

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНА РОБОТА

ОС «Магістр»

Тема „ Модернізація лінії виготовлення хлібобулочних виробів із
модернізацією машини для замішування тіста ”

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Спеціалізація Машини і апарати харчових виробництв
Шифр ДПМАХВ 22.07.00.00.000 ПЗ

Студент гр. МАХВ_м-21-1

Радунь А.В.

Керівник роботи

д.т.н., проф. Стечишин М.С.

Нормоконтролер

к.т.н, доц. Лук'янюк М.В.

До захисту допускаю:

д.т.н., проф. Стечишин М.С.

Завідувач секцією МАХВ _____

_____ 2022 р.

Хмельницький, 2022р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1. Етапи технологічного процесу	6
1.2. Характеристика обладнання	6
	6
	9
1.3. Патентний пошук	10
	20
1.4. Висновки	20
	21
2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	22
2.1. Технологічні розрахунки	22
2.2. Кінематичні розрахунки привода	22
2.3. Матеріали зубчастої передачі	29
2.4. Розрахунки редуктора	32
2.5. Навантаження на вали редуктора	38
2.6. Проектний розрахунок валів	39
2.7. Розрахунок схема редуктора	41
2.8. Перевірний розрахунок підшипників	45
2.9. Перевірний розрахунок шпонок	47
2.10. Перевірний розрахунок валів	48
2.11. Технічні характеристики редуктора	52
2.12. Розрахунок пасової передачі	53
2.13. Розрахунки відкритої зубчастої передачі	54
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	58
	58
3.1. Розрахунки собівартості машини	58
3.2. Заробітна плата робітників	61
3.3. Капітальні вкладення в устаткування	67
3.4. Собівартість річного випуску продукції	68
3.5. Заробітна плата обслуговуючого робітника	69
3.6. Планування прибутку	75
3.7. Запланований прибуток	77
ВИСНОВКИ	81
ЛІТЕРАТУРА	82
ДОДАТКИ	

АНОТАЦІЯ

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

В дипломному проекті приведено аналіз сучасних конструкцій тістомісильних машин. Описано їх переваги та недоліки. Розглянута також технологічна схема випікання хлібобулочних виробів. Виявлені переваги і недоліки існуючих конструкцій тістомісильних машин на основі яких і була розроблена своя конструкція тістомісильної машини.

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

ВСТУП

У хлібопекарській, макаронній і кондитерській промисловості на різних етапах технологічного процесу широко застосовуються змішувальні машини. Процес перемішування може здійснюватися з різною інтенсивністю, частотою впливу робочого органа й тривалістю залежно від конструкції змішувача й властивостей оброблюваних компонентів. Інтенсифікація робочих процесів у змішувальних камерах скорочує процес тістоутворення й підвищує якість готових виробів.

Замість тіста полягає в змішуванні борошна, води, солі, дріжджів, цукру і інших компонентів в однорідну масу. Надання цій масі необхідних структурно-механічних властивостей, рівномірне насичення її повітрям.

Тістомісильні машини залежно від рецептурного складу повинні активно впливати на тісто для його подальшого дозрівання. Від роботи тістомісильних машин залежить якість готової продукції. Конструкція тістомісильної машини визначається властивостями сировини, що замішується. Наприклад еластично-пружне тісто потребує більш інтенсивного перемішування аніж пластичне.

Специфіка процесів перемішування у хлібопекарському виробництві обумовлена як властивостями борошна, так і рідкими компонентами, що містять мікроорганізми: дріжджі, активні ферменти, молочнокислі бактерії й ін. У роботі розглянуті вітчизняні й закордонні тістомісильні машини. Наведені дані про принципи роботи та їх конструктивних особливостях. Проаналізовані класифікаційні матриці функціональних схем тістомісильних машин.

Приготування тіста, його обробка й випічка - основні виробничі процеси хлібопекарства.

Склад і компонування тісто змішувальних агрегатів і тісто розділювальних ліній, конструкції тістомісильних, ділильних і формувальних машин визначається обраними технологічними схемами виробництва та властивостями сировини. Устаткування для хлібопекарства, що має однакове

функціональне призначення, але обробляє житнє або пшеничне борошно, суттєво відрізняється по характеру руху робочих органів.

У виробничих лініях хлібозаводів поширюються машини й апарати періодичної дії, які забезпечують можливість регулювання технологічних параметрів у широких межах, тому що значна кількість сировини характеризується зниженими хлібопекарськими якостями.

Важливе місце в хлібопекарському виробництві займають печі від яких залежить виробнича потужність і економічні показники підприємства.

Створення нових технологій виробництва хлібобулочних виробів є основою вдосконалювання технічної бази хлібопекарської галузі.

Метою роботи є ознайомлення з устаткуванням для замісу тістових напівфабрикатів і вдосконалення конструкції машини та розрахувати її основні характеристики.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Етапи технологічного процесу

Приготування хліба можна розділити на наступні етапи:

- 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;
- обробка — розподіл дозрілого тісту на порції однакової маси;
- формування — механічна обробка тестових заготовок з метою надання їм певної форм.;
- відстоювання — шумування сформованих тістових заготовок;
- гідротермічна обробка тістових заготовок і випічка хліба;

- охолодження, вибраковування і зберігання хліба.

1.2. Характеристика обладнання

Залежно від призначення обладнання на хлібопекарських підприємствах поділяють на енергетичне, технологічне, транспортне, санітарно-технічне й допоміжне.

Технологічне обладнання:

1. Обладнання для зберігання й підготовки до виробництва основної й додаткової сировини.
2. Обладнання для дозування й темперування компонентів.
3. Обладнання для готування тіста й тістових напівфабрикатів.
4. Обладнання для шумування опари й тіста.
5. Обладнання для розподілу тісту на шматки.
6. Обладнання для формування тестових заготовок і напівфабрикатів.
7. Обладнання для відстоювання і укладання тістових заготовок.
8. Агрегати для випічки й сушіння тістових заготовок.
9. Обладнання для упаковки, зберігання й транспортування готових виробів.

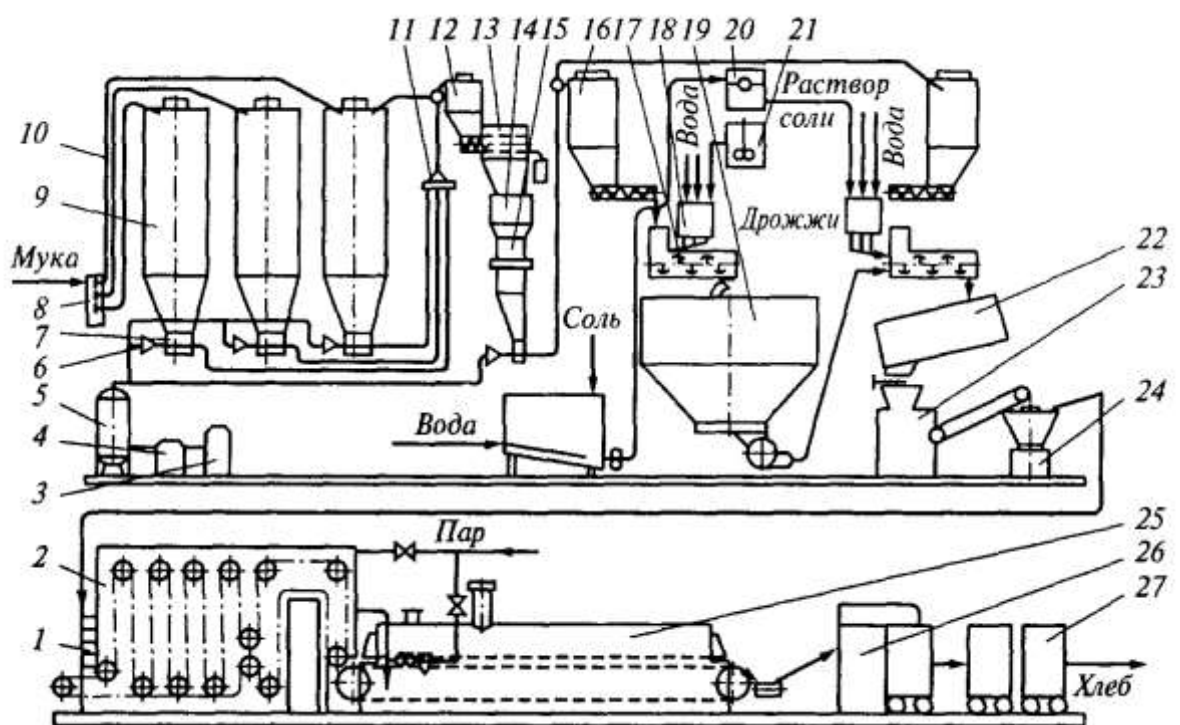
Початкові стадії технологічного процесу виробництва хліба виконуються за допомогою обладнання для зберігання, транспортування й підготовки до виробництва борошна, води, солі, цукру, жиру, дріжджів. Для зберігання сировини використовують металеві й залізобетонні ємності, мішки й бункера. На невеликих підприємствах застосовують механічне транспортування мішків з борошном, а борошно — норіями, ланцюговими й гвинтовими конвеєрами. На великих підприємствах застосовують системи пневматичного транспорту борошна. Рідкі напівфабрикати перекачуються насосами. Підготовку сировини проводять за допомогою змішувачів, просіювачів, магнітних апаратів, фільтрів і допоміжного устаткування.

Основний комплекс лінії складається з устаткування для темперування, дозування та змішування рецептурних компонентів; шумування опари й тіста; розподілу тіста на порції, формування тістових заготовок. До комплексу входять дозатори, тістоготувальні агрегати, тістомісильні, ділильні й формувальні машини.

Наступний комплекс лінії містить обладнання для відстоювання, укладання й випічки тістових заготовок. Сюди входять відстійні шафи, механізми для укладання, пересадження, нарізки тістових заготовок і печі.

Завершальний комплекс обладнання забезпечує охолодження, упакування, зберігання й транспортування готових виробів.

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



1 — укладальник; 2 — відстоювальний 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 —

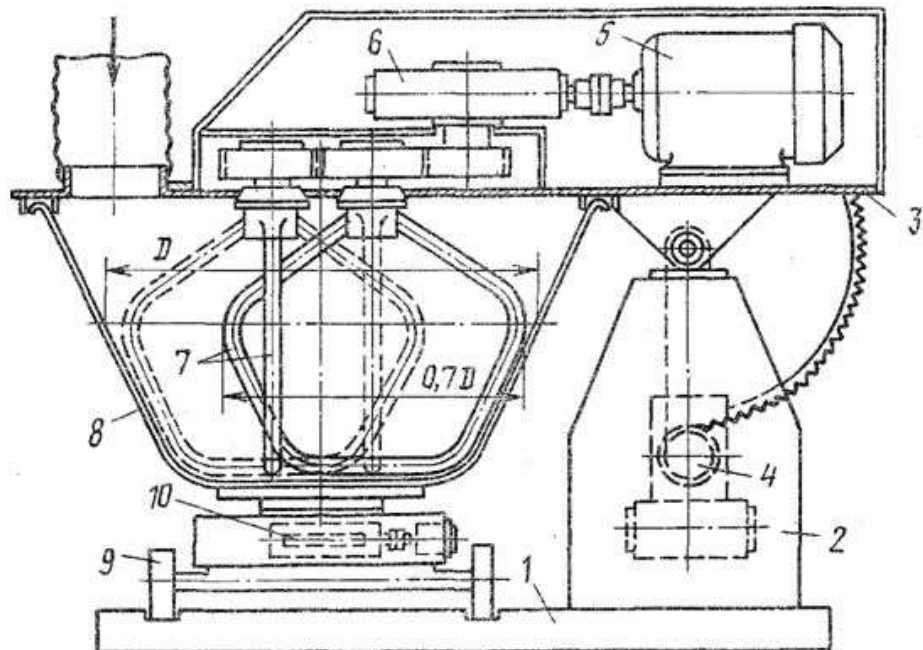
автоваги; 16 - виробничий силос; 17 — тістомісильна машина; 18 - автоматична дозувальна станція для рідких компонентів; 19 - опарний бункер тістозмішувального агрегату; 20 і 21 — видаткові баки для солі й для дріжджової емульсії; 22 — бункер для шумування тіста; 23 — тісторозділювач; 24 — округлювач; 25 — тунельна піч; 26 – машина для хлібовкладання; 27 — контейнери для хліба.

