові насоси застосовуються для транспортування незбираного або збираного молока, сироватки, а також деяких в'язких продуктів, на які не впливає перемішування. Роторні (зокрема, шестеренні та кулачкові) насоси призначені для створення тиску в технологічних установках.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Очищення молока від домішок передбачає фільтрацію. Залежно від конструкції фільтри бувають відкритими та закритими, а за типом перегородки — з металевими або тканинними вставками. Гомогенізатори застосовуються з метою подрібнення жирових кульок у молоці, що забезпечує рівномірний розподіл жирової фази, покращуючи смакові та поживні властивості продукту. Поширені двоступеневі гомогенізаційні головки, в яких перша стадія відбувається під тиском 150–200 кг/см<sup>2</sup>, а друга — під тиском 50 кг/см<sup>2</sup>.

У молочній галузі також широко використовують сепаратори, які за призначенням поділяються на кілька типів:

- Сепаратори-вершковідокремлювачі — розділяють молоко на вершки та знежирене молоко. Бувають відкритими, напівгерметичними та герметичними.
- Сепаратори-молокоочищувачі — очищають молоко від механічних домішок у тонкому шарі, з постійним відведенням очищеного продукту і періодичним видаленням осаду.
- Сепаратори-нормалізатори — дозволяють регулювати вміст жиру у молоці.
- Сепаратори-класифікатори — подрібнюють великі жирові кульки та одночасно очищують молоко від домішок.

Найпростішими пристроями для термообробки молока є ванни тривалої пастеризації. У таких ваннах молоко нагрівається гарячою водою, яку підігрівають паром у зовнішній оболонці, і охолоджується крижаною водою, що циркулює в цій самій оболонці. Трубочасті пастеризатори призначені для термообробки молока або вершків у закритому потоці з високою швидкістю переміщення.

Пластинчасті пастеризатори використовуються для короткочасної пастеризації. У них обмін теплом між гарячою водою та молоком відбувається через тонкі пластини з нержавіючої сталі.

Для виробництва сметани використовують ванни. Вони призначені для підігрівання молока до температури сквашування, створення в них згустку.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						15
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

В основному всі ванни по конструкції ідентичні. Вони представляють собою горизонтальну відкриту ванну з закрученими торцевими стінками, вставлену в металевий корпус.

Але існують і вертикальні циліндричні ванни, які займають набагато менше площі при тому ж об'ємі. Ванну заповнюють молоком і доводять його температуру до температури сквашування.

Пакувальними машинами сметану фасують і запаковують в поліетиленові пакети.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						16
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## Розробка проектного завдання

У розділі було приведено характеристику та проведено аналіз господарського розвитку ПП "Молокозавод-ОЛКОМ". Було проаналізоване місце знаходження, віддаленість від населених пунктів, об'єм та характеристика виробляємої продукції. Було проведено аналіз існуючих технологій та технологічних процесів виготовлення сметани з описом технологічної лінії.

Одна з відповідальних операцій в технології виготовлення сметани є змішування сировини з лецитиновим порошком, що є необхідним для покращення структури і консистенції готового продукту, підвищення його стабільності та сенсорних властивостей. Найкращими машинами для проведення цього процесу є вібраційні змішувачі, але таким машинам притаманні ряд недоліків, пов'язаних з вібрацією, шумом і надійністю. Тому метою даного дипломного проекту буде вдосконалення віброзмішувача для підвищення рівня його надійності та якості змішування. Для цього необхідно вирішити такі завдання

Провести аналіз існуючих конструкцій машин і обладнання, які приймають участь у виконанні обраної операції. Визначити їх переваги та недоліки. Переглянути патенти та авторські свідоцтва машин -аналогів.

Розробити схему вдосконалення прийнятої машини або її вузлів, робочого органу, приводу. Розрахувати: експлуатаційні параметри машини; енергетичні та кінематичні параметри приводу; міцність відповідальних деталей.

Розробити технологію виготовлення відповідальної деталі і розрахувати технологічні операції і переходи.

Спроекувати заходи з поліпшення умов праці робітників та підвищення стану охорони праці.

Провести оцінку технічного рівня удосконаленої машини та визначити економічну ефективність впровадження удосконаленої машини.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						17
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

### 2.1 Опис конструкції і принципу дії машини

Машина-прототип складається з корпусу, закріпленого на станині. Конструкція віброзмішувача передбачає наявність сорочки, що дозволяє підігрівати продукт до температури 40–45 °С. Для введення лецитину до корпусу приварено бункер, виготовлений із харчової нержавіючої сталі. Огляд і обслуговування апарата здійснюється через відкидну кришку, яка шарнірно приєднана до корпусу.

Змішування порошкоподібного лецитину з вершками відбувається у змішувальній камері, всередині якої розташоване похиле сито. Для досягнення максимально ефективного перемішування в конструкції передбачено динамічний вібратор, що створює коливання. Вібратор обертається за рахунок окремого електродвигуна. Під час роботи віброзмішувача джерело коливань здійснює поступальні рухи, а частинки суміші, зіштовхуючись із ним, отримують імпульс і рухаються по коловій траєкторії.

Передане прискорення поширюється на всі шари суміші, формуючи хвилеподібні рухи, що спричиняють інтенсивні коливання часток, їх циркуляцію та ефективне перемішування рідкої та твердої фаз. Це сприяє скороченню тривалості обробки та забезпечує високу якість готового продукту.

### 2.2 Вимоги до класу машин

Ключові вимоги до конструкції обладнання для введення лецитину:

- Робочі елементи повинні бути виготовлені з міцних, зносостійких матеріалів, дозволених до використання у виробництві молочної продукції
- Обладнання має підтримувати заданий температурний режим, необхідний для процесу
- Повинна бути забезпечена рівномірна дисперсія лецитину по всьому об'єму вершків із запобіганням осадженню порошку на дні резервуара

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						18
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

– Конструктивні елементи повинні бути легко знімними, уніфікованими та стандартизованими з метою мінімізації часу простою під час ремонту або технічного обслуговування

– Обладнання має забезпечувати повну промивку внутрішніх поверхонь, що контактують із продуктом, для дотримання санітарно-гігієнічних вимог

– Енергоспоживання не повинно перевищувати 1 кВт при збереженні належної продуктивності

– Загальні габарити та маса пристрою мають бути мінімізовані для ефективної інтеграції в технологічну лінію

– Вартість обладнання, включаючи витрати на монтаж та обслуговування, не повинна перевищувати 50 тис. грн

– Виріб повинен відповідати сучасному рівню технічного розвитку

– Необхідно дотримуватися норм екологічної безпеки та охорони праці

– Продуктивність пристрою повинна узгоджуватись з продуктивністю решти елементів виробничої лінії – 600 кг за зміну

Технологічні та експлуатаційні вимоги до обладнання:

– Забезпечення температурного режиму у межах 40–45 °С для ефективного розчинення лецитину у вершках

– Рівномірне змішування лецитину по всій масі та його повне покриття жирових глобул

– Коефіцієнт нестабільності обертання робочого органа не повинен перевищувати  $\pm 10\%$

– Робочі частини повинні бути зносостійкими та дозволеними до експлуатації у харчовій галузі

– Усі рухомі елементи обладнання повинні бути оснащені захисними огороженнями

– Обов'язкова наявність можливості ретельного миття внутрішніх поверхонь після кожного циклу

– Конструкція повинна гарантувати безпечну експлуатацію для персоналу

– Основні вузли мають бути легкодоступними для зняття та відповідати вимогам уніфікації, щоб зменшити час на обслуговування та ремонт

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						19
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

### 2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини

Для процесу перемішування продуктів зазвичай застосовують два основні методи – гравітаційний та примусовий (механічний). Гравітаційне перемішування відбувається під впливом сили тяжіння у змішувачах барабанного, лоткового або бункерного типу. Примусове перемішування реалізується за допомогою механічного впливу в шнекових або лопатевих змішувачах. Практичний досвід експлуатації таких пристроїв свідчить про те, що при використанні статичних методів перемішування важко досягти високої однорідності суміші. Крім того, не забезпечується активізація компонентів, а також можлива зміна гранулометричних характеристик суміші. Прийнятна якість перемішування досягається лише за умов невеликого ступеня заповнення робочої камери, що обумовлює необхідність збільшення розмірів і ваги обладнання, і ефективно лише для сипких матеріалів з низькою зв'язністю.

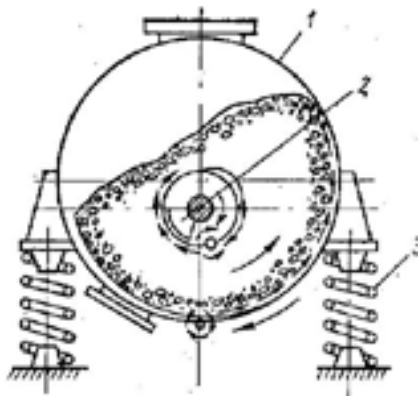
Використання вібраційного впливу на компоненти суміші та робочі частини змішувача дозволяє значно підвищити ефективність процесу, знизити витрати енергії та покращити якість кінцевої суміші. Залежно від типу пристрою, вібрація може або інтенсифікувати основний процес перемішування, як у випадку з вібраційним шнеком, або викликати специфічні ефекти – наприклад, циркуляційний рух суміші у циліндричній або тороподібній камері, що призводить до рівномірного розподілу компонентів. Хоча вібраційне перемішування може спостерігатися в багатьох технологічних процесах, якісного результату можна досягти лише за використання спеціалізованих пристроїв із цілеспрямованим вібраційним впливом.

