

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

*ОС «Магістр»*

Тема „ Модернізація тістомісильної машини в лінії виготовлення соціальних сортів хліба”

Галузь знань

13 Механічна інженерія

Спеціальність

133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація

Машини і апарати харчових виробництв

Шифр ДПМАХВ 24.14.00.00.000 ПЗ

Студент гр. МАХВ<sub>м</sub>-23-1

Крушевський В.М.

Керівник роботи

д.т.н., проф. Стечишин М.С.

До захисту допускаю:

к.т.н., доц. Мартинюк А.В.

Завідувач кафедри ГМА

\_\_\_\_\_ 2024 р.

Хмельницький, 2024р.

## **Анонція**

Пояснювальна записка складається з 90 сторінок, в точу числі 21 рисунок, 22 таблиці та додатки.

В даному дипломному проекті приведено аналіз існуючих сучасних конструкцій тістомісильних машин, а також технологічна схема виготовлення хлібобулочних виробів. Виявлені переваги і недоліки існуючих конструкцій, на основі яких і була розроблена своя конструкція тістомісильної машини.

Виконані основні розрахунки конструкції тістомісильної машини. Розглянуті питання безпеки праці, а також а також проведено технологічний процес відновлення вал-шестерні і розрахунок очікуваного економічного ефекту.

## ЗМІСТ

Вступ	4
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1 Опис технологічних процесів і застосовуваного устаткування	6
1.1.1 Стадії технологічного процесу	6
1.1.2 Характеристика комплексів устаткування	6
1.1.3 Пристрій і принцип дії лінії по виробництві хлібобулочних виробів	9
1.2 Патентний пошук	10
1.3 Обслуговування тістомісильних машин	20
1.4 Загальні висновки	20
1.5 Обґрунтування проекту	21
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	22
2.1 Технологічний розрахунок	22
2.2 Кінематичний розрахунок привода	22
2.3 Вибір матеріалу зубчастої передачі	29
2.4 Розрахунок закритої зубчастої передачі редуктора	32
2.5 Навантаження валів редуктора	38
2.6 Проектний розрахунок валів	39
2.7 Розрахунок схема валів редуктора	41
2.8 Перевірочний розрахунок підшипників	45
2.9 Перевірочний розрахунок валів	47
2.10 Перевірочний розрахунок	48
2.11 Технічні характеристики редуктора	52
2.12 Розрахунок пасової передачі	53
2.13 Розрахунок відкритої зубчастої передачі	54
3 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ	58
3.1 Розрахунок собівартості проекрованої машини	58
3.2 Розрахунок заробітної плати виробничих робітників	61
3.3 Розрахунок капітальних вкладень в устаткування	67
3.4 Розрахунок собівартості річного випуску продукції	68
3.5 Заробітна плата обслуговуючого робітника	69
3.6 Планування прибутку в умовах ринкової економіки	75
3.7 Планування прибутку	77
ВИСНОВКИ	81
ЛІТЕРАТУРА	82
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

У хлібопекарській, макаронній і кондитерській промисловості на різних етапах технологічного процесу широко застосовуються змішувальні машини. Процес перемішування може здійснюватися з різною інтенсивністю, частотою впливі робочого органа й тривалістю залежно від конструкції змішувача й властивостей оброблюваних компонентів. Інтенсифікація робочих процесів у змішувальних камерах сприяє значному скороченню процесу піноутворення й підвищенню якості готових виробів.

Замість хлібопекарського тіста полягає в змішуванні сировини (борошна, води, дріжджів, солі, цукру й інших компонентів) в однорідну масу, наданні цій масі необхідних структурно-механічних властивостей, насиченні її повітрям і створення сприятливих умов для наступних технологічних операцій.

Тістомісильні машини залежно від рецептурного складу й особливостей та асортиментів виробів повинні позитивно впливати на тісто за для його подальшого дозрівання. Від роботи тістомісильних машин залежить у підсумку якість готової продукції. Конструкція тістомісильної машини багато в чому визначається властивостями сировини, що замішується, наприклад еластично-пружне тісто вимагає більш інтенсивного перемішування аніж пластичне.

Специфіка процесів перемішування рецептурних сумішей і напівфабрикатів у хлібопекарському виробництві обумовлена як властивостями сипучого компонента — борошна, так і рідкими компонентами, що містять мікроорганізми (дріжджі, молочнокислі бактерії й ін.) і активні ферменти. У роботі представлені вітчизняні й закордонні тістомісильні машини. Викладені відомості про принципи роботи й конструктивних їх особливостях. Наведені класифікаційні матриці функціональних схем тістомісильних машин.

Приготування тіста, його оброблення й випічка є основними виробничими процесами хлібопекарства, що визначають якість готової продукції.

Склад і компонування тістозамішуючих агрегатів і тісторозділюючих ліній, принцип дії й конструкції тістомісильних, ділильних і формувальних машин залежать від обраних технологічних схем виробництва й властивостей сировини, що переробляється. Як правило, хлібопекарське устаткування має однакове функціональне призначення, але обробляє житнє або пшеничне борошно, суттєво відрізняється по конструкції й характеру руху робочих органів.

У виробничих лініях хлібозаводів усе більше поширення одержують машини й апарати періодичної дії. Устаткування виробничих ліній повинне забезпечувати можливість регулювання технологічних параметрів напівфабрикатів у широких межах, тому що значна кількість сировини яка потрапляє на підприємства характеризується зниженими хлібопекарськими якостями.

Особливе місце в хлібопекарському виробництві займають печі, що є провідним устаткуванням, від яких залежить виробнича потужність і економічні показники підприємства.

Створення нових технологій виробництва хлібобулочних виробів є основою вдосконалювання технічної бази хлібопекарської галузі, що приводить до підвищення якісних показників, машин і апаратів що випускаються, розширенню номенклатури устаткування й приладів.

Ціль роботи є ознайомлення з устаткуванням для замісу тістових напівфабрикатів. Розібратися із принципом роботи тістомісильних машин періодичної дії з 140 літрів, і вдосконалити або розробити свій вид конструкції машини та розрахувати її основні характеристики.

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Опис технологічних процесів і застосування устаткування

### 1.1.1 Стадії технологічного процесу

Приготування хліба можна розділити на наступні стадії:

- підготовка сировини до виробництва: зберігання, змішування, аерація, просівання й дозування борошна; підготовка питної води; приготування й перемішування розчинів солі й цукру, жирових емульсій і дріжджових суспензій;

- дозування рецептурних компонентів, заміс і шумування опари й тіста;

- оброблення — розподіл дозрілого тісту на порції однакової маси;

- формування — механічна обробка тестових заготовок з метою додання їм певної форми: кулястої, циліндричної, сигароподібної і ін.;

- відстоювання — шумування сформованих тістових заготовок. Після відстоювання тістові заготовки можуть піддаватися надрізанню (батони, міські булки й ін.);

- гідротермічна обробка тістових заготовок і випічка хліба;

- охолодження, відбраковування й зберігання хліба.

### 1.1.2 Характеристика комплексів устаткування

Залежно від призначення все устаткування яке використовується на хлібопекарських підприємствах поділяють на технологічне, транспортне, енергетичне, санітарно-технічне й допоміжне.

Технологічне устаткування ділиться на наступні групи:

1. Устаткування для зберігання й підготовки до виробництва основної й додаткової сировини.

2. Устаткування для дозування й темперування компонентів.

3. Устаткування для готування тіста й тістових напівфабрикатів.

4. Устаткування для шумування опари й тіста.

5. Устаткування для розподілу тісту на шматки.

6. Устаткування для формування тестових заготовок і напівфабрикатів
7. Устаткування для відстоювання, укладання й пересадження тестових заготовок.
8. Агрегати для випічки й сушіння тістових заготовок.
9. Устаткування для упакування, зберігання й транспортування готових виробів.

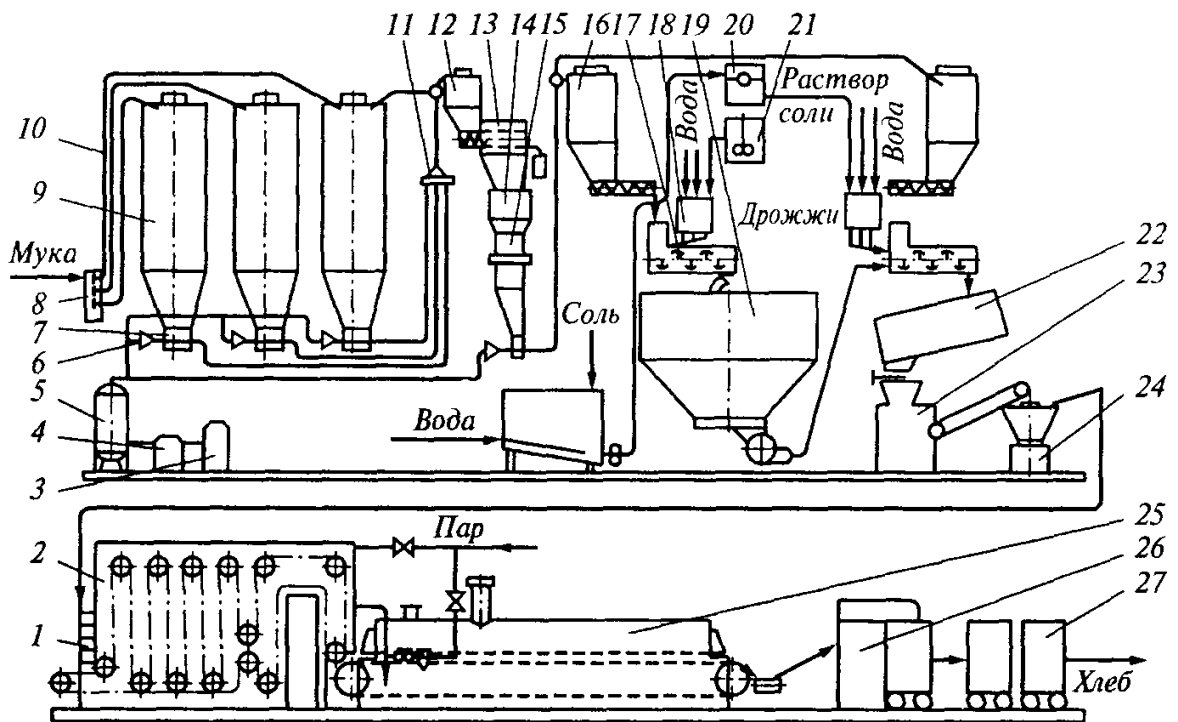
Кожна класифікаційна група складається з підгруп, що різняться за принципом дії, конструктивним і функціональним особливостям. Вони будуть розглянуті нижче у відповідних розділах.

Початкові стадії технологічного процесу виробництва хліба виконуються за допомогою комплексів устаткування для зберігання, транспортування й підготовки до виробництва борошна, води, солі, цукру, жиру, дріжджів і інших видів сировини. Для зберігання сировини використовують мішки, металеві й залізобетонні ємності й бункера. На невеликих підприємствах застосовують механічне транспортування мішків з борошном, а борошно — норіями, ланцюговими й гвинтовими конвеєрами. На великих підприємствах використовують системи пневматичного транспорту борошна. Рідкі напівфабрикати перекачуються насосами. Підготовку сировини здійснюють за допомогою просіювачів, змішувачів, магнітних апаратів, фільтрів і допоміжного устаткування. Провідний комплекс лінії складається з устаткування для темперування, дозування й змішування рецептурних компонентів; шумування опари й тісту; розподілу тіста на порції й формування тістових заготовок і напівфабрикатів. До складу цього комплексу входять дозатори, тістоготуючі агрегати, тістомісильні, ділильні й формуючі машини.

Наступний комплекс лінії включає устаткування для відстоювання, укладання й випічки тістових заготовок. До нього відносяться відстійні шафи, механізми для укладання, пересадження, нарізки тістових заготовок і хлібопекарські печі.

Завершальний комплекс устаткування лінії забезпечує охолодження, упакування, зберігання й транспортування готових виробів. Він містить устаткування охолоджуючих відділень, експедицій і складів готової продукції.

На рис 1.1 показана машинно-апаратна схема лінії для виробництва одного з масових видів хліба — подового хліба із пшеничного борошна.



1 — укладальник; 2 — відстоюваний шкаф; 3 — повітряний фільтр; 4 — компресор; 5 — ресивер; 6 — сопло; 7 — роторний конвеєр; 8 — прийомний щиток; 9 — силос; 10 — трубопровід; 11 - перемикач борошняних ліній; 12 — осаджувальний бункер; 13 — просіювач; 14 — проміжний бункер; 15 — автоваги; 16 - виробничий силос; 17 — тістомісильна машина; 18 - автоматична дозувальна станція для рідких компонентів; 19 - опарний бункер тістозмішувального агрегату; 20 і 21 — видаткові баки для солі й для дріжджової емульсії; 22 — бункер для шумування тісту; 23 — тісторозділювач; 24 — округлювач; 25 — тунельна піч; 26 — машина для хлібовкладання; 27 — контейнери для хліба.

Рис.1.1 Машинно-апаратна схема лінії виробництва хліба.

### **1.1.3 Влаштування і принцип дії лінії по виробництву хлібобулочних виробів**

Борошно доставляють на хлібозавод в автомуковозах, що транспортують до 1...8 т борошна. Автомуковоз зважують на автомобільних вагах і подають на розвантаження. Для пневматичного розвантаження борошна автомуковоз обладнаний повітряним компресором і гнучким шлангом для приєднання до прийомного штуцера 8. Борошно з ємності автомуковоза під тиском по трубах 10 завантажують у силоси 9 на зберігання.

Додаткова сировина - розчин солі й дріжджову емульсію зберігають у ємностях 20 і 21. Розчин солі попередньо готують на спеціальній установці.

При роботі лінії борошно із силосів 9 вивантажують у бункер 12 із застосуванням системи аероконвеєру, який крім труб містить у собі компресор 4, ресивер 5 і повітряний фільтр 3. Витрату борошна з кожного силосу регулюють за допомогою роторних живильників 7 і перемикачів 11. Для рівномірного розподілу повітря при різних режимах роботи перед роторними живильниками встановлюють ультразвукові сопла 6.

Програму витрати борошна із силосів 9 задає виробнича лабораторія хлібозаводу на основі дослідних випічок хліба із суміші борошна різних партій. Таке змішування партій борошна дозволяє вирівнювати хлібопекарські якості рецептурної суміші борошна, що надходить на виробництво. Далі рецептурну суміш борошна очищають від сторонніх домішок на просіювачі 13 і завантажують через проміжний бункер 14 і автоматичні ваги 15 у виробничі силоси 16.

У даній лінії для одержання гарної якості хліба використовують двофазний спосіб приготування тіста. Перша фаза — приготування опари, яку замішують у тістомісильній машині 17. У ній дозують борошно з виробничого силосу 16, воду й дріжджову емульсію через дозувальну станцію 18. Для замісу опари використовують від 30 до 70 % борошна. З машини 17 опару завантажують у бункерний агрегат 19.

