

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

«Допущено до захисту»
протокол № 272-С
від «03» червня 2025 року
Зав. кафедрою ОПХВ
д.т.н, професор
 Кирило САМОЙЧУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

СВО «Бакалавр»

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

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(освітній ступінь, ОПП, спеціальність)

на тему: Вдосконалення тістомісильної машини в умовах Мелітопольського району Запорізької області

19ХВД. 1073405.06.25

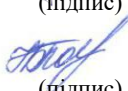
Виконав: студент 4 курсу, 41ГМ групи


(підпис)

Андрій ЛЕБЕДЄВ
(прізвище та ініціали)

Керівник:

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА
(прізвище та ініціали)

Консультант з
ОП:

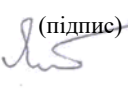
К.С.-Г.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Михайло ЗОРЯ
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

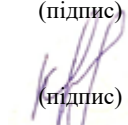
д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Людмила КЮРЧЕВА
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 р.

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ОПХВ
д.т.н., професор Кирило САМОЙЧУК
(підпис) (ініціали та прізвище)
 «28» березня 2025р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Лебедєв Андрій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення тістомісильної машини в умовах Мелітопольського району Запорізької області

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

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

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

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

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства

2. Вдосконалити конструкцію машини

3. Провести розрахунок вдосконаленої машини

4. Розробити заходи з охорони праці

5. Провести економічну оцінку вдосконалення

6. Виконати графічну частину кваліфікаційної роботи

5 Перелік графічного матеріалу:

Лист 1 – Структурно-апаратна схема виробництва продукції

Лист 2 – Аналіз конструктивних рішень вдосконалення

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

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

Лист 5 – Креслення деталей

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		2

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

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						3
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання

31.03.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

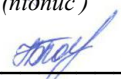
Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін вико- нання етапів роботи чи про- екту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (за- свідчується підпи- сом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	травень	
Розділ 2. Вдосконалення конструкції ма- шини	травень	
Розділ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

Студент


(підпис)

Андрій ЛЕБЕДЄВ
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА
(ініціали та прізвище)

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						4
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

РЕФЕРАТ

У пояснювальній записці цього дипломного проекту викладено матеріал на 69 сторінках машинописного тексту, структурованого в п'яти основних розділах. У документі представлено 8 таблиць, 16 ілюстрацій, а також додаються 7 аркушів графічної частини формату А1. Під час підготовки проекту було використано 34 джерела інформації, перелічене у списку літератури.

Предмет дослідження — техніко-технологічні та економічні чинники, що визначають ефективність процесу приготування тіста, зокрема під час його механічного перемішування.

Метою проекту є конструктивне вдосконалення тістомісильної машини з метою підвищення її ефективності в умовах виробничого процесу.

У межах виконання дипломної роботи було проаналізовано виробничу діяльність ПрАТ «Мелітопольський хлібокомбінат» (м. Мелітополь, Запорізька область). Запропоновано технічне рішення щодо оптимізації процесу замісу тіста шляхом модернізації ключового технологічного вузла — тістомісильної машини. Розглянуто питання енергоспоживання обладнання та можливості покращення якості продукції.

Окремо описано комплекс заходів із забезпечення безпечних умов праці на підприємстві.

Економічний аналіз показав доцільність впровадження вдосконаленої конструкції, розрахунки підтвердили її фінансову вигідність.

Ключові слова: тісто, тістомісильна машина, модернізація, патент, технічний аналіз, виробництво, якість, економічна ефективність.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						5
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	10
1.1 Характеристика підприємства (об'єм та характеристика продукції, собівартість та ціна її реалізації).....	10
1.2 Огляд технології виробництва продукції.....	10
1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика.....	12
Розробка проектного завдання.....	17
2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ.....	18
2.1 Опис конструкції і принципу дії машини.....	18
2.2 Вимоги до класу машин.....	21
2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини.....	22
2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення.....	30
Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення.....	31
3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ.....	33
3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини (вузла).....	33
3.2 Енергетичний розрахунок машини (вузла).....	40
3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини (вузла).....	42
Висновки за розділом.....	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства.....	48
4.2 Аналіз небезпек.....	79

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		6

4.3	Планування заходів з охорони праці.....	49
4.4	Інженерні розрахунки з охорони праці.....	50
	Висновки за розділом.....	54
5	ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	55
5.1	Оцінка рівня технічного удосконалення машини.....	55
5.2	Економічна ефективність використання удосконаленого обладнан- ня.....	59
	Висновки за розділом.....	65
	ВИСНОВОК ПО ПРОЕКТУ.....	66
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	67

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						7
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Одним із ключових векторів розвитку хлібопекарської галузі є підвищення потужностей діючих підприємств шляхом модернізації існуючих виробничих баз та оснащення їх новітнім технічним обладнанням. Сучасний стан галузі супроводжується низкою актуальних викликів, серед яких на перший план виходить необхідність підвищення ефективності виробництва.

Одним з головних чинників підвищення ефективності підприємства є зменшення технологічних втрат сировини та контроль енергоспоживання. Це можливо завдяки впровадженню інноваційних технологій, що спрямовані на раціональне використання ресурсів і енергозберігаючі рішення, які дозволяють підвищити продуктивність праці без надмірних витрат.

Суттєвий вплив на якість кінцевої продукції має управління технологічними процесами на етапах біохімічної, мікробіологічної та колоїдної обробки. Ефективне регулювання цих процесів значно покращує споживчі характеристики хлібобулочних виробів.

Варто зазначити, що хлібопекарська промисловість є галуззю з високою матеріаломісткістю. Сировина становить до 85% загальної собівартості виробів, тому зменшення її втрат є критично важливим фактором економії. Це зумовлює необхідність вдосконалення технологій, включаючи використання покращувачів, добавок, ферментів та інноваційних рецептур.

На обсяг споживаної електроенергії впливають взаємно протилежні тенденції: модернізація обладнання й впровадження енергоефективних процесів сприяють зниженню витрат, але водночас автоматизація, механізація та підвищення рівня технічної оснащеності призводять до зростання загального енергоспоживання. Важливо, щоб витрати електроенергії були виправдані й базувались на точних техніко-економічних розрахунках.

Не менш гостро стоїть проблема забезпечення належної якості готової продукції. Смакові властивості, поживна цінність і якість борошна прямо залежать від стану зернових культур. В останні роки через зниження агротехнічного рівня та нестачу добрив, сільгосптехніки й кваліфікованих кадрів спостерігається поступове

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						8
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

погіршення якості сировини. Відтак виробникам доводиться адаптуватися до роботи з нестабільною сировиною шляхом модернізації технологічного обладнання.

Окрім технічних завдань, сучасні підприємства стикаються також з потребою розширення ринків збуту та гнучкої адаптації до мінливих вимог споживачів. Умови конкуренції вимагають від виробника швидкого реагування та впровадження інновацій як у технологічних процесах, так і в підходах до маркетингу.

Цей дипломний проєкт присвячено вирішенню частини перелічених вище проблем шляхом розробки та впровадження удосконаленої конструкції тістомісильної машини.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						9
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

Для реалізації модернізації обладнання в дипломному проєкті обрано ТОВ «Мелітопольський хлібокомбінат» (м. Мелітополь, вул. 8-го Березня, 2). Підприємство працює з 1961 року, має понад 60 років досвіду у виробництві хлібобулочних виробів і випускає понад 80 найменувань продукції. Потужність комбінату — до 35 тонн на добу, а географія постачання охоплює не лише Мелітополь, а й сусідні райони.

Виробництво механізоване, частково автоматизоване, працює за системою НАССР. В середньому собівартість хлібобулочних виробів становить 14–22 грн/кг. Це робить підприємство актуальною базою для досліджень і вдосконалення тістомісильних машин, що напряду впливає на якість продукції та ефективність виробництва.

1.2 Огляд технології виробництва продукції

Виробництво хлібобулочної продукції є складним багатоступеневим процесом, що охоплює підготовку сировини, замішування тіста, бродіння, поділ, округлення, вистоювання, випікання, охолодження та пакування готової продукції. Для забезпечення стабільної якості необхідно дотримуватись санітарних вимог, здійснювати контроль якості на вході та виході, а також суворо слідувати встановленим технологічним нормам. На Мелітопольському хлібокомбінаті впроваджено потоково-механізовану систему виробництва, що забезпечує високу ефективність. Описані нижче етапи характерні як для цього підприємства, так і для більшості сучасних хлібопекарських виробництв України станом на 2025 рік.

Основні стадії технологічного процесу

1.Приймання та підготовка сировини.

Основні інгредієнти: пшеничне борошно (різних гатунків), дріжджі, сіль, вода. Сировину очищають, просіюють, дозують і подають до тістомісильного обладнання.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						10
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Приготування тіста.

Тісто готують опарним або безопарним методом. Використовують машини спірального, горизонтального або планетарного типу. Заміс триває 6–10 хв, температура тіста після замісу — 28–30 °С.

3. Бродіння (ферментація).

Тісто дозріває в бродильних камерах 45–90 хв. У цей час утворюється структура тіста й газу, що забезпечують пористість виробу.

4. Ділення й округлення.

Тісто ділиться на порції тістоподільною машиною, після чого заготовки округлюються.

5. Попередня вистійка.

Округлені заготовки вистояють 5–10 хв для розслаблення клейковини.

6. Формування.

Заготовки набувають форми відповідно до виду виробу: хліб, батон, булочка тощо.

7. Остаточна вистійка.

Відбувається при температурі 35–40 °С і вологості 75–85%, тривалість — 40–60 хв.

8. Випікання.

Тісто випікають при 220–250 °С у ротаційних або конвеєрних печах, тривалість — 15–45 хв.

9. Охолодження.

Готову продукцію охолоджують до +35 °С природною або примусовою вентиляцією.

10. Пакування та зберігання.

Вироби пакують у плівку або пакети й зберігають за температури +15...+25 °С.

Особливості виробництва на Мелітопольському хлібокомбінаті

Високий рівень автоматизації виробництва.

Використання місцевої якісної сировини.

Широкий асортимент — до 80 видів продукції.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						11
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Значна частка — традиційні вироби.

Виробництво відповідає стандартам ДСТУ 4585:2006 та ДСТУ 4583:2006.

1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх сти- сла характеристика

Використовуючи вищевказану інформацію, можна проаналізувати та коротко описати принцип роботи і призначення обладнання яке використовується на Мелітопольському хлібокомбінаті у виробництві хлібобулочних виробів. Для наглядності принципу роботи, до опису деяких машин будуть додані ілюстрації, складальні креслення або схеми.

Просіювач борошна “TURBOSTAR” - призначений для очищення борошна від грудок, сміття, забруднюючих домішок які могли випадково потрапити до продукту. Додатковою задачею просіювача є такої насичення борошна киснем, що полегшує процес приготування тіста з нього. Борошно засипається в ємність, де за допомогою магнітів очищається, і проходить через сито для насичення повітрям. За одну годину може просіяти до 12 тонн борошна.

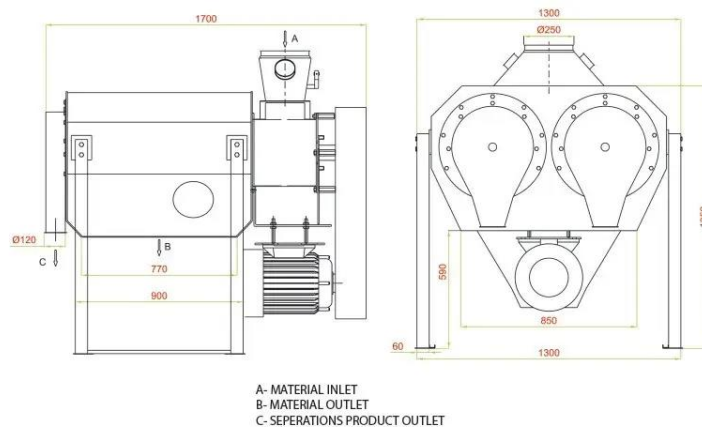


Рисунок 1.1 - Просіювач борошна “TURBOSTAR”

Тістомісильна машина І8-ХТА-12/1 — це агрегат безперервної дії, призначений для замішування тіста з пшеничного та житнього борошна на хлібопекарських підприємствах. Вона оснащена двома паралельними місильними валами з Т-подібними лопатями, що забезпечує інтенсивний та рівномірний заміс тіста.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		12

Машина складається з місильного корита, що включає два напівциліндричних жолоби, в яких розташовані два місильні вали з лопатями. Вали обертаються в протилежних напрямках, забезпечуючи інтенсивне перемішування тіста. Пodaча борошна здійснюється через дозатор, а рідкі компоненти вводяться через спеціальний патрубок. Готове тісто вивантажується через випускний патрубок.