Процес перемішування обумовлюється головним чином пульсуючим рухом усередині віброуючого шару, який виникає в результаті освіти під ним вакууму. Потoki, що виникають при цьому, і пухирі захоплюють частки матеріалу і створюють інтенсивне переміщення шарів. У апаратах невеликих розмірів матеріал у стінок, де внаслідок тертя частки рухаються повільніше, переміщається вниз, а в центрі - вгору. У посудинах великих розмірів виникає

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

багато центрів циркуляції, матеріал у стінок також рухається вниз разом із засмоктуванням під шар газом.

Схема процесу руху компонентів суміші в циліндричній камері при повідомленні їй кругових коливань у вертикальній площині показана на рис. 2.1. Компоненти суміші, залучені в процес вібраційного транспортування по площині зі змінним кутом нахилу до горизонту, здійснюють стійкий циркуляційний рух навколо осі, розташованої в центрі тяжіння шару матеріалу, що знаходиться в камері. Кутова швидкість циркуляції суміші значно менше кутової швидкості обертання дебаланса. Напрямок циркуляції в тонкому шарі, що безпосередньо примикає до корпусу віброзбудника, співпадає з напрямком дебаланса. Така нерівномірність розподілу швидкостей циркуляції по шарах забезпечує хороший ефект перемішування. Інтенсивність циркуляції суміші залежить від параметрів вібрації, властивостей матеріалу, розмірів і форми камери, міри її заповнення, розташування віброзбудника і інших конструктивних особливостей.



1 - камера; 2 - віброзбудник; 3 - пружна підвіска.

Рисунок 2.1 - Схема перемішування у барабанному віброзмішувачі:

Залежність швидкості циркуляційного руху від складу компонентів суміші виглядає таким чином: при зменшенні розміру часток швидкість циркуляції при постійних параметрах вібрації і масі завантаження збільшується.

Перемішування суміші в таких апаратах обумовлюється конвективними (циркуляційними) і дифузійними процесами. Перші виникають внаслідок загального руху усієї маси завантаження (макропроцеси), другі, -

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		21

забезпечуються в результаті відносного руху часток середовища, що впливає на зміну сил тертя і зчеплення між частками (мікропроцеси). Обидва види руху мають важливе значення для перемішування: відсутність циркуляції завантаження, так само як і зниження відносних коливань часток при вібрації значно уповільнюють процес перемішування. Проте основне, переважаюче значення мають все-таки відносний рух часток суміші і мікротурбулентність шарів, що є необхідною передумовою швидкого протікання процесу перемішування і однієї з основних особливостей, що відрізняють вібраційний спосіб від інших способів перемішування. Відсутність спеціальних пристроїв в корпусі змішувача зумовлює наступний механізм перемішування часток різних шарів : взаємопроникнення відбувається тоді, коли між частками одного компонента з'являється вільний простір, достатній для проникнення в нього часток іншого компонента, причому цей процес залежить від швидкості появи таких вільних просторів і їх величини.

Для ефективного перемішування необхідно забезпечити максимальну швидкість циркуляції суміші в макрооб'ємі і достатнє для протікання процесів дифузії відносний рух тих, що становлять суміші. Крім того, існують певні технологічні параметри, визначувані довговічністю і надійністю конструкції. Звичайне прискорення робочою лежить в інтервалі 5-50 g. Робоче значення порозності залежить від еквівалентного діаметру часток, поєднання амплітуди і частоти вібрації, характеру поведінки суміші в камері.

Для збільшення вільної поверхні суміші поперечний переріз камери іноді виконують еліпсоподібним, проте, найбільш доцільна форма - U -подібна.

Характер перемішування залежить від конструкції камери. У змішувачах з гладкими стінками і вільним об'ємом перемішування спостерігається в основному пошаровий рух матеріалу, тобто ефект циркуляції переважає над ефектами дифузії. У змішувачах з додатковими елементами в робочій камері виникають місцеві вихрові потоки, сприяючи швидшому протіканню дифузійних процесів і кращому перемішуванню.

Схема руху компонентів суміші при об'ємному способі перемішування в тороїдальних камерах, які окрім коливань в горизонтальній площині

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						22
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

здійснюють кутові коливання у вертикальній площині, представлена на рис. 2.2. Суміш в таких апаратах (аналогічних оброблювальним машинам) рухається по спіралеподібних траєкторіях уздовж внутрішніх стінок, при цьому перемішування в горизонтальному перерізі потоку суміші пропорційно відстані частки від центру апарату, а переміщення у вертикальному перерізі постійні для усього об'єму. У відмінності від плоскопаралельного руху суміші у вертикальній площині таке просторове гвинтоподібне переміщення матеріалу забезпечує краще взаємопроникнення часток між шарами суміші.

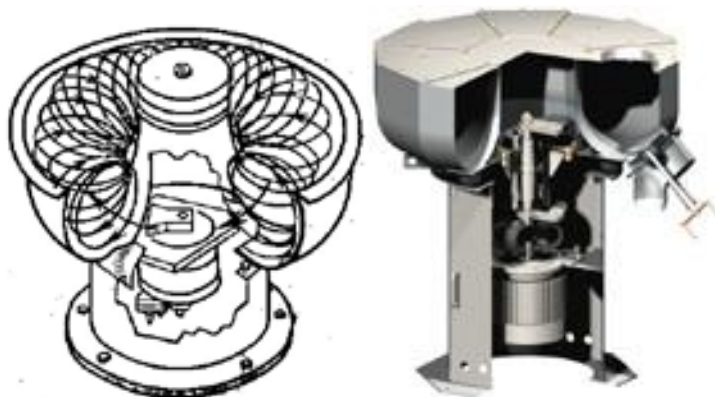


Рисунок 2.2 - Вібромішувач з тороїдальною камерою.

Перемішувачий ефект можна збільшити, якщо в циліндричну камеру помістити шнек, що обертається, або лопатевий вал. При такому способі (іноді званому вібролопатевим) в інтенсивному режимі вібрації камери обертання лопатей грає другорядну роль. Змінюючи напрям обертання лопатей (по напрямку або проти напрямку циркуляції завантаження в камері), можна посилювати рух суміші або перешкоджати йому і істотно впливати на процес перемішування. Для інтенсивного режиму вібрації загальний рух суміші в камері і часткове між компонентами створюється в результаті обертання лопатевого валу. Вібрація використовується як другорядний, додатковий засіб, що призводить до руйнування внутрішніх зв'язків між частками, зменшенню тертя між ними, зниженню структурної в'язкості, внаслідок чого кожна частка суміші дістає можливість дифундувати в інші компоненти. Вібропереміщення в таких апаратах, також як і в пристроях з вільним об'ємом камери, супроводжується додатковою активізацією суміші.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						23
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Розглянуті вище способи примусового (механічного) перемішування найбільш продуктивні і ефективні.

У таблиці 2.1 приведена порівняльна характеристика перемішувачів пристроїв [7].

Таблиця 2.1 - Порівняльна характеристика перемішувачів пристроїв

Характеристика устаткування	Марка перемішувача пристрою		
	СВР-160	Я16-ОПЖ	СМ-100
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	20	53	12
Потужність електродвигуна, кВт	1,5	19,6	0,75
Габаритні розміри, мм	1730×860×1130	1600×1680×3000	655×655×1900
Маса, кг	425	1545	125
Ціна, грн.	60 000	92 600	22 000

Аналізуючи наявні типи змішувачів з урахуванням їх функціонального призначення, конструктивних особливостей, рівня забезпечення якості змішування, а також вартості обладнання та обсягу споживання електроенергії, можна дійти висновку, що серед представлених на ринку моделей відсутній змішувач, який би повністю відповідав усім технічним та технологічним вимогам, необхідним для виробництва нашого продукту. У зв'язку з цим виникає потреба у власній конструкторській розробці та виготовленні змішувача пристрою, який би поєднував у собі оптимальні технічні рішення та найбільш вигідні характеристики, придатні для нашого виробничого процесу.

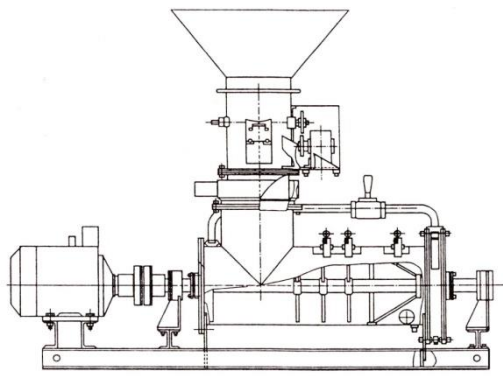
Зважаючи на перелік вимог до майбутньої конструкції, віброзмішувач повинен включати в себе корпус, мішалку, теплоізоляційну сорочку для забезпечення відповідного температурного режиму, а також електротехнічне обладнання.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						24
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Далі буде проведено порівняльний аналіз існуючих змішувальних пристроїв, результати якого наведено в таблиці 2.2.

**Таблиця 2.2 – Порівняльний аналіз конструкторської розробки**

Схема устаткування	Переваги	Недоліки
 <p>1–корпус з тепловою сорочкою; 2 – місильний орган; 3 – мотор-редуктор; 4 – електродвигун; 5 – динамічний вібратор.</p>	<p>1) Простота обслуговування і експлуатації; 2) Якісне змішування маси; 3) Процес вивантаження можливий через кран для вивантаження продукту; 4) Можливість досягнення заданих температура-тур</p>	<p>1) Трудомісткість знімання робочого органу</p>
 <p>1–корпус з тепловою сорочкою; 2–місильний орган; 1–кришка; 4–привід.</p>	<p>1) Вартість близько 20 тис.грн; 2) Невелика площа; 3) Можливість досягнення строго заданих температур; 4) Простота зняття робочого органу.</p>	<p>1) Трудомісткий процес вивантаження продукту; 2) Недостатньо якісне змішування</p>



1— завантажувальний бункер з дозатором;  
 2—місильний орган;  
 3— корпус з тепловою сорочкою;  
 4— електродвигун

1) Широкий спектр застосування (для розчинення сухих молочних продуктів, для перемішування вноси-мих в продукт доба-вок)  
 2) Наявність дозую-чого пристрою

1) Невідповідність продуктивності лінії  
 2) Висока вартість (більше 200 тис. грн.)  
 3) Неповне перемі-шування компонен-тів суміші в камері розчинення  
 4) Складність конст-рукції

З аналізу даних, наведених у таблиці 2.1, можна зробити висновок, що перший варіант конструкції є більш доцільним для реалізації. Ключовими факторами, які визначили вибір саме цієї моделі, є такі переваги:

- забезпечення необхідного температурного режиму з високою точністю;
- спрощена процедура вивантаження готового продукту;
- досягнення високого ступеня розчинення завдяки впливу вібраційних коливань.