Після шумування протягом 3,0...4,5 год опару з агрегату 19 дозують у другу тістомісильну машину з одночасною подачею частини, що залишився, борошна, води й розчину солі. Другу фазу готування тіста завершують перемішування у ємності 22 протягом 0,5...1,0 год.

Готове тісто стікає з ємності 22 у прийомну горловину тістоділильної машини 23, призначеної для одержання порцій тіста однакової маси. Після обробки порцій тіста в округлюючі машині 24 утворюються тістові заготовки кулястої форми, які за допомогою маятникового укладальника 1 розкладають у гнізда колисок шафи 2.

Відстоювання тістових заготовок проводиться протягом 35...50 хв. При відносній вологості повітря 65...85 % і температурі 30...40 °С у результаті відстоювання структура тістових заготовок стає пористою, об'єм їх збільшується в 1,4...1,5 рази, а щільність знижується на 30...40 %. Заготовки здобувають рівну гладку еластичну поверхню. Для запобігання тістових заготовок від виникнення при випічці тріщин-розривів верхньої кірки в момент перекладки заготовок на під печі 25 їх піддають надрізанню або наколці.

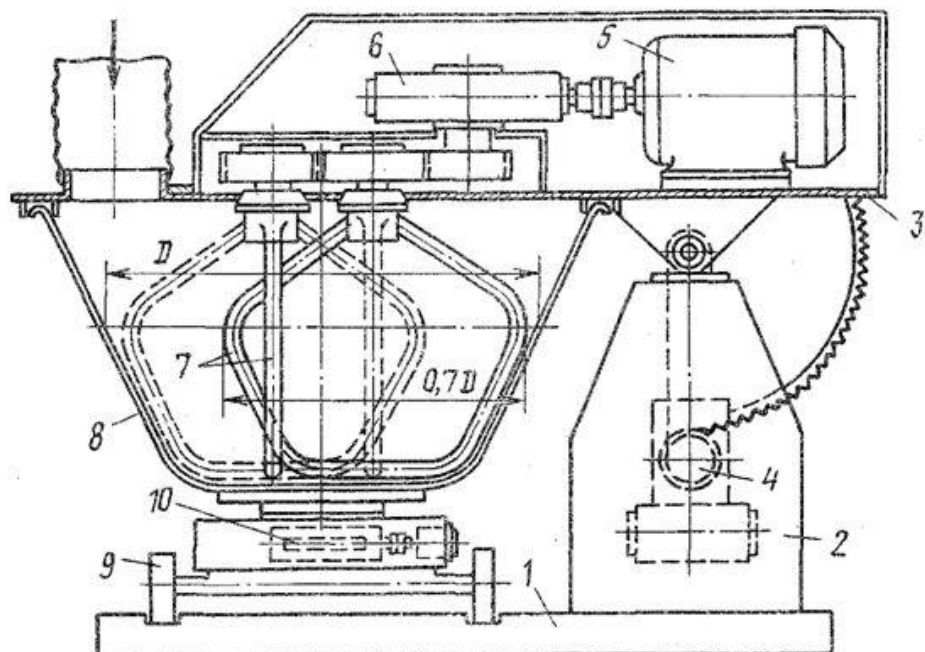
На вхідній ділянці пекарної камери заготовки 2...3 хв зазнають гідротермічній обробці зволожуючим пристроєм при температурі 105...110 °С. На середньому й вихідному ділянках пекарної камери заготовки випікають при температурі 200...250 °С. У процесі руху тістові заготовки послідовно проходять усі теплові зони пекарної камери, де випікаються за проміжок часу від 20 до 55 хв, відповідний до технологічних вимог.

Випечені вироби за допомогою укладальника 26 завантажують у контейнери 27.

## **1.2 Патентний пошук**

Тістомісильна машина (рис.1.2). Виконання місильного механізму у вигляді двох вертикально розташованих п'ятикутних рамок, розміщених під кутом одна до іншої, дозволяє усунути непроміси тіста.

Зміщення осей обертання рамок щодо осі обертання діжі й розміщення однієї зі сторін кожної рамки паралельно днищу, а прилягаючих до неї — паралельно бічній поверхні діжі дозволяє скоротити тривалість замісу.



1 — фундаментна плита; 2 — станина; 3 — траверса; 4 — привод повороту траверси; 5 — електродвигун; 6 — редуктор; 7 — місильні рамки; 8 — діжа; 9 — візок; 10 — привод повороту діжі.

Рис 1.2 – Тістомісильна машина із двома робочими органами які зміщені від центру діжі.

Виконання рамок з розмірами 0,65-0,75 величини середнього діаметра діжі забезпечує самоочищення місильного механізму.

На рис.1.2 показана тістомісильна машина, загальний вид; на рис.1.3 - схема роботи місильного механізму.

Тістомісильна машина складається з фундаментної плити 1, станини 2, на якій закріплена поворотна у вертикальній площині траверса 3 із приводом 4. На траверсі розташований місильний механізм, що складається із привода, що включає електродвигун 5 і редуктор 6, і двох вертикально розташованих пятикутних місильних рамок 7. Траверса 3 у робочому стані тістомісильної машини одночасно служить кришкою діжі 8, яка на візку 9 накочується на

фундаментну плиту 1 і закріплюється на ній. Місильні рамки 7 розташовані одна до одної під прямим кутом. Відстань між ними рівна  $0,22-0,25 D$ , де  $D$  - середній діаметр діжі. Ширина кожної рамки (відстань між двома верхніми протилежними кутами п'ятикутника) рівна  $0,65-0,75 D$ . Одна зі сторін кожної рамки 7 паралельна днищу діжі 8, а прилягаюча до неї — бічній поверхні діжі 8.

При повороті навколо вертикальної осі на кожні  $90^\circ$  елементи по черзі входять і виходять у внутрішню порожнину один одного.

Діжа 8, виконана у вигляді усеченого конуса, має окремий привід 10, призначений для забезпечення рівномірного обертання діжі навколо її осі.

Тістомісильна машина працює в такий спосіб:

На фундаментну плиту 1 наочується візок 9 з розташованої на ній діжею 8 і за допомогою спеціальних пристосувань закріплюється.

При цьому траверса 3 з розміщеним на ній місильним механізмом перебуває в піднятому положенні. Після закріплення діжі місильний механізм опускається в діжу й остання заповнюється компонентами для приготування замісу. Установлюється час замісу й після цього включаються привід місильного механізму й привід 10 обертання діжі навколо осі.

По проходженню заданого часу місильний механізм відключається й за допомогою привода 4 разом із траверсою 3 виводиться з діжі, яка до цього моменту також зупиняється. Діжа з готовим замісом викочується на візку 9 з фундаментної плити 1 і весь цикл приготування замісу на цьому закінчується.

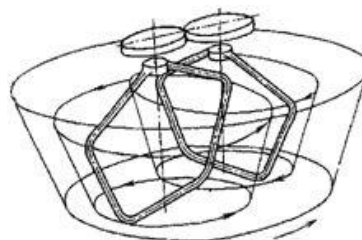
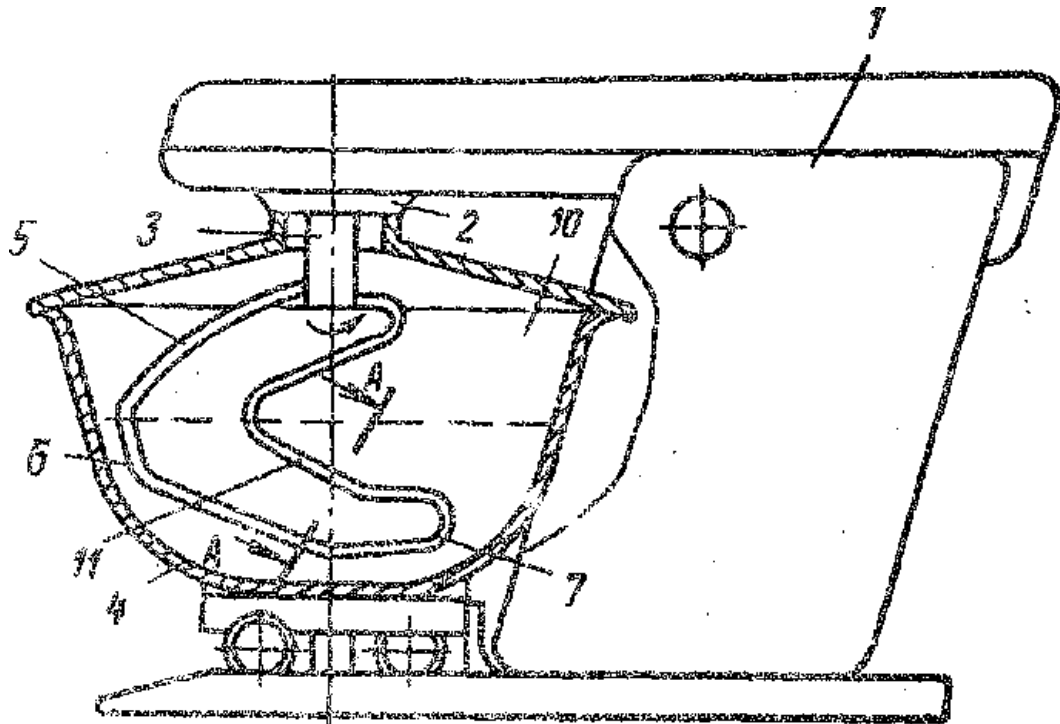


Рис.1.3 Схема роботи місильного механізму

Існує аналогічна конструкція тістомісильної машини періодичної дії (рис.1.4), що містить діжу, що має форму тіла обертання, і розташовану в ній і закріплену на валу петлеподібну місильну лопатку, яка формою повторює

внутрішній профіль діжі, причому одна з ділянок лопатки частково розташована вище середини діжі. Машина відрізняється тим, що з метою підвищення КПД і зменшення металоємності, зазначені ділянки, верхня і нижня, рознесені по різні сторони від осі обертання лопати таким чином, що проекції їх на вісь обертання не перетинаються, а нижня ділянка лопатки з'єднана з валом ланкою, що перетинають вісь обертання лопатки нижче середини діжі.

Машина також відрізняється тим, що ділянка лопатки, розміщена нижче середини діжі, має кромку, орієнтовану під гострим кутом, переважно  $30-45^\circ$  до напрямку переміщення лопатки.



1 — корпус; 2 — привід; 3 — вал; 4 — нерухлива діжа; 5 — місильна лопатка; 6 і 7 — профіль місильної рамки; 10 — місильна камера; 11 — ланка місильної лопатки

Рис.1.4 Тістомісильна машина із гвинтоподібним місильним органом

Винахід відноситься до машин для порціонного замісу в підкатних діжах високов'язких мас, переважно тістоподібних середовищ хлібопекарського й кондитерського виробництва.

Відома тістомісильна машина періодичної дії, що містить корпус, привід з вертикальним вихідним валом, на якому закріплений місильний орган, виконаний у вигляді стрічкового шнека зі змінним кроком. Підкатна діжа машини, з валом привода, нерухома. Тістомісильна машина має другий привід, що забезпечує вертикальне переміщення місильного органа й фіксацію його в нижньому (у середині діжі) і верхньому (над діжею) положеннях.

Основний недолік машини – низька продуктивність, високі металоємність і енергоємність. Гвинтоподібний місильний орган після замішування в'язкої тістоподібної маси видавлює її у внутрішній об'єм діжі, обмежений торцями лопатки. При цьому висока маса переміщається майже синхронно з місильним органом і проміс тіста суттєво затрудняється. Достатня жорсткість місильного органа досягається при товщині лопатки шнека не менш 16 мм, що обумовлює підвищену металоємність місильного органа і його привода. Крім того, консольне навантаження від стрічкового шнека на вал привода знижує довговічність машини в цілому.

Найбільш близької по технічній сутності й достатньому результату до за пропонованої є тістомісильна машина періодичної дії, що містить діжу, що має форму тіла обертання, і розташовану в ній закріплену на валу петлеподібну місильну лопатку, що включає дві ділянки, що повторюють внутрішній профіль діжі, причому одна з ділянок частково розташованій вище середини діжі.

Місильна лопатка машини робить планетарний рух, при цьому привід лопатки складний, включає велику кількість зубчастих коліс циліндричних і конічних, що збільшує металоємність машини в цілому й зменшує її КПД.

Ціль винаходу – підвищення КПД і зменшення металоємності.

Зазначена мета досягається тим, що тістомісильна машина періодичної дії, що містить діжу, що має форму тіла обертання, і розташовану в ній і закріплену на валу петлеподібну місильну лопатку, що включає дві ділянки, що повторюють внутрішній профіль діжі, причому одна з ділянок частково розташована вище середини діжі, зазначені ділянки, верхня і нижня, рознесені

по різні сторони від осі обертання лопатки таким чином, що проекції їх на вісь обертання не перетинаються, а нижня ділянка лопатки з'єднана з валом.

При цьому ділянка лопатки, розміщена нижче середини діжі, має крайку, орієнтовану під гострим кутом, переважно 30-45, до напрямку переміщення лопати.

На малюнку 1.5 зображена тістомісильна машина, вертикальний розріз; на малюнок 1.5 - розріз А-А на малюнку 1.5.

Тістомісильна машина періодичної дії містить корпус 1, привід 2 з валом 3, нерухливу діжу 4, На валу 3 закріплена петлеподібна місильна лопата 5, що включає ділянки 6 і 7, що повторюють внутрішній профіль діжі, що й примикають до стінок діжі з мінімальним у всім робочому обсязі зазором. При цьому верхній 6 і нижній 7 ділянки рознесена по різні сторони від. Осі обертання лопати таким чином, що проекції їх на вісь обертання не перетинаються.