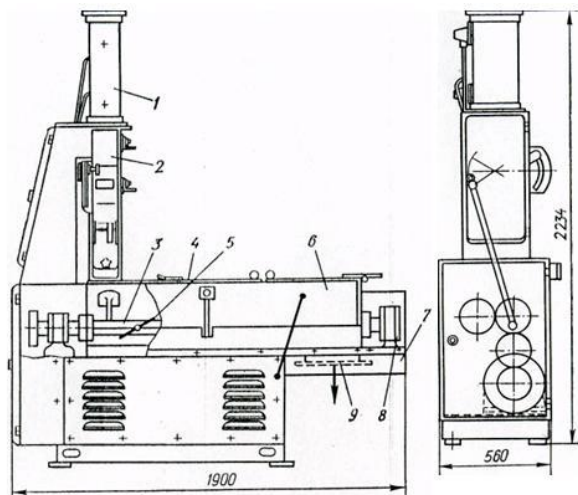


Рисунок 1.2 - Тістомісильна машина І8-ХТА-12/1

Після завершення процесу замішування опару або тісто направляють на етап бродіння. Устаткування для цього технологічного процесу поділяється на два основних типи: апарати безперервної дії; обладнання для порційного бродіння. В установках безперервної дії процес бродіння відбувається в резервуарах, де напівфабрикат постійно перемішується під впливом сили тяжіння або за допомогою мішалок. Щоб забезпечити стабільні умови, такі ємності оснащуються герметичними кришками та водяними сорочками для регулювання температури. Обладнання для порційного бродіння зазвичай представлено у формі бункерів або діж із функцією підігріву.



Рисунок 1.3 - Виготовлювачі рідких заквасок: а) – Т-1000 Topos; б) – RADILEVAIN TL40; в) – Т-500 Topos.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		13

Тістодільна машина моделі А2-ХТН використовується для поділу пшеничного тіста на рівномірні заготовки заданої маси. Вона застосовується на хлібопекарських підприємствах під час виготовлення хліба та хлібобулочних виробів. Це високопродуктивне обладнання, оснащене подільною головкою, яка дозволяє формувати до 60 порцій тіста за хвилину.

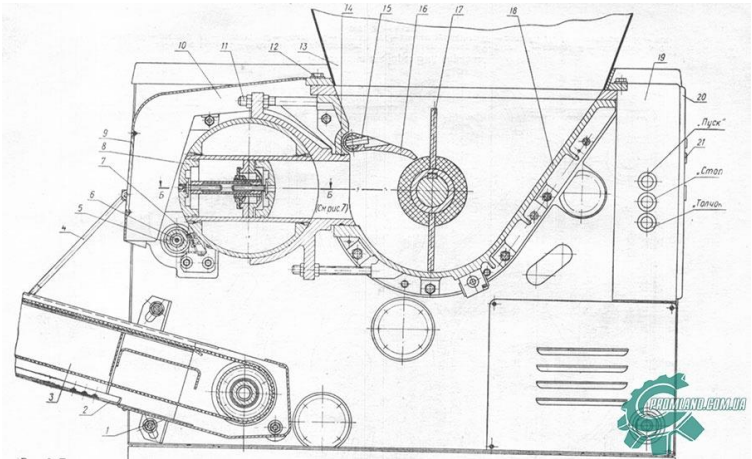


Рисунок 1.4 - Тістодільна машина А2-ХТН

Існують шафи з вертикальним або горизонтальним типом подачі. Конвеєрні вистоювальні шафи поділяються на моделі з ручним або автоматизованим укладанням тістових заготовок у люльки. Такі шафи встановлюються безпосередньо перед хлібопекарськими печами та обладнуються механізмами для автоматичної подачі заготовок у люльки, їх вивантаження та переміщення до печі.

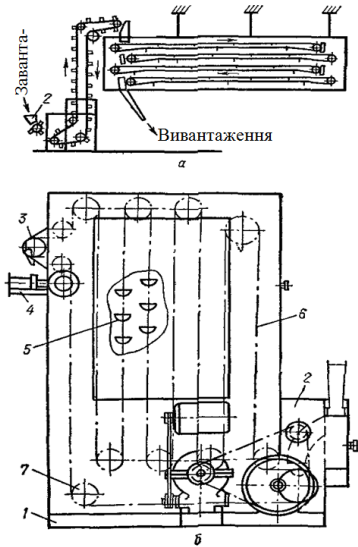


Рисунок 1.5 - Шафи попереднього вистоювання:

а – стрічкова; б – колискова шафа

Ротаційна піч Revent 724. Ця піч розроблена таким чином, щоб забезпечити оптимальний нагрів у нижній частині дек, що сприяє швидкому підйому тіста та до-

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		14

сягненню високої якості випічки. У конструкції використано передові технології компанії Revent, зокрема систему контролюваного повітряного потоку (ТСС), систему генерації пари (HVS) і багатошарову теплоізоляцію з перекриттям (LID). Піч може працювати як на газі чи рідкому паливі, так і на електричному нагріванні. Система генерації пари забезпечує максимально велику площу випаровування, що сприяє оптимальному желатинуванню поверхні тіста та формуванню якісної скоринки.

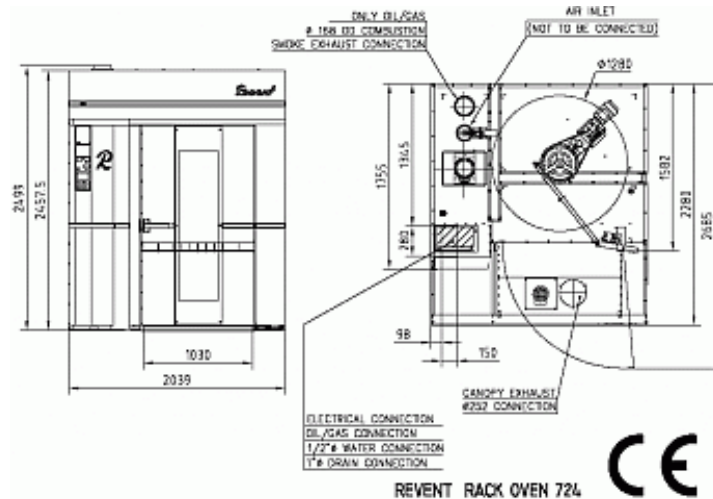


Рисунок 1.6 - Ротаційна піч Revent 724

Складські камери для хлібобулочних виробів призначені для тимчасового зберігання готової продукції перед її реалізацією або транспортуванням. Вони повинні забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови, зокрема температуру в межах +18...+25 °C та відносну вологість повітря 60–75%, що сприяє збереженню смакових і фізичних властивостей хліба.

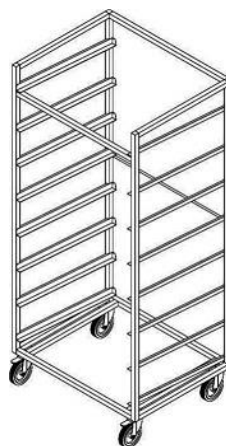


Рисунок 1.7 - Стелаж для хліба промисловий

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		15

Для розміщення продукції в камерах використовуються спеціальні стелажі, виготовлені з харчової нержавіючої сталі або антисептичної деревини. Стелажі можуть бути стаціонарними або пересувними, багатоярусними (зазвичай 4–6 полиць) і забезпечують достатню циркуляцію повітря навколо виробів.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						16
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розробка проектного завдання

На підприємствах, що спеціалізуються на виробництві хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів, широке застосування знаходять тістомісильні машини, які забезпечують ефективний процес приготування тіста. Замішування передбачає ретельне поєднання інгредієнтів — таких як борошно, вода, дріжджі, сіль, цукор, жири та інші — до стану однорідної маси з відповідною структурою, еластичністю та вмістом повітря, що є необхідним для подальших біохімічних процесів, зокрема бродіння. З метою покращення технологічного процесу, підвищення якості готової продукції та оптимізації роботи обладнання, у якості базової машини для вдосконалення було обрано тістомісильну установку І8-ХТА-12/1. У межах дипломного проєкту передбачається внесення конструктивних змін до даної машини з метою підвищення її продуктивності та надійності в умовах хлібопекарського виробництва.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						17
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

2.1 Опис конструкції і принципу дії машини

Під час приготування тіста використовують різні типи тістомісильних машин, вибір яких залежить від виду борошна, рецептури та асортименту продукції. Вони по-різному впливають на тісто, що визначає якість кінцевого виробу. Для замісу густого тіста застосовують універсальні машини, а для рідких опар або дріжджових сумішей — спеціалізовані змішувачі. Щоб досягти належної якості, важливо дотримуватися оптимальних параметрів замісу — тривалості, температури, інтенсивності й частоти роботи місильних органів.

Тістомісильне обладнання буває періодичної та безперервної дії. У періодичних машинах заміс відбувається в окремих діжах — стаціонарних або змінних. Деякі моделі оснащені механізмами обертання діжі. У безперервних машинах процес постійний, а камера замісу стаціонарна.

За інтенсивністю впливу машини поділяють на:

Тихохідні — з невеликим нагрівом тіста (5–12 Дж/г).

Швидкохідні — температура тіста зростає на 5–7 °С, витрати енергії — 20–40 Дж/г.

Супершвидкохідні — інтенсивний вплив, підвищення температури на 10–20 °С, витрати — 30–45 Дж/г, вимагають охолодження тіста чи камери.

Крім того, машини класифікують за орієнтацією вала (горизонтальні, похилі, вертикальні), типом керування (ручне, напівавтоматичне, автоматичне), а також за характером руху місильного органу (обертальний, планетарний, просторовий тощо).

Машини можуть мати одну, дві або три камери, які забезпечують поетапну обробку тіста. Особливо актуальними є багатокамерні машини безперервної дії, які з'явилися близько 40 років тому.

У проєкті розглядається машина І8-ХТА-12/1, яка належить до однокамерних машин безперервної дії. Вона має два паралельні вали з Т-подібними лопатями, що обертаються назустріч один одному. Їх взаємне перекриття забезпечує ефективне змішування. Ця машина призначена для замісу пшеничного та житнього тіста й ши-

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						18
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

роко використовується у виробничих лініях типу І8-ХТА-12, демонструючи високу ефективність у порівнянні з одновальними аналогами.

Далі описую принцип роботи тістомісильної машини.

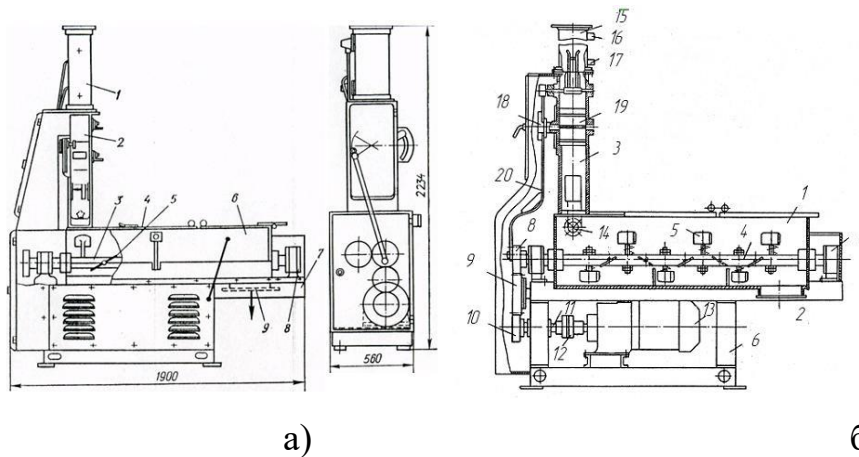


Рисунок 2.1 - Тістомісильна машина І8-ХТА-12/1:

а) - Загальний вид машини та основні частини; б) - Основні вузли машини

У живильнику (поз. 15) підтримується стабільний рівень борошна завдяки роботі датчиків (16 і 17), які реагують на його кількість. Кожен оберт валу (4) призводить до повороту штанги, яка за допомогою храповика (18) обертає турнікет (19), що має кишені для порціонованої подачі борошна. Таким чином, у корито (1) подається чітко визначена доза борошна для подальшого замісу. Одночасно через трубопровід (14) до корита подаються рідкі інгредієнти.

Під час роботи тісто інтенсивно перемішується валом з лопатями, які розташовані під кутом до його осі, що забезпечує поступове пересування тістової маси вздовж корита. Коли тісто досягає необхідної консистенції, воно вивантажується через розтруб (2) у наступне обладнання згідно з технологічним ланцюгом. Машина оснащена двошвидкісним приводом або варіатором, що дозволяє регулювати частоту обертання валів залежно від умов роботи. Водночас конструкція не передбачає зручного доступу для обслуговування, а також не підтримує автоматизоване керування, що обмежує її ефективність у сучасних виробничих лініях.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		19

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики тістомісильної машини І8-ХТА-12/1.

Показник	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність максимальна по тісту	т/добу (кг/год)	до 30 (1308)
Частота обертання місильних валів	об/хв	56,3
Потужність приводу	кВт	4,0
Габаритні розміри: довжина	мм	1900
Габаритні розміри: ширина	мм	560
Габаритні розміри: висота	мм	2230
Маса	кг	800

Для забезпечення можливості налаштування інтенсивності замішування та регулювання продуктивності тістомісильної машини, конструкцією передбачено зміну кута між віссю вала і площиною лопаті. Це досягається за допомогою регулювальних гайок, після чого лопать фіксується втулкою з конічним отвором, яка щільно прилягає до вигнутої поверхні вала. Після виставлення кута всі елементи жорстко закріплюють шляхом затягування гайок.