Окрім цього, обладнання характеризується простотою експлуатації, а також передбачається його стабільна та надійна робота в умовах виробництва.

У конструкції віброзмішувача особливу увагу слід приділити одному з головних елементів – робочому органу, тобто мішалці. Вибір типу місильного елемента здійснюється з урахуванням характеристик суміші: її фізичного стану, об'єму, товщини шару, продуктивності апарата, пропорцій змішуваних інгредієнтів, ступеня однорідності суміші, способів подачі та вивантаження, а також специфіки технологічного процесу.

Оскільки при підготовці розчину лецитину важливо точно витримувати його масову частку та концентрацію, до вибору типу мішалки висуваються особливі вимоги.

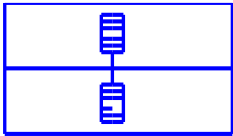
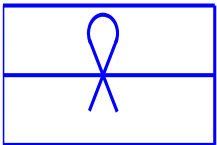
					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						26
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Рідинні середовища зазвичай перемішують за допомогою лопатевих, пропелерних або турбінних мішалок. Кожен з типів має власні переваги й обмеження, які проявляються під час роботи з різними середовищами. Порівняльна оцінка ефективності робочих місильних органів, що можуть бути застосовані у віброзмішувачі, представлена у таблиці 2.3.

На основі аналізу таблиці 2.3 встановлено, що лопатева мішалка володіє певними перевагами над іншими типами місильних органів, зокрема:

- забезпечення ламінарного характеру перемішування;
- формування якісного потоку продукту;
- конструктивна простота;
- відносно низька вартість.

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика місильних органів

Тип	Схема	Достоїнства	Недоліки
1	2	3	4
Турбінна мішалка		1) Висока частота обертання; 2) Інтенсивне перемішування за усім обсягом	1) Круговий рух рідини і утворення воронки
Пропелерна мішалка		1) Інтенсивна циркуляція рідини; 2) Малі габарити	1) Сильний осьовий потік 2) Не створює радіального потоку 3) Турбулентне перемішування
Лопатева мішалка		1) Створюються рівномірні горизонтальні і осьові потоки; 2) Відсутність «мертвої зони»;	1) Низька інтенсивність циркуляції рідини

## 2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення

Проаналізувавши конструкції машин дослідженого класу, оглянемо авторські свідчення та патенти, які спрямовані на вдосконалення змішувачів у напрямку покращення якості та зниження енерговитрат.

Патент № 3748. Мішалка. Артікуленко Микола Кузьмич (UA); Ісайченко Валерій Валентинович (UA); Глушко Віталій Іванович (UA); Тросіна Антоніна Никифорівна (UA)

1. Мішалка для рідких і в'язких продуктів, що містить корпус із кріпильним фланцем і двигуном, установлений на підшипниках робочий вал, на консольному кінці якого встановлена крильчатка, муфту, що з'єднує вал двигуна з робочим валом, торцеве ущільнення вала і закріплену на робочому валу притискну гайку підшипника, яка відрізняється тим, що притискна гайка встановлена між муфтою та підшипником і забезпечена захисним козирком, розташованим над нерухомим кільцем підшипника, а на бічній поверхні козирка виконані ребра, наприклад у вигляді виступів, розділених пазами, розташованими радіально валу мішалки.

2. Мішалка за п. 1, яка відрізняється тим, що торцеве ущільнення привідного вала забезпечено нерухомою манжетою, герметично затисненою в корпусі сальника між ущільнювальним кільцем і внутрішнім опорним патрубком корпусу сальника, крізь який пропущений вал мішалки.

07.03-38.23 П. Змішувач. Mélangeur a outils de melange e.itraines par la rotation de la cuve: Заявка 2881969 Франція, МПК<sup>8</sup> В 01 F 9/22. VMI SA, Fisson Gerard, Ricard Pascal, Jaunet Laurent, Vannier Ouillaume (Breese Derambure Majerowicz) .№ 0501516; Заявл. 15.02.2005; Опубл. 18.08,2006. Фр.

В пропонованому змішувачі є не менше два робочі органи, чаша для змішуваних продуктів і двигун, призначений для обертання чаші і робочих органів. Дно чаші жорстко сполучено з валом, приєднаним до пристрою, пов'язаного з двигуном, для обертання чаші. Обертання чаші приводить до обертання робочих органів. Такий змішувач може бути використаний для замісу тіста, змішування порошкоподібних продуктів. Ил.6. Г.С. Вильнер.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						28
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

05.05-38.40П. Змішувач. Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten: Заявка 10231213 Німеччина, МПК<sup>7</sup> В 01 F 3/08, В 01 F 5/04. 1:1 Prototyping Herbdk GmbH, Herbdk Zsolt (Mayer Frank und Schon, 75173 Pforzheim). № 10231213.3; Заява 11.07.2002; Опубл. 29.01.2004. Нім.

Пропонований змішувач використовується при виробництві напоїв та розчину порошків. Змішувач є центральною трубою, в яку через введення подаються компоненти. В змішувачі є поршень, який виштовхує один з компонентів або обидва компоненти в центральну трубу Ил. 10. В.А.Попов

05.05-38.41 П. змішувач для рідини. Dispositif Я motorise de mise en circulation d'un fluide a l'intérieur d'une enceinte Vet utilisation: Заявка 2809777 Франція, МПК<sup>7</sup> F 04 D 29/04, IF 16 C 32/04. Jeumont Ind. SA, Lepine Michel, Cueini Dominique, Bertrand Jean Guy (Cabinet lavoix). М 0006940 Заявл. 30.05.2000; Опубл. 07.12.2001. Фр.

Пропонований змішувач призначений для перемішування рідини, всередині закритої камери, що знаходиться. Камера має стінку, на якій фіксується робочий елемент, забезпечений приводним двигуном, що має статор, закріплений на цій стінці, і ротор з елементами ротора, поворотний змонтованими на валу, що не обертається, жорстко пов'язаному із статором. Ротор на цьому валу, що не обертається, обертається за допомогою магнітного підшипника, що має перший постійний магніт, жорстко пов'язаний з валом, що не обертається. Другий постійний магніт встановлений коксіально першому магніту і жорстко пов'язаний з опорою ротора. Усередині камери можуть здійснюватися хімічні або теплообмінні реакції, що досягається за наявності в корпусі циркулюючої рідини. Камера ущільнена для запобігання від забруднень пилом або іншими частинками, що є в навколишньому середовищі. Ил. 3 Г. С. Вильнер.

05.04-38.31 П. Змішувач. Mixing device and method for mixing products applying such a mixing device: Заявка 1452223 ЕПВ, МПК<sup>7</sup> В 01 F 5/02, В 01 F 15/02. Edemin N. V., Vercammen Jan M. L. (Donne, Eddy Bureau M. F. J. Bockstael nv Arenbergstraat 13 2000 Antwerpen (BE)). № 04075579.5; Заявл, 24.02.2004; Опубл. 01.09.2004; Приор. 24.02.2003, № 200300121 (Бельгія). Англ.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						29
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Пропонований змішувач використовується для змішування порошкоподібних або гранульованих продуктів з рідиною. Змішувач включає конічну місткість для продукту, конічний затвор, регулюючий подачу продукту і з'єднання двох трубопроводів для продукту і рідини. Затвор встановлюється в місці звуження місткості і має зворотний зв'язок з регулюючим органом змішувача. Змішувач від аналогів відрізняється більшою точністю співвідношення змішаного продукту, і рідини.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						30
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення

Вібромішувач має недоліки, пов'язані з вібраційними коливаннями: підвищений рівень шуму, швидкий знос опорних підшипників і нерівномірність концентрації розчину у різних частинах ємності.

Для уникнення цих недоліків пропонуємо встановити в робочу камеру замість сита тихохідну мішалку для вирівнювання концентрації розчину порошку по об'єму камери. Завдяки невеликим обертам така мішалка повинна споживати невелику кількість енергії. Це дозволить покращити розчин порошку та швидкість його приготування. Крім того пропонуємо значно зменшити рівень коливань вібратора, що зменшить потужність електродвигуна приводу вібратора, рівень шуму і підвищить рівень надійності машини.

Таким чином усередині корпусу розташований горизонтальний вал з лопатями. Місильний орган обертається в шарикопідшипниках, і приводиться в рух від мотор-редуктора.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						31
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## 3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

### 3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини

Під час проектування перемішувального апарата визначають такі ключові параметри, як продуктивність, геометричні розміри конструктивних елементів, споживання енергії, потужність мотор-редуктора та електродвигуна. Окрім цього, виконуються міцнісні та конструктивні розрахунки окремих вузлів і деталей апарата.