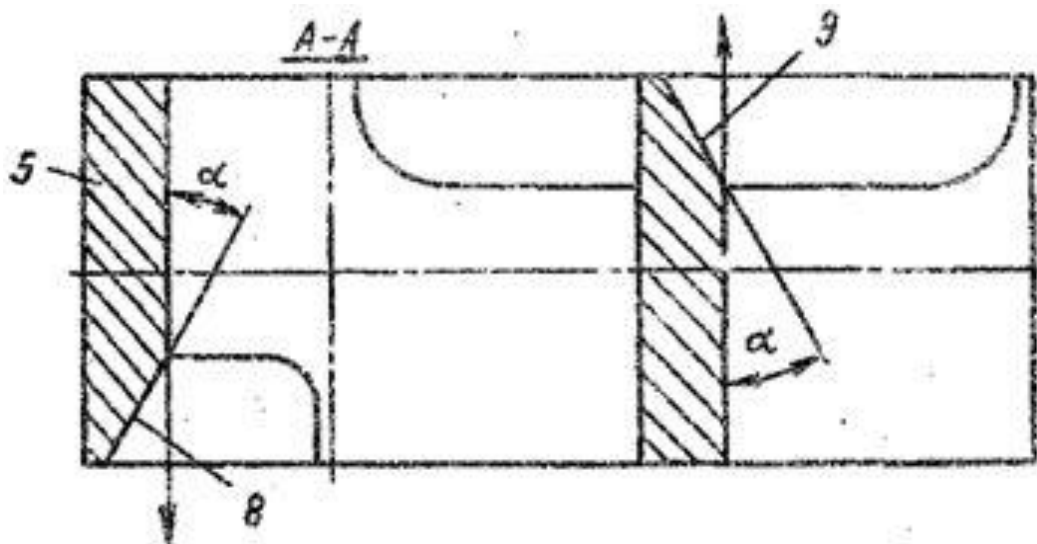
Передні крайки 8 і 9 ділянки лопатки, розміщеного нижче середини діжі, орієнтовані під гострим кутом до напрямку її переміщення. Передні крайки звернені до торця вала 3, що обумовлює загальний потік оброблюваної маси нагору уздовж осі й униз уздовж стінки діжі.

Ділянка 6 лопатки частково перебуває вище середини діжі 10 переважно на 30-50 мм, що виключає утворення на поверхні діжі вище цього рівня кільцевого пояса зі слідами борошна після замісу. Завдяки виконанню даної ділянки лопати, що з'єднує ділянку 6 з валом 3, виключається наявність слідів борошна, що засипається під час замісу, на верхній ділянці лопатки.

Ланка 11 лопатки 5, що з'єднує нижню ділянку 7 лопатки, що примикає до стінки діжі 4, з валом 3, перетинає вісь обертання лопатки нижче середини діжі. Така особливість ланки 11 виключає творення застійної зони з недостатньою інтенсивністю пророблення тіста в місці перетинання ділянки лопатки з верхньою поверхнею тіста. Особливості взаємодії лопатки 5 з тістом й стінок діжі 4 забезпечують інтенсивну обробку тістоподібних мас, крім

утворення застійних зон у робочому об'ємі, хоча вал привода робить тільки обертовий рух.

Винахід дозволяє здійснювати швидкий і якісний заміс тіста при істотному: поліпшенні показників надійності, а також зменшити енергоємність і металосміність машини в цілому.



5 — місильна лопата; 8 і 9 -крайки ділянки лопати

Рис.1.4.1 Розріз А-А гвинтоподібної лопатки місильного органу

Існує аналогічна конструкція тістомісильної машини з підкатними діжами й з вертикальним спірально-конусоподібним місильним органом (рис.1.5), змонтованим на шарнірно закріпленій до основи машини кришці для діж, яка має запор з відкидною рукояткою.

В даній машині усунута можливість травматизму при роботі з відкритою кришкою діжі, застосуванням електроблокування кришки з електродвигуном машини за допомогою встановленого на кришці діжі під рукояткою блоку-контакту, включеного в електричне коло живлення електродвигуна машини (рис.1.5).

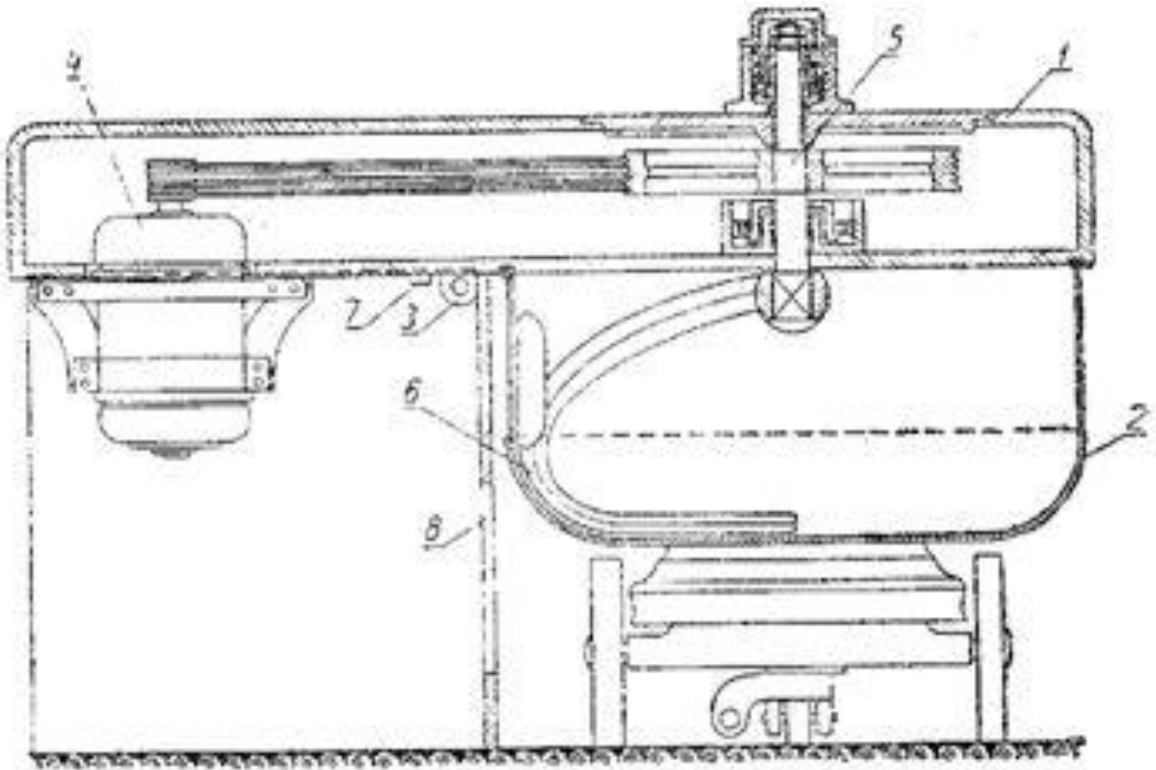
Привід машини змонтовано на кришці 1, що закриває діжу 2 і поворотної на осі 3.

У задній частині кришки 1 розташований електродвигун 4 машини, що є одночасно противагою при повороті кришки 1. Електродвигун 4 через

клиноподібні ремені передає обертання вертикальному валу 5, на нижньому кінці якого закріплений місильний орган, виконаний у вигляді спірально-конусоподібної лопатки 6.

Нижня частина кришки має кільцевий виступ по діаметру діжі, облаштований гумовою прокладкою, що забезпечує герметизацію діжі. На період замісу кришка 1 закріплюється на діжі замком 7, що мають відкидну рукоятку (на кресленні не показана). При підйомі кришки 1 електродвигун 4 опускається й частково входить в корпус 8 станини машини.

Запобігання травматизму при роботі машини з відкритою кришкою здійснене електроблокуванням.



1 — кришка діжі; 2 — діжа; 3 — поворотна вісь; 4 — електродвигун; 5 — приводний вал; 6 - конусоподібна лопата; 7 — замок; 8 — станина.

Рис.1.5 Тістомісильна машина з вертикальним спірально-конусоподібним місильним органом

Існує аналогічна конструкція тістомісильної машини, що містить діжу (рис.1.6), встановлену на валу візка, і змонтований у діжі місильний орган із

приводом, що включають встановлений на станині електродвигун. Місильний орган насаджений шарнірно на пальці, жорстко закріпленому на циліндричному зубчастому колесі

Діжа приводиться в обертання від окремого привода через черв'ячну передачу.

Недолік цієї машини полягає в складності конструкції, зокрема в наявності двох окремих приводів діжі й місильного органа.

Ціль винаходу — спрощення конструкції тістомісильної машини.

Зазначена мета досягається тим, що в тістомісильній машині, що містить діжу, встановлений у ній місильний орган, привод місильного органа, що включає встановлений на станині електродвигун, привод місильного органа виконаний у вигляді шарнірного паралелограма, одна зі сторін якого жорстко закріплена на станині, місильний орган змонтований на протилежній стороні, а одна з вільних сторін паралелограма з'єднана за допомогою конічної зубчастої передачі з електродвигуном.

При такому конструктивному виконанні тістомісильної машини місильний орган отримує складний просторовий рух: обертання щодо своєї осі, обертання щодо осі шарніра нерухливої ланки й хитання під деяким кутом щодо цієї ж нерухомої ланки.

На кресленні зображена кінематична схема тістомісильної машини.

Тістомісильна машина складається з діжі 1, встановленої на візку. У діжі 1 розміщений місильний орган 2 із приводом, виконаним у вигляді шарнірного паралелограма зі сторонами 3, з'єднаними за допомогою шарнірів 7-10. Сторона 6 паралелограма жорстко встановлено на станині 11, а на протилежній стороні паралелограма в місці шарніра 8 змонтований місильний орган 2. Сторона 3 шарнірно пов'язана із двома рівними сторонами 4 і 5, які шарнірно пов'язані з нерухомою стороною 6. На станині 11 встановлений електродвигун 12, який через конічну зубчасту пару 13 зв'язано зі стороною 4 паралелограма.

Геометричні осі шарнірів сторін 3 і 6 паралелограма схрещуються під кутом  $\alpha$ , а геометричні осі шарнірів сторін 4 і 5 паралелограма мають кут  $\beta$ .

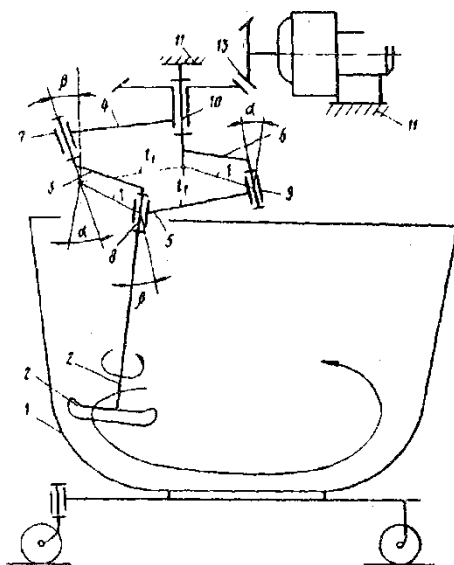
Кут  $\alpha$  вибирається в межах 5—30, а кут  $\beta$  - у межах 25 — 170, причому значення кутів вибираються з умов  $\sin \beta > \sin \alpha$ , а відношення довжин сторін повинно дорівнювати відношенню синусів кутів схрещування геометричних осей їх шарнірів.

Довжини сторін паралелограма вибираються відповідно до розмірів діжі.

Тістомісильна машина працює в такий спосіб.

Від електродвигуна 12 через конічну зубчасту передачу 13 обертається сторона 4 паралелограма, яка обертається відносно осі шарніра нерухомої сторони 6. Сторона 4 через сторону 3 передає обертавання стороні 5, яка обертається відносно осі іншого шарніра сторони 6. При цьому сторона 5 обертається в площині, похилій до площини обертання сторони 4 під кутом  $\alpha$  а місильний орган 2 одержує складний просторовий рух: обертання відносно своєї осі, обертання відносно осі шарніра нерухомої сторони 6 і погойдування з кутом  $\alpha$  відносно цього ж шарніра сторони 6. Складний рух місильного органа 2 сприяє гарному перемішуванню тіста й забезпечує високу якість його замісу.

Техніко-економічна, ефективність винаходу виражається в спрощенні конструкції тістомісильної машини, у збільшенні КПД, надійності й довговічності пристрою й у поліпшенні замісу тіста.



1 — діжа; 2 — місильний орган; 3,4,5 і 6 — сторони паралелограма; 7,8,9 і 10 — шарніри паралелограма; 11 — станина; 12 — електродвигун; 13 — конічна зубчаста передача.

Рис.1.6 Тістомісильна машина із просторовим обертанням робочого органу

### **1.3 Обслуговування тістомісильних машин**

При загальному, щомісячному обслуговуванні тістомісильних машин необхідно періодично контролювати режим роботи, перевіряти й підтягувати всі гайки, перевіряти ущільнення. Технічний огляд слід проводити не рідше одного разу у два місяці.

Перед початком замісу тіста слід переконатися у відсутності в машині сторонніх предметів, у наявності та правильності встановлення на місцях усіх захисних огорожень.

Перед здачею зміни необхідно ретельно очистити місильне корито й лопатки від тіста.

Змазувати машини потрібно відповідно до карти змащення й таблиці змащення. Змащення відповідних точок здійснюється шприцом через маслоналивні отвори й прес-маслянки, за винятком черв'ячної передачі привідної головки, у масляну ванну якої наливається машинне мастило.

Необхідно періодично перевіряти затягування кріпильних деталей і підтягувати болти й гайки.

У процесі роботи тістомісильних машин регулярно перевіряють ущільнення підшипників місильного вала й стежать, щоб тісто не попадало в них, тому що це викликає швидке зношування підшипників.

Ретельно перевіряють кріплення лопаток на валу і їх положення стосовно осі вала.

З появою шуму, ударів, стуку машину відразу відключають, з'ясовують причини цих явищ і усувають їх.

При переході з одного сорту тіста на інший або після зупинки машини всі робочі частини, що стикаються з тістом, очищають від залишків тіста, промивають водою й змазують рослинною олією.

### **1.4 Загальні висновки**

У наведеному літературному й патентному огляді, були зроблені наступні висновки:

- з технічних і економічних міркувань, недоцільно використовувати тістомісильне устаткування зі стаціонарною діжею й устаткування безперервної дії на малих підприємствах із за високої продуктивності, величезних витрат на електроенергію й більший строків окупності устаткування.

- підвищена конструктивна складність машин періодичної дії зі стаціонарними діжами й машин безперервної дії, приводить до частої зупинки на технічне обслуговування й плановий попереджувальний ремонт, що приводить до простою лінії в цілому й збитку на виробництві.

- тістомісильні машини періодичної дії з підкатними діжами, більш прості, у конструктивному плані, легкі в технічному обслуговуванні, менш продуктивні, що у свою чергу робить їх придатними для невеликих підприємств за обсягом вихідного (випускаючого) продукту.

### **1.5. Обґрунтування проекту**

Згідно вище викладеного, завданням при дипломному проектуванні є спрощення конструкції тістомісильної машини періодичної дії, що приведе до здешевлення машини, а також полегшить її обслуговування. Також завдяки використанню новітніх технологій збільшити КПД, надійність, довговічність тістомісильних машин.

## 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 2.1 Технологічний розрахунки

Згідно з технологічним розрахунками лінії, необхідна продуктивність місильної машини перебуває в межах 300...500 кг/год. Дана продуктивність може бути забезпечена при обсязі робочої камери 140 літрів і частоті обертання місильної лопатки в діапазоні 25...50 об/хв.

Усі обчислення в даному розділі ведуться згідно з методикою викладеній в курсі "Конструювання обладнання харчових виробництв".