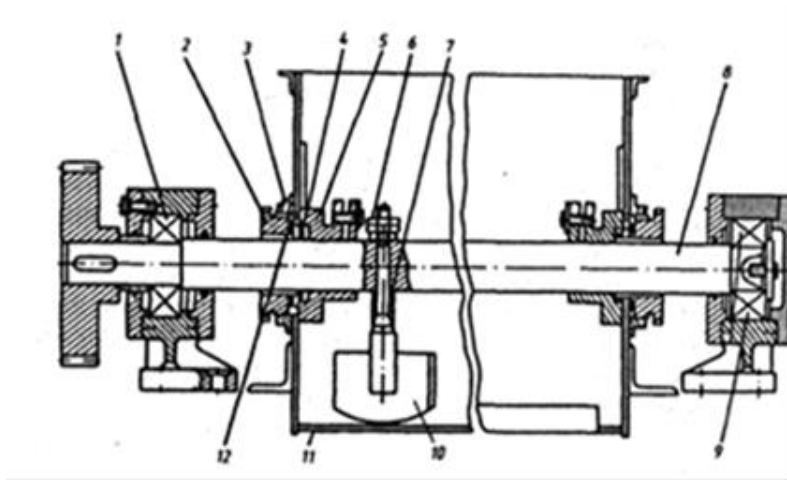


Рис. 2.2 - Ємність та місильний вал

У торцевих ділянках корпусу встановлено ущільнювальні елементи, що запобігають витіканню тіста. Скребок притискається до ущільнюючого кільця гумовим демпфером через спеціальну гайку, яка фіксується гвинтом. Об'єм подачі борошна регулюється через зміну положення дозувального барабана. Контрольна перевірка подачі борошна можлива через оглядове віконце, розташоване збоку корпусу, яке закривається кришкою.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		20

Перед початком експлуатації обладнання необхідно змастити всі пари тертя і заповнити редуктор мастильним матеріалом до контрольного рівня. При підключенні двигуна перевіряють напрямок обертання місильних органів. Далі виконують коротке включення для перевірки працездатності, а потім запускають машину на холостий хід для обкатки — на 2–3 години. Перед початком роботи необхідно також перевірити справність системи автоблокування.

Як обслуговують дану тістомісильну машину

Під час роботи машини важливо регулярно перевіряти її стан, зокрема ущільнення вала, а техогляд проводити щонайменше раз на два місяці. Перед завантаженням слід впевнитись у чистоті камери та наявності захисних елементів. Після зміни машину очищають від залишків тіста, а вузли змащують згідно з техкартою, використовуючи мастильні отвори або заливаючи мастило в редуктор. Періодично перевіряють кріплення та стан підшипників, не допускаючи потрапляння в них тіста. Лопаті мають бути правильно встановлені й закріплені. Якщо з'являються сторонні шуми чи вібрації — обладнання зупиняють для усунення несправностей. Після тривалого простою або зміни сорту тіста машину промивають і обробляють захисною змазкою.

2.2 Вимоги до класу машин

При розробці, виготовленні та використанні машин для харчової промисловості враховуються загальні та спеціальні вимоги. До загальних належать висока міцність конструкції, жорсткість, стійкість до вібрацій. Спеціальні вимоги включають відповідність технологічному процесу, економічну ефективність, зносостійкість, зменшення маси та енергоспоживання. Важлива наявність надійних ущільнень, компактність конструкції, легкість монтажу, відповідність санітарним та безпековим стандартам, а також низький рівень шуму. Устаткування має бути надійним, автоматизованим, з ергономічними органами керування та передбачати аварійне відключення. Захисні елементи повинні бути міцними, з чітким маркуванням, а конструкції — доступними для обслуговування. Санітарні норми регламентують умови запуску

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						21
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

та експлуатації підприємств і впроваджуються залежно від стану об'єкта. Регулярне миття обладнання необхідне для запобігання зараженню. Застосовуються мийні засоби — як окремі речовини (соди, кислоти), так і суміші. Поверхні, що контактують із продуктами, мають бути виготовлені з дозволених матеріалів. Устаткування повинно мати теплоізоляцію, захист від попадання тіста, вологи, мастила та бути заземленим. Надійність машин визначається показниками: безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю та збереженістю. Відмова — це втрата працездатності, напруження — тривалість роботи. Показники надійності розраховуються як співвідношення робочого часу до загального з урахуванням простоїв. Якість конструкції визначається відповідністю вимогам стандартів та придатністю до експлуатації. Її оцінюють через техніко-економічні та експлуатаційні характеристики. Показники можуть бути одиничними або комплексними, відносними або базовими. Для загальної оцінки якості використовуються індекси, однак вони часто залишаються умовними й потребують вдосконалення через вплив суб'єктивних факторів.

2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини

Для замішування тіста використовують різні типи тістомісильних машин, вибір яких залежить від виду борошна, рецептури та асортименту продукції. Якість роботи таких машин визначається якістю отриманого тіста. Густі опари замішуються універсальними машинами, рідкі — у спеціальних змішувачах.

Оптимальний заміс забезпечується дотриманням параметрів: інтенсивності, тривалості, температури та швидкості руху місильного органу. За принципом дії тістоміси бувають періодичної (з діжами) та безперервної дії (з нерухомою камерою).

За інтенсивністю роботи їх поділяють на тихохідні (5–12 Дж/г), швидкохідні (20–40 Дж/г, підігрів на 5–7 °С) та супершвидкохідні (30–45 Дж/г, нагрів до 20 °С, потребують охолодження). Енерговитрати змінюються залежно від тривалості замісу й якості борошна.

Машини розрізняють за розташуванням осі місильного органу (горизонтальні, вертикальні, похилі), типом керування (ручне, автоматичне), формою руху (оберта-

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						22
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

льні, планетарні, складні). За способом впливу — механічні, вібраційні, ультразвукові тощо.

Також тістоміси поділяються за кількістю камер: одно-, дво- та трикамерні. Особливо ефективними є безперервні моделі з багатокамерною конструкцією, які реалізують багатостадійний заміс у компактній формі.

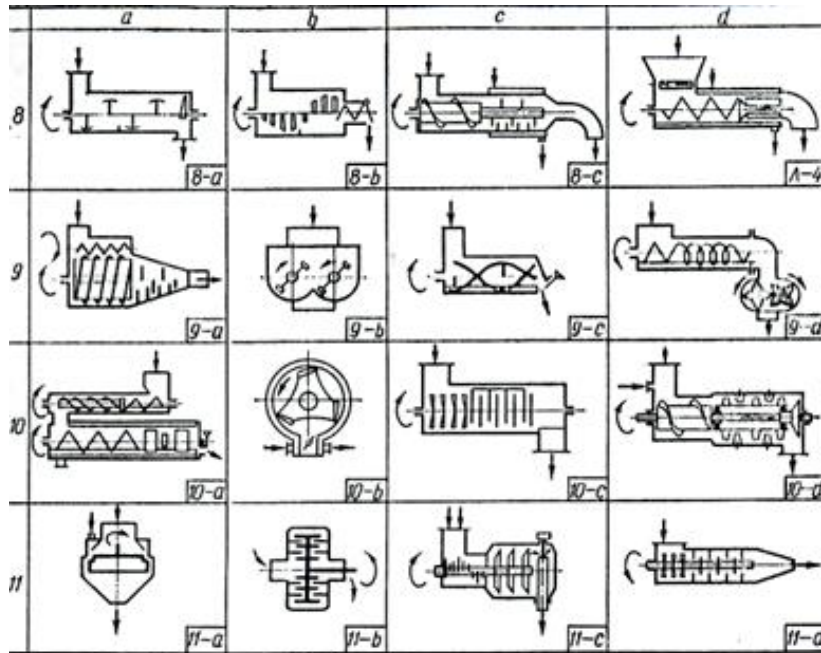


Рис. 2.3. Класифікація (ряди 8-11)

Восьмий ряд містить схеми одновальних горизонтальних тістомісильних машин, розташованих за принципом зростання інтенсивності замісу:

8-а) Одновальна однокамерна тістомісильна машина з простою конструкцією, що обертається з частотою $0,8 \text{ с}^{-1}$. Не забезпечує високої якості замісу. Перші моделі таких машин — Х-12.

8-б) Двокамерна тістомісильна машина з горизонтальним валом, на якому в першій камері розташовані трапецеїдальні плоскі лопаті під нахилом, а в другій — гвинтовий шнек у циліндричному корпусі. Приклад — машини системи А.М. Хренова.

8-с) Двокамерна тістомісильна машина з горизонтальним валом у циліндричній робочій камері. Вал оснащений змішувальним шнеком з лопаттю та місильним блоком з циліндричними лопатями. Приклад — ФТК-1000 (Угорщина).

8-д) Двокамерна тістомісильна машина з циліндричною робочою камерою та горизонтальним валом. Камера змішування оснащена шнеком, а камера пластикації

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		23

— дисковою діафрагмою і чотирилопатеvim пластикатором. Приклад — машини фірми «Бред Мейкер».

Дев'ятий ряд представляє схеми двовальних тістомісильних машин з більш інтенсивним замісом:

9-а) Двокамерна машина з горизонтальною віссю обертання. У камері змішування розташований шнек з окремим приводом, що забезпечує високий рівень інтенсивності замісу. Приклад — машина «Контіпуа» (ФРН).

9-б) Однокамерна машина з двома горизонтальними валами, обладнаними Т-подібними лопатями. Має багатошвидкісний привід для інтенсифікації процесу. Приклади — Х-26 та И8-ХТА-12/1.

9-с) Однокамерна машина з двома валами, що обертаються у протилежні боки зі стрічковими спіральними лопатями. Вихідний отвір регулюється заслінкою, що дозволяє контролювати заповнення та час замісу. Приклад — машини «Топос» (ЧССР).

9-д) Двокамерна машина з двома валами, оснащеними спіральними лопатями для змішування і замісу. Приклад — РЗ-ХТО.

Десятий ряд включає схеми сучасних високоінтенсивних тістомісильних машин:

10-а) Двокамерна двовальна машина з окремою змішувальною камерою та незалежним приводом. Місильна камера має зони замісу з шнеками та пластикації з кулаками, що пом'якшують тісто. Приклад — машини фірми «Вернер унд Пфляйдерер» (ФРН).

10-б) Машина з трилопатеvim ротором і циліндричною робочою камерою. Приклад — конструкція системи Н.Ф. Прокопенка.

10-с) Двокамерна одновальна машина з дисковим механізмом. У змішувальній камері вал з дисками забезпечує осьове переміщення тіста, а в місильній камері — обертові гладкі диски з гальмівними вставками.

10-д) Двокамерна машина з горизонтальним валом та еластичним барабаном з лопатями. Вібраційний механізм покращує якість замісу та готових виробів.

Одинадцятий ряд представляє високоінтенсивні змішувачі для рідких опар та інших сумішей з високою вологістю (понад 60%). Вони призначені для приготуван-

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						24
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ня рідких компонентів тіста у вологому середовищі. Одинадцятий ряд містить схеми високоінтенсивних змішувачів для приготування рідких опар та інших сумішей з високою вологістю:

11-а) Змішувач з вертикальним циліндричним ротором, що обертається в циліндричній камері. Заміс відбувається в тонкому шарі між циліндричними стінками. Приклад — тістоzmішувач ВНИИХП РЗ-ХТН/1.

11-б) Змішувач з дисковим ротором, на якому встановлені кільцеві виступи. У щілини між виступами входять кільцеві елементи корпусу з невеликим зазором, створюючи лабіринтове ущільнення. Суміш формується при високій швидкості через тертя об розвинену поверхню ротора. Випускає фірма «Оакес» (Англія), використовується в різних галузях промисловості.

11-с) Тарільчастий двокамерний змішувач, що складається з двох циліндричних камер з консольним валом. У першій камері на валу розташовані утоплені штифти, а в другій — тарілі.

11-д) Змішувач у формі циліндричної ємності з конічним патрубком, всередині якого вал з фігурними дисками і штифтами під кутом 120° . Вивантаження суміші відбувається через патрубок, на внутрішній поверхні ємності встановлено три ряди гальмівних штифтів. Такі змішувачі-гомогенізатори використовуються на агрегатах ФТК-1000 (Угорщина).

Тістомісильні машини безперервної дії включають вітчизняні моделі Х-12 (Х-12Д), Х-26, И8-ХТА-12/1, а також імпорتنі машини.

Робота машин Х-12, Х-26А та И8-ХТА-12/1 полягає у наступному:

Борошно надходить у трубу автоматичного живильника, де його рівень контролюється електромеханічними датчиками та барабаном дозування. Швидкість обертання барабана регулюється зміною довжини кривошипа. Рідкі інгредієнти подаються одночасно з борошном від станції дозування.

Тістомісильна машина Х-12 (рис. 2.4) складається з корита з нержавіючої сталі, в якому встановлений вал з вісьмома лопатями за гвинтовою лінією. Привід вала здійснюється від електродвигуна через редуктор та циліндричну передачу.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						25
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Борошно, вода та інші компоненти безперервно надходять у корито. У першій частині корита маса інтенсивно перемішується лопатями. У середній частині встановлена перегородка, через яку перемішана маса витісняється, опрацьовується та пластифікується лопатями. Через випускний отвір готова маса надходить в апарат для бродіння. У машині Х-12Д використовується дозатор борошна та автоматична станція дозування ВНИИХП-О-6 для забезпечення точності процесу.