Рис.1.1. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва хліба

1.3. Патентний пошук

Тістомісильна машина (рис.1.2). Місильний механізм (рис.1.2) 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 і розміщення однієї зі сторін кожної рамки паралельно днищу, дозволяє скоротити тривалість замісу.



1 — фундамента 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 величини середнього діаметра діжі забезпечує самоочищення місильного механізму.

На рис.1.2 показана тістомісильна машина, а на рис.1.3 схема роботи місильного механізму.

На фундаменті 1, містить станину 2, на якій закріплена поворотна траверса 3 із приводом 4. На траверсі розміщений місильний механізм із приводом, що включає електродвигун 5, редуктор 6 і двох вертикально розташованих п'ятикутних місильних рамок 7. Траверса 3 одночасно служить кришкою діжі 8, яка на закріплена на візку 9. Місильні рамки 7 розташовані під прямим кутом. Одна із сторін кожної рамки 7 паралельна днищу діжі 8, а прилягаюча до неї — бічній поверхні діжі 8.

Діжа 8, виконана у вигляді усіченого конуса, має привід 10 для забезпечення обертання діжі навколо її осі.

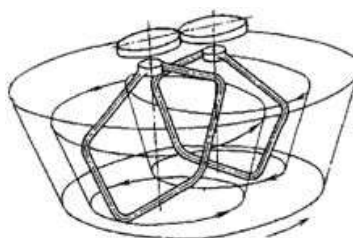
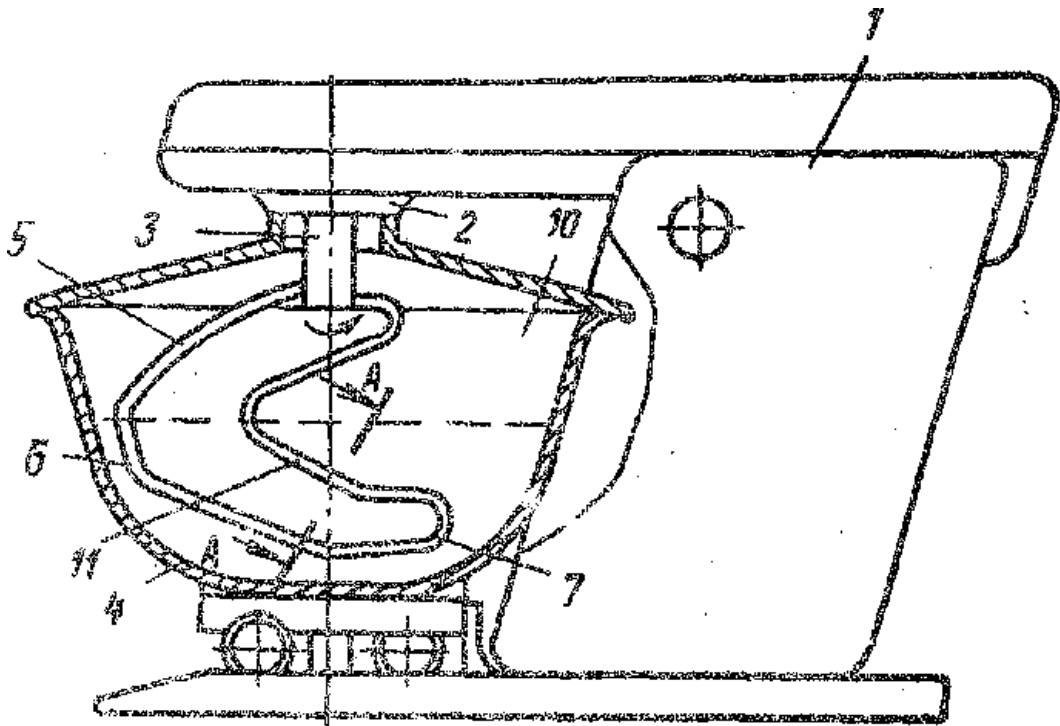


Рис.1.3. Схема роботи місильного механізму

Аналогічна конструкція тістомісильної машини періодичної дії (рис.1.4), з діжею, що має петлеподібну місильну лопатку, яка формою повторює внутрішній профіль діжі. Машина відрізняється тим, що верхня і нижня ділянки петлі рознесені по різні сторони від осі обертання лопати так, що проекції їх на вісь обертання не перетинаються.

Машина також відрізняється тим, що ділянка лопатки розміщена нижче середини діжі, має кромку орієнтовану під гострим кутом.



1 — корпус; 2 — привід; 3 — вал; 4 — нерухома 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

Машина для порційного замісу в підкатних діжах високов'язких мас, тістоподібних середовищ хлібопекарського й кондитерського виробництва.

Відома тістомісильна машина періодичної дії з вертикальним вихідним валом, на якому закріплений місильний орган, виконаний у вигляді стрічкового шнека зі змінним кроком. Підкатна діжа машини нерухома. Тістомісильна машина має привід, що забезпечує вертикальне переміщення місильного органа.

Основний недолік машини – низька продуктивність, висока металоємність і енергоємність. Гвинтоподібний місильний орган тістоподібної маси видавлює її у внутрішній об'єм діжі, обмежений торцями лопатки. При цьому маса переміщується майже синхронно з місильним органом і проміс тіста затруднюється. Достатня міцність місильного органа досягається при товщині лопатки шнека не менш 16 мм, що обумовлює підвищену металоємність місильного органа, а консольне навантаження на вал привода знижує довговічність машини.

Найбільш близькою до запропонованої є тістомісильна машина періодичної дії, що містить на валу петлеподібну місильну лопатку.

Місильна лопатка машини має планетарний рух. При цьому привід лопатки складний, включає певну кількість зубчастих коліс, що збільшує металоємність машини й зменшує її КПД.

Мета винаходу – підвищення КПД і зменшення металоємності.

Зазначена мета досягається тим, що тістомісильна машина періодичної дії має закріплену на валу петлеподібну місильну лопатку, що включає дві ділянки. Одна з ділянок частково розташована вище середини діжі, а нижня ділянка лопатки нижче середини діжі і з'єднана з валом.

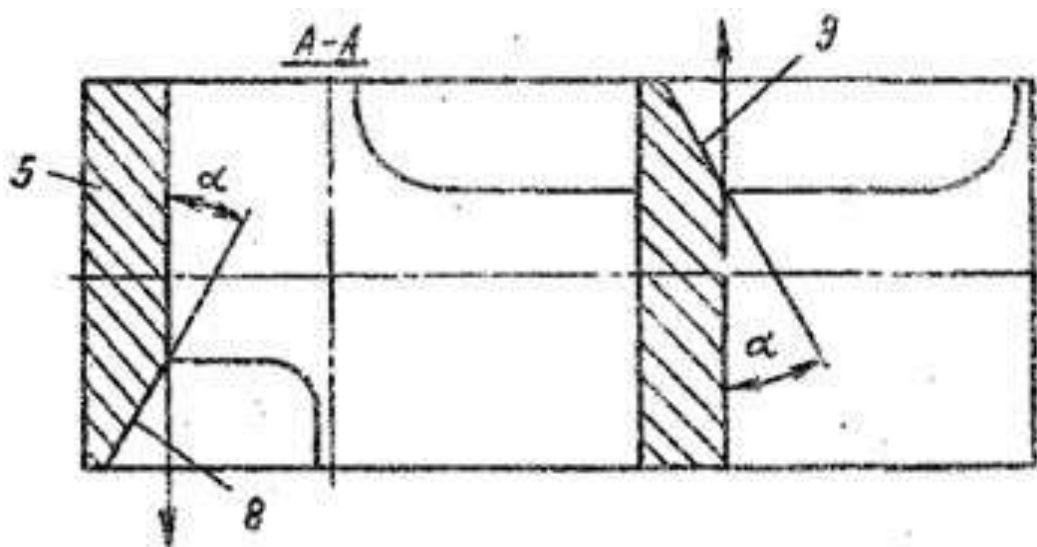
На малюнку 1.5 зображена тістомісильна машина.

Тістомісильна машина містить корпус 1, привід 2 з валом 3, нерухому діжу 4, на валу 3 закріплена петлеподібна місильна лопата 5.

Ділянка 6 лопатки частково перебуває вище середини діжі 10, що виключає утворення на поверхні діжі кільцевого пояса зі слідами борошна після замісу.

Ланка 11 лопатки 5, виключає утворення застійної зони. Особливості взаємодії лопатки 5 з тістом й стінок діжі 4 забезпечують інтенсивну обробку тістоподібних мас.

Модернізація дозволяє здійснювати швидкий і якісний заміс тіста.



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

Рис.1.5. Розріз А-А гвинтоподібної лопатки місильного органу

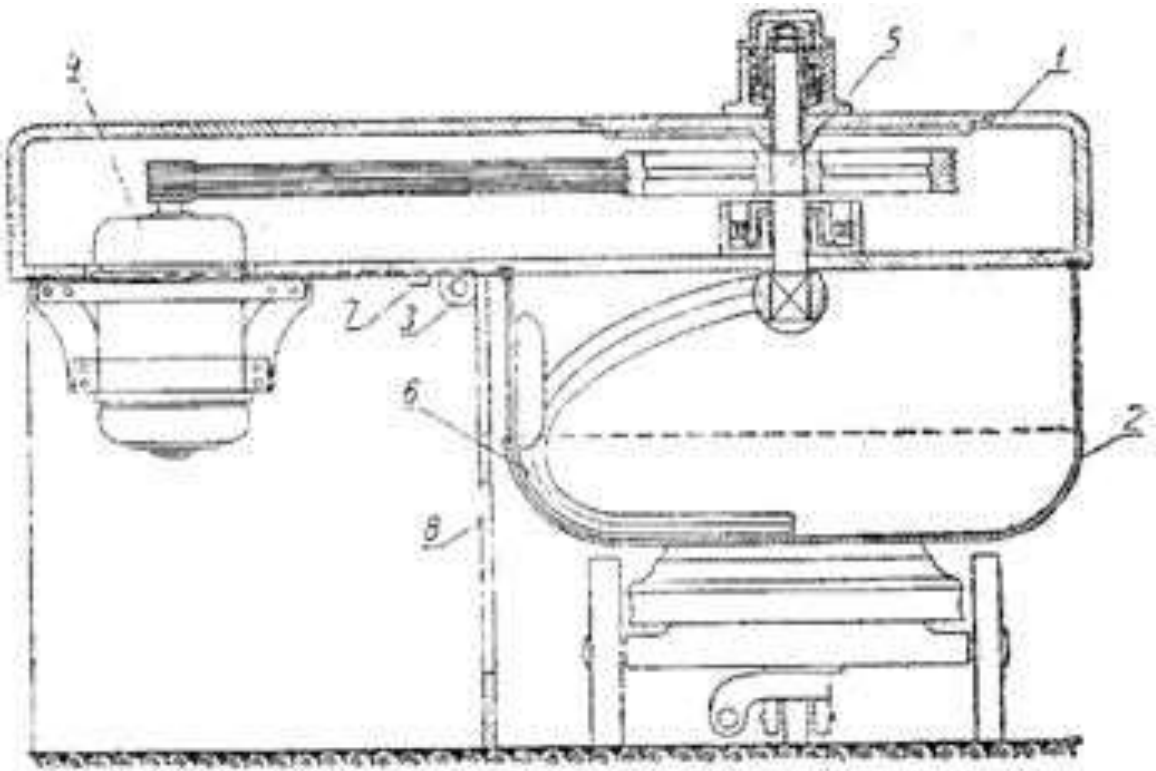
Конструкція тістомісильної машини з підкатними діжами й з вертикальним спірально-конусоподібним місильним органом (рис.1.6).

В машині відсутня можливість травматизму при роботі з відкритою кришкою діжі, застосуванням електроблокування кришки (рис.1.6).

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

У задній частині кришки 1 розташований електродвигун 4 машини. Електродвигун 4 через клиноподібні паси передає обертання вертикальному валу 5, на кінці якого закріплений місильний орган, у вигляді спірально-конусоподібної лопатки 6.

В процесі замісу кришка 1 закріплюється на діжі замком 7. При підйомі кришки 1 електродвигун 4 опускається і входить в корпус 8 станини машини.



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

Рис.1.6. Тістомісильна машина з вертикальним спірально-конусоподібним місильним органом

Аналогічна конструкція тістомісильної машини, що містить діжу (рис.1.7) і змонтований у діжі місильний орган із приводом. Місильний орган насаджений шарнірно на пальці, закріпленому на зубчастому колесі

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

Недоліком машини є складність конструкції і наявність двох окремих приводів діжі й місильного органа.