Подальші розрахунки виконуються відповідно до методики, наведеної у джерелі [15]. На першому етапі визначається продуктивність віброзмішувача ППП, л/год, за формулою (3.1).

$$\Pi = G_1 / (t_n + t_o), \quad (3.1)$$

де  $G_1$  - місткість, л, визначається виходячи з необхідного об'єму розчину лецитину, згідно рецептури,  $G_1$  для розчину лецитину 80 л;

$t_n$  - час нагріву, год, приймаємо за технологією 20 хв або 0,33 год;

$t_o$  - час завантаження і розвантаження, год, приймаємо 10 хв або 0,16 год.

$$\Pi = 80 / (0,33 + 0,16) = 160 \text{ л/год.}$$

Корисний об'єм апарату  $V$ , м<sup>3</sup>, визначається по формулі (3.2)

$$V = G_1 / \rho \quad (3.2)$$

де  $\rho$  - щільність завантажуваної речовини, кг/м<sup>3</sup>.

Щільність розчину лецитину  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, визначається по формулі (3.3).

$$\rho_{\text{рас.}} = \rho_{\text{т.ф.}} \cdot \varphi + \rho_{\text{ж.}} \cdot (1 - \varphi) \quad (3.3)$$

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						32
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

де  $\rho_{т.ф.}$  - щільність твердої фази,  $\rho_{т.ф.} = 1600 \text{ кг/м}^3$ ;

$\rho_{ж.}$  - щільність рідкої фази,  $\rho_{ж.} = 1027 \text{ кг/м}^3$ ;

$\varphi$  - зміст твердої фази,  $\varphi = 0,025$ .

$$\rho_{рас.} = 1600 \cdot 0,025 + 1027 \cdot (1 - 0,025) = 1041,33 \text{ кг/м}^3$$

Корисний об'єм апарату для розчину лецитину :

$$V = 80 / 1041,33 = 0,077 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм апарату  $V_{п.}$ ,  $\text{м}^3$ , визначуваний по формулі (3.4)

$$V_{п.} = V / \eta \quad (3.4)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт використання об'єму; його зазвичай приймають рівним 0,8...0,7.

$$V_{п.} = 0,077 / 0,77 = 0,100 \text{ м}^3$$

Від повного об'єму переходимо до конструктивних розмірів внутрішньої частини бункера, задавшись його формою. Використовуємо форму циліндра з внутрішнім діаметром 0,400 м і завдовжки 0,800 м, отримуємо об'єм ванни 0,100  $\text{м}^3$ .

Для апарату періодичного нагріву потрібна кількість пари  $D$ , кг, визначають по формулі (3.5)

$$D = (\Delta Q + \Delta Q_a + Q_{п.}) / (i^* - i^{**}), \quad (3.5)$$

де  $\Delta Q$  - зміна теплоти завантажених речовин, для розчину лецитину  $\Delta Q = 2347 \text{ кДж}$  [15];

$\Delta Q_a$  - зміна теплоти апарату, для розчину лецитину  $\Delta Q_a = 2656 \text{ кДж}$ ; [15]

$\Delta Q_{п.}$  - втрати теплоти в довкілля, для розчину лецитину  $\Delta Q_{п.} = 2117 \text{ кДж}$  [15];

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						33
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

$i^*$  і  $i^{**}$  - питома ентальпія гріючої пари і конденсату,  $i^* = 417,4$  кДж,  $i^{**} = 2675$  кДж, при подачі пари з тиском 1 атм і температурі  $99,64^\circ \text{C}$ .

Для підготовки розчину лецитину

$$D = (2347 + 2656 + 2117) / (2675 - 417,4) = 3,15 \text{ кг.}$$

Окружна швидкість обертання мішалки при перемішуванні  $n$ , об/хв, визначається по формулі (4.6)[16]

$$n = c \cdot \Delta \rho^{0.315} \cdot \sigma^{0.185} \cdot D^x / (\rho_c \cdot d^y), \quad (3.6)$$

де  $c$  - коефіцієнт вибору типу мішалки, для лопатевої мішалки  $c = 3,02$  [16];

$\Delta \rho$  - різниця щільності частки і середовища,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\sigma$  - поверхневе натягнення,  $\sigma = 40$  Дж/м<sup>2</sup>, [15];

$D$  - внутрішній діаметр буюера,  $D = 0,400$  м;

$\rho_c$  - щільність суміші,  $\rho_c = 1041,33$   $\text{кг/м}^3$ ;

$d$  - діаметр лопаті мішалки,  $d = 0,310$  м;

$x$  - коефіцієнт мішалки,  $x = 1,3$  [16];

$y$  - коефіцієнт мішалки,  $y = 2,17$  [16].

Окружна швидкість обертання мішалки

$$n = 3,02 \cdot (1600 - 1027)^{0.315} \cdot 40^{0.185} \cdot 0,400^{1,3} / (1041,33 \cdot 0,310^{2,17}) = 16,40 \text{ об/хв}$$

Кутова швидкість мішалки при перемішуванні  $\omega$ , рад/с, визначається по формулі (4.7)

$$\omega = n \cdot 3,14 / 30 \quad (3.7)$$

$$\omega = 16,40 \cdot 3,14 / 30 = 1,72 \text{ рад/с.}$$

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						34
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

### 3.2 Енергетичний розрахунок машини

Крутний момент на валу лопаті  $M_{кр}$ , Н·м, розрахуємо по формулі (4.8)[17]

$$M_{кр} = (c \cdot \rho \cdot h_{л} \cdot n / 4) \cdot (R_{л} - r_{л}), \quad (3.8)$$

де  $c$  - коефіцієнт опору, величина якого залежить від в'язкості рідини,  $c = 0,2$ ;

$\rho$  - густина перемішуваної рідини,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\rho = 1041,33 \text{ кг/м}^3$ ;

$h_{л}$  - захват лопаті, м,  $h_{л} = 0,72 \text{ м}$ ;

$n$  - частота обертання робочого органу, об/хв;

$R_{л}$  і  $r_{л}$  - відповідно радіуси обертання зовнішнього і внутрішнього країв лопаті, м,  $R_{л} = 0,155 \text{ м}$ ,  $r_{л} = 0,019 \text{ м}$ .

$$M_{кр} = (0,2 \cdot 1041,33 \cdot 0,72 \cdot 16,4 / 4) \cdot (0,155 - 0,019) = 84 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Потужність приводу лопатевої мішалки  $N$ , кВт, визначається по формулі (3.9)

$$N = 0,038 \cdot K_1 \cdot \rho_{п} \cdot h \cdot n \cdot d_{л} \cdot z \cdot \eta_a, \quad (3.9)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт, залежний від співвідношення розмірів лопаті,  $K_1 = 1,1 \dots 1,4$  [11];

$\rho_{п}$  - щільність продукту,  $\text{кг/м}^3$ ;

$h$  - висота лопатей, м;

$n$  - частота обертання мішалки, об/хв.;

$d_{л}$  - діаметр лопатей,  $d_{л} = 0,31 \text{ м}$ ;

$z$  - кількість лопатей на валу,  $z = 6$  шт.;

$\eta_a$  - коефіцієнт запасу потужності,  $\eta_a = 1,5$  [17].

Потужність приводу місильного органу складе:

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						35
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$N = 0,038 \cdot 1,3 \cdot 1041,33 \cdot 0,136 \cdot 16,40 \cdot 0,31 \cdot 6 \cdot 1,5 = 320 \text{ Вт} = 0,29 \text{ кВт.}$$

По частоті обертання, крутному моменту і потужності приводу підберемо відповідний для тихохідного робочого органу мотор-редуктор.

Мотор-редуктор хвилевий зубчастий типу МР-84ВЗ. Його характеристики:

- момент, що крутить, на тихохідному валу - 84 Н·м;
- частота обертання - 16,40 об/хв.;
- радіальне навантаження, що допускається, - 3 кН;
- потужність - 0,3 кВт;

Маса мотор-редуктора - 15,2 кг.

Потужність електродвигуна динамічного вібратора,  $N_{дв}$ , кВт розрахуємо по формулі (4.10)

$$N_{дв} = q\Pi / \eta\eta_{пр}, \quad (3.10)$$

де  $q$  - питома витрата енергії на обертання валу динамічного вібратора ( $q = 2,5 \cdot 10^{-3} \dots 2,7 \cdot 10^{-3}$  кВт·год/кг);

$\Pi$  - продуктивність віброзмішувача, кг/год;

$\eta$  - ККД динамічного вібратора ( $\eta = 0,7 \dots 0,8$ );

$\eta_{пр}$  - ККД приводу динамічного вібратора ( $\eta_{пр} = 0,96 \dots 0,97$ )

$$N_{дв} = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 170 / 0,8 \cdot 0,97 = 1,86 \text{ кВт.}$$

Згідно потужності вибираємо електродвигун АОП2 - 41-8. Його характеристики:

- частота обертання - 1000 об/хв;
- радіальне навантаження, що допускається, - 3 кН;
- потужність – 2,2 кВт;

Маса електродвигуна - 27 кг.

Амплітуду коливань ( $m$ ) визначимо по формулі (4.11)

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						36
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

$$A = \sqrt{3500 \cdot N/k \cdot n^3} \quad (3.11)$$

де N - потужність, кВт;  
 k - коефіцієнт (k = 2,0.2,5);  
 n - частота обертання, об/хв.

$$A = \sqrt{3500 \cdot 0,8/2,5 \cdot 710^3} = 1,78 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

### 3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини

Міцносний розрахунок для валу робочого органу.

– матеріал валу - сталь 12Х18Н10Т

–  $[\tau]$  - дотична напруга, що допускається, для сталі 10 МПа = 1 кН/см<sup>2</sup>

З умови міцності розрахуємо діаметр валу робочого органу d, см, по формулі (4.12)[17]

$$d^3 = (M_{кр} \cdot 16/\pi[\tau]) \quad (3.12)$$

де  $M_{кр}$  - момент, що крутить, на валу лопаті,  $M_{кр} = 110 \text{ Н}\cdot\text{м} = 11 \text{ кН}\cdot\text{см}$ ;

$[\tau]$  - дотична напруга, що допускається, для сталі 10 МПа = 1 кН/см<sup>2</sup>

$$d = \sqrt[3]{8,4 \cdot 16/(3,14 \cdot 1)} = 3,497 \text{ см}$$

По ГОСТ приймаємо d = 35 мм.