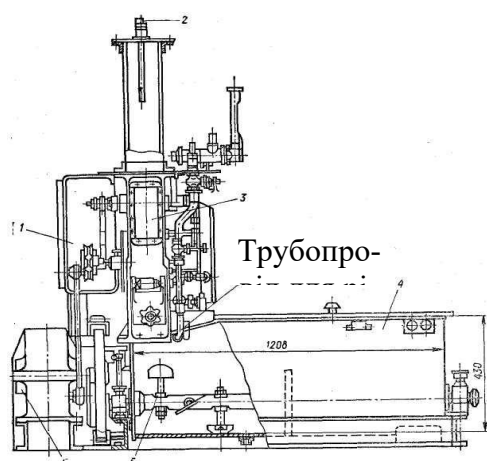


Рис. 2.4 - Тістомісильна машина Х-12:

1 – горизонтальна камера мішалки; 2 – вал мішалки; 3 – верхня кришка камери мішалки; 4 – замочний пристрій; 5 – патрубок для подачі борошна; 6 – станина; 7 – варіатор; 8 – патрубок для подачі рідких компонентів; 9 – заслінка; 10 – смуга тіста; 11 – стрічковий конвеєр.

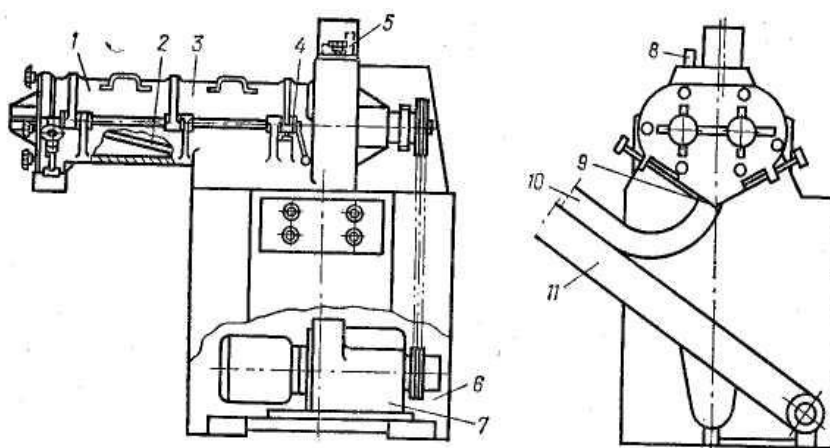


Рис. 2.5 - Машина тістомісильна КВТ-1000

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		26

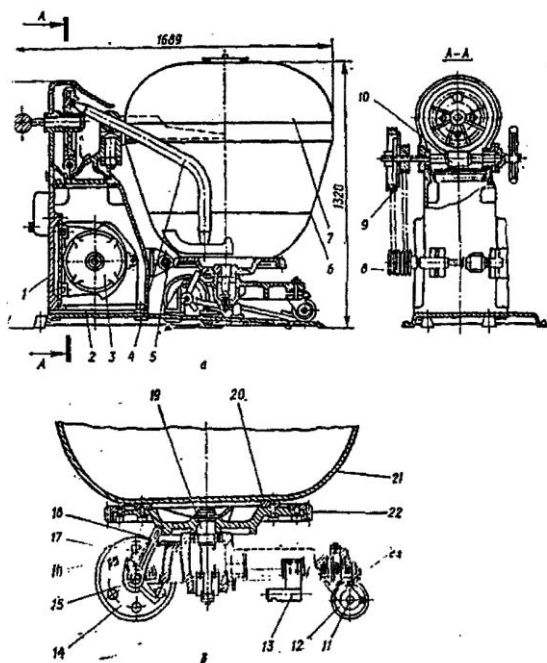
1 – горизонтальна камера мішалки; 2 – вал мішалки; 3 – верхня кришка камери мішалки; 4 – замочний пристрій; 5 – патрубок для подачі борошна; 6 – станина; 7 – варіатор; 8 – патрубок для подачі рідких компонентів; 9 – заслінка; 10 – смуга тіста; 11 – стрічковий конвеєр.

Тістомісильні машини періодичної дії з підкатними діжами.

До машин цього типу належать "Стандарт", Т1-ХТ2А, А2-ХТБ, ТММ-1М та окремі іноземні аналоги. Вони застосовуються для замішування тіста з пшеничного або житнього борошна, переважно на малих і середніх хлібопекарнях.

Модель "Стандарт" складається з фундаментної плити, корпусу з місильним важелем і підкатної діжі об'ємом 330 л. Місильний важіль — це вигнутий вал з лопаттю, який обертається разом з діжою. Діжу встановлюють на напрямні й фіксують, запуск здійснюється через електродвигун. Обертання діжі забезпечує черв'ячна передача, розташована в нижній частині корпусу. Після замісу обертання автоматично припиняється.

Серед переваг: зручність експлуатації, простота конструкції, якісний заміс. Основним недоліком є швидкий знос відкритої черв'ячної передачі.



1 – корпус машини; 2 – фундаментна плита; 3 – електродвигун; 4 – місильний важіль; 5 – черв'ячний вал; 6 – діжа; 7 – кришка; 8 – клиноремінна передача; 9 – фрикційна муфта; 10 – редуктор; 11 – вісь направляючого колеса; 12 – на-правляюче

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		27

колесо; 13 – палець; 14 – ходові колеса; 15 – вісь ходових колес; 16 – корпус візка; 17 - важільна защіпка; 18 - пружина защіпки; 19 - цапора центральна; 20 - фланець чану; 21 - чан; 22 - черв'ячне колесо; 23 - кронштейн направляючого колеса.

Тістомісильна машина ТММ-1М призначена для автоматизації процесу замісу тіста на невеликих хлібопекарських підприємствах та в кондитерських цехах.

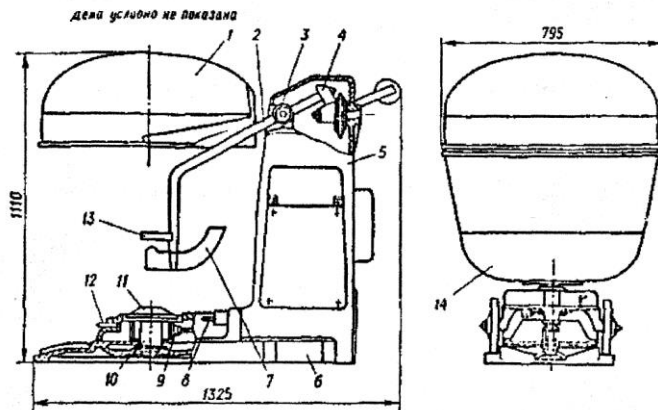


Рис. 2.7 - Тістомісильна машина ТММ-1М.

1 - огорожа; 2 - місильний важіль; 3 - обертальний кулак; 4 - кривошип; 5 - корпус; 6 - фундаментна плита; 7 - лопасть; 8,12 - штирі; 9 - квадратне гніздо; 10 - редуктор; 11 - конічний диск; 13 - направляюча лопатка; 14 - діжа.

Редуктор привода діжі складається з чавунного корпусу, черв'яка, черв'ячного колеса, встановленого на валу, та кришок. На верхній частині вала розміщений конічний диск з квадратним гніздом, куди під час встановлення діжі входить квадратний хвостовик шпигцевого вала діжі.

Всередині корпусу машини на осі закріплений кривошип, що складається із зірочки, корпусу та підшипника. У верхній частині передньої стінки корпусу є виріз для місильного важеля та втулка, в якій на підшипнику ковзання розміщений обертальний кулак. До вилки кулака прикріплений палець, на якому закріплений місильний важіль.

Виступи візка та вилки обертального колеса мають горизонтальні отвори для бічних штирів, які закріплені в корпусі машини. Під час накочування діжі на плиту корпус візка насаджується на штирі.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		28

Процес замісу тіста відбувається у підкатній діжі, яка встановлюється на фундаментальну плиту під місильний важіль. Під час роботи важіль і діжа обертаються у зустрічних напрямках. На нижньому кінці важеля розташовані лопать та напрямна лопатка, що забезпечують оптимальне перемішування. Процес накочування та викачування діжі здійснюється вручну.

Таблиця 2.2 - Порівняння двох тістомісильних машин.

Показники	„Стандарт”	TMM-1M
Місткість діжі, м ³	0,330	0,140
Кількість гойдань місильного важеля, хв	24	28,94
Частота обертання місильного органу навкруги своєї вісі, об/хв	1	-
Тривалість одного замісу ,с(хв.)	600 (10)	420-1200 (7-20)
Кутова швидкість оберту діжі, рад/с	0,63	0,43
Кутова швидкість оберту місильного важеля навкруги вісі діжі, рад/с	1	-
Встановлена потужність електродвигунів, кВт	4,5	2,2
Габаритні розміри, мм	1720×1040×1385	1325×795×1110
Габаритні розміри діжі, мм	1065×887	795×722
Маса машини (без діжі), кг	550	293
Маса діжі, кг	160	65

На основі проведеного аналізу можна спроектувати конструкцію машини, призначеної для приготування тіста як опарним, так і безопарним способом. Основним завданням модернізації є підвищення продуктивності обладнання та створення більш комфортних умов праці для операторів.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						29
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення

Для вивчення можливостей модернізації тістомісильних машин даного типу розглянемо приклади на основі існуючих патентних розробок.

1) Патент UA 18938 U (Корисна модель)

Цей винахід належить до хлібопекарського обладнання для безперервного приготування тіста й опари, що може використовуватися на підприємствах хлібопекарської промисловості. Відомою є тістомісильна машина И8-ХТА-12/1, призначена для замішування хлібного тіста. Основні її недоліки — недотримання раціональної частоти та інтенсивності замісу залежно від етапу процесу, відсутність автоматичного керування та недостатня питома енергія замісу через низьку частоту обертання валів.

Корисна модель пропонує встановлення двох дозаторів борошна: один на початку робочої камери, другий — у другій третині її довжини. Такий підхід дозволяє зменшити енергозатрати під час замісу. У першій стадії замісу до камери подаються всі рідкі компоненти та більша частина борошна. В результаті тісто з підвищеною вологістю стає менш в'язким, що сприяє економії енергії. Поступове додавання залишку борошна в кінці процесу забезпечує отримання тіста з необхідними показниками якості.

2) Авторське свідоцтво SU 1253560 A1

Цей винахід стосується безперервних тістомісильних машин у хлібопекарській промисловості. Метою розробки є підвищення продуктивності та інтенсифікація процесу замісу.

Машина містить дозатор борошна, коритоподібну ємність та центральний вал з лопатками. Для покращення процесу замісу в ємності додатково встановлено три вали з лопатками, що обертаються за планетарним принципом навколо центрального вала. Така конструкція сприяє створенню турбулентних потоків у тісті, забезпечуючи інтенсивне змішування компонентів та зменшуючи тривалість замісу.

3) Патент UA 2305940 C1

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						30
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Цей винахід також належить до хлібопекарського обладнання і призначений для приготування тіста. Основними недоліками попередніх моделей є складність конструкції, низька надійність та недостатня якість замісу.

Рішенням проблеми стало використання комбінованої системи лопатей: на основному валу встановлені як нерухомі, так і рухомі лопаті, осі яких перпендикулярні основному валу. Додаткові рухомі лопаті розташовані між нерухомими, що дозволяє більш рівномірно перемішувати тісто. Жорсткі пальці в нижній частині корпусу створюють додатковий механічний вплив, що сприяє поліпшенню структури тіста та зменшенню енерговитрат.

Таким чином, аналіз існуючих патентних рішень дозволяє виділити основні напрямки модернізації тістомісильних машин: зменшення енерговитрат, покращення якості тіста та підвищення надійності конструкції.

Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення

Ми провели детальний аналіз роботи тістомісильних машин, що застосовуються у виробництві борошняних виробів, і дійшли висновку: якість перемішування тіста має суттєвий вплив на кінцевий результат. З огляду на це, постала потреба модернізувати конструкцію машини, аби підвищити ефективність її роботи.

Конструкція тістомісильної машини включає борошняний дозатор, ночноподібну ємність та центральний вал із закріпленими на ньому лопатками. Для покращення процесу змішування пропонується встановити додаткові вали з лопатками, які обладнуються шестернями, що входять у зачеплення з шестірнею на центральному валу.

Тістомісильна машина обладнана завантажувальною воронкою, випускним отвором і приводом. Між шестернями та ночноподібною ємністю розташована кругла перегородка, яка з одного боку виконує функцію водила, жорстко встановленого на центральному валу, а з іншого — слугує прокладкою для запобігання потраплянню тіста в механізм приводу. Лопатки на додаткових валах мають гвинтову конфігурацію, що сприяє покращенню інтенсивності змішування.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						31
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Рух передається від двигуна на центральний вал, який у свою чергу приводить в дію систему шестерень. Додаткові вали обертаються не тільки навколо центрального вала, але й навколо власної осі, здійснюючи планетарний рух. Така кінематика забезпечує рівномірне та якісне замішування тіста.

Перегородка синхронно обертається разом із додатковими валами, що сприяє інтенсивному замісу тіста. Після обробки тісто виходить через випускний отвір під тиском, що дозволяє транспортувати його трубопроводом на наступні етапи обробки. Завдяки планетарному руху робочих органів значно скорочується час замісу, що позитивно впливає на продуктивність машини.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						32
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини (вузла)

Аналіз процесу змішування тіста в тістомісильній машині безперервної дії, а також чинників, що на нього впливають, показав: необхідна для замісу опари потужність не є сталою. На початку, коли відбувається лише змішування компонентів, вона найменша, але поступово зростає і досягає піку на завершальному етапі замісу. З метою спрощення розрахунків виконаємо побудову балансу потужності для одного повного оберту місильного органа.

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \quad (3.1)$$

де N – потрібна потужність для замісу опари, кВт;

N_1 – потужність приводу, яка витрачається на перемішування маси, кВт;

N_2 – потужність приводу, яка витрачається на перемішування лопатей машини, кВт;

N_3 – потужність приводу, що витрачається на нагрів опари і дотичних з нею металевих частин машини, кВт;

N_4 – потужність приводу, що витрачається на зміну структури опари, кВт.