Мета модернізації— спрощення конструкції тістомісильної машини.

Зазначена мета досягається тим, що в тістомісильній машині привод місильного органа виконаний у вигляді шарнірного паралелограма, одна зі сторін якого з'єднана за допомогою конічної зубчастої передачі з електродвигуном.

При такому конструктивному виконанні місильний орган отримує складний просторовий рух.

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 встановлено на станині 11. На протилежній стороні паралелограма в місці шарніра 8 змонтований місильний орган 2. Сторона 3 шарнірно пов'язана із двома рівними сторонами 4 і 5. На станині 11 встановлений електродвигун 12.

Геометричні осі шарнірів сторін 3 і 6 паралелограма схрещуються під кутом α , а геометричні осі шарнірів сторін 4 і 5 паралелограма під кутом β .

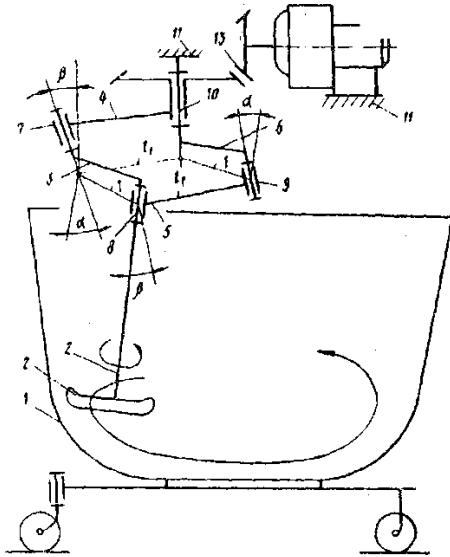
Кут α знаходиться в межах 5—30, а кут β - в межах 25 — 170, причому значення кутів вибираються з умов $\sin \beta > \sin \alpha$.

Довжини сторін паралелограма вибираються відповідно до розмірів діжі.

Тістомісильна машина працює в такий спосіб.

Складний рух місильного органа 2 сприяє перемішуванню тіста й забезпечує високу якість замісу.

Техніко-економічна ефективність модернізації полягає в спрощенні конструкції машини, у збільшенні ККД, надійності пристрою і в 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 зубчата передача.

Рис.1.7. Тістомісильна машина із просторовим обертанням робочого органу

1.4. Висновки

1. Недоцільно використовувати тістомісильне устаткування зі стаціонарною діжею безперервної дії на малих підприємствах внаслідок великих витрат на електроенергію й термінів окупності устаткування.

- підвищена складність машин безперервної дії приводить до часті зупинки на технічне обслуговування й плановий попереджувальний ремонт.

- тістомісильні машини періодичної дії з підкатними діжами, більш конструктивно прості, легкі в технічному обслуговуванні, що робить їх придатними для невеликих підприємств.

2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1. Технологічний розрахунки

Необхідна продуктивність місильної машини перебуває в межах 300...500 кг/год. Дана продуктивність забезпечується при обсязі робочої камери 140 літрів і частоті обертання місильної лопатки в межах 25...50 об/хв.

Продуктивність машини:

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

де $V = 0.14 \text{ м}^3$ – об'єм робочої камери;

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

$K = 0.6$ – коефіцієнт заповнення місильної камери;

$\tau = 0.125 \text{ год}$ – час замішування,

τ_b – час допоміжних робіт, год ($\tau_b = 0.083 \text{ год}$)

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

2.2. Кінематичний розрахунок приводу

Потужність машини;

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

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

$G = 92.4 \text{ кг}$ – маса тіста в діжі;

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

η_1 – ККД електродвигуна ($\eta_1 = 0.98$);

$\tau = 450 \text{ с} = 0.125 \text{ год}$ – час замішування тіста.

$$P_{\text{рм}} = \frac{10000 \cdot 92.4}{1000 \cdot 0.85 \cdot 0.98 \cdot 450} = 2.5 \text{ кВт.}$$

Загальний коефіцієнт корисної дії приводу:

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

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

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

$\eta_{\text{пк}}$ – ККД підшипників кочення, ($\eta_{\text{пк}} = 0.99$).

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

Потужність двигуна:

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

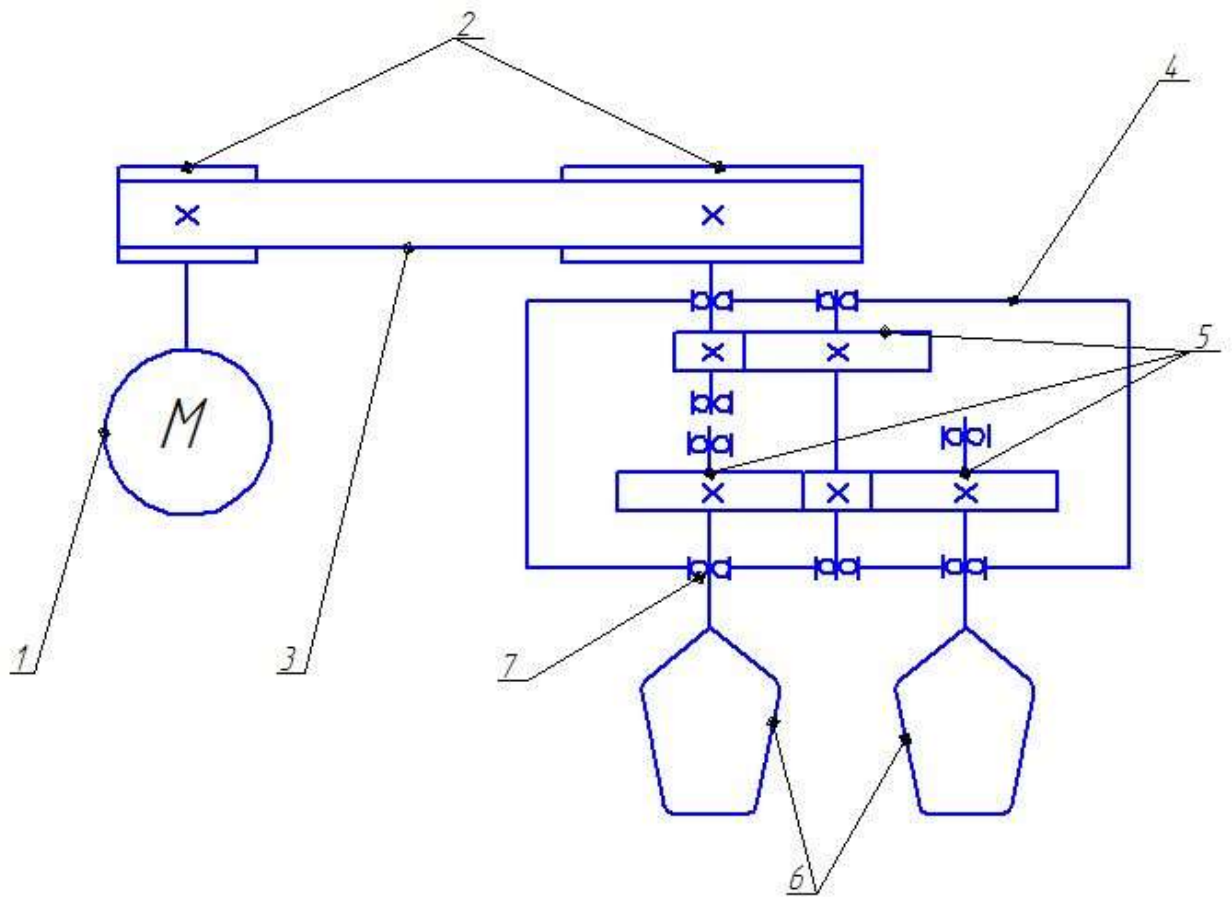
$$P_{\text{дв}} = \frac{2.5}{0.9} = 2.8 \text{ кВт}$$

Вибираємо тип електродвигуна: 4АМ112МА7У3

$$P_{\text{ном}} = 3 \text{ кВт.}$$

$$n_{\text{ном}} = 955 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Кінематичних параметри



1 — електродвигун; 2 — шків; 3 — пасова передача; 4 — редуктор; 5 — зубчасті пари; 6 — місильні рамки; 7 — підшипники кочення

Рис.2.1 Кінематична схема тістомісильної машини

Передаточне число U :

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

де U_{Σ} — 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 ($n_{\text{рм}} = 25 \text{ об/хв}$)

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

Приймаємо передаточне число відкритої передачі: $U_{оп} = 4$

Тоді передаточне число редуктора:

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

$$U_{ред} = \frac{38.2}{4} = 9.55$$

Визначаємо передаточне число кожної ступені редуктора:

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

$$U_{Т} = U_{ред}^{0.46}, \quad (2.8)$$

$$U_{Б} = 3.38 \rightarrow U_{Б} = 3.55$$

$$U_{Т} = 2.82 \rightarrow U_{Т} = 2.8$$

Уточнюємо передаточне число редуктора і відкритої передачі:

$$U_{ред} = U_{Б} \cdot U_{Т}, \quad (2.9)$$

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

$$U_{\text{ред}} = 3.55 \cdot 2.8 = 10.9$$

$$U_{\text{оп}} = \frac{38.2}{10.89} = 3.5$$

Число обертів n , об/хв:

$$n_{\text{эд}} = 955 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

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

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

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

$$n_{\text{Б}} = \frac{955}{3.5} = 248.6 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{248.7}{3.55} = 70.0 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_T = \frac{70.0}{2.8} = 25 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

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

Потужність P , Вт:

$$P_{\text{ед}} = 3000 \text{ Вт}$$

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

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

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

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

$$P_B = 3000 \cdot 0.97 \cdot 0.99 = 2881 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{пр}} = 2880.9 \cdot 0.97 \cdot 0.99 = 2766 \text{ Вт}$$

$$P_T = 2766.5 \cdot 0.97 \cdot 0.99 = 2657 \text{ Вт}$$

Крутні моменти T , Н · м:

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

$$T_{\text{Б}} = 9.55 \cdot \frac{P_{\text{Б}}}{n_{\text{Б}}}, \quad (2.18)$$

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

$$T_{\text{Т}} = 9.55 \cdot \frac{P_{\text{Т}}}{n_{\text{Т}}}, \quad (2.20)$$

$$T_{\text{эд}} = 9.55 \cdot \frac{3000}{955} = 31 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{\text{пр}} = 9.55 \cdot \frac{2880.9}{248.7} = 111 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{\text{Т}} = 9.55 \cdot \frac{2656.7}{25} = 1015 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.3. Матеріали зубчастої передачі

Обираємо марку сталі: для шестерні – 40Х, твердістю 457 НВ₁; для колеса – 40Х, твердістю 285 НВ₂.

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

а) 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 ω – кутова швидкість вала, 1/с ($\omega = 7.3$ рад/с)

L_h – Термін 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 $K_{HL1} = 1$ і $K_{HL2} = 1$.

б) Допустимі контактні напруження:

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

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

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

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

в) Допустимі контактні напруження:

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

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

Допустимі напруження згину для шестерні $[\sigma]_{F1}$ і колеса $[\sigma]_{F2}$.

а) 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 ,

Напрацювання за весь термін 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 $K_{FL1} = 1$ і $K_{FL2} = 1$.

б) Допустимі 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) Допустимі напруження згину для шестерні:

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

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

2.4. Розрахунок редуктора

Проектний розрахунок

Для забезпечення заданої міжосьової відстані між рамками в проєктованій машині задаємося ділильними діаметрами коліс і шестерень, Прийmemo $d_1 = 50$ мм для шестерні і $d_2 = 165$ мм для колеса.

Тоді міжосьова відстань:

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

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

Модуль зачеплення m , мм:

$$m = \frac{2K_m T_{\text{нр}} \cdot 10^3}{d_2 b_2 [\sigma]_{F_2}}, \quad (2.32)$$

де $K_m = 6.8$ – допоміжний коефіцієнт;

b_2 – ширина вінця колеса, мм.