Проведемо розрахунок міцності циліндричної обичайки корпусу [17].

Напруга матеріалу обичайки, що допускається, при розрахунковій температурі  $[\sigma]$ , МПа, визначається по формулі (3.13)

$$[\sigma] = \eta \cdot \min \left( \frac{R_c}{n_t}; \frac{R_m}{n_b} \right) \quad (3.13)$$

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						37
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

де  $\eta$  - поправочний коефіцієнт до напруги, що допускається,  $\eta=1$ ,  
оскільки обичайка не є сталевим відливанням [17];

$R_e$  – значення межі плинності матеріалу обичайки (Сталь 12Х18Н10Т)  
при температурі 50<sup>0</sup>С,  $R_e=210$  МПа [17];

$n_t$  – коефіцієнт запасу міцності,  $n_t=1,3$ ;

$R_m$  – мінімальне значення тимчасового опору,  $R_m=570$  МПа;

$n_b$  – коефіцієнт запасу міцності,  $n_b=2,4$  [17].

$$[\sigma] = 1 \cdot \left( \frac{210}{1.3} \right) = 162 \text{ МПа.}$$

$$[\sigma] = 1 \cdot \left( \frac{570}{2.4} \right) = 238 \text{ МПа.}$$

$$[\sigma] = \min(162; 238).$$

Приймаємо напругу, що допускається, для матеріалу обичайки  
 $[\sigma]=162$  МПа.

Товщина стінки циліндричної обичайки  $S$ , мм, визначається по  
формулах (3.14) і (3.15)[17]

$$S_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - p} \quad (3.14)$$

$$S \geq S_p + c \quad (3.15)$$

де  $p$  - робочий тиск в апараті;

$D$  - внутрішній діаметр в апараті,  $D=800$  мм;

$[\sigma]$  – напруга, що допускається, в обичайці при розрахунковій  
температурі 50<sup>0</sup>С,  $[\sigma]=162$  МПа [17];

$\phi_p$  – коефіцієнт міцності зварного шва,  $\phi_p=0,8$  [17];

$c=c_1+c_2$  ( $c_1=0,1$  мм - надбавка на корозію і ерозію,  $c_2=0,1$  - нижній допуск  
на товщину листа),  $c=0,2$  мм [17].

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						38
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

На елементи апарату діє гідростатичний тиск  $P_r$ , МПа, визначається по формулі (3.16) [17]

$$P_r = \rho \cdot g \cdot h \quad (3.16)$$

де  $\rho$  - щільність робочої рідини при розрахунковій температурі,  
 $\rho=1041,33$  кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup>;

$h$  - висота рідини в апараті,  $h=0,750$  м.

$$P_r = 1041,33 \cdot 9,8 \cdot 0,75 = 7653,8 \text{ Па} = 0,007 \text{ МПа.}$$

$$S_p = \frac{0,01 \cdot 800}{2 \cdot 162 \cdot 0,8 - 0,01} = 0,03 \text{ мм.}$$

$$S = 0,03 + 0,2 = 0,23 \text{ мм.}$$

Вибираємо лист завтовшки 1 мм.

Внутрішній надлишковий тиск, що допускається, МПа, визначається по формулі (4.17)[17]

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - c)}{D + (S - c)} \quad (3.17)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 162 \cdot 0,8 \cdot (0,23 - 0,2)}{800 + (0,23 - 0,2)} = 0,01 \text{ МПа}$$

0,01 МПа < 0,527 МПа - умова дотримується.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						39
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## Висновки за розділом

Завдяки невеликим обертам така мішалка повинна споживати невелику кількість енергії. Це дозволить покращити розчин порошку та швидкість його приготування. Крім того пропонуємо значно зменшити рівень коливань вібратора, що зменшить потужність електродвигуна приводу вібратора, рівень шуму і підвищить рівень надійності машини.

Таким чином усередині корпусу розташований горизонтальний вал з лопатями. Місильний орган обертається в шарикопідшипниках, і приводиться в рух від мотор-редуктора.

Розраховані основні параметри вдосконаленої машини: продуктивність машини становить 160 кг/год, підібрані електродвигуни з сумарною потужністю 2,5 кВт.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						40
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства

Відповідно до державного реєстру міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці, для підприємств молочної промисловості передбачено такі види нормативних документів [17]:

- НАОП 18.20-1.02-77 — Правила техніки безпеки при експлуатації водопровідних і каналізаційних споруд та мереж підприємств молочної промисловості

- НАОП 18.20-1.05-68 — Правила з техніки безпеки та виробничої санітарії для підприємств молочної промисловості

- НАОП 18.20-2.20-81 / ОСТ 49-169-80 — Приймання молока підприємствами молочної промисловості. Вимоги безпеки

- НАОП 18.20-2.21-83 / ОСТ 49-195-83 — Виробництво сирів та сирних виробів. Вимоги безпеки

- НАОП 18.20-2.28-82 / ОСТ 49-185-82 — Засоби індивідуального захисту працівників у молочній промисловості. Загальні вимоги до застосування та утримання

- НАОП 18.20-2.30-81 / ОСТ 49-180-81 — Вантажно-розвантажувальні роботи. Вимоги безпеки

- НАОП 18.10-3.07-73 — Норми санітарного одягу та взуття для інженерно-технічних працівників підприємств харчової промисловості

- НАОП 18.10-4.01-73 — Єдина система організації робіт з охорони праці

- НАОП 18.10-5.30-74 — Збірник типових інструкцій з техніки безпеки та виробничої санітарії для працівників технологічних професій

### 4.2 Аналіз небезпек

Під час виготовлення будь-якої продукції на підприємствах харчової промисловості, зокрема при виробництві молочних виробів, задіяні різні

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						41
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

структурні елементи виробничого процесу. У ході здійснення технологічних операцій з переробки молока можуть виникати наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищена запиленість і загазованість повітря у зоні праці
- високий рівень шуму на робочих місцях
- вібраційний вплив, що перевищує допустимі норми
- надмірна вологість повітря
- недостатній рівень освітлення у робочій зоні
- психоемоційні навантаження
- підвищена напруга у електричному колі
- ризик отруєння хімічними речовинами
- фізичне перенавантаження персоналу

Деталізований перелік і характеристика потенційно небезпечних та шкідливих чинників, які можуть виникнути під час окремих етапів виробництва сметани, представлено у таблиці 4.1.

Технологічна операція	Машини і механізми, що рухаються	Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони	Підвищена або знижена температура повітря робочої зони	Підвищений рівень шуму на робочому місці	Підвищений рівень вібрації	Підвищена або знижена вологість повітря	Підвищена або знижена рухомість повітря	Підвищене значення напруги у електричній мережі	Відсутність або нестача природного світла
Приймання молока	-	+	-	+	-	-	+	-	+
Накопичення	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Очищення	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Дозрівання	-	-	-	-	-	+	+	-	+
Нормалізація	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Пастеризація	-	-	+	-	+	+	+	+	+
Приготування закваски	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Зквашування	-	-	-	+	-	+	+	+	+
Фасування сметани	+	-	-	-	-	-	+	+	+
Зберігання	-	-	+	-	-	-	+	-	+

На основі аналізу таблиці 4.1 встановлено, що під час здійснення технологічних операцій у виробництві молочної продукції мають місце численні небезпечні та шкідливі фактори. Для попередження виникнення аварійних ситуацій доцільно впровадити наступні профілактичні заходи:

– на кожному робочому місці та в цеху мають бути розміщені інструкції з охорони праці під час роботи на технологічному обладнанні, з якими всі працівники повинні бути обов'язково ознайомлені;

– персонал, що виконує роботи в умовах впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, зобов'язаний користуватись засобами індивідуального захисту; не рідше одного разу на півроку проходити медичний огляд, а також щорічне навчання з питань охорони праці з обов'язковою перевіркою знань і отриманням дозволу на виконання відповідних робіт;

– усі ділянки виробничого цеху мають бути оснащені засобами пожежогасіння, а працівники – проходити інструктажі з пожежної безпеки;

– не рідше одного разу на півроку необхідно проводити перевірку опору ізоляції електрообладнання за допомогою вимірювача типу МС-08 або М-416; опір має становити не менше 0,5 МОм;

– для зменшення впливу шуму на оператора, який обслуговує обладнання, рекомендується встановити пульт керування у звукоізольованій кабіні; стінки кабінки мають бути виготовлені зі скла для забезпечення візуального контролю.

### 4.3 Планування заходів з охорони праці

Поява електричної напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції та коротким замиканням на корпус. Основними технічними заходами для запобігання ураженню електричним струмом у разі замикання на корпус є захисне заземлення, занулення та захисне відключення.

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмовідних частин електрообладнання, які у разі

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						43
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

порушення ізоляції можуть опинитися під напругою. Якщо ізоляція фазного проводу пошкоджена і корпус установки опиняється під напругою, доторк до нього еквівалентний доторканню до оголеного проводу. У разі наявності захисного заземлення, електричний струм буде частково відведений через заземлюючий провідник, а розподіл струму між тілом людини і заземленням відбувається пропорційно їх опорам, знижуючи ризик ураження. Крім того, струм розтікається в ґрунт, створюючи поле потенціалів, що сприяє зменшенню напруги дотику в місці знаходження людини. Чим ближче людина до заземлювача, тим нижча напруга дотику, а отже, вища безпека.

