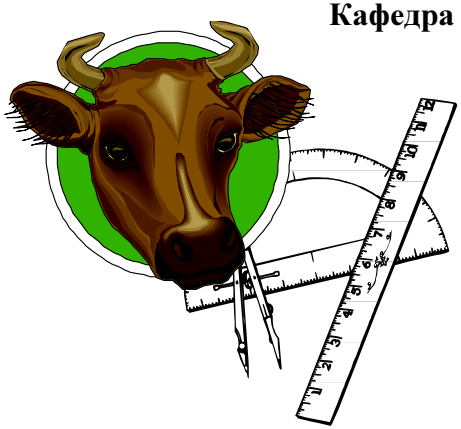
Міністерство аграрної політики та продовольства України
Таврійський державний агротехнологічний університет

Кафедра «Механізація тваринництва»



НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

щодо виконання конструктивної частини у дипломних проектах ОКР «Бакалавр» для студентів денної та заочної форм навчання
за напрямом 6.100102 - «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва»

2011

Розробили: доц. Болтянський Б.В., доц. Брагінець А.М.,
доц. Скляр Р.В., доц. Мілько Д.О.

Рецензент: зав. кафедри ОПХВ, проф. Ялпачик Ф.Ю.

Навчальний посібник розглянутий та схвалений на засіданні кафедри «Механізація тваринництва» (протокол №___ від _____ 2011 р.), на методичній комісії механіко-технологічного факультету (протокол №___ від _____ 2011 р.) та рекомендований для виконання конструктивних частин у дипломних проектах бакалавра.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Загальні вимоги щодо виконання конструкторської розробки	6
1.1 Зоотехнічні вимоги, які ставляться до розроблюваної (модернізованої) машини	8
1.2 Аналіз існуючих засобів механізації та вибір об’єкта розробки (модернізації)	9
1.3 Розробка конструктивно-технологічної схеми машини та опис принципу її дії	10
1.4 Технологічний розрахунок машини	11
1.5 Кінематичний розрахунок механічного приводу	16
1.6 Енергетичні розрахунки	34
1.7 Розрахунок деталей машин на міцність	38
1.8 Відпрацювання ескізного варіанта розроблюваної (модернізованої) машини	47
2 Правила виконання пояснювальної записки	49
2.1 Загальні положення	49
2.2 Вимоги щодо оформлення пояснювальної записки	50
2.3	
3 Креслярсько-графічна частина	20
Список літератури	41
Додаток А	42

ВСТУП

Тваринництво є однією з основних галузей сільського господарства. Воно задовольняє потреби населення в таких важливих продуктах харчування як молоко, м’ясо, яйця тощо. За рахунок тваринницької продукції забезпечується понад 60% потреби людини в харчовому білку.

Тваринництво також є основним джерелом постачання органічних добрив для землеробства. Воно відіграє певну роль у виконанні транспортних та сільськогосподарських робіт. Питома вага тваринництва у валовій продукції сільського господарства України становить 45%, а в товарній – близько 55%.

Подальший розвиток виробництва продукції тваринництва повинен бути забезпечений за рахунок підвищення продуктивності праці в галузі та зниження витрат ручної праці на виробництво одиниці продукції. Функціонування галузі в умовах ринкової економіки вимагає не тільки збільшення обсягу, а й зниження собівартості продукції, що виробляється, для підвищення її конкурентоспроможності. Недоліки в механізації ферм, способах утримання, організації праці, низька продуктивність тварин і птиці – головні причини значних витрат праці та засобів і, як наслідок, собівартості виробництва.

В умовах економічної кризи, в якій до теперішнього часу перебуває Україна, особливо актуальним є переведення товарного виробництва тваринництва на нові форми господарювання. Новий підхід до ведення тваринництва повинен передбачати розвиток як матеріально-технічної бази підприємства, так і генетичного потенціалу тварин, як основного об’єкта. За умови впровадження новітніх технологій утримання, кормоприготування та інших технологічних процесів можна очікувати збільшення валового виробництва продукції тваринництва.