При технологічному розрахунках продуктивність машини визначається по формулі:

$$P_p = \frac{V\rho K}{\tau \cdot \tau_B} \quad (2.1)$$

де  $V$  – об'єм робочої камери, м<sup>3</sup> ( $V = 0.14$  м<sup>3</sup>)

$\rho$  – густина тіста до зброджування,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  ( $\rho = 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ )

$K$  – коефіцієнт заповнення місильної камери ( $K = 0.6$ )

$\tau$  – час замішування, год ( $\tau = 0.125$  год)

$\tau_B$  – час допоміжних робіт, год ( $\tau_B = 0.083$  год)

$$P_p = \frac{0.14 \cdot 1100 \cdot 0.6}{0.125 \cdot 0.083} = 444 \text{ кг/год}$$

### 2.2 Кінематичний розрахунок приводу

Визначення частоти і потужності двигуна

Визначення потужності машини  $P_{pm}$ , кВт:

$$P_{\text{рм}} = \frac{A \cdot G}{1000 \cdot \eta \cdot \eta_1 \cdot \tau}, \quad (2.2)$$

де  $A$  – робота необхідна для замішування тіста,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  ( $A = 10000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ )

$G$  – маса тіста в діжі або ж камері, кг ( $G = 92.4$  кг)

$\eta$  – ККД привідного механізму машини ( $\eta = 0.85$ )

$\eta_1$  – ККД електродвигуна ( $\eta_1 = 0.98$ )

$\tau$  – час замішування тіста, с ( $\tau = 450$  с = 0.125 год)

$$P_{\text{рм}} = \frac{10000 \cdot 92.4}{1000 \cdot 0.85 \cdot 0.95 \cdot 450} = 2.5 \text{ кВт}$$

Визначаємо загальний коефіцієнт корисної дії (КПД) приводу:

$$\eta = \eta_{\text{оп}} \cdot \eta_{\text{зп}} \cdot \eta_{\text{пк}}^4, \quad (2.3)$$

где  $\eta_{\text{оп}}$  – ККД овідкритої передачі, ( $\eta_{\text{оп}} = 0.97$ )

$\eta_{\text{зп}}$  – ККД закритої передачі, ( $\eta_{\text{зп}} = 0.97$ )

$\eta_{\text{пк}}$  – ККД підшипників кочення, ( $\eta_{\text{пк}} = 0.96$ )

$$\eta = 0.97 \cdot 0.97 \cdot 0.99^4 = 0.9$$

Необхідна потужність двигуна  $P_{\text{дв}}$ , кВт:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{рм}}}{\eta}, \quad (2.4)$$

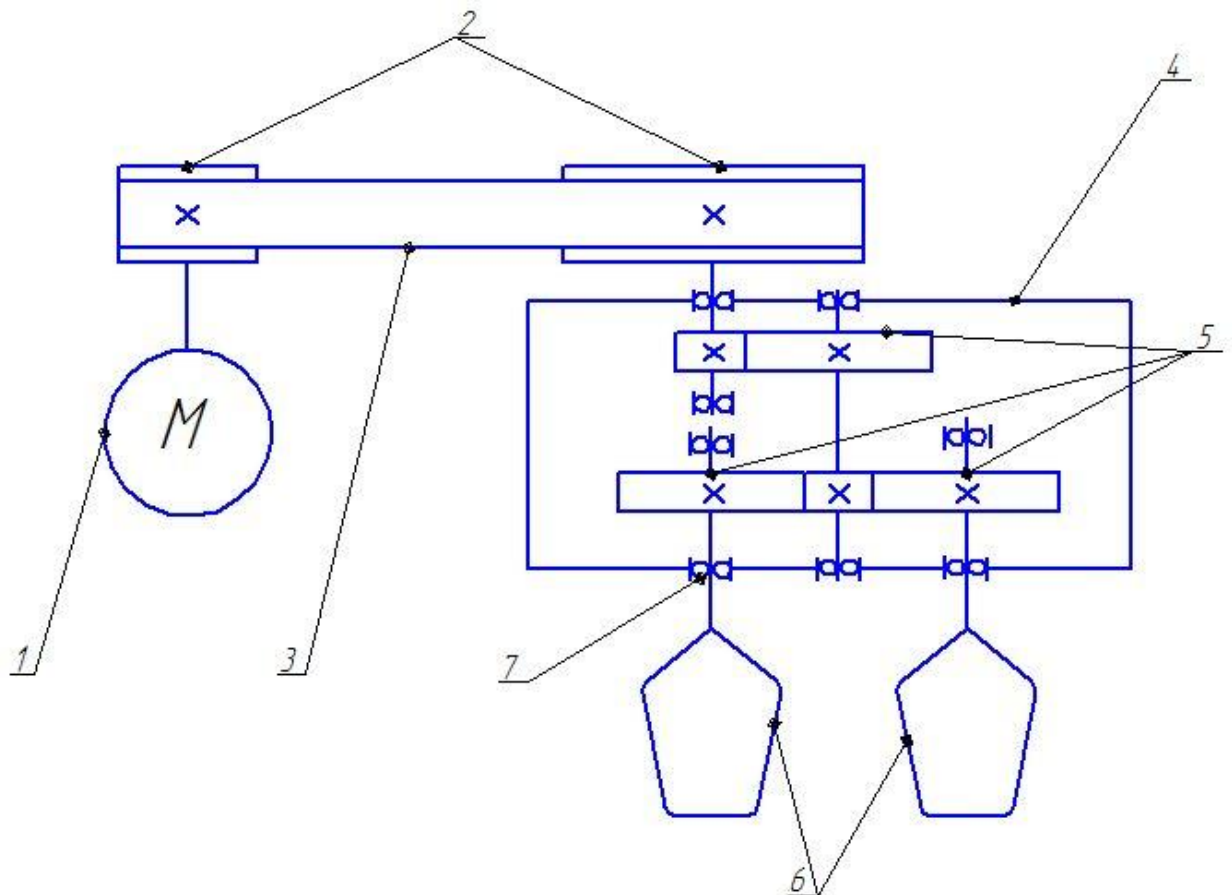
$$P_{\text{дв}} = \frac{2.5}{0.9} = 2.8 \text{ кВт}$$

Вибираємо тип електродвигуна: 4АМ112МА6У3

$$P_{\text{ном}} = 3 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{ном}} = 955 \text{ об/хв}$$

### Визначення силових кінематичних параметрів



1 — електродвигатель; 2 — шкивы; 3 — ременная передача; 4 — редуктор;  
5 — зубчатые пары; 6 — месильные рамки; 7 — подшипники качения-  
радиальные.

Рис.2.1 Кінематична схема тістомісильної машини

Передаточне число  $U$ :

$$U_{\Sigma} = \frac{n_{\text{эд}}}{n_{\text{рм}}}, \quad (2.5)$$

где  $U_{\Sigma}$  – сумарне передаточне відношення,

$n_{\text{эд}}$  – частота обертання електродвигуна,  $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$  ( $n_{\text{эд}} = 955 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ )

$n_{\text{рм}}$  – частота обертання робочої машини, об/хв ( $n_{\text{рм}} = 25 \text{ об/хв}$ )

$$U_{\Sigma} = \frac{955}{25} = 38.2$$

Попередньо приймаємо передаточне число відкритої передачі:  $U_{\text{оп}} = 4$

Тоді передаточне число редуктора:

$$U_{\text{ред}} = \frac{U_{\Sigma}}{U_{\text{оп}}}, \quad (2.6)$$

$$U_{\text{ред}} = \frac{38.2}{4} = 9.55$$

Визначаємо передаточне число кожної ступені редуктора:

$$U_{\text{Б}} = U_{\text{ред}}^{0.54}, \quad (2.7)$$

$$U_T = U_{ред}^{0.46}, \quad (2.8)$$

$$U_B = 3.38 \rightarrow U_B = 3.55$$

$$U_T = 2.82 \rightarrow U_T = 2.8$$

Уточнюємо передаточне число редуктора і відкритої передачі:

$$U_{ред} = U_B \cdot U_T, \quad (2.9)$$

$$U_{оп} = \frac{U_{\Sigma}}{U_{ред}}, \quad (2.10)$$

$$U_{ред} = 3.55 \cdot 2.8 = 10.89$$

$$U_{оп} = \frac{38.2}{10.89} = 3.5$$

Число оборотів  $n$ , об/хв:

$$n_{эд} = 955 \frac{об}{хв}$$

$$n_B = \frac{n_{эд}}{U_{оп}}, \quad (2.11)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{Б}}}{U_{\text{Б}}}, \quad (2.12)$$

$$n_{\text{Т}} = \frac{n_{\text{пр}}}{U_{\text{Т}}}, \quad (2.13)$$

$$n_{\text{Б}} = \frac{955}{3.5} = 248.7 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{248.7}{3.55} = 70.1 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_{\text{Т}} = \frac{70.1}{2.8} = 25 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

де  $n_{\text{Б}}, n_{\text{пр}}, n_{\text{Т}}$  – частоти обертання швидкохідної, перехідної і тихохідної ступені редуктора.

Потужність  $P$ , Вт:

$$P_{\text{ед}} = 3000 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{Б}} = P_{\text{ед}} \cdot \eta_{\text{оп}} \cdot \eta_{\text{пк}}, \quad (2.14)$$

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{Б}} \cdot \eta_{\text{зп}} \cdot \eta_{\text{пк}}, \quad (2.15)$$

$$P_T = P_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{зп}} \cdot \eta_{\text{пк}}, \quad (2.16)$$

де  $\eta_{\text{оп}}, \eta_{\text{зп}}$  – ККД передач і  $\eta_{\text{пк}}$  – ККД підшипника кочення

$$P_B = 3000 \cdot 0.97 \cdot 0.99 = 2880.9 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{пр}} = 2880.9 \cdot 0.97 \cdot 0.99 = 2766.5 \text{ Вт}$$

$$P_T = 2766.5 \cdot 0.97 \cdot 0.99 = 2656.7 \text{ Вт}$$

Крутний момент  $T$ , Н · м:

$$T_{\text{эд}} = 9.55 \cdot \frac{P_{\text{эд}}}{n_{\text{эд}}}, \quad (2.17)$$

$$T_B = 9.55 \cdot \frac{P_B}{n_B}, \quad (2.18)$$

$$T_{\text{пр}} = 9.55 \cdot \frac{P_{\text{пр}}}{n_{\text{пр}}}, \quad (2.19)$$

$$T_T = 9.55 \cdot \frac{P_T}{n_T}, \quad (2.20)$$

$$T_{эд} = 9.55 \cdot \frac{3000}{955} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{пр} = 9.55 \cdot \frac{2880.9}{248.7} = 110.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_T = 9.55 \cdot \frac{2656.7}{25} = 1014.9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

### 2.3 Вибір матеріалу зубчастої передачі

Попередньо обираємо марку сталі: для шестерні – 40Х, твердістю 457 НВ<sub>1</sub>; для колеса – 40Х, твердістю 285 НВ<sub>2</sub>. Різниця середньої твердості НВ<sub>1ср</sub>-НВ<sub>2ср</sub>=20...50.

Визначаємо механічні властивості обраної сталі – 40Х, для шестерні твердість 457 НВ<sub>1</sub>, термообробка - покращення, D<sub>перед</sub>=120 мм; для колеса твердість 285 НВ<sub>2</sub>, термообробка – покращення, S<sub>перед</sub>=60 мм.

Визначаємо допустимі контактні напруження для зубів шестерні  $[\sigma]_{H1}$  і колеса  $[\sigma]_{H2}$ .

а) Розраховуємо коефіцієнт довговічності  $K_{HL}$ :

$$K_{HL} = \sqrt[6]{N_{HO}/N}, \quad (2.21)$$

де  $N_{HO}$  – число циклів змінних напружень,

$N$  – число циклів змінних напружень за весь період сліжби,

$N = 573\omega L_h$ . Тут  $\omega$  – кутова швидкість відповідного вала, 1/с ( $\omega = 7.3$  рад/с)

$L_h$  – строк служби приводу, гд ( $L_h = 17\,885$  год).

Для колеса  $N_2 = 573\omega_2 L_h = 573 \cdot 7.3 \cdot 17\,885 = 75 \cdot 10^6$  циклів.

Для шестерні  $N_1 = N_2 \cdot U_B = 75 \cdot 10^6 \cdot 3.55 = 266 \cdot 10^6$  циклів.

Число циклів змінних напружень  $N_{HO}$ :

$N_{HO1} = 69.9 \cdot 10^6$  – для шестерні

$N_{HO2} = 22.5 \cdot 10^6$  – для колеса

Так як  $N_1 > N_{HO1}$  и  $N_2 > N_{HO2}$ , то коефіцієнти довговічності  $K_{HL1} = 1$  и  $K_{HL2} = 1$ .

б) Визначаємо допустиме контактне напруження  $[\sigma]_{HO}$ :

$$[\sigma]_{HO1} = 1.8 \cdot HB_{1cp} + 67 \text{ – для шестерні} \quad (2.22)$$

$$[\sigma]_{HO2} = 1.8 \cdot HB_{1cp} + 67 \text{ – для колеса} \quad (2.23)$$

$$[\sigma]_{HO1} = 1.8 \cdot 457 + 67 = 889.6 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma]_{HO2} = 1.8 \cdot 285 + 67 = 580.9 \text{ Н/мм}^2$$

в) Визначаємо допустиме контактне напруження:

$$\text{для шестерні } [\sigma]_{H1} = K_{HL1} \cdot [\sigma]_{HO1} = 889.6 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}; \quad (2.24)$$

$$\text{для колеса } [\sigma]_{H2} = K_{HL2} \cdot [\sigma]_{HO2} = 580.9 \frac{H}{\text{мм}^2}. \quad (2.25)$$

Визначаємо допустиме напруження язгину для шестерні  $[\sigma]_{F1}$  і колеса  $[\sigma]_{F2}$ .

а) Розраховуємо коефіцієнт довговічності  $K_{FL}$ :

$$K_{FL} = \sqrt[6]{N_{FO}/N}, \quad (2.26)$$

где  $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$  – число циклів змінних напружень для всіх сталей,

Напрацювання за весь строк служби: для шестерні  $N_1 = 266 \cdot 10^6$  циклів,  
для колеса  $N_2 = 75 \cdot 10^6$  циклів.

Так як  $N_1 > N_{FO1}$  и  $N_2 > N_{FO2}$ , то коефіцієнт довговічності  $K_{FL1} = 1$  и  $K_{FL2} = 1$ .