Наведемо формулу для розрахунку потужності приводу, яка витрачається на перемішування опарної маси.

Розглянемо спрощену модель тістомісильної машини: вона складається з робочої ємності, всередині якої обертається вал з лопаткою прямокутної форми, закріпленою на ньому. Під час обертання вала на занурену в опару лопать діють сили опору з боку маси. Ці сили спрямовані як уздовж осі обертання (осьовий напрям), так і перпендикулярно їй (радіальний напрям). У розрахунках приймається, що точка прикладання рівнодіючої сили опору розташована на третині довжини лопаті від її краю.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						33
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

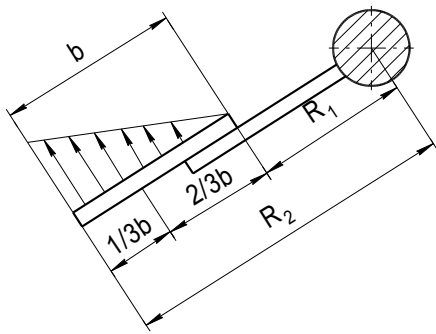


Рис. 3.1 – Схема розрахунку для визначення сил опору, діючих на лопать.

Осьова складова рівнодіючої сил опору визначаються за формулою:

$$P_o = F[r \cdot \rho_o \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi/2) + 2C \cdot \operatorname{tg} (45^\circ + \varphi/2)] \cdot (\sin \alpha - \mu \cos \alpha), \quad (3.2)$$

де $F = 0,006 \text{ м}^2$; – площа лопаті, зануреної в опару, м^2 ;

r – радіус до точки прикладання рівнодіючої сил опору, м;

$\varphi = 45^\circ$ – кут внутрішнього тертя опари, град;

$C = 5000 \text{ Па}$ – питоме зчеплення опари з матеріалом лопаті, Па;

$\alpha = 30^\circ$ – кут нахилу лопаті до осі обертання, град;

$\mu = 1$ – коефіцієнт тертя опари о лопать;

$\rho_o = 1080 \text{ кг/м}^3$ – щільність опари, кг/м^3 .

Радіус до точки прикладання рівнодіючої сил опору визначається зі співвідношення:

$$r = R_1 + 2/3b, \quad (3.3)$$

де $R_1 = 0,1 \text{ м}$ – відстань від осі вала до лопаті, м;

$b = 0,63 \text{ м}$ – висота лопаті, м,

$$r = 0,1 + 2/3 \cdot 0,63 = 0,52 \text{ м}.$$

Тоді за формулою (3.2) маємо:

$$P_o = 0,006 \cdot [0,52 \cdot 1080 \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 45/2) + 2 \cdot 5000 \cdot \operatorname{tg}(45 + 45/2)] \cdot (\sin 30^\circ - 1 \cdot \cos 30^\circ) = 165,5(0,5 + 0,9) = -66,2 \text{ Н}.$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		34

Радіальна складова рівнодіючої сил опору, визначається за формулою:

$$P_p = F[r \cdot \rho_o \cdot \text{tg}^2(45 + \varphi/2) + 2c \cdot \text{tg}(45 + \varphi/2)] \cdot (\cos\alpha + \mu \sin\alpha), \quad (3.4)$$

$$P_p = 165,5(0,9 + 1 \cdot 0,5) = 231,7 \text{ Н.}$$

Необхідна потужність при перемішуванні опари може бути визначена так:

$$N_I = \sum [(P_o V_o + P_p V_p) \cdot K] / (1000 \cdot \eta), \quad (3.5)$$

де V_o – осьова швидкість руху точки заломлення рівнодіючої сил опору, що діють на лопать, м/с;

$$V_o = V_p \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha, \quad (3.6)$$

де V_p – окружна швидкість руху точки заломлення рівнодіючої сил опору, що діють на лопать, м/с,

$$V_p = r^2 \cdot n / 30, \quad (3.7)$$

де $n = 56,3 \text{ хв}^{-1}$ – число обертів місильної лопаті в хвилину, хв^{-1} ;

$K = 11$ – число лопатей на одному валу машини;

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт ККД.

$$V_p = (0,52)^2 \cdot 56,3 / 30 = 0,5 \text{ м/с},$$

$$V_o = 0,5 \cos 30^\circ \sin 30^\circ = 0,2 \text{ м/с}.$$

Тоді за формулою (3.5) потужність приводу, витрачається на перемішування опари буде дорівнювати:

$$N_I = \sum (-66,2 \cdot 0,2 + 231,7 \cdot 0,5) \cdot 11 / (1000 \cdot 0,85) = 1,3 \text{ кВт}.$$

Виконуємо розрахунок потужності приводу, що забезпечує обертання лопатей машини, а також нагрівання опарної маси й металевих елементів, які з нею контактують.

Роботу, яка витрачається на обертання місильних лопатей, можна визначити за наступним виразом:

$$A_2 = (2/3) K \cdot b \cdot \sigma \cdot \rho_o \cdot \pi^2 n^2 (R_2^3 - R_1^3), \quad (3.8)$$

де $\sigma = 0,01 \text{ м}$ – товщина лопаті лопатки, м;

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						35
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$R_2 = 0,16$ м – радіус обертання лопаті, м.

$$A_2 = (2/3) \cdot 11 \cdot 0,063 \cdot 0,01 \cdot 1080 \cdot 3,14^2 \cdot 56,3^2 (0,16^3 - 0,1^3) = 482,8 \text{ Дж/об.}$$

Робота, що витрачається на нагрівання опари і металоконструкцій тестомесильної машини за один оборот однієї місильної лопаті::

$$A_3 = (t_1 - t_2) / [n \cdot \tau (m_m \cdot c_m + m_{ж} \cdot c_{ж})], \quad (3.9)$$

де $t_1 = 30$ °С – температура маси в кінці замеса, °С;

$t_2 = 25$ °С – температура маси в началі змішування, °С;

m_m – маса опари, яка знаходиться в місильній ємності, кг;

$c_m = 2500$ Дж/(кг·К) – середня теплоємність опари, при температурі 30°С, Дж/(кг·К);

$m_{ж} = 100$ кг – маса металоконструкцій машини, що прогріваються при замісі, кг;

$c_{ж} = 500$ Дж/(кг·К) – середня теплоємність нержавіючої сталі Дж/(кг·К);

$\tau = 0,5$ с – тривалість змішування, с.

Визначимо масу опари, що знаходиться в місильній ємності. Загальний обсяг місильного корита $V_k = 0,27$ м³.

Приймаємо корисний об'єм корита, рівний: $V_n = 0,8V_k$, $V_p = 0,22$ м³.

При щільності опари $\rho_o = 1080$ кг/м³ маса опари буде складати $m_m = 235$ кг.

Тоді робота на нагрівання, обумовлена:

$$A_3 = (30 - 20) / (56,3 \cdot 1800) (235 \cdot 2500 - 100 \cdot 500) = 26,5 \text{ Дж/об.}$$

Визначимо витрату енергії за один цикл місильного органу на 1 кг опари за складовими A_2 та A_3

$$A_{n(2,3)} = \tau_3 n / \sum A_{2,3} m_m \quad (3.10)$$

$$A_{n(2,3)} = 1800 \cdot 56,3 / (482,8 + 26,5) \cdot 235 = 0,85 \text{ Дж/кг.}$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						36
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

За величиною витрати енергії розраховуємо потужність приводу на переміщення лопатей машини і нагрівання опари:

$$N_{2,3} = A_{(2,3)}/\eta. \quad (3.11)$$

$$N_{2,3} = 0,85/0,85 = 1 \text{ кВт}.$$

Визначення потужності приводу, необхідної для зміни структури опарної маси.

Оскільки структурні перетворення тіста напряму залежать від інтенсивності замішування та є пропорційними до роботи, витраченої на перемішування, припустимо, що потужність, яка витрачається на зміну структури, дорівнює: $0,1N_1$. Ця величина буде складати $N_4 = 0,13 \text{ кВт}$.

Тоді за формулою (3.1) визначаємо загальну потужність, необхідну для приводу тестомесильної машини.

$$N = 1,3 + 1,0 + 0,13 = 2,43 \text{ кВт}.$$

Фактично з заводу на машині встановлений двигун потужністю 4 кВт. Такий запас потужності прийнятий тому, що в конструкції машини И8-ХТА-12/1 присутній другий вал.

Розрахунок продуктивності

Продуктивність тістомісильної машини безперервної дії марки И8-ХТА-12/1, може бути визначена за такою формулою:

$$\Pi = \varphi \cdot \rho_o (\pi \cdot D^2) / (4 \cdot 60) S n, \quad (3.12)$$

де $\varphi = 0,2$ – коефіцієнт подачі, залежний від конструкції лопаток і їх розташування на валу;

$\rho_o = 0,32 \text{ м}$ – зовнішній діаметр лопаток, м;

$S = 0,155 \text{ м}$ – крок лопаток, м;

$n = 56,3 \text{ хв}^{-1}$ – число обертів лопаток, хв^{-1} .

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						37
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Тоді маємо:

$$\Pi = 0,2 \cdot 1080(3,14 \cdot 0,32^2) / (4 \cdot 60 \cdot 0,115 \cdot 56,3) = 18,7 \text{ кг/хв.}$$

Годинна продуктивність тістомісильної машини буде складати:

$$\Pi_{\text{ч}} = 1122 \text{ кг / год.}$$

Розрахунок сальникового вузла.

Визначення ключових геометричних розмірів для проєктування сальникового вузла базується на експлуатаційному досвіді з урахуванням основних чинників, що впливають на роботу обертових елементів. Основним змінним компонентом конструкції є сальникове кільце, виготовлене з тонкошерстої повсті відповідно до стандарту ГОСТ 288-72*.

Ширина сальникового кільця визначається з умови

$$S_k = 2,1 \sqrt{d}, \quad (3.13)$$

де $d = 50$ мм – діаметр тістомісильного вала, мм,

$$S_k = 2,1 \sqrt{50} = 15 \text{ мм.}$$

Тоді внутрішній діаметр корпусу сальникового вузла буде дорівнювати:

$$D_{\text{вн.корп.с.у.}} = d + 2 \cdot S_k \quad (3.14)$$

$$D_{\text{вн.корп.с.у.}} = 50 + 2 \cdot 15 = 80 \text{ мм.}$$

Первісна товщина сальникового кільця вибирається за ГОСТ 288-72 * виходячи з $D_{\text{вн.корп.с.у.}} = 80$ мм, $h_o = 20$ мм. Товщина кільця в робочому стані визначається так:

$$h = K_y \cdot h_o, \quad (3.15)$$

де $K_y = 0,9$ – коефіцієнт усадки,

$$h = 0,9 \cdot 20 = 18 \text{ мм.}$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						38
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Глибина розточення корпусу сальникового вузла з урахуванням забезпечення спрямування натискної втулки (грундбукси)

$$H_k = h + S_k \quad (3.16)$$

$$H_k = 18 + 15 = 33 \text{ мм.}$$

Висота грундбукси вибирається з параметричного ряду виходячи з особливостей конструювання $h_p = 45 \text{ мм.}$

Посадковий діаметр грундбуксы розраховується як:

$$D_r = d + 2S_k \quad (3.17)$$

$$D_r = 50 + 2 \cdot 15 = 80 \text{ мм.}$$

Діаметр різьби кришки гайки визначається за формулою:

$$d_p = \sqrt{3(D^2 - d^2)P_r / [\sigma_p]}, \quad (3.18)$$

де $P_r = 0,8 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – тиск герметизації, Па;

$[\sigma] = 0,1 \cdot 10^6 \text{ Па}$ - допустиме напруження, Па

$$d_p = \sqrt{(3(80^2 - 50^2)0,8 \cdot 10^6) / 0,1 \cdot 10^6} = 100 \text{ мм.}$$

Для забезпечення герметичності сальникового вузла зусилля затяжки, з яким кришка-гайка повинна діяти на грундбуксу, повинна становити:

$$F_3 = [\pi(D^2 - d^2)P_r / 4] (e^{2kfh / S_k} - 1), \quad (3.19)$$

де $k = 0,6$ – коефіцієнт бічного тиску;

$f = 0,014$ – коефіцієнт статичного тертя сальникового кільця про вал і корпус;

e – основа натурального логарифма,

$$F_3 = [3,14(0,08^2 - 0,05^2)0,8 \cdot 10^6 / 4] \cdot e^{2 \cdot 0,6 \cdot 0,014 / 0,015} = 751 \text{ Н.}$$

Сила тертя між сальниковим кільцем і обертовим валом:

$$F_{mp} = [(\pi d \cdot f_{\kappa_{ин}} \cdot P_r \cdot S_k) / (2kf)] (e^{2kfh / S_k} - 1), \quad (3.20)$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						39
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

де $f_{\text{кин}} = 0,02$ – коефіцієнт кінематичного тертя між сальниковим кільцем і валом.

$$F_{mp} = [(3,14 \cdot 0,001 \cdot 0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,015) / (2 \cdot 0,014 \cdot 0,6)] (e^{2 \cdot 0,6 \cdot 0,014 \cdot 0,018 / 0,015} - 1) = 4,6 \text{ Н}$$

Момент тертя в сальникових ущільнень визначається за формулою:

$$M_{mp} = F_{mp} d / 2, \quad (3.21)$$

$$M_{mp} = 4,6 \cdot 0,05 / 2 = 0,12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність, що витрачається на подолання сил тертя в вузлі:

$$N_c = M_{mp} \cdot \omega \quad (3.22)$$

де ω – кутова частота обертання місильного вала, рад/с,

$$\omega = \pi n / 30, \quad (3.23)$$

$$\omega = 3,14 \cdot 56,3 / 30 = 5,9 \text{ рад/с}.$$

Тоді за формулою (3.22) потужність, яка витрачається на подолання сил тертя в сальниковім вузлі, складе:

$$N_c = 0,12 \cdot 5,9 = 0,7 \text{ Вт}.$$

3.2 Енергетичний розрахунок машини (вузла)

Для того щоб прорахувати і проаналізувати робочий процес складемо баланс енерговитрат і оцінюємо частку кожної зі статей витрат у загальній витраті енергії.