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

де $\psi_a = 0.32$ – коефіцієнт ширини вінця колеса;

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

$[\sigma]_{F_2}$ – допустиме напруження згину вінця колеса , $[\sigma]_{F_2} = 294.1 \frac{H}{\text{мм}^2}$;

$T_{\text{пр}}$ – крутний момент.

$$m = \frac{2 \cdot 6.8 \cdot 376,9 \cdot 10^3}{165 \cdot 34.4 \cdot 294.1} = 3 \text{ мм}, \rightarrow \text{приймаємо } m = 2.75 \text{ мм.}$$

Сумарне число зубів шестерні і колеса:

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

Число зубів шестерні:

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

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

Число зубів колеса:

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

$$z_2 = 78 - 18 = 60$$

Фактичне передаточне відношення U_{ϕ} і перевіряємо його відхилення ΔU від заданого U :

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

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

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

Основні геометричні розміри передачі, мм.

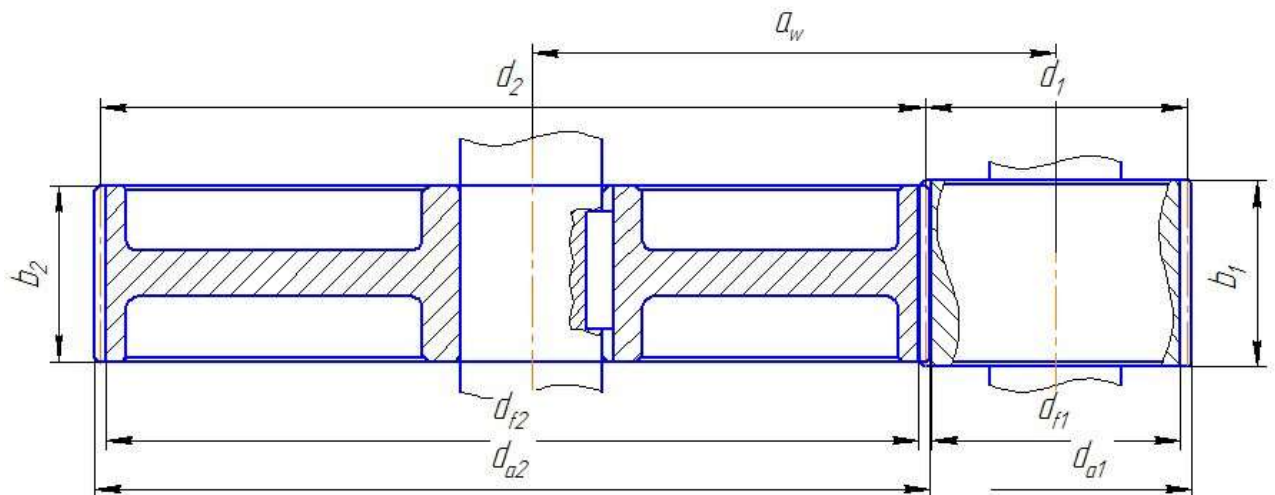


Рис. 2.2. Геометричні розміри передачі

Таблиця 2.1 — Основні геометричні параметри передачі

Параметр		Шестерня	Колесо
Діаметр	Ділильний	$d_1 = mz_1 = 49.5$ мм	$d_2 = mz_2 = 165$ мм
	Вершини зубів	$d_{a1} = d_1 + 2 = 55$ мм	$d_{a2} = d_2 + 2m = 170.5$ мм

	Впадин зубів	$d_{f1} = d_1 - 2.4m$ $= 42.9 \text{ мм}$	$d_{f2} = d_2 - 2.4m$ $= 158.4 \text{ мм}$
	Ширина вінця	$b_1 = b_2 + 4 = 38.4 \text{ мм}$	$b_2 = a_w \cdot \psi_a = 34.4 \text{ мм}$

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 контактних напружень $\sigma_H, \frac{H}{\text{мм}^2}$:

$$\sigma_H = K \sqrt{\frac{F_t(U_\phi+1)}{d_2 b_2} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{H\nu}} \leq [\sigma]_{H2}, \quad (2.40)$$

де $K = 436$ – допоміжний коефіцієнт,

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

$K_{H\alpha} = 1$ – коефіцієнт напруження між зубами передачі ,

$K_{H\nu} = 1.05$ – коефіцієнт динамічного навантаження,

$K_{H\beta} = 1.1$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження між зубами.

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

Умова виконується.

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

$$\sigma_{F2} = Y_{F2} Y_{\beta} \frac{F_t}{b_2 m} K_{F\alpha} K_{F\beta} K_{Fv} \leq [\sigma]_{F2}, \quad (2.41)$$

$$\sigma_{F1} = \sigma_{F2} Y_{F1} / Y_{F2} \leq [\sigma]_{F1}, \quad (2.42)$$

де $K_{F\alpha} = 1$ – коефіцієнт, який враховує розподілення навантаження між зубами,

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

$K_{Fv} = 1.13$ – коефіцієнт динамічних навантажень;

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

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

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

$$\sigma_{F2} = 3,63 \cdot 1 \frac{4568}{34,4 \cdot 2,75} \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,13 = 218 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

$$\sigma_{F1} = 218 \cdot \frac{3,6}{3,63} = 216 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

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	-	$F_{\text{оп}} = 2F_0 z \sin \frac{\alpha_1}{2} = 1034 \text{ Н}$	

Схема навантаження валів редуктора:

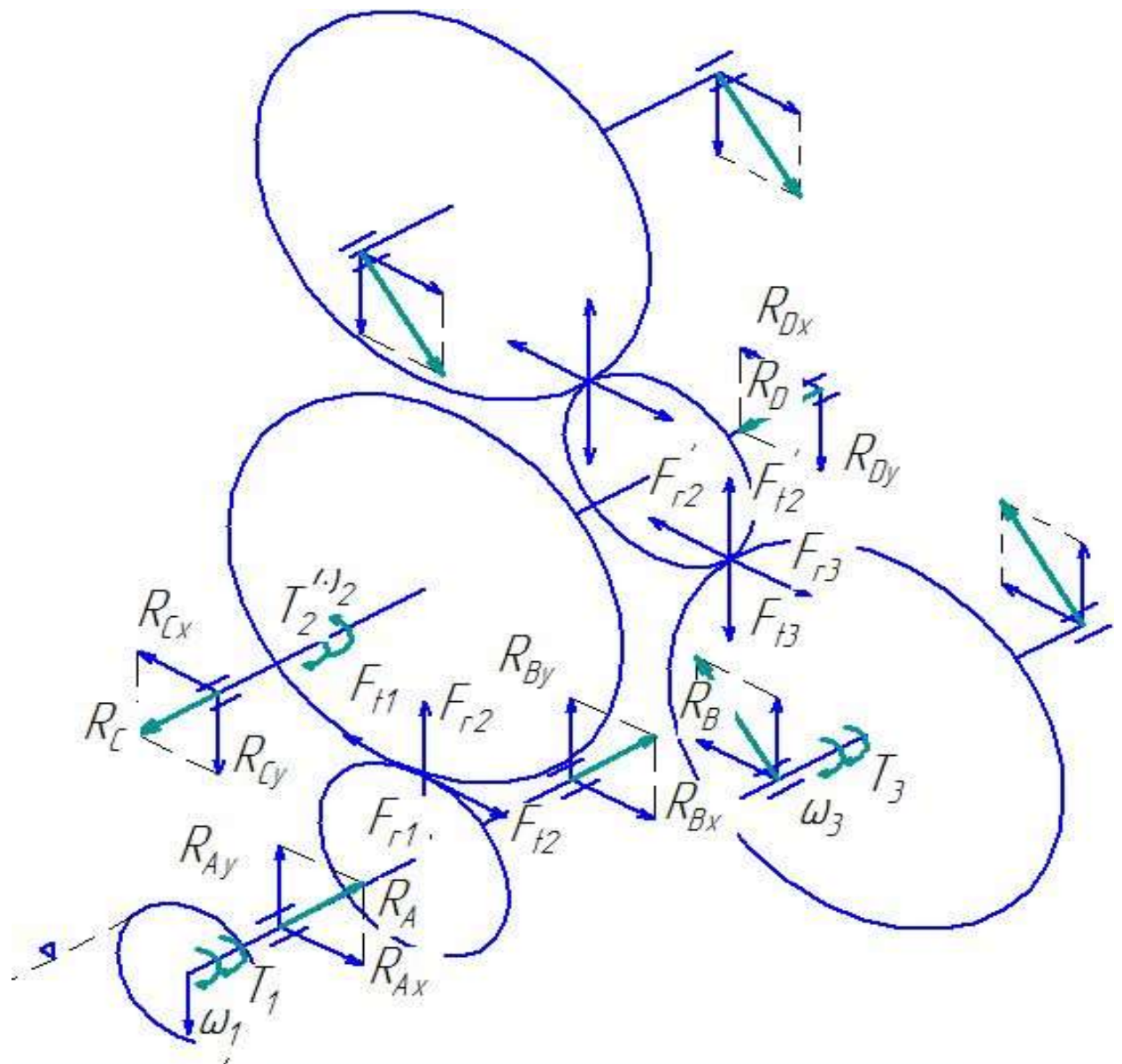


Рис. 2.3. Схема навантаження валів циліндричного двухступеневого редуктора

2.6. Проектний розрахунок валів

2.6.1 Вибір матеріалу вала

Обираємо конструкційну середньовуглецеву леговану сталь – 40Х.

2.6.2 Допустимі напруження кручення:

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

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

2.6.3 Геометричні параметри валів

Таблиця 2.3 - Геометричні параметри валів

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

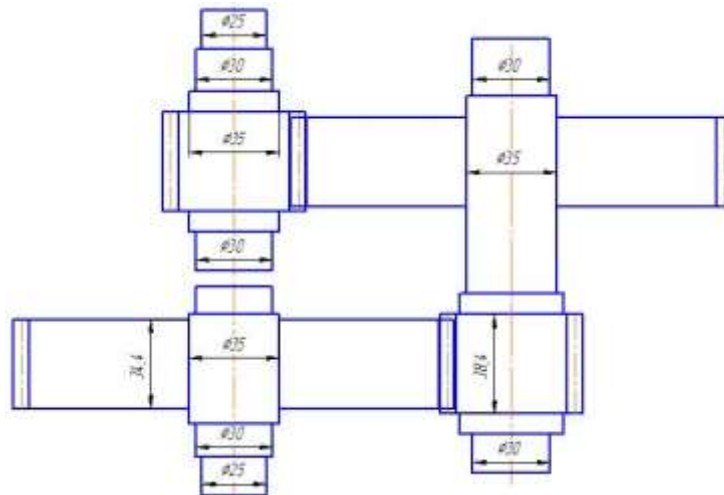


Рис. 2.4. Конструкція валів двохступеневого редуктора

2.6.4 Попередній вибір підшипників кочення:

Радіальні шарикові однорядні при $a_w \geq 200 \text{ мм}$,
серія – середня (легка)

2.7. Розрахунок валів редуктора

Побудова епюр згинних моментів (вхідний швидкохідний вал)

Дано: $F_{t1} = 4568 \text{ Н}$

$$F_{r1} = 1663 \text{ Н}$$

$$F_{on} = 1034 \text{ Н}$$

$$d_1 = 0.055 \text{ м}$$

$$a = 0.057 \text{ м}$$

$$b = 0.034 \text{ м}$$

$$c = 0.08 \text{ м}$$

2.7.1 Вертикальна площина

а) Реакції в опорах, Н:

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

$$R_{By} = 21 \text{ Н.}$$

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

$$R_{Ay} = 2718 \text{ Н.}$$

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

$$0 = 0$$

б) Епюра згинних моментів по осі X

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

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

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

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

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

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

2.7.2 Горизонтальна площина

а) Визначаємо опорні реакції, Н:

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

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

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

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

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

$$1362.4 - 4568 + 3205.6 = 0$$

$$0 = 0$$

b) Епюри згінних моментів по осі Y

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

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

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

Епюра згінних моментів, Н·м:

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

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

Сумарні реакції, Н:

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

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

$$R_A = 4203 \text{ H}$$

$$R_B = 1363 \text{ H}$$

Сумарні згинні моменти в небезпечних січеннях, Н·м:

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

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

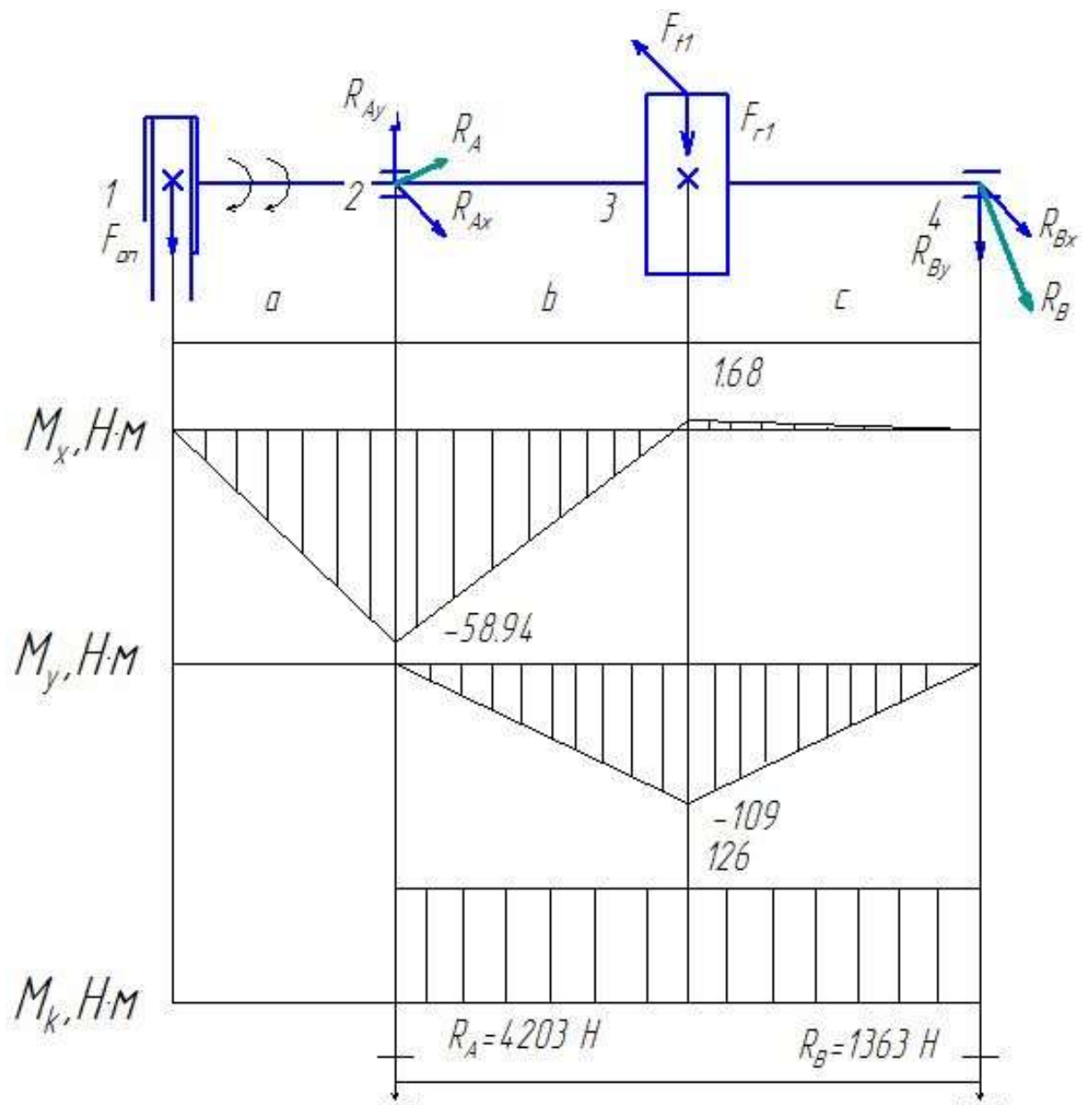


Рис.2.5. Епюри згинних моментів на тихохідному валу

2.8. Перевірний розрахунок підшипників

Працездатність підшипників визначається порівнянням:

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

Підшипники радіальні однорядні: легка серія; позначення – 206; $C_r = 19.5 \text{ кН}$

Розрахункова динамічна вантажопідйомність C_{rp}, H :

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

де R_E – еквівалентне динамічне навантаження, H

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

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

m – показник степені, ($m = 3$)

$$R_E = V R_r K_\delta K_T, \quad (2.60)$$

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

R_r – радіальне навантаження на підшипник, H . $R_r = 1363 H$

K_δ – коефіцієнт безпеки, ($K_\delta = 1.5$).

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1$

Тоді

$$R_E = 1 \cdot 2336 \cdot 1.5 \cdot 1 = 2044.5 H$$

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

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

2.9. Перевірний розрахунок шпонок

Перевірці підлягають дві шпонки тихохідного вала – під колесом і напівмуфти і одна шпонка на швидкохідному валі – під муфту.

Умова міцності:

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

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

$A_{\text{СМ}}$ – площа зминання, мм²

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

Тут

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

l_p – робоча довжин шпонки зі скругленими кінцями, мм

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

$$l_p = 32 - 8 = 24\text{ мм}$$

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

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

Умова виконується.

2.10. Перевірний розрахунок валів

Мета розрахунку – визначити коефіцієнти запасу міцності в небезпечних січеннях вала і порівняти їх з допустимими:

$$s \geq [s]$$

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

напруження в небезпечних січеннях вала, Н/мм^2 :

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

де M – сумарний згинний момент в небезпечному січенні, $\text{Н} \cdot \text{м}$

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

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

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

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

Визначаємо дотичне напруження τ_a :

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

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

$W_{\text{рнетто}}$ – полярний момент, мм³;

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

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

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_σ – коефіцієнт концентрації напружень, $K_\sigma = 1.45$.

K_d – коефіцієнт 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_{τ} – коефіцієнт концентрації напружень, ($K_{\tau} = 1.3$)

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

Границя 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 σ_{-1} і τ_{-1} – границі витривалості при

симетричному циклі згинання, $\frac{H}{\text{мм}^2}$ ($\sigma_{-1} = 410 \frac{H}{\text{мм}^2}$)

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

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

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

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

Коефіцієнти запасу міцності по нормальних і дотичних напругах:

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

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

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

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

Загальний коефіцієнт запасу міцності:

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

$$s = \frac{85.8}{13.3} = 6.2$$

2.11 Технічні характеристики редуктора

Маса редуктора, кг:

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

де $\varphi = 0.44$ – коефіцієнт заповнення;

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

V – умовний об'єм редуктора, м^3 .

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

де L – довжина, м

B – ширина, м

H – висота, м

$$V = 416 \cdot 272 \cdot 157 = 17\,862\,662 \text{ м}^3$$

$$m = 0.44 \cdot 7300 \cdot 17\,862\,662 \cdot 10^{-9} = 57 \text{ кг}$$

Критичні характеристики редуктора:

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

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

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

Редуктор відноситься до вищої категорії.

2.12. Розрахунок пасової передачі

Із конструктивних міркувань задаємо діаметр шківів вала електродвигуна $d_1 = 100 \text{ мм}$, тоді діаметр шківів вала редуктора, мм :

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

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

Міжосьова відстань $a_w = 934 \text{ мм}$, тоді довжина паса, 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 шківками, мм .

r – радіус шківів електродвигуна, $r = 50 \text{ мм}$.

R – радіус шківів вала редуктора, $R = 175 \text{ мм}$.

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

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

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 приймаємо:

- ділильний діаметр колеса: $d_2 = 400 \text{ мм,}$
- ділильний діаметр шестерні: $d_1 = 88 \text{ мм,}$
- модуль зачеплення: $m = 2 \text{ мм,}$
- частотою обертання колеса $n_2 = 2 \text{ об/хв.}$

Тоді передаточне число передачі:

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

$$U_{\text{зп}} = \frac{400}{88} = 4.5.$$

Число обертів шестерні, об/хв:

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

Виходячи з отриманих даних підбираємо мотор-редуктор 3В – 100.

Матеріал зубчастої передачі:

для шестерні – 40, твердість 250 НВ;

для колеса – 40, твердість 200 НВ.

Допустимі контактні напруження:

для колеса $[\sigma]_H = 427 \text{ Н/мм}^2$

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

Допустимі напруження згину:

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

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

Міжосьова відстань в зачепленні, мм:

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

Ширина вінця, мм:

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

Сумарне число зубів колеса і шестерні:

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

Число зубів шестерні:

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

Число зубів колеса:

$$z_2 = 162 - 30 = 132.$$

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.ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

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	445
Установлена потужність, кВт	3
Займана площа, м ²	0.73
Маса, кг	240
Кількість робітників, що обслуговують машину, чол	1

3.1 Розрахунок собівартості машини

Таблиця 3.1 - Вартість сировини й матеріалів

Матеріал	Кількість, кг	Ціна за кг, грн.	Сума, грн.
Сталь 3 листова	77	31.5	2425
Сталь 08X18Г8Н2Т труба	29.2	32.5	949
Сталь 08X18Г8Н2Т	4.4	70	440
ЖРоц	5.84	36	210
Разом			4024

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

Разом витрати на матеріали, враховуючи транспортні витрати – 4225 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
Паси 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.
Токарний 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
Ливарні операції	40 кВт	12	2,90	1392
Разом				7206

Таблиця 4.4 - Основна заробітна плата робітників

Професія	Розряд	Кількість робочих годин	Годинна тарифна	Прямий фонд заробітної плати, грн
----------	--------	-------------------------	-----------------	-----------------------------------

			ставка, 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				65950,3

3.2. Заробітна плата робітників

Доплати:

$$Д = ФЗП \cdot 15\%, \quad (3.1)$$

де Д – доплати,

$$Н_d = 15\%.$$

ФЗП – фонд заробітної плати, грн

$$Д = 65950,6 \cdot 15\% = 9890,3 \text{ грн.}$$

Премії:

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

де $H_{\pi} = 15\%$.

$$\Pi = (65950,6 + 9890,34) \cdot 15\% = 11371 \text{ грн.}$$

Основна зарплата:

$$OЗ = \PhiЗП + Д + \Pi, \quad (3.3)$$

де $OЗ$ - Основна заробітна плата.

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

Додатковий фонд заробітної плати:

$$\PhiЗПД = \PhiЗП \cdot 10\%, \quad (3.4)$$

де $H_d = 10\%$

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

Районний коефіцієнт:

$$PK = (\PhiЗП + \PhiЗПД) \cdot 15\%, \quad (3.5)$$

де $H_{ур. до} = 15\%$ від ФЗП і ФЗПД

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

Повний фонд заробітної плати:

$$ПФЗ=ФЗП+ФЗПД+PK, \quad (3.6)$$

де ПФЗ - повний фонд заробітної плати.

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

Відрахування на соціальні потреби:

$$ОСН=ПФЗ \cdot 34.2\%, \quad (3.7)$$

де $H_{осн} = 34.2\%$

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

Витрати на встановлення і експлуатацію устаткування:

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

де РСЕО - витрати на встановлення і експлуатацію устаткування

$$H_{\text{рсо}} = 110\%.$$

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

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:

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

$$\text{де } H_{\text{озр}} = 130\%$$

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

Виробнича собівартість – це сума всіх витрат на виробництво продукції:

$$\begin{aligned} \text{ПрС} &= 42250.5 + 25\,168.5 + 72060.5 + 83430.3 + 28530.4 + 91770.6 + 10 \\ &\quad 012 + 10\,846.3 = \\ &= 177\,833. \text{ грн.} \end{aligned}$$

Виробничі витрати (3% від ПрС):

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

де $N_{\text{впр}} = 3\%$.

ВПрР - невиробничі витрати.

$$\text{ВПрР} = 77\,833.1 \cdot 3\% = 2335 \text{ грн.}$$

Повна собівартість:

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

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

$$\text{Повс} = 77\,833.1 + 2335 = 80\,168 \text{ грн.}$$

Нормативний прибуток:

Нормативний прибуток, береться 15% від повної собівартості:

$$H_{\text{орп}} = \Pi_{\text{олс}} \cdot 15\% \quad (3.12)$$

де $H_{\text{орп}} = 15\%$.

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

Оптова ціна:

$$O_{\text{птц}} = \Pi_{\text{олс}} + H_{\text{орп}}, \quad (3.13)$$

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

Податок на додану вартість

$$\text{ПДВ} = (O_{\text{птц}} - \Pi_{\text{рзат}}) \cdot 18\%, \quad (3.14)$$

де $H_{\text{ндс}} = 18\%$.