Занулення – це навмисне приєднання неструмовідних частин електроустановки до захисного нульового проводу. У випадку пробією фази на корпус при відсутності занулення доторк до корпусу такий самий небезпечний, як до оголеного проводу. Якщо ж корпус занулений, пробій створює коротке замикання на фазу, що викликає спрацювання захисту (наприклад, плавких запобіжників або автомата), в результаті чого електроустановка буде автоматично знеструмлена до усунення несправності.

Захисне відключення – це автоматичне вимкнення електроустановки при виявленні напруги на неструмовідних частинах унаслідок пошкодження ізоляції. Воно доповнює дію захисного заземлення або занулення і забезпечує підвищений рівень електробезпеки, особливо в умовах підвищеної небезпеки.

Дотримання санітарно-технічних вимог в процесі праці дозволяє підвищити ефективність праці працівників, понизити їх стомлюваність.

У цеху виробництва молочної продукції передбачені всі необхідні приміщення санітарно-побутового обслуговування (кімната відпочинку, душова, санвузол). Планується медико-санітарне обслуговування робочих. Всі особи, зайняті в технологічному процесі, допускатимуться до роботи тільки після проходження медичного огляду і отримання дозволу. Медичні огляди планується проводити щорічно.

Для забезпечення вимог виробничої санітарії будуть виконані наступні умови:

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						44
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

- встановлені раковини з підведенням гарячої води для санітарної обробки рук в безпосередній близькості від робочих місць;

- виділені окремі приміщення для приготування дезінфікуючих розчинів, тимчасового зберігання спецій, допоміжних матеріалів;

Приміщення будуть обладнані системами вентиляції і кондиціонування для підтримки температурно-вологісного режиму відповідно до НАОП 12.1.005-88, СНіП II-63-75. Штучне освітлення буде обладнано відповідно до СНіП II.44-79. Пропонована до установки лінія має рівень шуму, що знаходяться в межах норм, встановлених НАОП 12.1.003-83. Обігрів будівлі проводитиметься інфрачервоними газовими установками, які здатні підтримувати температуру в приміщенні згідно НАОП 12.1.005-88.

Згідно з чинними нормативними актами для створення безпечних умов праці, будуть проведені наступні заходи:

- огорожа частин машин, що обертаються;
- заземлення устаткування;
- установка машин на фундаменти;
- встановлені протипожежні щити;
- проведення інструктажу для всього персоналу;
- правильна установка устаткування;
- теплоізоляція гарячого устаткування;
- установка дерев'яних решіток для запобігання ковзанню і падінню робочих;
- захист від поразок струмом.

Планується робота підприємства в одну зміну при шестиденному робочому тижні, з одним вихідним днем. Тривалість зміни складає 8 годин. Щорічно працівникам надається відпустка, згідно законодавству України. Також обов'язковою є обідня перерва, час якої встановлюється в середині робочої зміни. Їжу приймають у відведеному для цього місці.

Правила електричної безпеки передбачають наступне: металеві струмоведучі частини електроустаткування, кабельні конструкції металеві елементи будівель повинні бути захищені, щоб забезпечити металевий зв'язок з

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						45
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

глухо заземленою нейтраллю джерела живлення. Як заземлюючі провідники використовуються додаткові кабелі в силових мережах, захисні труби електропроводки, металеві труби водопроводу і каналізації, прокладені в землі. Всі електричні кабелі повинні мати надійну ізоляцію, без тріщин, при яких може відбутися пробій кабелю або коротке замикання. Пускова і захисна апаратура (рубильники, магнітні пускачі, запобіжники і т.д.) повинні бути закритого типу, щоб виключити можливість дотику персоналу до струмоведучих частин. Провисання електропроводів, зіткнення вони з системою водопроводу і опалювання не допускається. Всі машини, що зайняті в технологічному процесі і мають електропривод, ремонтуються особами, що мають кваліфікацію електрика 2-ої або 3-ої групи і допуск до роботи з електроустановками до 1000В по НАОП 12.1.009-86.

Згідно нормативним актам засобу індивідуального захисту видаватимуться безкоштовно, в кількості, встановленій галузевими інструкціями. Також планується видавати спеціальне взуття для захисту від ковзання по жирних поверхнях згідно НАОП 12.4.084-80. Будуть видані фартухи для захисту від води і виробничих забруднень по НАОП 12.4.033-77. Для роботи в холодильнику буде виданий спецодяг по НАОП 12.4.029-76.

Для захисту навколишнього середовища передбачені очисні споруди, розміщені на території підприємства, метою яких є очищення стічних вод підприємства і приведення їх у відповідності нормативним актам. Основними джерелами забруднення навколишнього середовища є стічні води, миття устаткування, що утворюється в результаті, тари і т.д.. Зміст шкідливих речовин (окис вуглецю, альдегіди і т.д.) в повітрі робочої зони, а також в стічних водах не повинен перевищувати гранично допустимі норми.

#### 4.4 Інженерні розрахунки

Освітлення має винятково важливе значення для життєдіяльності людини, зокрема при здійсненні технологічних процесів. Понад 90% усієї інформації про навколишнє середовище людина сприймає за допомогою

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						46
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

органів зору. Раціонально організоване виробниче освітлення сприяє забезпеченню психологічного комфорту, запобігає виникненню зорового і загального втомлення, попереджає професійні захворювання органів зору, підвищує продуктивність праці, покращує її якість та зменшує ризик виробничого травматизму.

На підприємстві використовуються три основні види виробничого освітлення: природне, штучне і поєднане. Для штучного освітлення основним методом його розрахунку є метод світлового потоку. Світловий потік,  $\Phi$ , у люменах визначається за формулою (4.1).

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K \cdot L}{\eta \cdot n_c}, \quad (4.1)$$

де  $E_{\min}$  - норма штучного освітлення, по СНіП2-4-79  $E_{\min} = 150$  лк;

$S$  - площа виробничого цеху  $S = 287$  м<sup>2</sup>;

$K$  - коефіцієнт запасу, залежний від джерела світла і типу приміщення, приймається  $K=1,2$  [23];

$L$  - коефіцієнт мінімальної освітленості,  $L=1,3$ ;

$n_c$  - кількість світильників в приміщенні, шт;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку, приймається  $\eta=0,50$  [24];

Висота підвісу світильників  $H$ , м визначається по формулі (4.2)

$$H = H_0 - (h_r + h), \quad (4.2)$$

де  $H_0$  - висота від підлоги до ферми 4,5 м;

$h_r$  - відстань до освітлюваної поверхні,  $h_r = 1,0$  м [23];

$h$  - відстань від нижньої частини світильника до ферми, приймаємо 0,2 м.

Висота підвісу світильників складе

$$H = 4,5 - (1,0 + 0,2) = 3,3 \text{ м.}$$

Відстань  $a$ , м між світильниками визначається по формулі (4.3)

$$a = 1,4 \cdot H \quad (4.3)$$

$$a = 1,4 \cdot 3,3 = 4,62 \text{ м.}$$

Кількість світильників  $n$ , шт. визначається по формулі (4.4)

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						47
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

$$n_c = \frac{S}{a^2}, \quad (4.4)$$

$$n_c = \frac{287}{4,62^2} = 14 \text{ шт.}$$

Довжина світлового потоку у виробничому цеху складе

$$\Phi = \frac{150 \cdot 360 \cdot 1,2 \cdot 1,3}{14 \cdot 0,5} = 10134 \text{ лм.}$$

По світловому потоку вибираємо 14 світильників по дві лампи. Вибираємо люмінесцентну лампу ЛБ - 80 зі світловим потоком 5220 лм., світловою віддачею 65,3 лм./Вт і потужністю  $N = 80\text{Вт}$ .

Заземлення є найбільш поширеною і надійною мірою захисту від поразки електричним струмом. Заземлення є умисним електричним з'єднанням із землею металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою.

Опір заземлювачів визначають розрахунковим шляхом по опорі розтіканню струму поодинокого заземлювача.

Опір розтіканню струму  $R_c$ , Ом поодинокого стержневого заземлювача знаходиться по формулі (4.5)

$$R_c = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \left( \lg \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot h + l}{4 \cdot h - l} \right) \quad (4.5)$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту,  $\rho=40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  ;

$l$  - довжина заземлювача, приймається  $l=3 \text{ м}$ ;

$d$  - діаметр заземлювача, приймається  $d=0,03 \text{ м}$ ;

$h$  - глибина заставляння труби,  $h=3 \text{ м}$  .

Опір розтіканню струму складе

$$R_c = 0,366 \cdot \frac{40}{3} \left( \lg \frac{2 \cdot 3}{0,03} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 3 + 3}{4 \cdot 3 - 3} \right) = 4,88 \cdot (2,6 + 0,5 \cdot 0,4) = 13,2 \text{ Ом}$$

Початкова кількість заземлювачів  $n$ , шт., визначимо по формулі (4.6)

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	<i>Аркуш</i>
						48
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

$$n_0 = \frac{R_C \cdot K_C}{R_H} \quad (4.6)$$

де  $K_C$  - коефіцієнт сезонності,  $D_0 = 1,6$ ;

$R_H$  - нормативний опір заземлення,  $R = 4$  Ом ;

$$n_0 = \frac{13,2 \cdot 1,6}{4} = 5,28 \text{ шт.}$$

Уточнена кількість заземлювачів  $n_u$ , шт., розрахуємо по формулі (4.7)

$$n_u = R_C \cdot K_C \quad (4.7)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт використання заземлювачів,  $\eta = 0,77$ .

$$n = \frac{13,2 \cdot 1,6}{4 \cdot 0,77} = 6,9 \text{ шт.}$$

Приймаємо остаточну кількість заземлювачів у кількості семи штук.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## Висновки за розділом

Згідно з організацією робіт по забезпеченню охорони праці на підприємстві повинні бути створені умови праці, що відповідають вимогам нормативних актів, а також забезпеченню дотримання прав робочих, гарантованих законодавством України. Відповідно до загальних вимог безпеки до конструкції устаткування в цілому і його окремих елементів виробниче устаткування повинне відповідати вимогам безпеки при монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні і зберіганні, не повинно забруднювати навколишнє середовище вище встановлених норм.