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (3.24)$$

де A_1 — робота, що витрачається на перемішування маси; A_2 — робота, що витрачається на переміщення лопатей; A_3 — робота, що витрачається на нагрівання тіста і дотичних з ним металевих частин машини; A_4 — робота, що витрачається на зміну структури тіста.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						40
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$A_1 = ab\pi\rho_T \cos(90 - \alpha)(r_1^2 - r_2^2) \left[(1 - k)\pi^2(r_2^2 + r_1^2) + (kS^2)/2 \right] \quad (3.25)$$

де k — коефіцієнт подачі тіста, що показує, яка частка маси, захопленої місильною лопаткою, переміщається в осьовому напрямку; для такого типу машин $k = 0,1-0,5$; b — висота лопатки; α — кут лопатки; S — крок утворюючий нахил лопатки.

$$A_1 = 2 \times 45 \times 0,19 \times 3,14 \times 1100 \times 1 \times 0,69 \times (0,19^2 - 0,14^2) \times [(1 - 0,2) \times 3,14(0,19^2 + 0,14^2) + 0,2 \times 0,14^2 / 2] = 95,4 \text{ Дж} / \text{об.}$$

Роботу, расходуемую на привод місильних лопатей, визначимо за рівнянням

$$A_2 = \frac{2}{3} ab\delta\rho_n \pi^2 n^2 (r_2^3 - r_1^3) \quad (3.26)$$

$$A_2 = 2 \times \frac{2}{3} \times 45 \times 0,19 \times 0,01 \times 7800 \times 3,14^2 \times 0,5^2 \times (0,19^3 - 0,14^3) = 36,07 \text{ Дж} / \text{об}$$

Роботу, що витрачається на нагрівання тіста і дотичних з ним металевих частин машини за один оберт місильної лопатки,

$$A_3 = (t_1 - t_2) / n\tau_3 (m_T c_T + m_{жс} c_{жс}), \quad (3.27)$$

де m_T — маса тіста, яке знаходиться в місильній ємності; $m_{жс}$ — маса металоконструкції машини, яка прогрівається при замісі; $c_T, c_{жс}$ — середня теплоємність тіста та металу; $t_2; t_1$ — температура маси на початку та в кінці змішування; τ_3 — тривалість змішування, с.

$$A_3 = \frac{35 - 28}{1 \times 600} \times (50 \times 2300 + 16 \times 500) = 956,6 \text{ Дж} / \text{об.}$$

Роботу, витрачаєму на зміну структури тіста, визначимо з рівняння:

$$A_4 = 0,05 \times 95,4 = 4,77 \text{ Дж} / \text{об.},$$

На підставі отриманих даних складемо баланс енерговитрат:

$$A = 95,4 + 36,07 + 956,6 + 4,77 = 1092,84 \text{ Дж} / \text{об.}$$

Висловимо складові балансу у відсотках:

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		41

$$A_1=8,73\%; A_2 = 3,3 \%; A_3 = 87,4 \%; A_4=0,44 \%.$$

3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини (вузла)

Кінематичний розрахунок привода

Передавальне число приводу

$$u_o = n_{mp} / n_{np} \quad (3.28)$$

$$u_o = 120 / 60 = 2$$

$$U_o = u_{1-2} * u_{2-3} = d_2/d_1 * d_2/d_3$$

$$U_o = 1,4 * 1,43 = 2,01$$

де d_1, d_2, d_3 – ділильні діаметри шестерень (на валу моторредуктора, на проміжному валу, на привідному валу)

Визначаємо крутний момент на валах приводу:

а) на валу двигуна (моторредуктора)

$$T_{\partial\partial} = 9550 P_{\partial\partial} / n_{\partial\partial} \quad (3.29)$$

$$T_{\partial\partial} = 9550 \times 4 / 150 = 255 \text{ Н м}$$

б) на проміжному валу

$$T_{1-2} = T_{\partial\partial} u_{1-2} \eta = 255 \times 1,4 \times 0,95 = 338,5 \text{ Н м}$$

в) на привідному валу тістомісильної машини

$$T_{2-3} = T_{\partial\partial} u_{1-2} u_{2-3} \eta \eta_{nm}^3 / 2 = 255 \times 2 \times 0,96 \times 0,99^3 / 2 = 489,6 \text{ Н м}$$

Визначимо частоти обертання валів приводу:

Вал моторредуктора

$$N_{\partial\partial} = n_{\partial\partial} = 150 \text{ об/хв}$$

Вал проміжний

$$N_{пром} = n_{\partial\partial} / u_{1-2} = 150 / 1,4 = 107 \text{ об/хв}$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						42
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Вал привідний тістомісильної машини

$$N_{np} = n / u_o = 150 / 2 = 60 \text{ об/хв}$$

Розрахунок зубчастої циліндричної передачі

Вихідні дані для розрахунку зубчастої циліндричної прямозубой передачі

Крутний момент на валу шестерні: $T_1 = 489,6 \text{ Н м}$

Передавальне число: $u = 1,4$

Частота обертання вала шестерні: $n_1 = n_{ex} = 60 \text{ об/хв}$

Для шестерні обираємо сталь 40Х, термообробка - покращення, призначаємо твердість робочих поверхонь зубів шестерні

$$HB_1 = 280$$

$$HB_2 = 270$$

так як передача працює тривалий час, то коефіцієнт довговічності для шестерні

$$K_{HL1} = K_{HL2} = 1$$

Визначимо допустимі контактні напруги для шестерні

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H_0}}{S_H} \cdot K_{HL}, \quad (3.30)$$

де σ_{H_0} – базова межа витривалості робочих поверхонь зубів;

$S_H = 1,1$ – коефіцієнт безпеки;

$$\sigma_{H_{01}} = 2 \cdot HB_1 + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 630 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.31)$$

$$\sigma_{H_{02}} = 2 \cdot HB_2 + 70 = 2 \cdot 270 + 70 = 610 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma_H]_1 = \frac{\sigma_{H_{01}}}{S_H} \cdot K_{HL_1} = \frac{630}{1,1} \cdot 1 = 572,7 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma_H]_2 = \frac{\sigma_{H_{02}}}{S_H} \cdot K_{HL_2} = \frac{610}{1,1} \cdot 1 = 554,5 \text{ Н/мм}^2$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						43
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Допустимі контактні напруги для розрахунку прямозубої ступені

$$[\sigma_H] = \frac{[\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2}{2} = \frac{572,7 + 554,5}{2} = 563,6 \text{ Н/мм}^2$$

Розрахунок допускаються контактних напружень для перевірки передачі при перевантаженнях

$$[\sigma_H]_{\max} = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 700 = 1960 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\text{где } \sigma_T = 700 \text{ Н/мм}^2$$

Розрахунок допустимих напружень вигину для прямозубої передачі

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F_0}}{S_F} \cdot \kappa_{FC} \cdot \kappa_{FL}, \quad (3.32)$$

де $S_F = 1,75$ – коефіцієнт безпеки;

$\kappa_{FC} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив двостороннього програми навантаження

κ_{FL} – коефіцієнт довговічності, $\kappa_{FL} = 1$

$\sigma_{F_0} = 1,8 \cdot HB$ – межа витривалості зубів при згині

$$[\sigma_F]_{\max} = 2,74 \cdot HB \quad (3.33)$$

$$\sigma_{F_{01}} = 1,8 \cdot HB_1 = 1,8 \cdot 280 = 504 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{F_{02}} = 1,8 \cdot HB_2 = 1,8 \cdot 270 = 486 \text{ Н/мм}^2$$

Допустима напруга при перевантаженні

$$[\sigma_F]_{\max} = 2,74 \cdot HB_2 = 2,74 \cdot 270 = 739,8 \text{ Н/мм}^2$$

Визначимо допустимі напруження згину для прямозубої вихідній ступені

$$[\sigma_F]_1 = \frac{\sigma_{F_{01}}}{S_F} \cdot \kappa_{FC} \cdot \kappa_{FL_1} = \frac{504}{1,75} \cdot 1 \cdot 1 = 288,6 \text{ Н / мм}^2$$

$$[\sigma_F]_2 = \frac{\sigma_{F_{02}}}{S_F} \cdot \kappa_{FC} \cdot \kappa_{FL_2} = \frac{486}{1,75} \cdot 1 \cdot 1 = 277,7 \text{ Н / мм}^2$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						44
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Міжосьова відстань: $a=180\text{ мм}$

Модуль зчеплення: $m=(0.01\dots0.02)\cdot a$

$$M=0.015\cdot180=2.7$$

Приймаємо: $m=3$

Число зубів шестерні

$$z_1 = \frac{2 \cdot a}{(U+1) \cdot m} = \frac{2 \cdot 180}{(1.4+1) \cdot 3} = 50 \quad \text{привідний вал}$$

$$z_2 = z_1 \cdot U = 50 \cdot 1.4 = 70 \quad \text{проміжний вал}$$

Ділильні діаметри шестерні

$$d_1 = z_1 \cdot m = 50 \cdot 3 = 150\text{ мм}$$

$$d_2 = z_2 \cdot m = 70 \cdot 3 = 210\text{ мм}$$

Діаметр вершини зубів

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 150 + 2 \cdot 3 = 156\text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 210 + 2 \cdot 3 = 216\text{ мм}$$

Діаметр западин

$$d_{f1} = d_1 - 2.5m = 150 - 2.5 \cdot 3 = 142.5\text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5m = 210 - 2.5 \cdot 3 = 202.5\text{ мм}$$

Пректування привідного вала

а) Діаметр вала під підшипником

$$[\tau_{кр}] = 25\text{ МПа}$$

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 \cdot [\tau_{\text{ед}}]}} \quad (3.34)$$

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{489600}{0.2 \cdot 25}} = 46\text{ мм}$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						45
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Приймаємо діаметр валу під підшипник рівним: $d_n = 45 \text{ мм}$

б) Визначаємо діаметр валу під зубчасте колесо з рівняння

$$d_n = d_k + 2h, \quad (3.35)$$

де h – висота буртика.

Приймаємо за рекомендаціями $h = 2 \text{ мм}$, тоді: $45 = d_k + 2 \cdot 2$; звідки: $d_k = 42 \text{ мм}$.

в) Діаметр вала під уплотнення:

$$d_{y1} = d_n = 45 \text{ мм}.$$

$$d_{y2} = d_n = 45 + 2h = 45 + 2 \cdot 3 = 50 \text{ мм}$$

Приймаємо по рекомендаціям $h = 4 \text{ мм}$

г) Діаметр вала під кзакріплення лопатки

$$d_{\text{вл}} = d_n + 2 \times h = 45 + 2 \times 3 = 50 \text{ мм}.$$

Вал встановлюємо на радіальних сферичних дворядних шарикопідшипниках середньої серії №1309 ($C = 58,6 \text{ кН}$; $C_0 = 35,9 \text{ кН}$).

Підбір шпонок для вала

Для передачі обертаючих моментів застосовуємо шпонки призматичні з округленими торцями по ГОСТ 10748-68.

Вихідні дані:

Діаметр вала $d = 41 \text{ мм}$, крутний момент $T = 486,6 \text{ Н·мм}$,

висота шпонки $h = 8 \text{ мм}$, ширина шпонки $b = 12 \text{ мм}$.

Вибираємо матеріал шпонки - сталь 45 нормалізована

Визначення допустимих напружень по смятию $[\sigma_{\text{см}}]$

Рекомендовано $[\sigma_{\text{см}}] = 80 \dots 150 \text{ МПа}$

Приймаємо $[\sigma_{\text{см}}] = 150 \text{ МПа}$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						46
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначення робочої довжини шпонки l_p

$$l_p = \frac{4T}{d \cdot h \cdot [\sigma_{cm}]}, \quad (3.36)$$

де l_p – робоча довжина шпонки, мм.

$$l_p = \frac{4 \cdot 486,6}{41 \cdot 8 \cdot 150} = 38 \text{ мм}$$

приймаємо $l_p = 38 \text{ мм}$

Визначення довжини шпонки l

$$l = l_p + b, \quad (3.37)$$

де l – довжина шпонки, мм.

$$l = 38 + 12 = 50 \text{ мм}$$

Вибираємо стандартну довжину шпонки з ряду: $l = 50 \text{ мм}$

Висновки за розділом

У третьому розділі пояснювальної записки до дипломного проєкту виконано розрахунки основних технологічних параметрів тістомісильної машини. Зокрема, визначено її продуктивність та необхідну потужність. Для приводу було обрано електродвигун згідно з ГОСТ 19523–81, типу 4А100С6/950, номінальною потужністю $N = 4 \text{ кВт}$ та частотою обертання $n_1 = 1500 \text{ об/хв}$. Проведено розрахунок зубчастої передачі, визначено міцність шпонкового з'єднання. Окрім того, розглянуто технологічний процес виготовлення окремих деталей та розроблено маршрутну карту їх обробки.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						47
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства

На всіх підприємствах машинобудівної та переробної галузей обов'язковим є дотримання законодавства з охорони праці, що має на меті зменшення ризику виробничих травм і нещасних випадків. Своєчасне впровадження заходів безпеки позитивно впливає не лише на здоров'я працівників, а й на економіку підприємства, оскільки сприяє зниженню втрат робочого часу, зменшенню професійних захворювань та підвищенню продуктивності праці. У сфері електротехнічної промисловості охорона праці передбачає забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов, навчання персоналу безпечним методам роботи, контроль дотримання норм безпеки, організацію режимів праці й відпочинку, наявність індивідуальних і колективних засобів захисту, а також санітарно-побутове обслуговування. Всі технічні стандарти, умови виробництва й документи повинні містити вимоги з охорони праці та узгоджуватись з органами державного нагляду.