$\Pi_{\text{рзат}}$ - прямі витрати:

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

$$\Pi_{\text{рзат}} = 42250.5 + 25\,168.5 + 72060.5 = 136\,600.6 \text{ грн.}$$

$$\text{ПДВ} = (92\,193.3 - 136\,600.5) \cdot 18\% = 10\,006.6 \text{ грн.}$$

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

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

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

3.3. Капітальні вкладення в устаткування

У випадку придбання або виробництва нового обладнання:

$$\text{Кап} = \text{Оптц} \cdot (1 + a_t + a_c + a_m), \quad (3.16)$$

де $O_{птц}$ – оптова ціна, грн;

a_t – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат.

a_c – коефіцієнт, що враховує витрати на будівельні роботи.

a_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж і освоєння устаткування.

$$\text{Кап} = 92\,193.3 \cdot (1 + 0.1 + 0.05 + 0.15) = 119\,851 \text{ грн.}$$

3.4. Собівартість річного випуску продукції

Таблиця 3.5 — Баланс робочого часу на одного робітника за рік

№ показника	Найменування показників	Значення

1	Календарний фонд часу, дн.	365
2	Кількість неробочих днів, 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

$$\text{ПФВМ} = 251 \cdot 6 \cdot 0.95 = 1431 \text{ год.}$$

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, $\text{Ц1кВт} = 2.9$ грн.

$$E_3 = 3 \cdot 2.9 \cdot 1430.7 = 12\,477 \text{ грн.}$$

3.5. Заробітна плата робітника

Фонд заробітної плати:

$$\text{ФЗП} = \text{Фд} \cdot C_{\text{чтс}} \cdot P, \quad (3.19)$$

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

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

Фд – дійсний фонд робочого часу, год.

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

Доплати:

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

де $H_d = 15\%$

$$Д = 54\,528 \cdot 15\% = 8178 \text{ грн}$$

Премії:

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

де $H_p = 15\%$

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

Основна заробітна плата:

$$ОЗ = \PhiЗП + Д + П, \quad (3.22)$$

$$ОЗ = 54\,528 + 8178.2 + 9406 = 72\,112 \text{ грн,}$$

Фонд заробітної плати додатковий:

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

де $H_{\PhiЗП_{\text{доп}}} = 10\%$

$$\PhiЗП_{\text{доп}} = 54\,528 \cdot 10\% = 5453 \text{ грн}$$

Районний коефіцієнт:

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

де $H_{\text{ур до}} = 15\%$.

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

Повний фонд заробітної плати:

$$\text{ПФЗ} = \PhiЗП + \PhiЗП_{\text{доп}} + РК, \quad (3.25)$$

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

Відрахування на соціальні потреби:

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

де $H_{\text{осн}} = 32.4\%$

$$\text{ОСН} = 68\,977.8 \cdot 32.4\% = 23\,590 \text{ грн.}$$

Витрати на установку і експлуатацію устаткування:

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

де $H_{\text{рсо}} = 50\%$

$$P_{\text{сіео}} = 68\,977.8 \cdot 50\% = 34\,489 \text{ грн}$$

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 - сума всіх витрат на виробництво продукції:

$$\text{Прс} = \text{ПФЗ} + \text{ОСН} + \text{Рсисео} + \text{ОЗР}, \quad (3.29)$$

$$\text{Прс} = 68\,977.8 + 23\,590.4 + 34\,488.9 + 172\,444.5 = 299\,502 \text{ грн.}$$

Невиробничі 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:

$$C_{\Pi} = \text{Прс} + \text{ВІР}, \quad (3.31)$$

$$C_{\Pi} = 299\,501.6 + 11\,980 = 311\,482 \text{ грн},$$

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

$$C_{\Pi_{1\text{т}}} = C_{\Pi} / P_{\text{год}}, \quad (3.32)$$

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

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

$$C_{\Pi_{1\text{т}}} = 311\,482 / 635.23 = 490.3 \text{ грн/т}.$$

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 грн/т	490.3

3.6. Планування прибутку

Прибуток на 1 тонну, грн/т:

$$П_{1т} = С_{П1т} \cdot 15 \%, \quad (3.33)$$

де $Н_{П1т} = 15\%$

$$\Pi_{1T} = 490.3 \cdot 15\% = 73.6 \text{ грн}$$

Оптова ціна 1 тони, грн/т:

$$\text{ОЦ}_{1T} = \text{С}_{\Pi_{1T}} + \Pi_{1T}, \quad (3.34)$$

$$\text{ОЦ}_{1T} = 490.3 + 73.5 = 564 \text{ грн.}$$

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

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

де

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

$$H_{\text{ндс}} = 18\%$$

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

$$\text{ООЦ}_{1T} = 563.8 + 101.5 = 665 \text{ грн}$$

Роздрібна ціна 1 тони, грн/т:

$$PЦ_T = OOC_{1T} + T_{\text{нац}}, \quad (3.37)$$

де $T_{\text{нац}}$ – товарна націнка, $T_H = 20\%$;

$$T_{\text{нац}} = OOC_{1T} \cdot T_H$$

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

$$PЦ_T = 665.3 + 133 = 798 \text{ грн}$$

3.7. Запланований прибуток

Прибуток на 1 тонну, грн/т:

$$П_{1T} = OЦ_{1T} - CП_{1T}, \quad (3.38)$$

$$П_{1T} = 563.8 - 490.3 = 73.5 \text{ грн}$$

Прибуток від реалізації, грн/рік:

$$Пр = П_{1T} \cdot P_{\text{год}}$$

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:

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

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

Податок на прибуток:

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

де $\text{Н}_{\text{п}} = 20\%$

$$\text{Нп} = 46\,689.4 \cdot 20\% = 9\,337.9 \text{ грн.}$$

Прибуток чистий:

$$\text{Пч} = \text{Пр} - \text{Нп}, \quad (3.41)$$

$$\text{Пч} = 46\,689.4 - 9\,337.9 = 37\,351.5 \text{ грн.}$$

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

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

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

Фактичний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень E_{ϕ} :

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

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

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 грн., чистий прибуток – 37 352 грн. Строк окупності машини $C_{\text{трум}} = 3.2$ року, а коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень $E_{\text{эф}} = 0.31$ більше нормативного $E_{\text{эф}} > E_{\text{нор}}$, $E_{\text{нор}} = 0.15$.

ВИСНОВКИ

Проведено патентний пошук машин для замісу тіста із пшеничного і житнього борошна. Обрана конструкція тістомісильної машини, визначені всі її переваги й недоліки, які в процесі проектування були доопрацьовані.

Дана повна класифікація і аналіз машин для замісу тіста.

Виконані технологічні, кінематичні, конструкторські й економічні розрахунки.

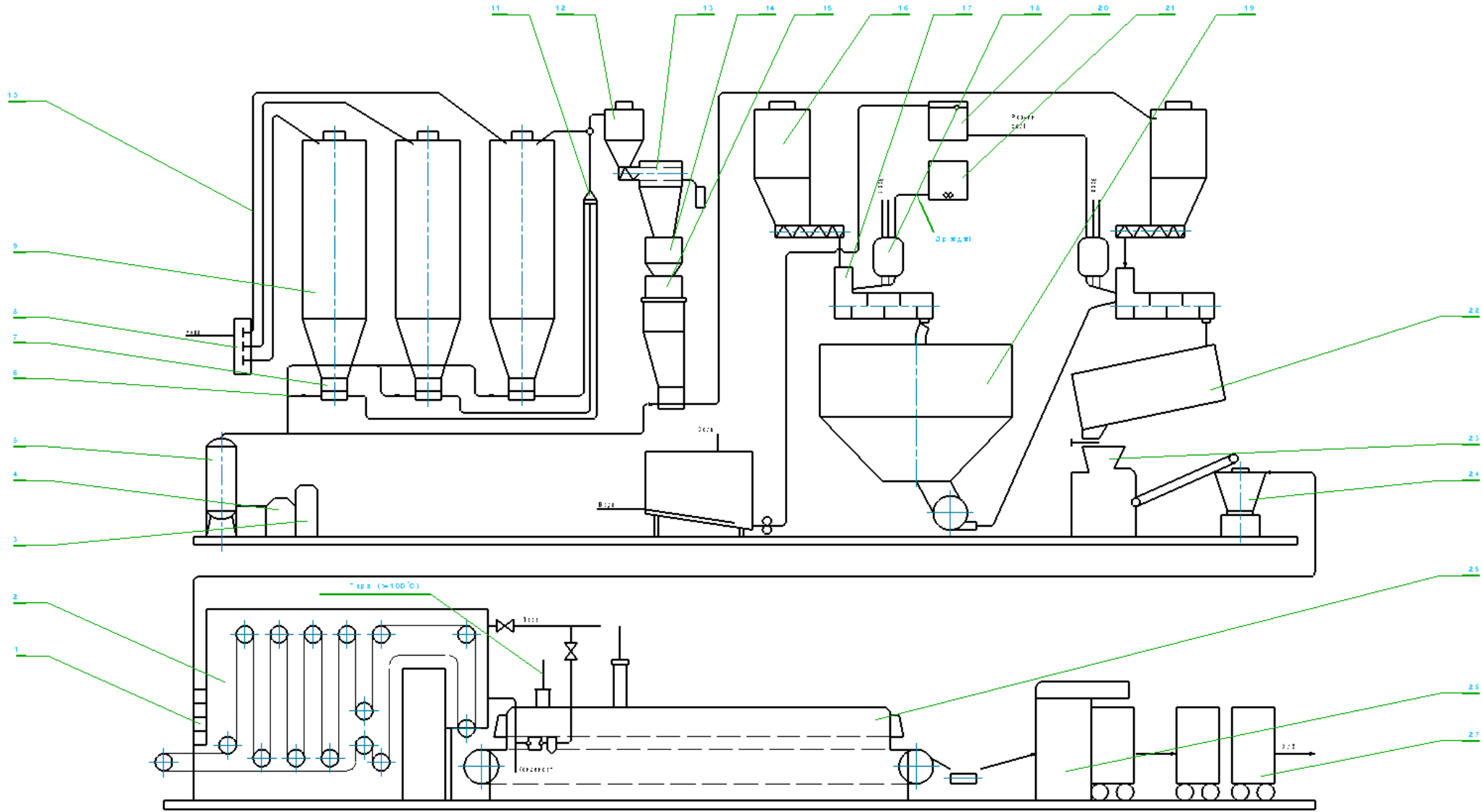
Знайдено нормативний строк окупності й коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень. У цілому машина є економічно вигідною.

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.