б) Визначаємо допустиме напруження згину,  $[\sigma]_{FO}$ :

$$\text{для шестерні } [\sigma]_{FO1} = 1.03 \cdot \text{HB}_{1\text{cp}}, \quad (2.27)$$

$$\text{для колеса } [\sigma]_{FO2} = 1.03 \cdot \text{HB}_{2\text{cp}}, \quad (2.28)$$

$$[\sigma]_{FO1} = 464.53 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

$$[\sigma]_{FO2} = 294.1 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

в) Визначаємо допустимі напруження згину для шестерні:

$$\text{для шестерни } [\sigma]_{F1} = K_{FL1} \cdot [\sigma]_{FO1} = 464.53 \frac{H}{\text{мм}^2}; \quad (2.29)$$

$$\text{для колеса } [\sigma]_{F2} = K_{FL2} \cdot [\sigma]_{FO2} = 294.1 \frac{H}{\text{мм}^2}. \quad (2.30)$$

## 2.4 Розрахунок закритої зубчастої передачі редуктора

### Проектний розрахунок

Визначаємо головний параметр - міжосьова відстань  $a_w$ , мм:

Для забезпечення заданої міжосьової відстані між рамками в проєктованій машині, задаємося ділильними діаметрами коліс і шестерень, перед пуском у виробництво шестерень і коліс закладемо передавальне відношення  $U = 3.3$  всіх ступеней передачі і ділильні діаметром:  $d_1 = 50$  мм для шестерні і  $d_2 = 165$  мм для колеса, для економії коштів при виробництві.

Тоді розрахунок міжосьової відстані зачеплення передачі спрощується:

$$a_w = \frac{d_2 \cdot (U+1)}{2U}, \quad (2.31)$$

$$a_w = \frac{165(3.3 + 1)}{2 \cdot 3.3} = 107.5 \text{ мм}$$

Визначаємо модуль зачеплення  $m$ , мм:

$$m = \frac{2K_m T_{\text{пр}} \cdot 10^3}{d_2 b_2 [\sigma]_{F2}}, \quad (2.32)$$

де  $K_m$  – допоміжний коефіцієнт, ( $K_m = 6.8$ )

$b_2$  – ширина вінця колеса, мм

$$b_2 = a_w \cdot \psi_a, \quad (2.33)$$

де  $\psi_a$  – коефіцієнт ширини вінця колеса, ( $\psi_a = 0.32$ )

$$b_2 = 107.5 \cdot 0.32 = 34.4 \text{ мм}$$

$$[\sigma]_{F2} \text{ – допустиме напруження згину вінця колеса, } \frac{H}{\text{мм}^2} \left( [\sigma]_{F2} = 294.1 \frac{H}{\text{мм}^2} \right)$$

$T_{\text{пр}}$  – крутний момент

$$m = \frac{2 \cdot 6.8 \cdot 376.9 \cdot 10^3}{165 \cdot 34.4 \cdot 294.1} = 3 \text{ мм, } \rightarrow \text{приймаємо } m = 2.75 \text{ мм}$$

Визначаємо сумарне число зубів шестерні і колеса:

$$z_{\Sigma} = z_1 + z_2 = \frac{2a_w}{m}, \quad (2.34)$$

Визначаємо число зубів шестерні:

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{1+U}, \quad (2.35)$$

$$z_1 = \frac{78}{1+3.3} = 18$$

Визначаємо число зубів колеса:

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1, \quad (2.36)$$

$$z_2 = 78 - 18 = 60$$

Визначаємо фактичне передаточне відношення  $U_{\phi}$  і перевіряємо його відхилення  $\Delta U$  від заданого  $U$ :

$$U_{\phi} = \frac{z_2}{z_1}, \quad (2.37)$$

$$U_{\phi} = \frac{60}{18} = 3.33$$

$$\Delta U = \frac{|U_{\phi} - U|}{U} \cdot 100\% = 0 \quad (2.38)$$

Визначаємо основні геометричні розміри передачі, мм

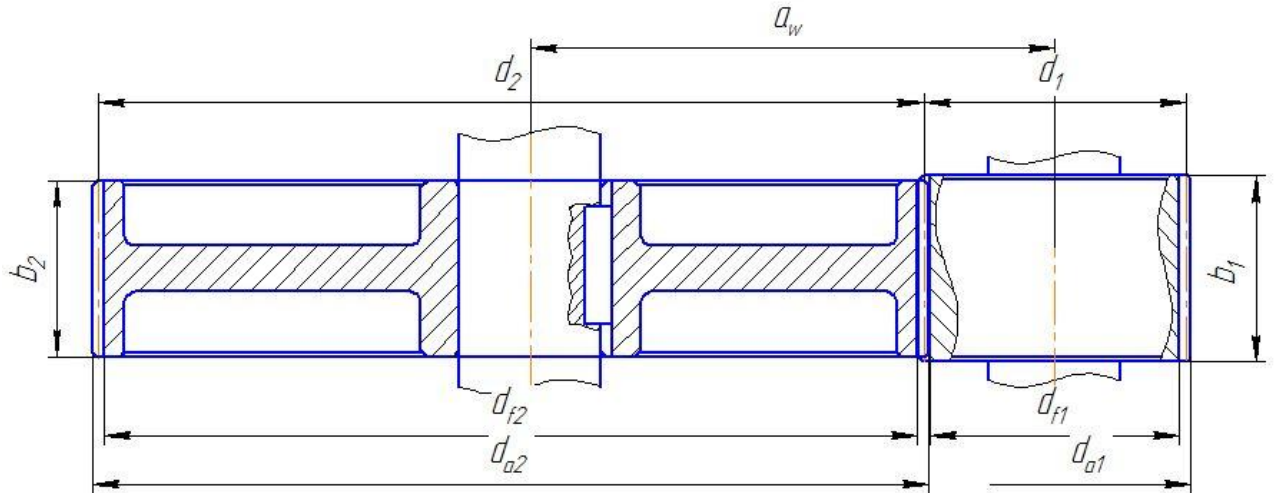


Рис. 2.2 Основні геометричні розміри передачі

Таблица 2.1 — Основные геометрические параметры передачи

Параметр		Шестерня	Колесо
Діаметр	Ділільний	$d_1 = mz_1 = 49.5 \text{ мм}$	$d_2 = mz_2 = 165 \text{ мм}$
	Вершини зубів	$d_{a1} = d_1 + 2 = 55 \text{ мм}$	$d_{a2} = d_2 + 2m = 170.5 \text{ мм}$
	Впадин зубів	$d_{f1} = d_1 - 2.4m$ $= 42.9 \text{ мм}$	$d_{f2} = d_2 - 2.4m$ $= 158.4 \text{ мм}$
Ширина в'язця		$b_1 = b_2 + 4 = 38.4 \text{ мм}$	$b_2 = a_w \cdot \psi_a = 34.4 \text{ мм}$

## Перевірочний розрахунок

Перевірка міжосьової відстані, мм:

$$a_w = d_1 + d_2/2, \quad (2.39)$$

$$a_w = 49.5 + 165/2 = 107.25 \text{ мм}$$

Перевірка заготовок колес.

Умова придатності заготовок коліс:

$$D_{\text{заг}} \leq D_{\text{пред}}; S_{\text{заг}} \leq S_{\text{пред}}$$

Діаметр заготовки для шестерні, мм:

$$D_{\text{заг}} = d_{a1} + 6, \quad (2.40)$$

$$D_{\text{заг}} = 61 \text{ мм}$$

Розмір заготовки колеса закритої передачі, мм:

$$S_{\text{заг}} = b_2 + 4, \quad (2.41)$$

$$S_{\text{заг}} = 38.4 \text{ мм}$$

Умова виконується.

Проверка на контактные напряжения  $\sigma_H, \frac{H}{\text{мм}^2}$ :

$$\sigma_H = K \sqrt{\frac{F_t(U_\phi+1)}{d_2 b_2} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{Hv}} \leq [\sigma]_{H2}, \quad (2.42)$$

де  $K$  – допоміжний коефіцієнт, ( $K = 436$ )

$F_t = 2T_{\text{пр}} \cdot 10^3 / d_2$  колова сила в зачепленні, Н ( $F_t = 4568$  Н)

$K_{H\alpha}$  – коефіцієнт враховуючи напруження між зубами передачі,  
Коефіцієнт між зубами. ( $K_{H\alpha} = 1$ )

$K_{Hv}$  – коефіцієнт динамічного навантаження, ( $K_{Hv} = 1.05$ )

$K_{H\beta}$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження між зубами,  
( $K_{H\beta} = 1.1$ )

$$\sigma_H = 436 \sqrt{\frac{4568 \cdot 4.3 \cdot 1 \cdot 1.1 \cdot 1.05}{165 \cdot 34.4}} = 872 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Умова виконується.

Перевірка напружень згину між зубами шестерні  $\sigma_{F1}$  і колеса  $\sigma_{F2}, \frac{H}{\text{мм}^2}$ :

$$\sigma_{F2} = Y_{F2} Y_\beta \frac{F_t}{b_2 m} K_{F\alpha} K_{F\beta} K_{Fv} \leq [\sigma]_{F2}, \quad (2.43)$$

$$\sigma_{F1} = \sigma_{F2} Y_{F1} / Y_{F2} \leq [\sigma]_{F1}, \quad (2.44)$$

де  $K_{F\alpha}$  – коефіцієнта який враховує розприділення навантаження між зубами, ( $K_{F\alpha} = 1$ )

$K_{F\beta}$  – коефіцієн враховуючий нерівномірність навантаження по довжині зуба, ( $K_{F\beta} = 1.1$ )

$K_{Fv}$  – коефіцієнт динамічних навантажень ( $K_{Fv} = 1.13$ )

$Y_{F1}$  і  $Y_{F2}$  – коефіцієнт форми зуба шестерні і колеса,

$Y_{F1} = 3.6$  ;  $Y_{F2} = 3.63$

$Y_{\beta}$  – коефіцієнт який враховує форму зуба. Для прямозубих коліс  $Y_{\beta} = 1$

$$\sigma_{F2} = 3,63 \cdot 1 \cdot \frac{4568}{34.4 \cdot 2.75} \cdot 1 \cdot 1.1 \cdot 1.13 = 218 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

$$\sigma_{F1} = 218 \cdot \frac{3.6}{3.63} = 216 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Умова виконується.

## 2.5 Навантаження на вали редуктора

Визначення консольних сил

Таблиця 2.1 - Початкові данні для розрахунку

Вид передачі	Характер сили по напрямку	Значення сили, Н	
		На шестерні	На колесі
Циліндрична прямозуба	Колова Радіальна	$F_{t1} = F_{t2}$ $F_{r1} = F_{r2}$	$F_{t2} = \frac{2T_{\text{пр}} \cdot 10^3}{d_2} = 4568 \text{ Н}$ $F_{r2} = F_{t2} \cdot \tan \alpha = 1663 \text{ Н}$

КЛИНОПАСОВА	-	$F_{оп} = 2F_0z \sin \frac{\alpha_1}{2} = 1034$
-------------	---	---

Силовa схема навантаження валів редуктора

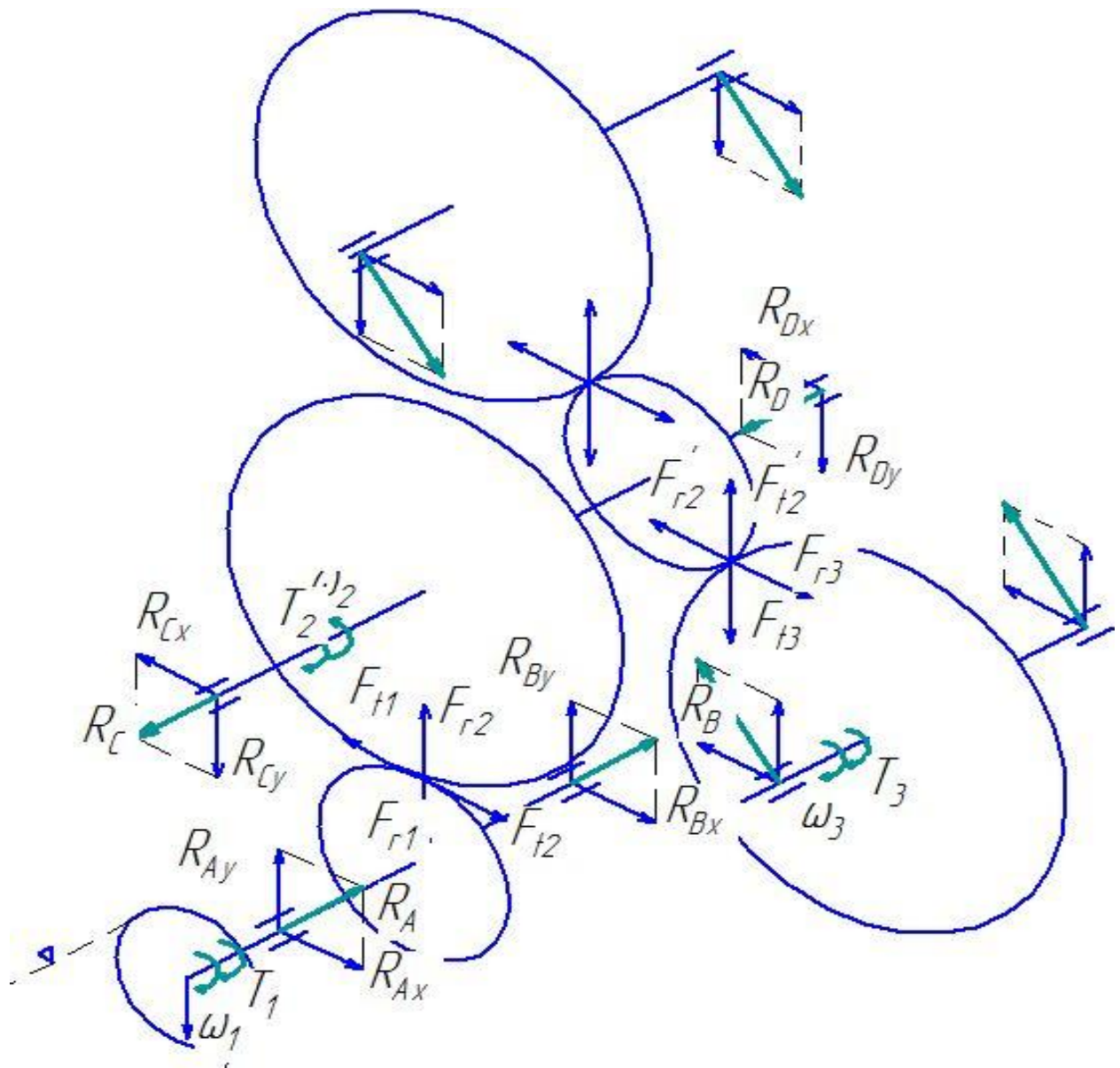


Рис. 2.3 Схема навантаження валів циліндричного двухступеневого редуктора

## 2.6 Проектний розрахунок валів

Вибір матеріалу вала

Обираємо конструкційну середньовуглецеву сталь – 40Х.