Проведений інженерний розрахунок освітлення приміщення. Використовується люмінесцентна лампа ЛБ - 80 зі світловим потоком 5220 лм., світловою віддачею 65,3 лм./Вт і потужністю  $N = 80\text{Вт}$ . Розраховане заземлення машини і обрані 7 заземлювачів.

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						50
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

### 5.1 Оцінка технічного рішення модернізації машини

Методику економічної оцінки технічних рішень здійснюємо у два етапи: експертний і розрахунковий [23].

#### Експертний етап оцінки технічного рівня модернізованої машини

Вибираємо основні показники технічного рівня модернізованої машини – змішувача, і зводимо їх у таблицю 5.1.

Прийнято вважати, якщо кожен показник розробленої (модернізованої) машини перевищує показники аналога більш ніж на 5%, то розроблена машина перевищує кращі зразки-аналоги. Якщо відхилення показників розробленої машини й аналога знаходяться в межах 0...3%, то машина відповідає кращим зразкам-аналогам [23].

Таблиця 5.1 – Порівняння показників машин.

Показник	Значення показників машин		Виконання умови
	модернізованої машини	аналога	
1. Продуктивність, кг/год	160	160	0
2. Потужність на приводі, кВт	2,5	3,0	+
3. Площа машини, м <sup>2</sup>	0,74	0,81	0
4. Маса, кг	300	310	+

Виявлено, що по показникам 2 і 4 розроблена машина краща за аналог, по інших показниках – на рівні аналога. За експертним етапом оцінки модернізована машина краще за свій аналог.

Однак експертний етап оцінки в повному обсязі не дозволяє зробити однозначний висновок про ступінь відповідності розробленої (модернізованої)

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						51
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

машини кращім зразкам-аналогам. Тому додатково приводять розрахунковий етап оцінки.

### Розрахунковий етап оцінки технічного рівня модернізованої машини

Розрахунковий етап оцінки технічного рівня модернізованої машини здійснюємо за відносними показниками [25]

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

де  $P_{ip}$  – абсолютне значення  $i$ -го показника розрахункової машини, яку оцінюють;

$P_{ia}$  – абсолютне значення  $i$ -го показника аналога;

$i$  – кількість порівняних показників.

Узагальнений показник ступеня відповідності модернізованої машини кращим зразкам-аналогам розраховуємо по формулі [25]

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

Переважає чиним для оцінки машини користуються такими показниками, як продуктивність, потужність і маса машини, то економічну оцінку технічного удосконалення проводимо за такими п'ятьма відносними показниками [25].

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 й аналога.

При цьому повинно бути враховано, що  $k_Q \geq 1,25$ .

$$k_Q = \frac{160}{160} = 1,00.$$

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						52
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Умова  $k_Q \geq 1,25$  не виконана.

Відносний показник енергоспоживання  $k_N$  визначимо за формулою

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

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

При цьому повинно бути враховано, що  $k_N \geq 1,0$ .

$$k_N = \frac{3}{2,5} = 1,2$$

Умова  $k_N \geq 1,0$  виконана.

Відносний показник матеріалоемності  $k_M$ , визначаємо за формулою

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

де  $M_p$  і  $M_a$  – відповідно маса розробленої машини і аналога.

При цьому повинно бути враховано, що  $k_M \geq 1,25$ .

$$k_M = \frac{310}{300} = 1,03.$$

Умова  $k_M > 1,25$  не виконана.

Відносний показник енергоемності  $k_E$  визначаємо за формулою

$$k_E = k_N \cdot k_M, \quad (5.6)$$

При цьому повинно бути враховано, що  $k_E \geq 1,25$ .

$$k_E = 1,2 \cdot 1,03 = 1,25.$$

Умова  $k_E \geq 1,25$  виконана.

Інтегральний показник (витрати енергії і металу (матеріалу) на одиницю продукції)  $k_U$ , визначаємо за формулою

$$k_U = \frac{Q_p \cdot N_a \cdot M_a}{Q_a \cdot N_p \cdot M_p}, \quad (5.7)$$

При цьому повинно бути враховано, що  $k_U \geq 1,25$ .

$$k_U = \frac{160 \cdot 3 \cdot 310}{160 \cdot 2,5 \cdot 300} = 1,25.$$

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Умова  $k_u \geq 1,25$  виконана.

Коефіцієнт технічного удосконалення,  $k_{my}$ , визначимо за формулою (5.2), вона має вид

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

Модернізована машина економічно вигідна, її технічне рішення відповідає кращім зразкам-аналогам, перспективно та економічно вигідна, якщо  $k_{my} > 1$  [25].

$$k_{my} = \frac{1,00 + 1,2 + 1,03 + 1,25 + 1,25}{5} = 1,16.$$

$k_{my} > 1$ , значить модернізована ванна відповідає кращим зразкам-аналогам, перспективна і економічно вигідна.

Результати зводимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники технічного рівня модернізованої машини.

Показник	Значення	Результат
1. $k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}$	1,00	не виконана
2. $k_N = \frac{N_a}{N_p}$ ,	1,20	виконана
3. $k_M = \frac{M_p}{M_a}$	1,03	не виконана
4. $k_E = \frac{1}{k_N \cdot k_M}$	1,25	виконана
5. $k_U = k_Q \cdot k_E$	1,25	виконана
6. $k_{TY} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}$	1,16	виконана

## 5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого

### обладнання

Визначимо економію електроенергії за формулою [25]

$$E_e = (N_n - N_v) \cdot T \cdot n \cdot D \cdot V_{\text{кВт}}, \quad (5.9)$$

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

$T$  – час роботи машини у зміну,  $T=1$  год;

$n$  – кількість змін;

$D$  - кількість робочих змін в рік,  $D=300$ ;

$V_{\text{кВт}}$  – вартість одного кВт.

$$E_e = (3-2,5) \cdot 1 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 10 = 12170 \text{ грн.}$$

Енергоємність  $E_{\text{уд}}$ , кВт год/кг, визначимо з вираження

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

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

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

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

де  $E_{\text{см}}$  - електроенергія, споживана при виробництві продукції за один день, кВт/год.;

$G$  - обсяг переробленої продукції,  $G=1200$  т.

Тоді для прототипа  $\sum_{i=1}^n E = 3 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 300 = 1800$  кВт

Для розробленої машини  $\sum_{i=1}^n E = 2,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 300 = 1500$  кВт.

Відповідно, енергоємність переробки для аналога

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						55
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E_{уд.ан} = \frac{1800}{1200} = 1,5 \text{ кВт год/т}$$

і вдосконаленої машини

$$E_{уд.мод} = \frac{1500}{1200} = 1,25 \text{ кВт год/т.}$$

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, визначаться з вираження

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

де  $n$  - кількість робітників, люд.

$T_o$  - час обслуговування машини за зміну, год.

Для аналога

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 2 \cdot 300 = 1200 \text{ люд год.}$$

$$T_{уд.ан} = \frac{1200}{1200} = 1,00 \text{ люд·год/т}$$

Для розробленого

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 0,6 \cdot 300 = 360 \text{ люд год.}$$

$$T_{уд.мод} = \frac{360}{1200} = 0,3 \text{ люд·год/т.}$$

Економія по заробітній платі складає

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

де  $C_{год}$  – годинна ставка робочих;  $C_{год} = 9,1$  грн.

$$E_{зрп} = (1,0 - 0,3) \cdot 1200 \cdot 9,1 = 27644 \text{ грн.}$$

					<b>19ХВД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						56
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Загальна річна економія від модернізації складає

$$E_{рік} = 12170 + 27644 = 39814 \text{ грн.}$$

Визначимо витрати на виготовлення машини за формулою

$$C_m = C_k + C_{дм} + C_{пд} + C_{сб} + C_{цн}, \quad (5.15)$$

де  $C_k$  – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

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

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

$C_{сб}$  – заробітна плата виробничих робітників по збиранню 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.

Вартість виготовлення корпусних деталей  $C_k = 1600$  грн.

Витрати на виготовлення деталей на металоріжучих станках  
визначаються за формулою

$$C_{дм} = C_{при} + C_m \quad (5.17)$$

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 металоріжучих  
станках;  $t_1 = 100$  люд·год;

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						57
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$K_t$  – коефіцієнт, який враховує доплати до основної зарплати;  $K_t=1,5$

$C_{год}$  – годинна ставка робочих;  $C_{год}=6,4$  грн

$$C_{oc} = 100 \cdot 6,4 \cdot 1,5 = 960 \text{ грн}$$

$$C_{дон} = \frac{15C_{осн}}{100} \quad (5.20)$$

$$C_{дон} = \frac{15 \cdot 960}{100} = 144 \text{ грн}$$

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

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 960}{100} = 288 \text{ грн}$$

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

$$C_{ч} = \frac{12 \cdot 960}{100} = 115 \text{ грн}$$

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

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 960}{100} = 288 \text{ грн}$$

Тоді  $C_{при}=960+144+288+115+288=1795$  грн.

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

де  $C_1$  – ціна 1 кг заготівлі;  $C_1=40,0$  грн.;

$Q_3$  – маса заготівлі;  $Q_3=14,2$  кг ;

$$C_m=40 \cdot 14,2=568 \text{ грн.}$$

Тоді  $C_{дм}=1795+568=2363$  грн.

Ціна куплених деталей складає  $C_{нд} = 350$  грн.