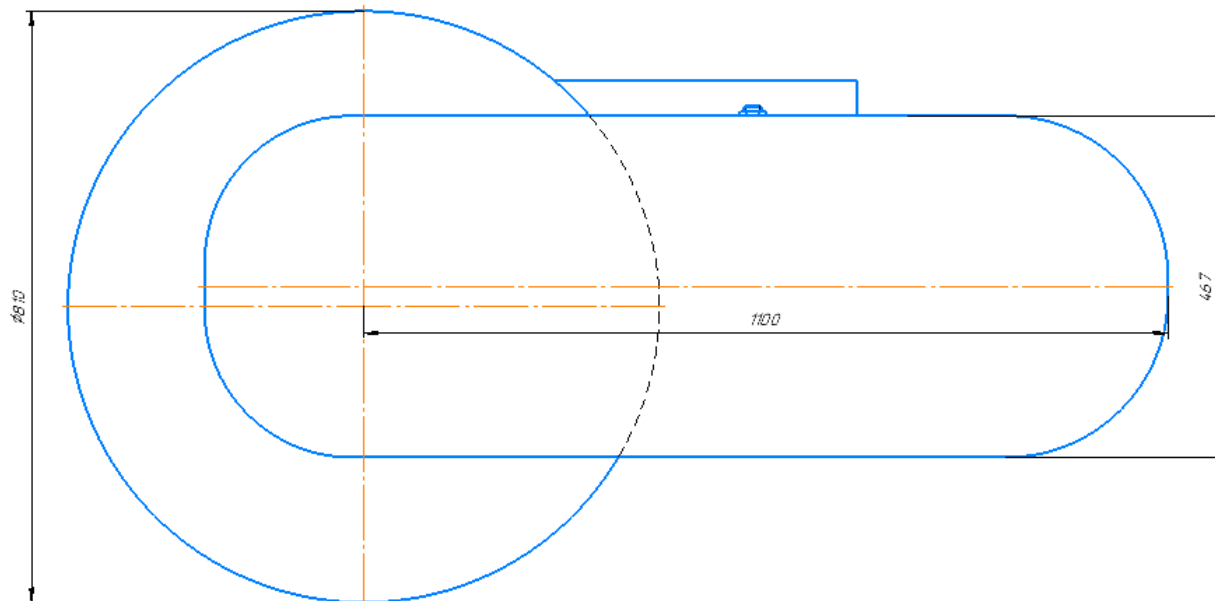
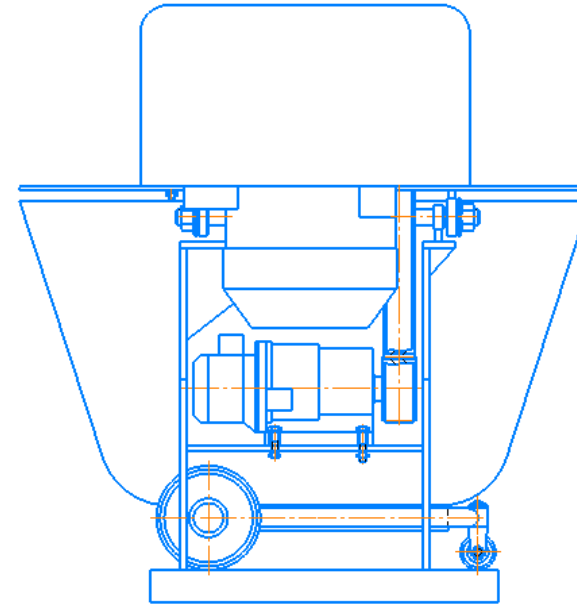
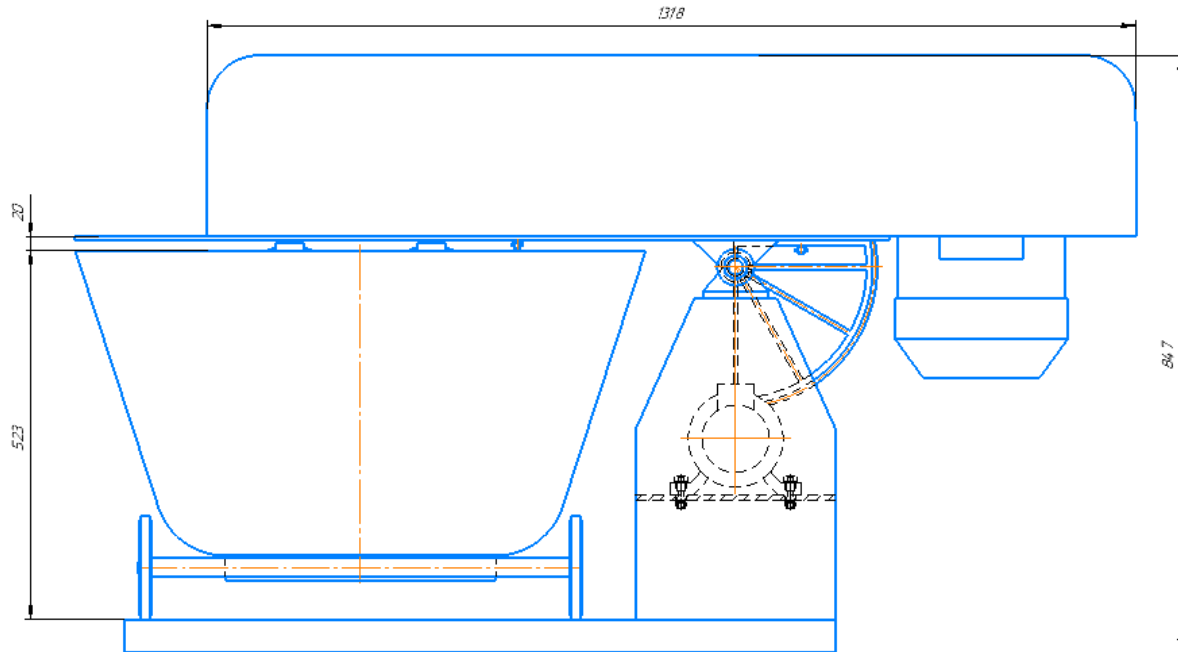
ДОДАТКИ

Машинно-апаратурна схема виготовлення формового хліба



- 1 - Укладач
- 2 - Шкаф для відстоювання
- 3 - Повітряний конвеєр
- 4 - Компресор
- 5 - Ресивер
- 6 - Сопло
- 7 - Роторний живильник
- 8 - Приймний щит
- 9 - Силос
- 10 - Матеріалопровід
- 11 - Перемикач борошняних ліній
- 12 - Осаджувальний бункер
- 13 - Просіювач
- 14 - Проміжний бункер
- 15 - Автоваги
- 16 - Виробничий силос
- 17 - Тістомісильна машин
- 18 - Автоматична дозувальна станція для рідких компонентів
- 19 - Опарний бункер
- 20 і 21 - Баки для солі і дріжджової емульсії
- 22 - Бункер для зброджування тіста
- 23 - Тестовідділювач
- 24 - Тістоокруглювач
- 25 - Тунельна піч
- 26 - Хлібоукладач
- 27 - Контейнери для хліба

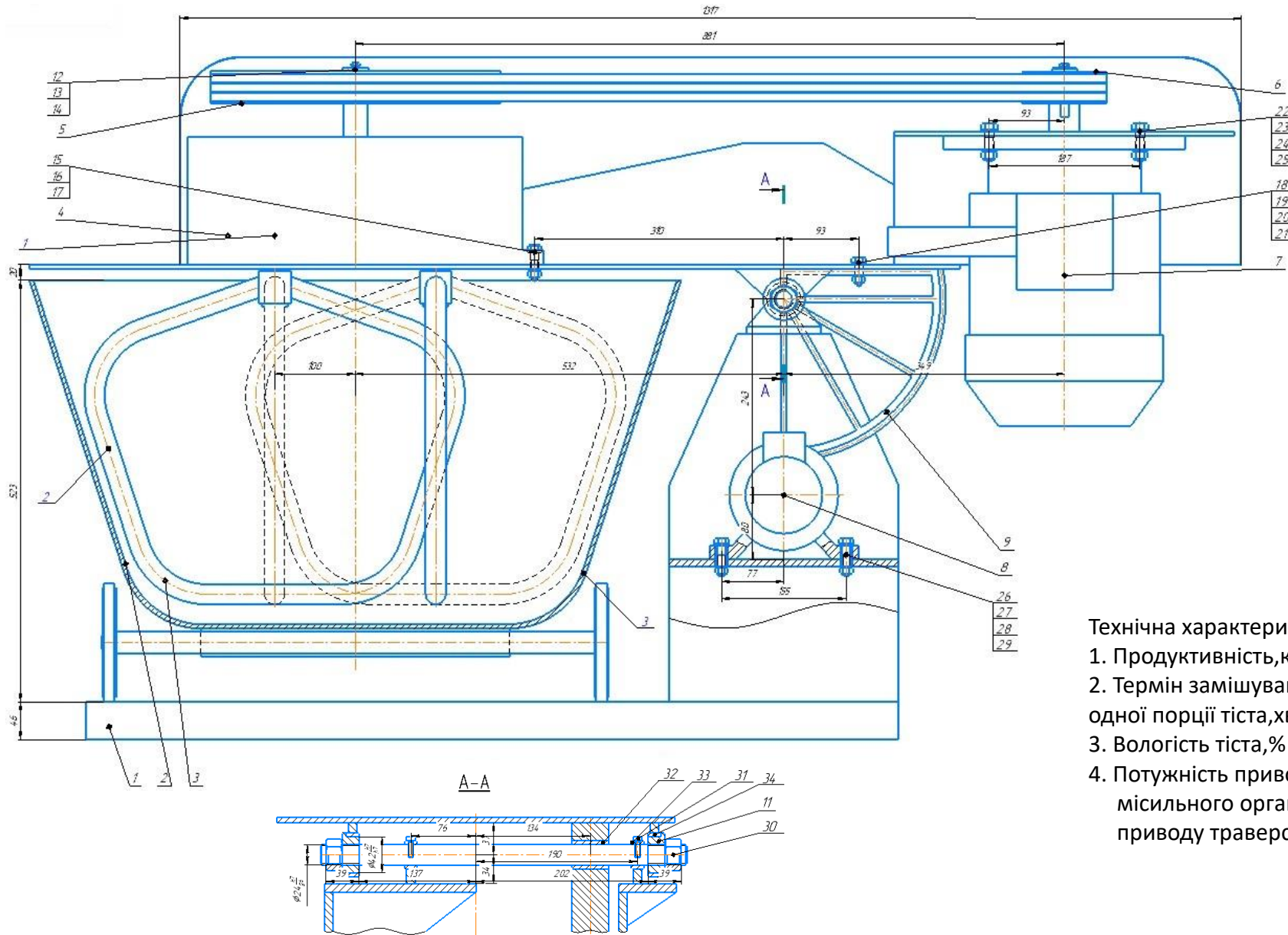
Тістомісильна машина (Вигляд загальний)



Технічна характеристика

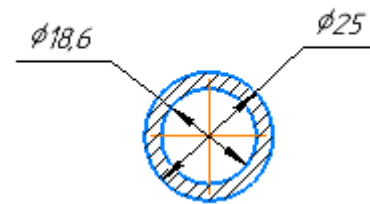
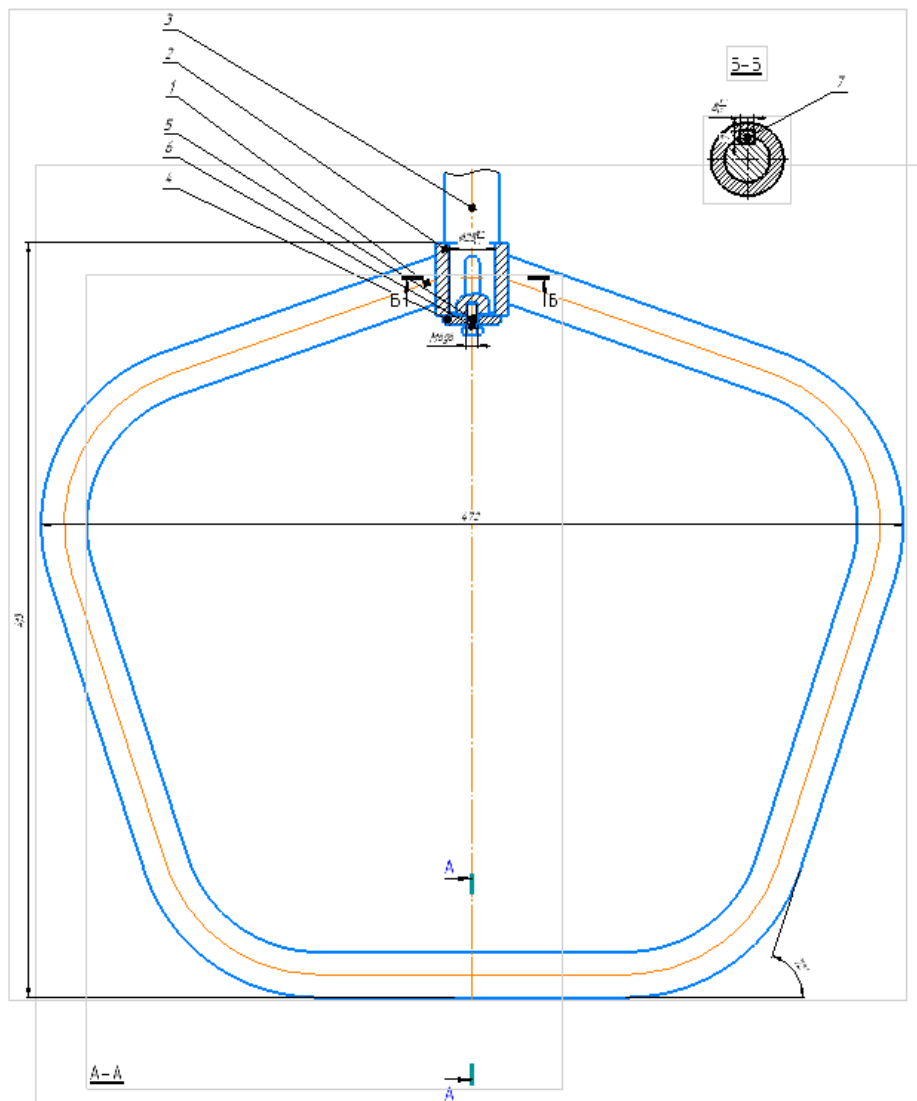
1. Продуктивність, кг/год	444
2. Термін замішування одної порції тіста, хв	7,5
3. Вологість тіста, %	33...54
4. Потужність приводу, кВт: місильного органу приводу траверси	3 0.37

Тістомісильна машина (Складальне креслення)