Допустимі напруження кручення

$$[\tau]_{k1} = 15 \text{ Н/мм}^2 \text{ – для шестерні}$$

$$[\tau]_{k2} = 20 \text{ Н/мм}^2 \text{ – для колеса}$$

Визначення геометричних параметрів валів

Таблиця 2.3 - Геометричні параметри валів

Параметри ступені вала d	Вал-шестерня циліндрична	Вал колесо
1-ша Під елемент відкритої передачі	$d_1 = \sqrt[3]{T_B \cdot 10^3 / 0.2[\tau]_{k1}}$ = 33 мм Приймаємо $d_1 =$ 25 мм	$d_1 = \sqrt[3]{T_{пр} \cdot 10^3 / 0.2[\tau]_{k2}}$ = 45 мм приймаємо $d_1 = 30$ мм
2-га Під ущільнення кришки	$d_2 = d_1 + 2t = 30$ мм	$d_2 = d_1 + 2t = 35$ мм
3-я Під шестерню колеса	$d_3 = d_2 + 3.2r = 35$ мм	$d_3 = d_2 + 3.2r = 40$ мм
4-я Під підшипник	$d_4 = d_2$	

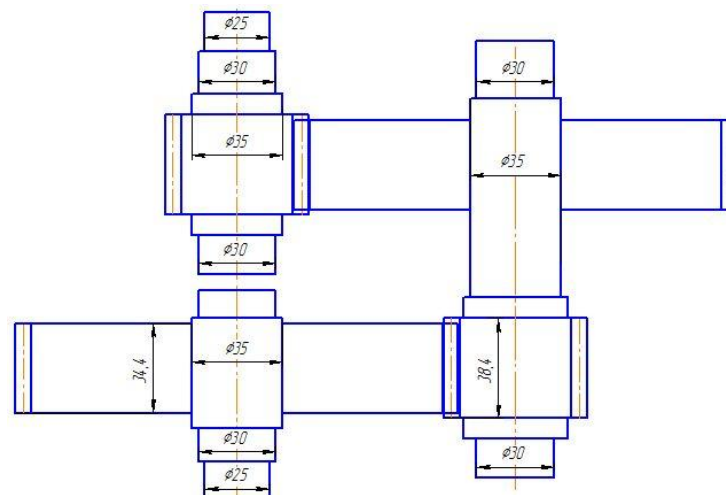


Рис. 2.4 Конструкція валів двохступеневого редуктора

Попередній вибір підшипників кочення

Радіальні шарики однорядні при  $a_w \geq 200$  мм,  
серія – середня (легка)

## 2.7 Розрахункова схема валів редуктора

Побудова епо згинних моментів (вхідний швидкохідний вал)

Дано:  $F_{t1} = 4568$  Н

$$F_{r1} = 1663$$
 Н

$$F_{on} = 1034$$
 Н

$$d_1 = 0.055$$
 м

$$a = 0.057$$
 м

$$b = 0.034$$
 м

$$c = 0.08$$
 м

### 2.7.1 Вертикальна площина

а) Визначаємо реакції в опорах, Н:

$$\sum M_2 = 0; -F_{on} \cdot a + F_{r1} \cdot b - R_{By} \cdot (b + c) = 0, \quad (2.45)$$

$$R_{By} = 21$$
 Н

$$\Sigma M_4 = 0; -F_{on}(a + b + c) + R_{Ay}(b + c) - F_{r1}c = 0, \quad (2.46)$$

$$R_{Ay} = 2718 \text{ H}$$

$$\text{Перевірка: } \Sigma y = 0; R_{Ay} - F_{on} - R_{By} - F_{r1} = 0 \quad (2.47)$$

$$0 = 0$$

б) Епюра згинних моментів по осі X

$$\Sigma M_{x1} = 0;$$

$$\Sigma M_{x2} = -F_{on} \cdot a, \quad (2.48)$$

$$\Sigma M_{x3} = R_{By} \cdot c, \quad (2.49)$$

$$\Sigma M_{x4} = 0,$$

$$\Sigma M_{x2} = -58.94 \text{ H} \cdot \text{м},$$

$$\Sigma M_{x3} = 1.68 \text{ H} \cdot \text{м}.$$

Горизонтальна площина

а) Визначаємо опорні реакції, Н:

$$\Sigma M_2 = 0; R_{Bx}(b + c) - F_{t1} \cdot b = 0, \quad (2.50)$$

$$R_{Bx} = \frac{F_{t1} \cdot b}{b + c} = 1362 \text{ H},$$

$$\Sigma M_4 = 0; R_{Ax}(b + c) - F_{t1} \cdot c = 0, \quad (2.51)$$

$$R_{Ax} = \frac{F_{t1} \cdot c}{b + c} = 3205.6 \text{ H}$$

$$\text{Перевірка: } \Sigma x = 0; R_{Ax} - F_{t1} + R_{Bx} = 0, \quad (2.52)$$

$$1362.4 - 4568 + 3205.6 = 0$$

$$0 = 0$$

b) Будемо епюри згінних моментів по осі Y

$$\Sigma M_{y2} = 0,$$

$$\Sigma M_{y3} = -R_{Ax}b = -109, \quad (2.53)$$

$$\Sigma M_{y3} = 0$$

Будуємо епюру згінних моментів, Н·м:

$$M_k = M_z = \frac{F_{t1} \cdot d_1}{2}, \quad (2.54)$$

$$M_k = \frac{4568 \cdot 0.055}{2} = 126 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо сумарні реакції, Н:

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2}, \quad (2.55)$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2}, \quad (2.56)$$

$$R_A = 4203 \text{ Н}$$

$$R_B = 1363 \text{ Н}$$

Визначаємо сумарні згин моменти в небезпечних січеннях, Н·м:

$$M_3 = \sqrt{M_{x3}^2 + M_{y3}^2}, \quad (2.57)$$

$$M_2 = M_{x2} = 58.94 \text{ H} \cdot \text{м} \quad (2.58)$$

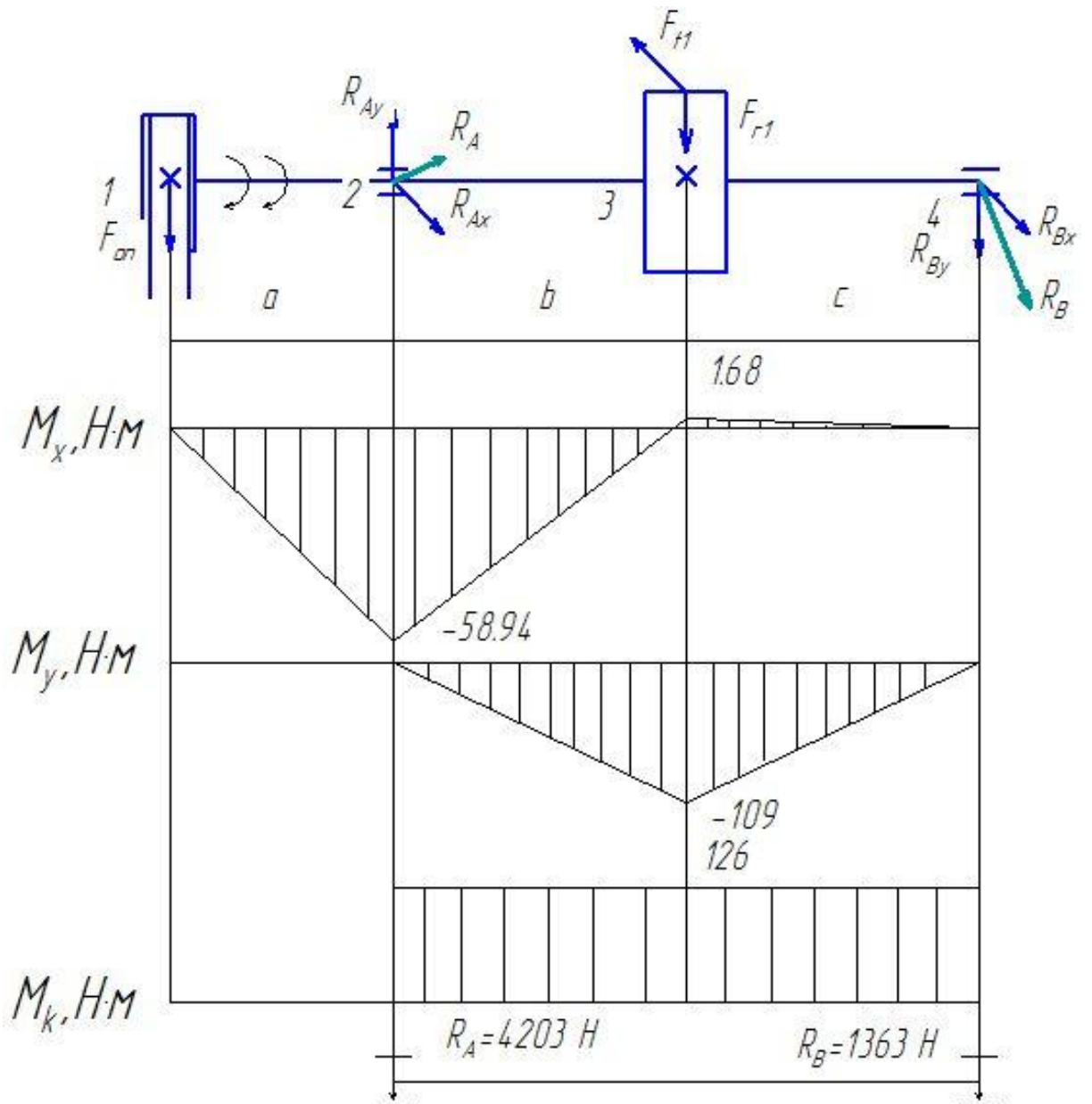


Рис.2.5. Епюри згінних моментів на тихохідному валу

## 2.8 Перевірочний розрахунок підшипників

Працездатність підшипників визначається порівнянням розрахункової динамічної вантажопідйомності  $C_{rp}$ , Н, з базовою  $C_r$ , Н, або базової довговічності  $L_{10h}$ , год, з розрахунковою  $L_h$ , год за умовою:

$$C_{rp} \leq C_r \text{ или } L_{10h} \geq L_h.$$

Підшипники радіальні однорядні (ГОСТ 8338-75)

Легка серія; позначення – 206;  $C_r = 19.5$  кН

Розрахункова динамічна вантажопідйомність  $C_{rp}$ , Н:

$$C_{rp} = R_E \sqrt[m]{573\omega L_h / 10^6}, \quad (2.59)$$

де  $R_E$  – еквівалентне динамічне навантаження, Н

$\omega$  – кутова швидкість відповідного вала, рад/с ( $\omega = 26 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ )

$L_h$  – довговічність підшипника, год ( $L_h = 15\,330$  год)

$m$  – показник степені, ( $m = 3$ )

$$R_E = VR_r K_\sigma K_T, \quad (2.60)$$

де  $V$  – коефіцієнт обертання, ( $V = 1$ )

$R_r$  – радіальне навантаження на підшипник, Н ( $R_r = 1363$  Н)

$K_6$  – коефіцієнт безпеки, ( $K_6 = 1.5$ )

$K_T$  – температурний коефіцієнт, ( $K_T = 1$ )

Тоді

$$R_E = 1 \cdot 2336 \cdot 1.5 \cdot 1 = 2044.5 \text{ Н}$$

$$C_{rp} = 2044.5 \sqrt[3]{573 \cdot 26 \cdot 15330 / 10^6} = 12\,497 \text{ Н}$$

$$12\,497 \text{ Н} < 19\,500 \text{ Н}$$

## 2.9 Перевірочний розрахунок шпонок

Перевірці підлягають дві шпонки тихохідного вала – під колесом і елментом відкритої передачі або напівмуфти і одна шпонка на швидкохідному валі – під муфту або елемент відкритої передачі.

Умова міцності:

$$\sigma_{\text{CM}} = \frac{F_t}{A_{\text{CM}}} \leq [\sigma]_{\text{CM}}, \quad (2.61)$$

де  $F_t$  – колова швидкість на колесі і шестерні, Н ( $F_t = 4568$  Н)

$A_{\text{CM}}$  – площа вмивання, мм<sup>2</sup>

$$A_{\text{CM}} = (0.94h - t_1)l_p, \quad (2.62)$$

Тут

$$l_p = l - b, \quad (2.63)$$

$l_p$  – робоча довжин шпонки зі скругленими кінцями, мм

( $l$  – повна довжин шпонки, мм ( $l = 32$  мм),  $b$  – ширина шпонки, мм  
( $b = 8$  мм),  $h$  – висота шпонки, мм ( $h = 7$  мм))

$$l_p = 32 - 8 = 24 \text{ мм}$$

$$A_{\text{см}} = (0.94 \cdot 7 - 4) \cdot 24 = 61.92 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4568}{61.92} = 73.77 \text{ Н/мм}^2$$

Умова виконується.

## 2.10 Перевірочний розрахунок валів

Ціль розрахунку – визначити коефіцієнти запасу міцності в небезпечних січеннях вала і порвняти їх з допустимими:

$$s \geq [s]$$

При меш точні розрахунковій схемі:  $[s] = 1.6 \dots 2.1$ .