Одна з важливих умов інтенсифікації тваринництва – використання на сучасних тваринницьких фермах принципів потокового виробництва на основі впровадження високопродуктивних потокових ліній. При їх створенні об’єднуються окремі машини і апарати в комплексні агрегати, які виконують декілька операцій і, по можливості, автоматизують контроль і регулювання процесів.

На кінцеві результати роботи ферм значний вплив має система обладнання і, в першу чергу, машини і апарати потокових ліній. Не-

ритмічна і ненадійна робота обладнання цих ліній негативно впливає на якість отриманої продукції. Тому, велике значення для роботи тваринницьких ферм має правильний підбір і комплектування обладнання технологічних ліній, а також чітко організовані експлуатація і технічне обслуговування машин і апаратів.

Зростаюча роль технічного переоснащення тваринницьких підприємств сприяє впровадженню результатів наукових розробок і передового досвіду, що забезпечить істотне підвищення продуктивності праці та якості виробленої продукції, а також високу технологічну і економічну ефективність виробництва.

1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ВИКОНАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ ЧАСТИНИ

У даному навчальному посібнику надається методика виконання конструктивної частини в дипломних проектах бакалавра для студентів, які навчаються за спеціалізацією «Механізація тваринництва».

Всі машини та обладнання, які використовуються у тваринництві, за призначенням можна розділити на групи:

- машини та обладнання для заготівлі кормів;
- транспортні та навантажувально-розвантажувальні машини;
- машини та обладнання для обробки й приготування кормів;
- машини та обладнання для роздавання кормів;
- машини та обладнання для водопостачання й напування тварин;
- машини та обладнання для доїння й первинної обробки молока;
- машини та обладнання для видалення, транспортування й зберігання гною;
- машини та обладнання для догляду за тваринами;
- машини та обладнання для створення мікроклімату;
- станкове та кліткове обладнання для утримання тварин і птиці.

Різноманітність машин, розходження їх за призначенням та конструкцією не дозволяють розробити універсальні рекомендації з їхнього конструювання (модернізації), тому в даному посібнику розглянуті загальні питання, які повинен вирішувати студент при виконанні дипломного проекту.

Загальна спрямованість конструктивних розробок дипломних проектів представлена на рисунку 1.1, де запропоноване у конструктивній розробці технічне рішення повинно дозволяти вирішити одну або декілька з наведених завдань.