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

Таким чином, основна заробітна платня, при працеемності на збирання

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						58
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

конструкції  $T_{сб}=35$  люд·год, буде рівне

$$C_{осн} = 35 \cdot 4,5 \cdot 1,5 = 236 \text{ грн}$$

$$C_{дон} = \frac{15 \cdot 236}{100} = 35,4 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 236}{100} = 70,8 \text{ грн}$$

$$C_{ч} = \frac{12 \cdot 236}{100} = 28 \text{ грн}$$

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 236}{100} = 70,8 \text{ грн}$$

Тоді  $C_{сб}=236+35,4+70,8+28,0+70,8=441$  грн.

Цехові накладні витрати на виготовлення вузла визначаються 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,  $R_{цн}=250\%$ .

$$C_{пр}=179,5+44,1=223,6 \text{ грн.}$$

Цехові накладні витрати на виготовлення пристрою визначаються за формулою:

$$C_{цн} = \frac{C_{пр} \cdot R_{цн}}{100} \quad (5.26)$$

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

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

$$C_{цн} = \frac{1795 \cdot 250}{100} = 4487 \text{ грн}$$

Відповідно вартість модернізації машини буде дорівнювати

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						59
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_m = 16000 + 4515 + 350 + 441 + 4487 = 21393 \text{ грн.}$$

Термін окупності вкладень на модернізацію машини  $T_{\text{рік}}$ , рік, визначають по формулі

$$T_{\text{рік}} = \frac{C_m}{E_{\text{рік}}} \quad (5.27)$$

$$T_{\text{рік}} = \frac{21393}{39814} = 0,54 \text{ рік.}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 5.3

Таблиця 5.3- Економічна оцінка розробки машини

Показники	Величина	
	Модернізована машина	Аналог
Річний об'єм переробки, т	1200	
Працеемність переробки, люд · год/т	0,3	1,0
Енергоємність переробки, кВт · год/кг	1,25	1,50
Витрати на модернізацію обладнання, грн.	21393	—
Прибуток від модернізації, грн/рік	39814	—
Термін окупності вкладень на модернізацію, років	0,54	—

## Висновки за розділом

Експертний етап оцінки технічних рішень по вдосконаленню машини показав, що по одному показнику – енерговитратам, модернізована машина краща за аналог, по інших показниках – на рівні аналога.

У розрахунковому етапі оцінки визначено коефіцієнт технічного удосконалення конструкторської розробки  $k_{TY} = 1,16$ .

Економічна оцінка конструкторської розробки машини показала, що вартість модернізації машини дорівнює 21393 грн., а прибуток від модернізації склав 39814 грн./рік за рахунок зниження питомої енергоємності та витрат праці. Термін окупності вкладень на модернізацію машини складає 0,54 року.

По обом етапам оцінки технічних рішень можна зробити висновок, що вдосконалена машина перспективна і економічно вигідна.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## ВИСНОВКИ ЗА ПРОЕКТОМ

Було приведено характеристику та проведено аналіз господарського розвитку ПП "Молокозавод-ОЛКОМ". Було проаналізоване місце знаходження, віддаленість від населених пунктів, об'єм та характеристика виробляємої продукції. Було проведено аналіз існуючих технологій та технологічних процесів виготовлення сметани з описом технологічної лінії.

Одна з відповідальних операцій в технології виготовлення сметани є змішування сировини з лецитиновим порошком, що є необхідним для покращення структури і консистенції готового продукту, підвищення його стабільності та сенсорних властивостей. Найкращими машинами для проведення цього процесу є вібраційні змішувачі, але таким машинам притаманні ряд недоліків, пов'язаних з вібрацією, шумом і надійністю. Тому метою даного дипломного проекту є вдосконалення віброзмішувача для підвищення рівня його надійності та якості змішування. У розділі проведено аналіз конструкцій змішуючих машин вібраційної дії, здійснено аналіз процесу змішування і розчинення порошкоподібного матеріалу, визначені необхідні вимоги до машин для змішування та розчинення лецитину, здійснено пошук патентів до машин цього класу.

В якості машини-прототипу для вдосконалення обраний віброзмішувач.

Віброзмішувач має недоліки, пов'язані з вібраційними коливаннями: підвищений рівень шуму, швидкий знос опорних підшипників і нерівномірність концентрації розчину у різних частинах ємності.

Для уникнення цих недоліків пропонуємо встановити в робочу камеру замість сита тихохідну мішалку для вирівнювання концентрації розчину порошку по об'єму камери. Завдяки невеликим обертам така мішалка повинна споживати невелику кількість енергії. Це дозволить покращити розчин порошку та швидкість його приготування. Крім того пропонуємо значно зменшити рівень коливань вібратора, що зменшить потужність електродвигуна приводу вібратора, рівень шуму і підвищить рівень надійності машини.

Таким чином усередині корпусу розташований горизонтальний вал з

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						62
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

лопатами. Місильний орган обертається в шарикопідшипниках, і приводиться в рух від мотор-редуктора.

Розраховані основні параметри вдосконаленої машини: продуктивність машини становить 160 кг/год, підібрані електродвигуни з сумарною потужністю 2,5 кВт.

Визначена технологія виготовлення деталі вдосконаленої машини – валу і накреслені карти наладки операцій його виготовлення.

Згідно з організацією робіт по забезпеченню охорони праці на підприємстві повинні бути створені умови праці, що відповідають вимогам нормативних актів, а також забезпеченню дотримання прав робочих, гарантованих законодавством України. Відповідно до загальних вимог безпеки до конструкції устаткування в цілому і його окремих елементів виробниче устаткування повинне відповідати вимогам безпеки при монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні і зберіганні, не повинно забруднювати навколишнє середовище вище встановлених норм.

Проведений інженерний розрахунок освітлення приміщення. Використовується люмінесцентна лампа ЛБ - 80 зі світловим потоком 5220 лм., світловою віддачею 65,3 лм./Вт і потужністю  $N = 80$ Вт. Розраховане заземлення машини і обрані 7 заземлювачів.

Експертний етап оцінки технічних рішень по вдосконаленню машини показав, що по одному показнику – енерговитратам, модернізована ванна краща за аналог, по інших показниках – на рівні аналога.

У розрахунковому етапі оцінки визначено коефіцієнт технічного удосконалення конструкторської розробки  $k_{TY} = 1,16$ .

Економічна оцінка конструкторської розробки машини показала, що вартість модернізації машини дорівнює 21393 грн., а прибуток від модернізації склав 39814 грн./рік за рахунок зниження питомої енергоємності та витрат праці. Термін окупності вкладень на модернізацію машини складає 0,54 року.

По обом етапам оцінки технічних рішень можна зробити висновок, що вдосконалена машина перспективна і економічно вигідна.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко В.С., Самойчук К.О., Тарасенко В.Г., Ломейко О.П. Процеси і апарати харчових виробництв. Теплообмінні процеси: Підручник. Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр «Лух» 2020. 329 с.

2. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Кюрчева Л.М. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Навч. посібник. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.

3. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Сердюк М.М. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. Посібник. К.: Вища освіта. 2006. 479 с.

4. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Загорко Н.П., Шпиганович Т.О. Технологія і механізація виробництва м'яса і м'ясопродуктів: Підручник. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2012. 532 с.

5. Дацишин О.В., Ткачук А.І., Чубов Д.С. Машини та обладнання переробних виробництв: Навч. посібник. К.: Вища освіта, 2005. – 159 с.

6. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник. ТДАТУ: За ред. Самойчука К.О. К : ПрофКнига, 2020. 428 с.

7. Поперечний А.М., Черевко О.І. Процеси та апарати харчових виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 304 с.

8. Смоляр В. І. Фізіологія та гігієна харчування. Підручник для студентів. Київ: «Здоров'я», 2000. 335 с.

9. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Лабора-торний практикум / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, Н.О. Паляничка, С.Ф. Буденко, К.О. Самойчук, Кюрчев С.В., В.О. Верхованцева, В.О. Олексієнко, В.Г. Циб. Меліто-поль: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 274 с.

10. Ялпачик В.Ф. Машини, обладнання та їх використання при переробці сіль-ськогосподарської продукції. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / В.Ф. Ялпачик, В.О. Олексієнко, Ф.Ю. Ялпачик, К.О.

					19ХВД.6266506.06.25ПЗ	Аркуш
						64
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Самойчук, О.В. Гвоздев, В.Г. Циб, Н.О. Паляничка, В.І. Шевченко, Ю.О. Борхаленко, С.Ф. Буденко. Мелітополь: Вида-вничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2015. 196 с.

11. Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Ялпачик Ф.Ю., Гвоздев О.В. та ін. Розрахунки обладнання харчових виробництв. Навчальний посібник. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 264 с.

12. Бутко Д. А., Луценков В.Л., Воїнов М.Т., Мазілін С.Д. Організація охорони праці в сільському господарстві. Навчальний посібник. Сімферополь: Бізнес–Інформ, 1998.–368 с.

13. Відомчі норми технологічного проектування ВНТП АПК-24-06 «Підприємств по переробці молока». Мінаргопрод України. 2006. 105 с.

14. Губський А. І. Цивільна оборона . К. 1995. С. 94– 108

15. Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів. 3-є вид. К.: Каравела. 2004. 328 с.

16. Купчик М. П., Гандзюк М. П. Основи охорони праці. К. Основа, 2000. 416 с

17. 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.

18. 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.

19. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT): ДСТУ ISO 22000:2007 Київ: Держспоживстандарт України, 2007, 39 с.

20. Закон України “Про охорону праці. [Текст] – Введ. 14.10.92.

21. Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. – Вінниця: Нова книга, 2001, - 576 с.

22. Ялпачик В.Ф. Економічне обґрунтування вдосконалення конструкції машини. Методичні вказівки [Текст]. - Мелітополь, ТДАТУ, 2023.

					<b>19XBД.6266506.06.25ПЗ</b>	Аркуш
						65
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		