Визначаємо напруження в небезпечних січеннях вала,  $H/мм^2$ :

$$\sigma_a = \frac{M \cdot 10^3}{W_{\text{нетто}}}, \quad (2.64)$$

де  $M$  – сумарний згинний момент в небезпечному січенні,  $H \cdot м$

$$M = 58.94 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$W_{\text{нетто}}$  – осьовий момент опору січення вала,  $мм^3$ .

$$W_{\text{нетто}} = 2700 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_a = \frac{58.94 \cdot 10^3}{2700} = 22 \text{ H/мм}^2$$

Визначаємо дотичне напруження  $\tau_a$ :

$$\tau_a = \frac{M_k}{2W_{\text{рнетто}}}, \quad (2.65)$$

де  $M_k$  – крутний момент,  $H \cdot м$  ( $M_k = 126 \text{ H} \cdot \text{м}$ )

$W_{\text{рнетто}}$  – полярний момент,  $мм^3$

$$(W_{\text{рнетто}} = 5400 \text{ мм}^3)$$

$$\tau_a = \frac{12600}{2 \cdot 5400} = 12 \text{ H/мм}^2$$

Визначаємо коефіцієнт концентрації нормальних і дотичних напружень для розрахункового перерізу валу:

$$(K_{\sigma})_D = \frac{K_{\sigma}}{K_d} + K_F - 1, \quad (2.66)$$

где  $K_{\sigma}$  – коефіцієнт концентрації напружень, ( $K_{\sigma} = 1.45$ )

$K_d$  – коефіцієнт впливу абсолютних значень,

$$K_d = 0.77$$

$K_F$  – коефіцієнт впливу шорсткості, ( $K_F = 1.5$ )

$$(K_{\sigma})_D = \frac{1.45}{0.77} + 1.5 - 1 = 2.3,$$

$$(K_{\tau})_D = \frac{K_{\tau}}{K_d} + K_F - 1. \quad (2.67)$$

де  $K_{\tau}$  – коефіцієнт концентрації напружень, ( $K_{\tau} = 1.3$ )

$$(K_{\tau})_D = \frac{1.3}{0.77} + 1.5 - 1 = 2.3.$$

Визначаємо границі витривалості в розрахунковому січенні валу,  $\frac{H}{\text{мм}^2}$ :

$$(\sigma_{-1})_D = \sigma_{-1} / (K_{\sigma})_D, \quad (2.68)$$

$$(\tau_{-1})_D = \tau_{-1} / (K_{\tau})_D, \quad (2.69)$$

де  $\sigma_{-1}$  і  $\tau_{-1}$  – границі витривалості глденських зразків при симетричному циклі згинання,  $\frac{H}{\text{мм}^2}$  ( $\sigma_{-1} = 410 \frac{H}{\text{мм}^2}$ )

$$\tau_{-1} \approx 0.58\sigma_{-1}, \quad (2.69)$$

$$\tau_{-1} \approx 0.58 \cdot 410 = 278.8 \frac{H}{\text{мм}^2},$$

$$(\sigma_{-1})_D = 410/2.3 = 178.3 \frac{H}{\text{мм}^2},$$

$$(\tau_{-1})_D = 278.8/2.2 = 126.7 \frac{H}{\text{мм}^2}.$$

Визначаємо коефіцієнти запасу міцності по нормальних і дотичних напругах:

$$s_\sigma = (\sigma_{-1})_D / \sigma_a, \quad (2.70)$$

$$s_\tau = (\tau_{-1})_D / \tau_a, \quad (2.71)$$

$$s_\sigma = \frac{178.3}{22} = 8.1$$

$$s_{\tau} = 126.7/12 = 10.6$$

Визначаємо загальний коефіцієнт запасу міцності в небезпечному січенні:

$$s = \frac{s_{\sigma} \cdot s_{\tau}}{\sqrt{s_{\sigma}^2 + s_{\tau}^2}}, \quad (2.72)$$

$$s = \frac{85.86}{13.3} = 6.3$$

## 2.11 Технічні характеристики редуктора

Маса редуктора, кг:

$$m = \varphi \rho V \cdot 10^{-9}, \quad (2.73)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт заповнення, ( $\varphi = 0.44$ );

$\rho$  – густина чавуну,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  ( $\rho = 7300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ );

$V$  – умовний об'єм редуктора,  $\text{м}^3$ .

$$V = L \cdot B \cdot H, \quad (2.74)$$

де  $L$  – довжина, м

$B$  – ширина, м

$H$  – висота, м

$$V = 416 \cdot 272 \cdot 157 = 17\,862\,661 \text{ м}^3$$

$$m = 0.44 \cdot 7300 \cdot 17\,862\,661 \cdot 10^{-9} = 57 \text{ кг}$$

Критичні характеристики редуктора:

$$\gamma = m/T_T, \quad (2.75)$$

де  $T_T$  – крутний момент на тихохідному валу редуктора, Н · м ( $T_T = 1014.9 \text{ Н} \cdot \text{м}$ )

$$\gamma = \frac{57}{1014.9} = 0.56$$

Згідно з розрахунковим критерієм технічного рівня, редуктор відноситься до категорії - вищий, редуктор відповідає рекордним зразкам.

## 2.12 Розрахунок пасової передачі

За виразом (2.10)  $U_{оп} = 3.5$ , із конструктивних міркувань задаємо діаметр шківів вала електродвигуна  $d_1 = 100 \text{ мм}$ , тоді діаметр шківів вала редуктора, мм:

$$d_2 = U_{оп} \cdot d_1, \quad (2.76)$$

$$d_2 = 3.5 \cdot 100 = 350 \text{ мм.}$$

Міжосьова відстань  $a_w = 934$  мм, тоді довжина ременя який огинає шківів,  
мм:

$$l_{\text{рем}} = 2a_w + \pi r + \pi R, \quad (2.77)$$

де  $l_{\text{рем}}$  – довжина паса, мм

$a_w$  – міжосьова відстань між шківів, мм

$r$  – радіус шківів електродвигуна, мм ( $r = 50$  мм)

$R$  – радіус шківів вала редуктора, мм ( $R = 175$  мм)

$$l_{\text{рем}} = 2 \cdot 934 + 3.14 \cdot 50 + 3.14 \cdot 175 = 2574.5 \text{ мм}$$

Приймаємо  $l_{\text{рем}}$  із стандартного ряду  $l_{\text{рем}} = 2500$  мм

Уточнюємо міжосьову відстань, мм:

$$a_w = \frac{l_{\text{рем}} - \pi r - \pi R}{2}, \quad (2.78)$$

$$a_w = \frac{2500 - 157 - 549.5}{2} = 881 \text{ мм}$$

## 2.13 Розрахунок відкритої зубчастой передачі

З конструктивних міркувань задаємо:

- ділительний діаметр колеса:  $d_2 = 400$  мм,
- ділительний діаметр шестерні:  $d_1 = 88$  мм,
- модуль зачеплення:  $m = 2$  об/хв,
- частотою обертання колеса  $n_2 = 2$  об/мин.

Тоді передаточне число передачі:

$$U_{зп} = \frac{d_2}{d_1}, \quad (2.79)$$

$$U_{зп} = \frac{400}{88} = 4.5.$$

Число обертів шестерні, об/хв:

$$n_1 = U_{зп} \cdot n_2, \quad (2.80)$$

Виходячи з отриманих даних підбираємо мотор-редуктор із стандартного ряду, 3В – 100.

Матеріал зубчастої передачі:

для шестерні – 40, твердість 250 НВ

для колеса – 40, твердість 200 НВ.

Допустиме контактне напруження:

для колеса  $[\sigma]_H = 427$  Н/мм<sup>2</sup>

для шестерні  $[\sigma]_H = 527 \text{ Н/мм}^2$

Допустиме напруження згину:

для колеса  $[\sigma]_F = 206 \text{ Н/мм}^2$

для шестерні  $[\sigma]_F = 257 \text{ Н/мм}^2$

За виразом (2.31) міжосьова відстань в зачепленні, мм:

$$a_w = \frac{400(4.5 + 1)}{2 \cdot 4.5} = 244 \text{ мм.}$$

За виразом (2.33) ширина вінця, мм:

$$b_2 = 244 \cdot 0.32 = 78 \text{ мм.}$$

За виразом (2.34) сумарне число зубів колеса і шестерні:

$$z_\Sigma = \frac{2 \cdot 244}{3} = 162.$$

За виразом (2.35) число зубів шестерні:

$$z_1 = \frac{162}{5.5} = 30$$

За виразом (2.37) число зубів колеса:

$$z_1 = 162 - 30 = 132$$

Таблиця 2.4 Основні геометричні параметри передачі

Параметр		Шестерня	Колесо
Діаметр	Ділильний	$d_1 = mz_1 = 90 \text{ мм}$	$d_2 = mz_2 = 396 \text{ мм}$
	Вершин зубів	$d_{a1} = d_1 + 2m$ $= 96 \text{ мм}$	$d_{a2} = d_2 + 2m = 402 \text{ мм}$
	Впадин зубів	$d_{f1} = d_1 - 2.4m$ $= 82.8 \text{ мм}$	$d_{f2} = d_2 - 2.4m$ $= 388.8 \text{ мм}$
Ширина вінця		$b_1 = b_2 + 4 = 82 \text{ мм}$	$b_2 = a_w \cdot \psi_a = 78 \text{ мм}$

### **3 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ**

Одним із головних завдань, що стоять перед підприємством з виробництва устаткування для харчової промисловості, є створення машин і апаратів, що відповідають світовим вимогам. Це завдання вирішується шляхом розробки спеціального устаткування, шляхом конструювання принципово нових типів машин або модернізації існуючих моделей устаткування.

Вибір оптимального варіанта конструкції проводиться на базі показників економічної ефективності. Наведений економічний розрахунок показує ефективність впровадження розроблювальної машини для замісу тіста.

Технічна характеристика тістомісильної машини:

Продуктивність, кг/год	444
Установлена потужність, кВт	3
Займана площа, м <sup>2</sup>	0.72
Маса, кг	241
Кількість робітників, що обслуговують машину, чол	1

#### **3.1 Розрахунок собівартості нової машини**

Таблиця 3.1 - Вартість сировини й матеріалів

Найменування матеріалу	Кількість, кг	Ціна за кг, грн.	Сума, грн.
Сталь 3 листова	77	31.5	2425.5
Сталь 08X18Г8Н2Т труба	29.2	32.5	949
Сталь 08X18Г8Н2Т	4.4	70	440
ЖР оц	5.84	36	210
Разом			4024.5

Транспортні витрати становлять 5% від вартості матеріалів. Витрати на транспортування матеріалів становлять 200 грн.

Разом витрати на матеріали враховуючи транспортні витрати – 4225.5 грн.

Таблиця 3.2 - вартість покупних виробів

Виріб	Одиниці виміру	Кількість одиниць, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Електродвигун	шт	1	5690	5690
Мотор-редуктор	шт	1	10000	10000
Редуктор	шт	1	7000	7000
Кріпильні вироби	кг	13	60	180
Електроди	кг	10	50	500
Ремені клинові	шт	3	60	600
Разом				23970

Транспортні витрати становлять 5% від вартості покупних виробів. Витрати на транспортування покупних виробів становлять 1198.5 грн.

Разом витрати на покупні вироби, враховуючи транспортні витрати – 25 168.5 грн.

Таблиця 3.3 - Енерговитратні на виготовлення машини

Вид устаткування	Потужність обладнання, кВт	Кількість робочих годин	Ціна, кВт, грн.	Сума, грн.
Токарський верстат	12 кВт	50	2,90	1740
Шліфувальний верстат	40 кВт	18	2,90	2088
Фрезерний верстат	20 кВт	24	2,90	1392
Зварювальний апарат	5 кВт	41	2,90	594,5
Ливарна операція	40 кВт	12	2,90	1392
Разом				7206,5

Таблиця 4.4 - Основна заробітна плата робітників

Професія	Розряд	Кількість робочих годин	Годинна тарифна ставка, грн	Прямий фонд заробітної плати, грн
Токар	4	54	320,5	17550

Фрезерувальник	4	26	300	7800
Шліфувальник	4	20	320,5	6500
Ливарник	4	14	340,1	4770,4
Зварник	4	45	310,5	14170,5
Свердлувальник	5	17	350	5950
Складальник	5	27	340,1	9200,7
Разом				65950,6

### 3.2 Розрахунки заробітної плати робітників

Доплати:

$$Д = ФЗП \cdot 15\%, \quad (3.1)$$

де Д – доплати,

$$Н_d = 15\%.$$

ФЗП – фонд заробітної плати, грн

$$Д = 65950,6 \cdot 15\% = 9890,34 \text{ грн.}$$

Премії:

$$П = (ФЗП + Д) \cdot 15\%, \quad (3.2)$$

де  $H_{\pi} = 15\%$ .

$$П = (65950,6 + 9890,34) \cdot 15\% = 11370,7 \text{ грн.}$$

Основна зарплата:

$$ОЗ = ФЗП + Д + П, \quad (3.3)$$

де ОЗ - Основна заробітна плата.

$$ОЗ = 65950,6 + 9890,34 + 11370,7 = 87220,6 \text{ грн.}$$

Додатковий фонд заробітної плати:

$$ФЗПД = ФЗП \cdot 10\%, \quad (3.4)$$

де  $H_{\pi} = 10\%$

$$ФЗПД = 65950,6 \cdot 10\% = 6590,5 \text{ грн.}$$

Районний коефіцієнт:

$$РК = (ФЗП + ФЗПД) \cdot 15\%, \quad (3.5)$$

де  $H_{ур. до} = 15\%$  від ФЗП і ФЗПД

$$PK=(65950,6+6590,5) \cdot 15\%=10880,2 \text{ грн.}$$

Повний фонд заробітної плати:

$$ПФЗ=ФЗП+ФЗПД+PK, \quad (3.6)$$

де ПФЗ - повний фонд заробітної плати.

$$ПФЗ=65950,6+6590,5 +10880,2 =83430,3 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби:

$$ОСН=ПФЗ \cdot 34.2\%, \quad (3.7)$$

де  $H_{осн} = 34.2\%$

$$\text{ОСН} = 83430,3 \cdot 34,2\% = 28530,4 \text{ грн.}$$

Витрати на встановлення і експлуатацію устаткування:

$$\text{РСЕО} = \text{ПФЗ} \cdot 110\%,$$

де РСЕО - витрати на встановлення і експлуатацію устаткування

$$H_{\text{рсо}} = 110\%.$$

$$\text{РСЕО} = 83430,3 \cdot 110\% = 91770,6 \text{ грн.}$$

Цехові витрати 120% від ПФЗ:

$$\text{ЦР} = \text{ПФЗ} \cdot 120\%, \quad (3.8)$$

$$\text{де } H_{\text{цр}} = 120\%$$

$$\text{ЦР} = 83430,3 \cdot 120\% = 10\,0120 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські витрати 130% від ПФЗ:

$$\text{ОЗР} = \text{ПФЗ} \cdot 130\%, \quad (3.9)$$

$$\text{де } H_{\text{озр}} = 130\%$$

$$\text{ОЗР} = 8343,3 \cdot 130\% = 10\,846,5 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість:

Виробнича собівартість – це сума всіх витрат на виробництво продукції: матеріалів з врахуванням транспортних витрат, покупних матеріалів з урахуванням транспорту, енерговитратні, повний фонд заробітної плати, відрахування на соціальні потреби, витрати на встановлення і експлуатацію устаткування, цехові витрати, загальнозаводські витрати.

$$\begin{aligned} \text{ПрС} &= 42250,5 + 25\,168,5 + 72060,5 + 83430,3 + 28530,4 + 91770,6 + 10 \\ &012 + 10\,846,3 = \\ &= 177\,833,1 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Виробничі витрати, береться 3% від ПрС:

$$\text{Впрр} = \text{ПрС} \cdot 3\%, \quad (3.10)$$

де  $H_{\text{впр}} = 3\%$ .

Впрр - невиробничі витрати.

$$\text{ВПрР} = 177\,833,1 \cdot 3\% = 2335 \text{ грн.}$$

Повна собівартість

Повна собівартість визначається як сума виробничої собівартості й поза виробничими витратами:

$$\text{Полс}=\text{Прс}+\text{Впрр}, \quad (3.11)$$

$$\text{Полс} = 77\,833.1 + 2335 = 80\,168.1 \text{ грн.}$$

Нормативний прибуток:

Нормативний прибуток, береться 15% від повної собівартості:

$$\text{Н}_{\text{орп}}=\text{П}_{\text{олс}} \cdot 15\% \quad (3.12)$$

де  $\text{Н}_{\text{орп}} = 15\%$ .

$$\text{Н}_{\text{орп}} = 80\,168.1 \cdot 15\% = 12\,025.2 \text{ грн}$$

Оптова ціна:

$$\text{О}_{\text{птц}}=\text{П}_{\text{олс}}+\text{Н}_{\text{орп}}, \quad (3.13)$$

$$\text{О}_{\text{птц}} = 80\,168.1 + 12\,025.2 = 92\,193.3 \text{ грн.}$$

Податок на додану вартість

$$\text{ПДВ}=(\text{О}_{\text{птц}} - \text{П}_{\text{рзат}}) \cdot 18\%, \quad (3.14)$$

де  $\text{Н}_{\text{ндс}} = 18\%$ .