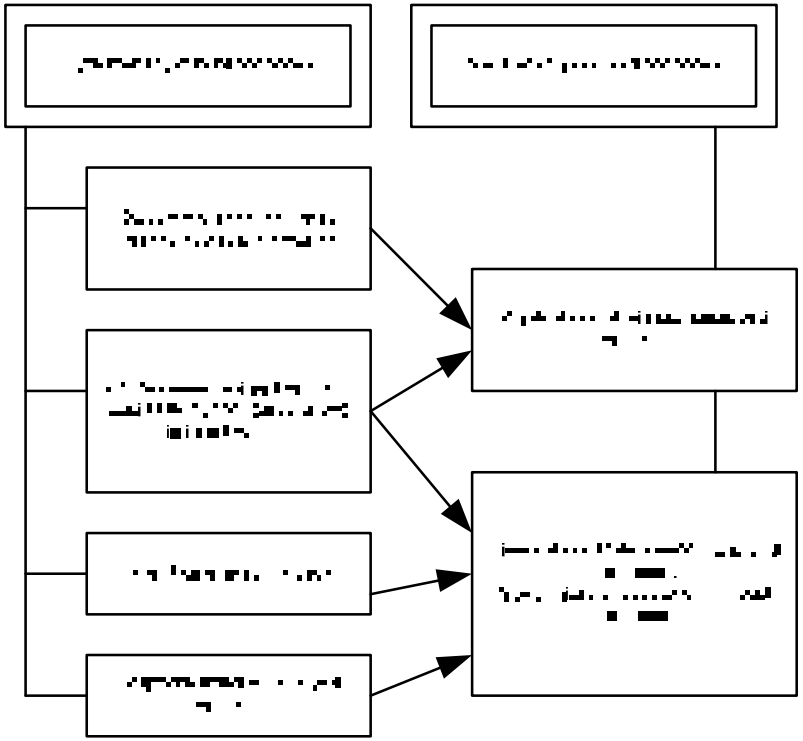


Рисунок 1.1- Схема спрямованості конструктивних розробок

Основні схеми фермських машин і їх робочі органи, які можуть бути предметом удосконалення наведені в Додатках Д – И.

Після визначення направленості конструктивної розробки необхідно описати будову і принцип роботи запропонованої машини. Опис починають із технологічного призначення вузла, машини або апарату. Далі класифікують об'єкт за технологічними, конструктивними або іншими ознаками. Вказують індивідуальні особливості, переваги і недоліки за функціональними, енергетичними, економічними, ергономічними, санітарно-гігієнічними ознаками.

Потім описують роботу машини в послідовності рухів робочих органів і оброблюваного продукту. При цьому в тексті вказують номера позицій вузлів і деталей з посиланням на номери креслень згідно зі специфікаціями.

Конструктивну частину проекту виконують у наступній послідовності:

- вивчають зоотехнічні вимоги, що ставляться до розроблюваного технологічного процесу та типу машин;
- здійснюють огляд та аналіз існуючих засобів механізації для заданого технологічного процесу і конкретизують об'єкт модернізації (розробки);
- складають конструктивно-технологічну схему машини й описують принцип її роботи;
- проводять технологічний і кінематичний розрахунки та визначають потужність на привод машини;
- виконують розрахунки на міцність та надійність найбільш важливих деталей конструкції;
- виконують техніко-економічну оцінку модернізації або розробки (при необхідності);
- пророблюють ескізне компонування з наступним кресленням загального виду машини, складального креслення модернізованого (розроблюваного) вузла та виконують робочі креслення деталей (5-7 деталей).

1.1 Зоотехнічні вимоги, які ставляться до розроблюваної (модернізованої) машини

В залежності від призначення машини в тваринництві до неї ставляться відповідні зоотехнічні вимоги. Починаючи конструкторську розробку, необхідно вивчити технологічний процес і операції, які здійснює розроблювана (модернізована) машина, а також зоотехнічні вимоги, що ставляться до даного типу (класу) машин та привести їх в розрахунково-пояснювальній записці. Перелік зоотехнічних вимог до більшості машин фермського призначення викладені в літературних джерелах [16, 17].

1.2 Аналіз існуючих засобів механізації та вибір об'єкта розробки (модернізації)

При виконанні цього підрозділу студент-дипломник повинен використовувати знання, набуті ним на лабораторних і практичних заняттях з даного курсу та літературні джерела: підручники, технічні журнали, брошури, авторські свідоцтва, рацпропозиції, мережу Internet.

Огляд літератури доцільно розділити на два підпункти:

- механіко-технологічні властивості об'єкта обробітку;
- огляд конструкцій існуючих фермських машин.

У першому підпункті описуються механіко-технологічні, технічні розмірні, силові чи інші властивості (дані) з об'єкта, на який буде діяти технологічно проектована фермська машина.

Огляд конструкцій існуючих фермських машин виконується як планове описово-графічне завдання і за наскрізною схемою проектування увійде у дипломний проект як підпункт. У цьому підпункті описуються існуючі механізовані технології, приводяться класифікації фермських машин (знарядь, робочих органів) за характерними ознаками, техніко-економічними характеристиками, особливості цих машин, недоліки та позитивні аспекти їх конструкцій. При написанні огляду літератури доцільно використовувати науково-технічні джерела та інформацію з огляду робочих органів (див. додаток Д-И).