Правову основу системи охорони праці складають державні нормативні акти — міжгалузеві та галузеві ДНАОП, а також внутрішні документи підприємств. ДНАОП загального користування діють на всі суб'єкти господарювання незалежно від форми власності, тоді як галузеві регламентують вимоги в межах певної сфери діяльності. На їх основі роботодавець зобов'язаний розробляти власні інструкції, положення та правила. Всі нормативні документи з охорони праці є обов'язковими до виконання та регулярно оновлюються — не рідше ніж раз на 10 років. Згідно зі статтею 44 Закону України «Про охорону праці», у разі порушення вимог відповідальність працівників може бути дисциплінарною, адміністративною, матеріальною або кримінальною — залежно від характеру порушення.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						48
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4.2 Аналіз небезпек

Умови праці працівників формуються під впливом різних факторів, серед яких особливу роль відіграють санітарно-гігієнічні умови. Вплив виробничого середовища може бути як позитивним, так і шкідливим — зокрема, коли йдеться про професійні ризики. Їх поділяють на чинники, пов'язані з недоліками організації праці, і на шкідливі умови виробництва. Для зниження їхнього впливу запроваджується система виробничої санітарії, яка охоплює технічні та організаційні заходи. Професійні шкідливості класифікують за дією: фізичні (шум, пил, вібрація, температура, освітлення), хімічні (токсини, пари, розчинники), біологічні (мікроорганізми), психофізичні (стрес, перевантаження, монотонність). Ці фактори можуть викликати хронічні хвороби, порушення нервової системи чи інфекції. Для їх контролю існують санітарні норми, які регулюють умови праці, розміщення обладнання, тривалість змін, рівень шуму, освітленість і температуру. Головна мета — забезпечення безпечних, здорових умов роботи.

4.3 Планування заходів з охорони праці

Планування організаційно-технічних заходів у сфері охорони праці

Планування охорони праці є невід'ємною частиною управління безпекою. Спочатку проводиться оцінка поточного стану охорони праці, далі — розробляються плани: довгострокові (на 2–5 років), поточні (на рік) та оперативні (на випадок виявлених порушень або надзвичайних ситуацій). Перспективне планування включає програми покращення умов праці, поточне охоплює соціально-побутові питання, а оперативне дає змогу швидко реагувати на проблеми. Фінансування всіх заходів покладається на роботодавця. Мінімальні витрати — 0,5% від реалізованої продукції для приватних підприємств і 0,2% від фонду оплати праці для бюджетних установ. Перелік дозволених витрат регламентований урядом.

Фінансування охорони праці

Фінансове забезпечення заходів у галузі охорони праці покладається на роботодавця. Зокрема, витрати на профілактику травматизму, реалізацію державних, ре-

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						49
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

гіональних і галузевих програм безпеки фінансуються з державного та місцевих бюджетів, де ці суми повинні бути виділені окремим рядком. Також дозволяється залучати інші джерела фінансування відповідно до чинного законодавства.

Для підприємств, які здійснюють виробничу діяльність, незалежно від форми власності, передбачено, що витрати на охорону праці мають становити не менше ніж 0,5% від обсягу реалізованої продукції. Для організацій, що утримуються з бюджету, ця сума повинна складати не менше ніж 0,2% від фонду оплати праці.

Перелік витрат, що можуть бути віднесені до валових витрат підприємства або фізичної особи-підприємця (яка використовує найману працю), регламентується окремим переліком заходів та засобів з охорони праці, затвердженим Кабінетом Міністрів України.

4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці

Таблиця 4.1 – Значення сили світла для умовній лампи зі світловим потоком $F_{л}=1000$ лм для світильника типу УПД ДРЛ

α ,град	Сила світла I_{α} , кд	α , град	Сила світла I_{α} , кд
0	284	90	2
5	280	95	4
15	277	105	4
25	258	115	4
35	228	125	5
45	181	135	5
55	106	145	5
65	56	155	4

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						50
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

75	26	165	4
85	6	175	3
		180	3

Рішення. Світильники встановлюються у вершинах квадрата зі стороною 5 метрів. Відстань від кожного світильника до стіни має становити половину відстані між суміжними світильниками. Для підвісу світильників приймаємо висоту $h_p = 4,5$ м. Подальші обчислення освітленості виконуються за раніше описаною методикою. Відстань d від світильника до центру кімнати (точка А) визначається на основі теореми Піфагора.

1 Визначаємо $\operatorname{tg} \alpha$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{h_p} = \frac{\sqrt{l_0^2 + l_0^2}}{h_p} = \frac{\sqrt{2,5^2 + 2,5^2}}{4,5} \approx 0,786. \quad (4.1)$$

2 Визначаємо α і $\cos^3 \alpha$

$$\alpha = 37^\circ, \cos^3 \alpha = 0,49.$$

3 Обчислюємо значення сили світла I_α . Згідно з таблицею 22, при куті $\alpha = 37^\circ$, сила світла для світильника з умовною лампою світлового потоку $\Phi_l = 1000$ лм становить $(I_\alpha)_{1000} = 214$ кд. Це значення отримуємо шляхом лінійної інтерполяції.

4 Далі виконуємо розрахунок освітленості в горизонтальній площині за відповідною формулою. При цьому використовуємо коефіцієнт запасу $K_z = 1,5$. Для одного світильника обчислення проводиться наступним чином:

$$E_r = I_\alpha \cos^3 \alpha / (K_z h_p^2) = 214 \cdot 0,49 / (1,5 \cdot 4,5^2) = 3,45 \text{ лк}. \quad (4.2)$$

Так як кожний з чотирьох світильників створює в розрахунковій точці однакову освітленість, то сумарна освітленість дорівнює

$$E_{\text{заг}} = 4E_r = 4 \cdot 3,45 = 13,8 \text{ лк}. \quad (4.3)$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						51
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5 Визначаємо світловий потік, який повинен створюватися у розрахунковій точці кожною лампою за формулою (39)

$$F_{\text{л}} = 1000 \cdot 250 / 13,8 = 18116 \text{ лм}, \quad (4.4)$$

6 За таблицею 23 підбираємо лампу ДРЛ з найближчим значенням світлового потоку: лампа ДРЛ-400, $F_{\text{л}}=18000$ лм.

7 Перевіряємо освітленість у розрахунковій точці в горизонтальній площині для обраної лампи:

$$E_{\text{Г фак}} = E_{\text{Г}} \cdot F_{\text{л}} / 1000 = 4 \cdot 3,45 \cdot 18000 / 1000 = 62 \text{ лк}. \quad (4.5)$$

$$E_{\text{заг фак}} = 4 \cdot E_{\text{Г фак}} = 4 \cdot 62 = 248 \text{ лк}. \quad (4.6)$$

Згідно з нормами проектування фактичне значення одержаної освітленості повинно відповідати наступним умовам:

$$0,9E_{\text{н}} \leq E_{\text{фак}} \leq 1,2E_{\text{н}}.$$

Таблиця 4.2 – Параметри ламп накаливання і ламп ДРЛ

Тип лампи	Потужність лампи, w, Вт	Світловий потік F, лм	Напруга на лампи, В
Лампи накаливання			
НБ	60	620	220
НБ	75	840	220
НБ	100	1240	220
НБК	100	1380	220
НГ	150	1900	220
НГ	200	2700	220
НГ	300	4350	220

НГ	500	8100	220
НГ	750	13100	220
НГ	1000	18200	220
НГ	1500	28000	220
Лампи ДРЛ			
ДРЛ-250М	250	10500	140
Тип лампи	Потужність лампи, w, Вт	Світловий потік F, лм	Напруга на лампи, В
ДРЛ-500М	500	21000	140
ДРЛ-750М	750	33000	140
ДРЛ-1000М	1000	46000	140
ДРЛ-80	80	2000	115
ДРЛ-125	125	4800	125
ДРЛ-250-2	250	10000	140
ДРЛ-400	400	18000	143
ДРЛ-700	700	33000	143
ДРЛ-1000-2	1000	50000	143

8 Виконуємо розрахунок освітленості у вертикальній площині, застосовуючи відповідну формулу. Оскільки в цю площину світло подається лише від двох світильників, значення освітленості в цьому випадку визначається сумарним впливом саме цих двох джерел.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						53
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E_B = 2E_{\Gamma}l_0 / h_p = 2 \cdot 62 \cdot 2,5 / 4,5 = 69 \text{ лк.} \quad (4.7)$$

9 Розраховуємо освітленість у похилій площині:

$$E_A = 2E_{\Gamma}(\cos\theta + l_0\sin\theta / h_p) = 2 \cdot 62(\cos 60^\circ + 2,5\sin 60^\circ / 4,5) = 122 \text{ лк.} \quad (4.8)$$

10 Розраховуємо потужність системи освітлення. Потужність однієї лампи обираємо за таблицею 23:

$$W = n \cdot w = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ Вт.} \quad (4.9)$$

Висновки за розділом

У цьому розділі ми визначили правові основи, проаналізували потенційні ризики, які можуть виникнути під час виконання трудових обов'язків, розглянули етапи організації заходів з охорони праці та здійснили обчислення необхідної освітленості з урахуванням кількості й типу обраних джерел світла.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						54
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини

Методику економічного обґрунтування дипломного проекту здійснюємо у два етапи. Спочатку проводимо оцінку технічного рішення модернізації машини, а потім робимо економічну оцінку конструкторської розробки машини.

Вибираємо основні показники технічного рівня вдосконаленої тістомісильної машини в порівнянні з аналогом – тістомісильна машина И8-ХТА-12/1 і зводимо їх у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 Основні показники тістомісильної машини.

Показник	Вдосконалена машина	Тістомісильна машина И8-ХТА-12/1
Продуктивність т/добу (кг/год)	1400	1308
Частота обертання робочих органів, хв ⁻¹	56,3	56,3
Потужність приводу, кВт	4,0	4,0
Габаритні розміри, мм:		
Довжина	1900	1900
Ширина	560	560
Висота	2230	2230
Маса, кг	830	800

Аналізуючи наведені характеристики, можна відзначити певне збільшення маси та продуктивності машини. З урахуванням покращення показників якості готової продукції (таких як консистенція й структура тіста), а також зростання

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						55
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

обсягу щоденного виробництва, можна зробити висновок про ефективність проведеної модернізації. Оцінювання технічного рівня вдосконаленої конструкції виконується з використанням відносних показників.

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

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

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

i – кількість порівняльних показників.

Узагальнений показник ступеня відповідності вдосконаленої машини кращим зразкам – аналогам визначаємо по формулі

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

При цьому може бути три варіанти економічної оцінки вдосконаленої машини:

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

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

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

У більшості випадків під час оцінки вдосконаленої машини беруть до уваги основні критерії: продуктивність, споживану потужність та вагу, тому аналіз зазвичай проводиться за п'ятьма ключовими відносними показниками.

Відносний показник продуктивності k_Q , визначаємо за формулою

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						56
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

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

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

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

$$k_Q = \frac{1400}{1308} = 1,07$$

Тобто умова $k_Q \geq 1,25$ не виконана.

Відносний показник енергоспоживання k_N , визначаємо за формулою

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

де N_p і N_a – відповідно потужність на привід розробленої машини (розрахункової) і аналога.

При цьому повинно бути враховано, що $k_N \leq 0,85$.

$$k_N = \frac{4,0}{4,0} = 1,0$$

Тобто умова $k_N \leq 0,85$ не виконана.

Відносний показник матеріалоємності k_M , визначаємо за формулою

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

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

При цьому повинно бути враховано, що $k_M \leq 0,85$.

$$k_M = \frac{830}{800} = 1,04$$

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						57
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Тобто умова $k_M \leq 0,85$ не виконана.

Відносний показник енергоємності k_E , визначаємо за формулою

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

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

$$k_E = \frac{1}{1 \cdot 1,04} = 0,96$$

Тобто умова $k_E \geq 1,25$ не виконана.

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

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

При цьому повинно бути враховано, що $k_U \geq 1,50$.

$$k_U = 1,07 \cdot 0,96 = 1,02$$

Тобто умова $k_U \geq 1,50$ не виконана.