$\text{П}_{\text{рзат}}$  - прямі витрати:

Прямі витрати – це витрати на матеріали з урахуванням транспорту, покупні вироби з урахуванням транспортних витрат, енерговитрати:

$$\text{П}_{\text{рзат}} = 42250.5 + 25\,168.5 + 72060.5 = 136\,600.5 \text{ грн.}$$

$$\text{ПДВ}=(92\,193.3 - 36\,600.5)\cdot 18\%= 10\,006.7 \text{ грн.}$$

Договірна ціна

Договірна ціна – це сума оптової ціни й податку на додану вартість:

$$D_{\text{огц}}=O_{\text{птц}}+\text{ПДВ}, \quad (3.15)$$

$$D_{\text{огц}}= 92\,193.3 + 10\,006.7 = 102\,200 \text{ грн.}$$

### 3.3 Розрахунки капітальних вкладень в устаткування

Капітальні вкладення в одиницю технологічного устаткування, які встановлюють залежно від того, чи є це устаткування на заводі чи закупляється у сторонніх виробників. У випадку придбання (або виробництва) нового обладнання:

$$\text{Кап}=O_{\text{птц}}\cdot (1 + a_{\text{т}} + a_{\text{с}} + a_{\text{м}}), \quad (3.16)$$

де  $O_{\text{птц}}$  – оптова ціна, грн;

$a_{\text{т}}$  – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, пов'язаних із придбанням устаткування, у наближених розрахунках він може бути прийнятий рівним 0.1 для легкого устаткування.

ас – коефіцієнт, що враховує витрати на будівельні роботи, для устаткування приймаємо рівним 0,05.

ам – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж і освоєння устаткування, ухвалюємо рівним 0,15.

$$\text{Кап} = 92\,193.3 \cdot (1 + 0,1 + 0,05 + 0,15) = 119\,851.3 \text{ грн.}$$

### 3.4 Розрахунки собівартості річного випуску продукції

Таблиця 3.5 — Баланс робочого часу на одного робітника на рік

№ показника	Найменування показників	Значення
1	Календарний фонд часу, дн.	365
2	Кількість неробочих днів, усього в тому числі:	114
	святкових	10
	вихідних	104
3	Номінальний фонд робочого часу, (п. 1 - п.2) дн.	251
4	Невиходи на роботу, дн., усього	38
	у тому числі:	
	Чергові відпустки	24
	Додаткові відпустки	4
	Відпустки через хворобу	8
	Виконання державних і суспільних обов'язків	2
5	Кількість робочих днів (п. 3 - п.4)	213
6	Фактичний час роботи, год.	8

7	Корисний фонд часу одного робітника, год (п.5 - п.6)	1704
---	--	------

Витрати на сировину й матеріали

Корисний фонд часу машини:

$$\text{ПФВМ} = \text{НФРВ} \cdot \text{ФБР} \cdot 0.95, \quad (3.17)$$

де НФРВ - номінальний фонд робочого часу, год

ПФВМ - корисний фонд часу машини, год

ФБР - фактичний час роботи, год

0.95 - планова зупинка на ремонт

$$\text{ПФВМ} = 251 \cdot 6 \cdot 0.95 = 1430.7 \text{ год}$$

Енерговитрати на виготовлення продукції

$$E_3 = N \cdot \text{Ц1кВт} \cdot \text{Фд}, \quad (3.18)$$

де N – потужність, N= 3 кВт.

Фд – дійсний фонд робочого часу, год.

Ц1кВт – ціна 1 кВт енергії, Ц1 кВт = 2.9 грн.

$$E_3 = 3 \cdot 2.9 \cdot 1430.7 = 12\,477.1 \text{ грн.}$$

### 3.5 Заробітна плата обслуговуючого робітника

Фонд заробітної плати:

$$\Phi ЗП = \Phi д \cdot C_{\text{чтс}} \cdot P, \quad (3.19)$$

де  $P$  – кількість робітників,  $P = 1$  чол.

$C_{\text{чтс}}$  – годинна тарифна ставка, год/грн,  $C_{\text{чтс}} = 32$  год/грн;

$\Phi д$  – дійсний фонд робочого часу, год.

$$\Phi ЗП = 1704 \cdot 32 \cdot 1 = 54\,528 \text{ грн}$$

Доплати:

$$Д = \Phi ЗП \cdot 15\%, \quad (3.20)$$

де  $H_d = 15\%$

$$Д = 54\,528 \cdot 15\% = 8178.2 \text{ грн}$$

Премії:

$$П = (\Phi ЗП + Д) \cdot 15\%, \quad (3.21)$$

де  $H_{\text{п}} = 15\%$

$$\Pi = (54\,528 + 8178.2) \cdot 15\% = 9406 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата:

$$OЗ = \PhiЗП + Д+П, \quad (3.22)$$

$$OЗ = 54\,528 + 8178.2 + 9406 = 72\,112.2 \text{ грн,}$$

Фонд заробітної плати додатковий:

$$\PhiЗП_{\text{доп}} = \PhiЗП \cdot 10\%, \quad (3.23)$$

де  $H_{\PhiЗП_{\text{доп}}} = 10\%$

$$\PhiЗП_{\text{доп}} = 54\,528 \cdot 10\% = 5452.8 \text{ грн}$$

Районний коефіцієнт:

$$PK = (\PhiЗП + \PhiЗП_{\text{доп}}) \cdot 15\%, \quad (3.24)$$

де  $H_{ур до} = 15\%$

$$PK = (54\,528 + 5452.8) \cdot 15\% = 8997 \text{ грн}$$

Повний фонд заробітної плати:

$$ПФЗ = ФЗП + ФЗП_{доп} + PK, \quad (3.25)$$

$$ПФЗ = 54\,528 + 5452.8 + 8997 = 68\,977.8 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальні потреби:

$$ОСН = ПФЗ \cdot 32.4\%, \quad (3.26)$$

де  $H_{осн} = 32.4\%$

$$ОСН = 68\,977.8 \cdot 32.4\% = 22\,359.0 \text{ грн}$$

Витрати на установку і експлуатацію устаткування:

$$P_{\text{сico}} = \text{ПФЗ} \cdot 50\%, \quad (3.27)$$

де  $H_{\text{рco}} = 50\%$

$$P_{\text{сico}} = 68\,977.8 \cdot 50\% = 34\,488.9 \text{ грн}$$

Загальнозаводські витрати:

$$\text{ОЗР} = \text{ПФЗ} \cdot 250\%, \quad (3.28)$$

де  $H_{\text{озп}} = 250\%$

$$\text{ОЗР} = 68\,977.8 \cdot 25\% = 172\,444.5 \text{ грн}$$

Виробнича собівартість:

Виробнича собівартість це сума всіх витрат на виробництво продукції:

$$P_{\text{рс}} = \text{ПФЗ} + \text{ОСН} + P_{\text{сico}} + \text{ОЗР}, \quad (3.29)$$

$$\text{Прс} = 68\,977.8 + 23\,590.4 + 34\,488.9 + 172\,444.5 = 299\,501.6 \text{ грн}$$

Вневиробничі витрати:

$$\text{ВПР} = \text{Прс} \cdot 4\%, \quad (3.30)$$

$$\text{ВПР} = 299\,501.6 \cdot 4\% = 11\,980 \text{ грн,}$$

де  $H_{\text{впр}} = 4\%$

Повна собівартість:

$$\text{Сп} = \text{Прс} + \text{ВПР}, \quad (3.31)$$

$$\text{Сп} = 299\,501.6 + 11\,980 = 311\,481.6 \text{ грн,}$$

Собівартість 1 т продукції (повна собівартість), грн/т:

$$\text{Сп}_{1\text{т}} = \text{Сп} / \text{Р}_{\text{год}}, \quad (3.32)$$

де  $\text{Р}_{\text{год}}$  – річний виробіток, т/рік

$$\text{Р}_{\text{год}} = 635.23 \text{ т/рік}$$

$$C_{п_{т}} = 311\,481.6 / 635.23 = 490.3 \text{ грн/т}$$

Таблиця 3.6 - Калькуляція виробу

Найменування статей		Вартість у грн.
Річний виробіток, у т/рік		635.23
1	Основна сировина (борошно в/с)	
2	Енерговитратні	12 447.1
3	Основна заробітна плата	72 112.2
4	Додаткова заробітна плата	5452.8
5	Районний коефіцієнт	8987
6	Відрахування на соціальні потреби	23 590.4
7	Витрати на зміст і експлуатацію встаткування	34 488.9
8	Загальнозаводські витрати	17 244.5
9	Собівартість виробнича	299 501.6

10	Невиробничі витрати	11 980
11	Собівартість повна	311 481.6
12	Собівартість повна 1 тонни продукції, у руб/т	490.3

### 3.6 Планування прибутки в умовах ринкової економіки

Прибуток на 1 тонну, грн/т:

$$\Pi_{1т} = C_{\Pi_{1т}} \cdot 15 \%, \quad (3.33)$$

де  $H_{\Pi_{1т}} = 15\%$

$$\Pi_{1т} = 490.3 \cdot 15\% = 73.5 \text{ грн}$$

Оптова ціна 1 тони, грн/т:

$$OЦ_{1т} = C_{\Pi_{1т}} + \Pi_{1т}, \quad (3.34)$$

$$OЦ_{1т} = 490.3 + 73.5 = 563.8 \text{ грн}$$

Оптово - відпускна ціна 1 тони продукції, грн/т:

$$\text{ООЦ}_{1\text{T}} = \text{ОЦ}_{1\text{T}} + \text{ПДВ}, \quad (3.35)$$

де

$$\text{ПДВ} = \text{ОЦ}_{1\text{T}} \cdot 18 \%, \quad (3.36)$$

$$H_{\text{ндс}} = 18\%$$

$$\text{ПДВ} = 563.8 \cdot 18\% = 101.5 \text{ грн}$$

$$\text{ООЦ}_{1\text{T}} = 563.8 + 101.5 = 665.3 \text{ грн}$$

Роздрібна ціна 1 тони, грн/т:

$$\text{РЦ}_{\text{T}} = \text{ООЦ}_{1\text{T}} + \text{T}_{\text{нац}}, \quad (3.37)$$

де  $\text{T}_{\text{нац}}$  – товарна націнка,  $\text{T}_{\text{H}} = 20\%$ ;

$$\text{T}_{\text{нац}} = \text{ООЦ}_{1\text{T}} \cdot \text{T}_{\text{H}}$$

$$\text{T}_{\text{нац}} = 665.3 \cdot 20\% = 133 \text{ грн}$$

$$\text{РЦ}_{\text{T}} = 665.3 + 133 = 798.3 \text{ грн}$$

### 3.7 Планування прибутки

Прибуток на 1 тонну, руб/т:

$$\Pi_{1т} = ОЦ_{1т} - С_{\Pi_{1т}}, \quad (3.38)$$

$$\Pi_{1т} = 563.8 - 490.3 = 73.5 \text{ грн}$$

Прибуток від реалізації, руб/рік:

$$\text{Пр} = \Pi_{1т} \cdot P_{\text{год}}$$

де  $P_{\text{год}}$  – річний виробіток, т/рік:

$$P_{\text{год}} = 635.23 \text{ т/рік}$$

$$\text{Пр} = 73.5 \cdot 635.23 = 46\,689.4 \text{ грн}$$

Рентабельність:

$$P = (\text{Пр}/С_{\Pi}) \cdot 100\%, \quad (3.39)$$

$$P = (46\,689.4 / 311\,481.6) \cdot 100\% = 15\%$$

Податок на прибуток:

$$H_{\text{п}} = \text{Пр} \cdot 20\%, \quad (3.40)$$

де  $H_{\text{п}} = 20\%$

$$H_{\text{п}} = 46\,689.4 \cdot 20\% = 9337.9 \text{ грн}$$

Прибуток чистий:

$$P_{\text{ч}} = \text{Пр} - H_{\text{п}}, \quad (3.41)$$

$$P_{\text{ч}} = 46\,689.4 - 9337.9 = 37\,351.5 \text{ грн}$$

Строк окупності (відношення загальних капітальних вкладень до чистого прибутку):

$$T = \text{Кап} / P_{\text{ч}}, \quad (3.42)$$

$$T = 119\,851.3 / 37\,351.5 = 3.2 \text{ рік}$$

Фактичний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень  
 $E_{\text{ф}}$ :

$$E_{\phi} = 1/T, \quad (3.43)$$

$$E_{\phi} = 1/3.2 = 0.31$$

Таблиця 3.7 Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Значення
Річна програма випуску	т/рік	635.23
Кількість устаткування	Ед	1
Капітальні вкладення	грн	119 851.3

Продовження таблиці 3.7 Техніко-економічні показники проекту

Повна собівартість виконаних робіт	грн/рік	311 481.6
Кількість робітників	чол	1
Строк окупності	рік	3.2
Фактичний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень	–	0.31

Висновки: даний проект економічно ефективний. Прибуток від реалізації становить – 46 689.4 грн., чистий прибуток – 37 351.5 грн. Строк окупності машини  $S_{\text{трум}} = 3.2$  року, значно менше нормативного  $S_{\text{трум}} < T_{\text{нор}}$ ,  $T_{\text{нор}} = 6.6$ , а коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень  $E_{\phi} = 0.31$  більше нормативного  $E_{\phi} > E_{\text{нор}}$ ,  $E_{\text{нор}} = 0.15$ . Отже, можна зробити висновок про ефективність впровадження проектованої машини внаслідок високих техніко-економічних показників.

## **ВИСНОВКИ**

У процесі роботи над проектом проведено патентний пошук існуючих машин для замісу тіста із пшеничного і житнього борошна. Обрана альтернативна конструкція тістомісильної машини, визначені всі її переваги й недоліки, які в процесі проектування будуть дороблені.

Дана повна класифікація машин для замісу тіста.

Виконані технологічні, кінематичні, конструкторські й перевірочні розрахунки.

Визначені нормативний строк окупності й коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень. У цілому машина є економічно вигідною. Проведений аналіз безпеки праці й вплив виробництва на навколишнє середовище.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов. – Вінниця: Нова школа, 2004. – 282с.
2. Пастух І.М. Курсове проектування приводів. Методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей / І.М. Пастух, Ю.Ф. Добжанський. – Хмельницький: ТУП, 1999. – 92с.
3. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В.И. Соколов. – М.: Машиностроение, 1983 – 447с.

## **ДОДАТКИ**