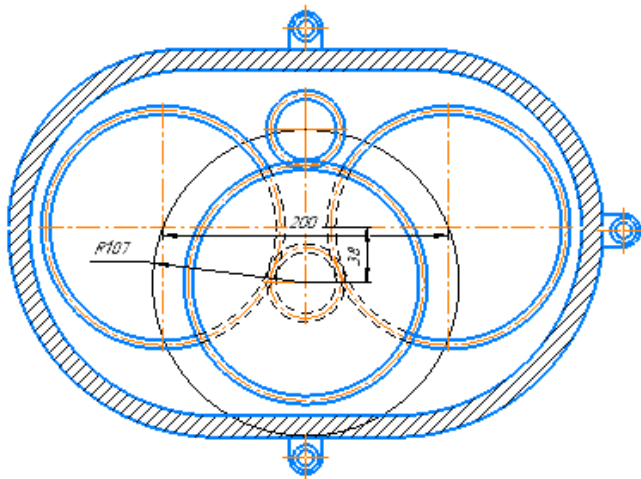
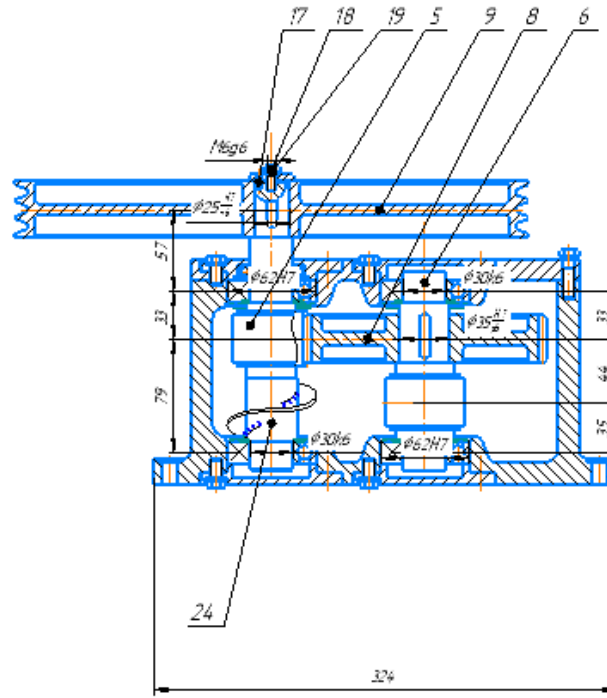
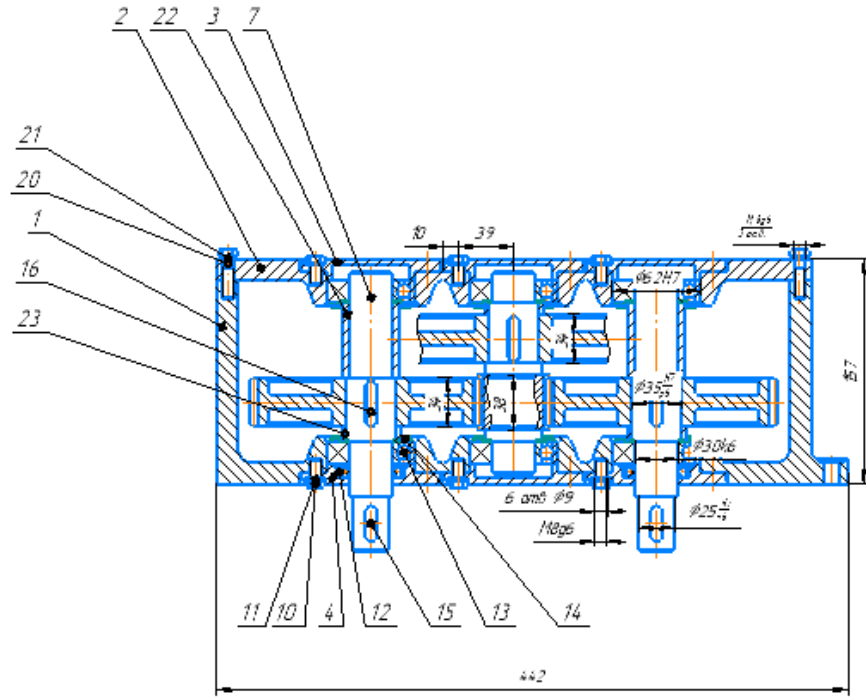
Технічна характеристика	
1. Продуктивність, кг/год	444
2. Термін замішування одної порції тіста, хв	7,5
3. Вологість тіста, %	33...54
4. Потужність приводу, кВт:	
місильного органу	3
приводу траверси	0.37

Місильний орган тістомісильної машини



1. Розміри для довідок
2. Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14

Редуктор циліндричний



Технічна характеристика

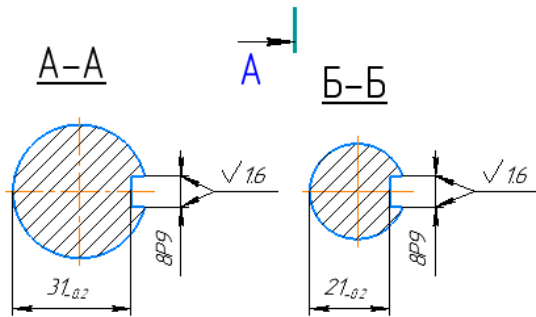
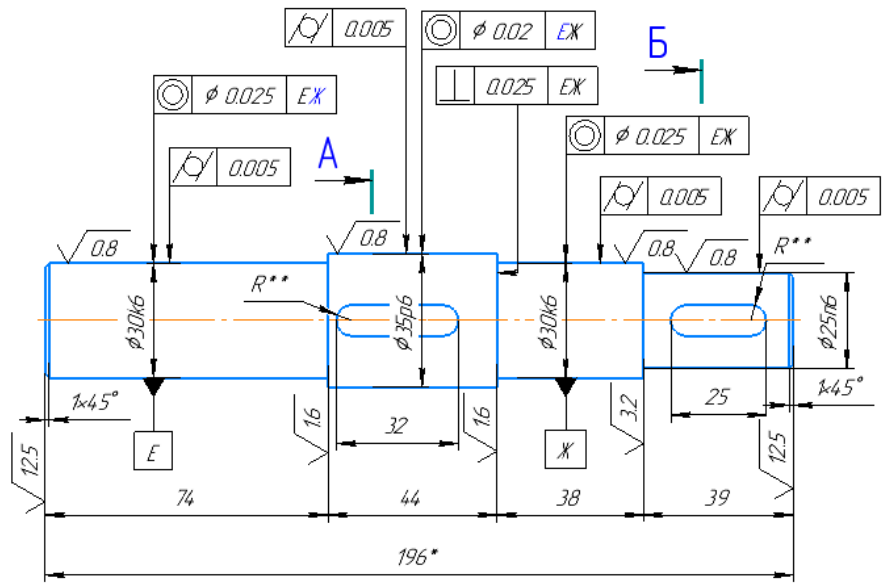
1. Передаточне число редуктора $U=10.89$
2. Крутний момент на тихохідному валу $T=507 \text{ Н}\cdot\text{м}$
3. Частота обертання бистрохідноговала $n=248 \text{ об/хв.}$

Технічні вимоги

1. *Розміри для довідок
2. Редуктор залити мастилом: індустріальне И-Г-А -68 ГОСТ 17479.4-87
3. Привід дозволяється експлуатувати з відхиленням на кут 5. При цьому повинен бути забезпечений рівень мастила, достатній для змащування зачеплення і пшипників.

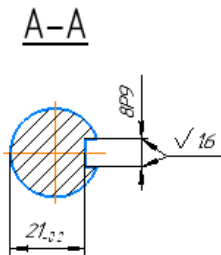
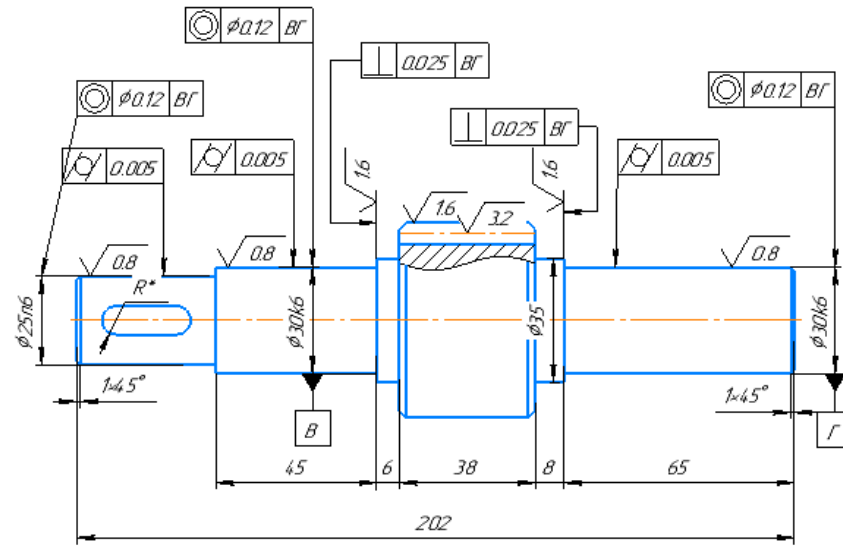
Деталювання редуктора

$\sqrt{R_{6.3}/I}$



Вал тихохідний

1. 4.75 НВ тіл.
2. *Розмір забезп. інстр.
3. Невказані максимальні відхилення розмірів валів-тіл інших $\pm 1/2$ середнього класу точності по СТ СЭВ 302-



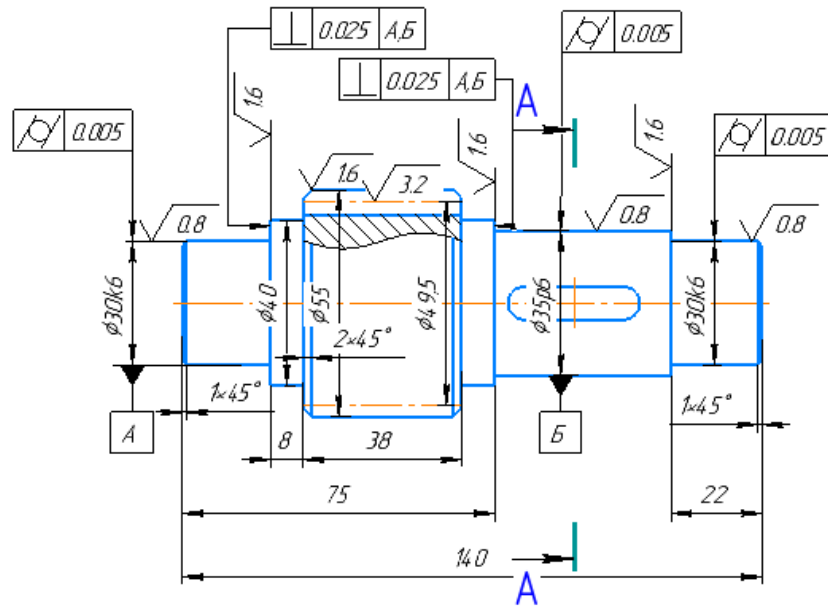
Вал швидкохідний

1. 4.75 НВ тіл.
2. *Розмір забезп. інстр.
3. Невказані максимальні відхилення розмірів валів-тіл інших $\pm 1/2$ середнього класу точності по СТ СЭВ 302-

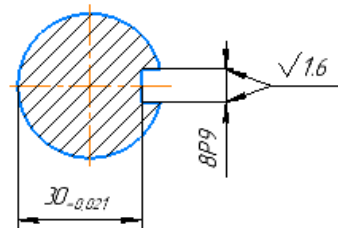
Модуль	m	2.75
Число зубів	z_1	18
Нормальний вихідний контур		ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення контуру	x	0
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	9-B
Дільний діаметр	d_1	4.95

Деталювання редуктора

$\sqrt{R_{p,6.3}(\sqrt{1})}$



Модуль	m	2.75
Число зубів	z_1	18
Нормальний вихідний контур		ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення вихідного контура	x	0
Степінь точності по ГОСТ 1643-81	-	9-B
Ділильний діаметр	d_f	49.5



1. 4.75 HB min.
2. *Размір забезп. інстр.
3. Неказані максимальні відхилення розмірів валів-і, інших $\pm 1/2$ середнього класу точності по СТ СЭВ 302-76.

Вал проміжний

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 модернізовані.

Дана повна класифікація машин для замісу тіста.

Модернізовано тістомісильний орган та спроектовано циліндричний редуктор.

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.