Коефіцієнт технічного удосконалення k_{TY} визначаємо за формулою (2), яка має вид

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

Модернізована машина економічно вигідна, її технічне рішення відповідає кращим зразкам-аналогам, перспективна та економічно вигідна, якщо $k_{TY} > 1$.

$$k_{TY} = \frac{1,07 + 1,0 + 1,04 + 0,96 + 1,02}{5} = 1,02$$

$k_{TY} > 1$, значить вдосконалена тістомісильна машина відповідає кращим зразкам-аналогам, перспективна і економічно вигідна

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						58
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Результати заносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники технічного рівня модернізованої машини

Показник	Значення	Умова	Результат
1. $k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}$	1,07	$k_Q \geq 1,25$	не виконано
2. $k_N = \frac{N_p}{N_a}$	1,0	$k_N \leq 0,85$	не виконано
3. $k_M = \frac{M_p}{M_a}$	1,04	$k_M \leq 0,85$	не виконано
4. $k_E = \frac{1}{k_N \cdot k_M}$	0,96	$k_E \geq 1,25$	не виконано
5. $k_U = k_Q \cdot k_E$	1,02	$k_U \geq 1,50$	не виконано
6. $k_{TY} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}$	1,02	$k_{TY} \geq 1,0$	виконано

5.2. Економічна ефективність використання удосконаленого обладнання

Визначимо економію електроенергії за формулою

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

де N_{Π} , N_B – відповідно потужність на привід аналога та вдосконаленої машини;

T – час роботи машини у зміну, $T = 6,5$ год;

n – кількість змін, одна;

D - кількість робочих змін в рік, $D=330$;

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						59
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$B_{\text{кВт}}$ – вартість одного кВт. $B=0,9$ грн

$$E_e = 0 \cdot 6,5 \cdot 1 \cdot 330 \cdot 0,9 = 0 \text{ грн.}$$

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

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

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

G - обсяг переробленої продукції, $G = 536250$ кг.

Тоді для аналога $\sum_{i=1}^n E = 4,0 \cdot 6,5 \cdot 330 = 8580$;

Для модернізованої тістомісильної машини

$$\sum_{i=1}^n E = 4,0 \cdot 6,5 \cdot 330 = 8580.$$

Відповідно, енергоємність переробки для аналога

$$E_{\text{уд.ан}} = \frac{8580}{536250} = 0,016 \text{ кВт год/кг}$$

і модернізованої машини

$$E_{\text{уд.мод}} = \frac{8580}{536250} = 0,016 \text{ кВт год/кг.}$$

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

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						60
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

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

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

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

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

де n - кількість робітників, люд.

Для аналога

$$\sum_{i=1}^n T_n = 1 \cdot 6,7 \cdot 330 = 2211 \text{ люд год.}$$

$$T_{уд.ан} = \frac{2211}{536250} = 0,0041 \text{ люд·год/кг}$$

Для модернізованої тістомісильної машини

$$\sum_{i=1}^n T_n = 1 \cdot 6,5 \cdot 330 = 2145 \text{ люд год.}$$

$$T_{уд.мод} = \frac{2145}{536250} = 0,004 \text{ люд·год/кг.}$$

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.

$$E_{зрп} = 0,0001 \cdot 536250 \cdot 9,1 = 1488.$$

Загальна річна економія від модернізації складає

$$E_{рік} = 0 + 488 = 1488 \text{ грн.}$$

Визначимо витрати на виготовлення за формулою

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		61

$$C_M = C_K + C_{DM} + C_{PD} + C_{CB} + C_{CN}, \quad (5.15)$$

де C_K – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

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

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

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

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

Вартість виготовлення корпусних деталей дорівнює нулю, так як корпус рамки залишається не змінним. $C_K = 0$.

Витрати на виготовлення деталей на метало ріжучих станках визначається за формулою:

$$C_{DM} = C_{при} + C_M \quad (5.16)$$

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

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

$$C_{при} = C_{осн} + C_{доп} + C_{соц} + C_{ч} + C_{прем} \quad (5.17)$$

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..

$$C_{осн} = t_1 \cdot C_{год} \cdot K_t \quad (5.18)$$

де t_1 – середня трудоемкість на виготовлення деталей на метало ріжучих станках; $t_1 = 10 \text{ люд} \cdot \text{год}$;

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

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

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						62
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_{oc} = 10 \cdot 6,4 \cdot 1,5 = 96 \text{ грн}; C_{доп} = \frac{15 C_{осн}}{100}; C_{доп} = \frac{15 \cdot 96}{100} = 14,4 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 C_{осн}}{100}; C_{соц} = \frac{30 \cdot 96}{100} = 28,8 \text{ грн}; C_{ч} = \frac{12 C_{осн}}{100}$$

$$C_{ч} = \frac{12 \cdot 96}{100} = 11,5 \text{ грн}; C_{прем} = \frac{30 C_{осн}}{100}; C_{прем} = \frac{30 \cdot 96}{100} = 28,8 \text{ грн}$$

Тоді $C_{при} = 96 + 14,4 + 28,8 + 11,5 + 28,8 = 179,5$ грн.;

$$C_m = Q_3 \cdot C_1 \quad (5.19)$$

де C_1 – ціна 1 кг заготівки; $C_1 = 30,0$ грн.;

Q_3 – маса заготівки; $Q_3 = 10$ кг;

$$C_m = 30 \cdot 10 = 300 \text{ грн.}$$

Тоді $C_{дм} = 179,5 + 300 = 479,5$ грн.

Ціна куплених деталей складає 0 грн.

Вартість куплених комплектуючих дорівнює 0 грн. Оплата праці працівників, залучених до складання обладнання, обчислюється аналогічно до заробітної плати робітників, які виконують механічну обробку деталей на металорізальному устаткуванні. Таким чином, основна зарплата, при працеемності на збирання конструкції $T_{сб} = 3.5$ люд·год, буде рівнятися:

$$C_{осн} = 3.5 \cdot 4,5 \cdot 1,5 = 23,6 \text{ грн};$$

$$C_{доп} = \frac{15 \cdot 23,6}{100} = 3,54 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 23,6}{100} = 7,08 \text{ грн};$$

$$C_{ч} = \frac{12 \cdot 23,6}{100} = 2,8 \text{ грн}$$

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 23,6}{100} = 7,08 \text{ грн}$$

Тоді $C_{сб} = 23,6 + 3,54 + 7,08 + 2,80 + 7,08 = 44,1$ грн.

Цехові накладні витрати на виготовлення пристрою визначається за формулою:

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		63

$$C_{\text{цн}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot R_{\text{цн}}}{100} \quad (5.20)$$

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

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

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

$$C_{\text{цн}} = \frac{223,6 \cdot 250}{100} = 559 \text{ грн}$$

Відповідно вартість модернізації тістомісильної машини буде дорівнювати:

$$C_{\text{м}} = 479,5 + 44,1 + 559 = 1082,6 \text{ грн.}$$

Термін окупності вкладень на модернізацію тістомісильної машини

$T_{\text{рік}}$, рік, визначають по формулі:

$$T_{\text{рік}} = C_{\text{м}} / E_{\text{рік}} \quad (5.21)$$

$$T_{\text{рік}} = 1082,6 / 1488 = 0,72 \text{ років}$$

Таблиця 5.3 – Економічна оцінка конструкторської розробки машини

Показники	Значення	
	Розроблена тістомісильна машина	Аналог тістомісильної машини І8-ХТА-12/1
Річний об'єм переробки, кг	536250	536250
Трудоємність переробки, люд*год/кг	0,004	0,0041
Нергоємність переробки, Вт*год/кг	0,016	0,016
Витрати на створення, грн	1082,6	-----

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						64
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Прибуток від створення, грн/рік	1488	-----
Термін окупності вкладень на створення ,років	0,72	-----

Висновки за розділом

Після експертної оцінки технічних параметрів удосконаленої моделі видно, що лише один з показників – коефіцієнт технічного вдосконалення – демонструє перевагу над базовим аналогом. В економічному обґрунтуванні визначено, що витрати на вдосконалення машини становитимуть 1082,6 грн, а строк окупності цієї модернізації – приблизно 2,22 роки.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						65
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВОК

У даному дипломному проєкті представлено класифікацію тістомісильного обладнання, що застосовується на сучасних підприємствах харчової промисловості (зокрема, на ВАТ «Мелітопольський хлібокомбінат»), яке сприяє зростанню обсягів виробництва та покращенню його ефективності. Розглянуто конструкцію, будову та технічні параметри як вітчизняних, так і закордонних моделей тістомісильних машин.

Надано докладний опис машини І8-ХТА-12/1, її місце у виробничій лінії, особливості монтажу й експлуатації, а також принцип дії та технічні характеристики. Проведено розрахунки щодо енергоспоживання при замісі, продуктивності обладнання, параметрів привідного валу й шестерні.

Особливу увагу приділено питанням охорони праці, розглянуто відповідну нормативно-правову базу, яка регулює безпечні умови праці у виробництві.

У завершенні надано економічну оцінку доцільності модернізації, визначено окупність розробки та підтверджено її ефективність.

Загалом встановлено, що модернізоване тістомісильне обладнання є високопродуктивним і сприяє підвищенню ефективності технологічного процесу на підприємстві.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						66
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Самойчук К.О., Олексієнко. В.О., Паляничка Н.О., Ялпачик В.Ф. Технологічне обладнання хлібопекарської і макаронної галузі: навчальний посібник. Київ: ПрофКнига, 2021. 372 с.
2. Самойчук К. О., Бойко В. С., Олексієнко В. О. та ін. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник. Мелітополь: Видавничий будинок "ММД", 2020. 428с.
3. Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Ялпачик Ф.Ю., Гвоздєв О.В., Циб В.Г., Бойко В.С., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Клевцова Т.О., Паляничка Н.О. Розрахунок обладнання харчових виробництв: Навчальний посібник. Мелітополь.: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 264 с.
4. Ялпачик В.Ф. Загорко Н.П., Паляничка Н.О., Буденко С.Ф., Самойчук К.О., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.О., Олексієнко В.О., Циб В.Г. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: Лабораторний практикум. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 277 с.
5. Бутко Д. А., Луценков В.Л. Організація навчання з питань охорони праці працівників АПК”. Сімферополь: „Бізнес-Інформ”, 2000р.
6. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці.
7. ДСТУ 2120:2021 Хлібопекарське виробництво. Терміни та визначення понять
8. ДСТУ 4585:2021 Вироби хлібобулочні здобні. Загальні технічні умови
9. Гвоздєв О.В. Обладнання для замішування і бродіння тіста. Практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2000. 70с.
10. Про затвердження Показчика нормативно-правових актів з питань охорони праці від 12.04.2012 № 74. URL: “https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0074811-12?find=1&text=наоп#w1_1”
11. Закон України “Про охорону праці”. - Введ. 14.10.2002 р.
12. Лисовенко О.Т., Руденко – Грицюк О.А., Литовченко І.М. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. К.: Нау-кова думка. 2000. 283 с.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						67
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

13. 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.

14. Жидецький В. Ц., Джигерей В. С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник. За ред. кан. техн. наук, доцента В. Ц. Житецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.

15. 32. Закон України “Про охорону праці”. Введ. 14.10.92 р.

16. Володимир Кукоба “Організаційне проектування підприємств” КНЕУ 2009. 269 с.

17. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О., Мирончук В.Г. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця. Нова книга. 2001. 576с.

18. Бернік П.С., Стоцько З.А., Паламарчук І.П. та ін. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва. Львів “Львівська політехніка ”. 2004. 336с.

19. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення».

20. Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко Л.О. та ін Розрахунок обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця.: Нова книга. 2004. 288 с

21. Г. І. Подпряттов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. Зберігання і переробка продукції рослинництва К.: Мета, 2002. 495 с

22. Нелеп В.М., Планування на аграрному підприємстві. К.: КНЕУ, 2004. 495 с.

23. Геврик Є.О. Охорона праці: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280с.

24. Чубук В. В., Балюк О. Г., Губарев О. М., та ін. Безпека життєдіяльності людини : конспект лекцій. Х. : ВД "ІНЖЕК", 2008. 360 с.

25. Керб Л. П. Основи охорони праці : навч.-метод. посібн. для самост. вивч. дисц. К. : КНЕУ, 2001. 252 с

26. Шмиг Р. А., Боярчук В. М., Добрянський І. М., Барабаш В. М. Монтаж. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури. Львів, 2010. 221 с

27. Кукоба В. П. Організаційне проектування підприємства : навч. посібник. К. : КНЕУ, 2014. 420 с.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						68
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

28. Чернявський А. Д. Організаційне проектування : навч. посібн. К. : МАУП, 2005. 160 с
29. Герасимчук В. Г. Розвиток підприємств : діагностика, стратегія, ефективність. К. : Вища шк., 2010. 265 с
30. Тоцький В. І., Лавриненко В. В. Організаційний розвиток підприємства: навч. посібн. К. : КНЕУ, 2005. 247 с.
31. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Київ. Руслана, 1998. 416 с
32. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів по охороні праці (РЕЄСТР ДНАОП), Київ, 2005 р.
33. Ялпачик В.Ф., Ломейко О.П., Циб В.Г., Ялпачик Ф.Ю., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Шпиганович Т.О. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств. Навчальний посібник: Практикум. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2014. 235с.
34. Ялпачик В.Ф., Ялпачик Ф.Ю., Буденко С.Ф., Циб В.Г. Практикум з ремонту обладнання переробних і харчових виробництв; Навчальний посібник. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2015. 235 с.

					19ХВД. 1073405.06.25ПЗ	Аркуш
						69
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		