Таблиця 1.1 - Об'єкти дії машини для тваринництва

№ з/п	Машина	Об'єкти дії
1	Гноєприбиральні машини	Гній, підстилка
2	Обладнання для створення мікроклімату	Повітря
3	Обладнання для доїння корів і первинної обробки молока	Молоко
4	Засоби водопостачання ферм і напування тварин	Вода
5	Машини для приготування кормів	Кормова сировина
6	Кормороздавачі	Кормосуміші

Підрозділ закінчується висновками, в яких указуються характеристики (взяті з існуючих конструкцій), які бажано запрограмувати в конструкції, буде розроблятися.

Зміст завдання:

1. Опис механізованих технологій виконання робіт.
2. Класифікація сільськогосподарських машин (знарядь) з теми за характерними ознаками (заповнити на аркуші формату А4 таблиці, зразки яких подано в табл. 1.2 і 1.3).

Таблиця 1.2 - Техніко-економічні характеристики машин

Показники	**Марки**				
	ИКМ-Ф-10				
Продуктивність, т/год	10,0				
І т.д.					

Таблиця 1.3 – Характерні ознаки машин

Машина (марка, патент)	Джерело інформації	Технологічна схема і коротка специфікація

3. Недоліки та позитивні аспекти наведених конструкцій та визначення тенденцій їх розвитку.

1.3 Розробка конструктивно-технологічної схеми машини та опис принципу її дії

У дипломному проекті наводяться докази доцільності вибору загальної схеми, типу приводу, типу робочого органу, способи приєднання до мобільного чи стаціонарного енергетичного засобу, системи контролю, способів регулювання, налагоджування режимів роботи. Надається інформація з можливих варіантів вибору і пояснення підстав вибору робочого варіанту.

Опис починають з технологічного призначення вузла, машини або апарату. Далі класифікують об'єкт за технологічними, конструктивними або іншими ознаками, тобто виділяють риси, загальні для об'єкта й інших вузлів, машин і апаратів. Наводять індивідуальні особливості, переваги та недоліки за функціональними, енергетичними, матеріалознавчими, економічними, ергономічними, санітарно-гігієнічними ознаками.

Конструктивно-технологічна схема машини містить у собі графічне (умовне) зображення робочих органів, деяких складальних одиниць, деталей та напрямок руху оброблюваного матеріалу. Вона вказує на порядок виконання операцій, тип та взаємне розташування робочих органів. Доцільно складати і розглядати декілька варіантів схем та шляхом їх порівняння вибрати найбільш раціональний. Остаточний варіант технологічної схеми оформлюється в пояснювальній записці з наведенням опису принципу роботи машини.

Потім описують роботу об'єкта згідно з циклограмою в послідовності рухів робочих органів і оброблюваного продукту. При цьому в тексті вказують номери позицій вузлів і деталей з посиланням на номери креслень за специфікацією.

Одним з найважливіших моментів, які висвітлюються в описі, є санітарне обслуговування й техніка безпеки, тобто послідовність операцій очищення та миття, а також інструкція з техніки безпеки.

На завершення приводять повну технічну характеристику: продуктивність, габарити, встановлену потужність, масу.

Після вибору схеми розроблюваної (модернізованої) машини виконують технологічні розрахунки з метою визначення геометричних розмірів, режимів руху та роботи основних робочих органів і подачі оброблюваного матеріалу.

1.4 Технологічний розрахунок машини

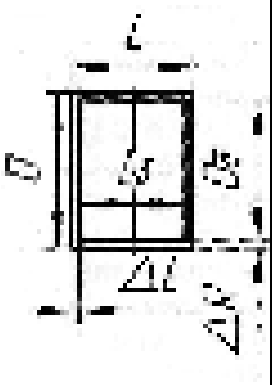
Технологічний розрахунок визначається порядком виконання операцій, типом і розміщенням робочих органів та повинен забезпечувати відповідну, взаємопов’язану продуктивність окремих робочих та допоміжних органів машини, безперервний технологічний процес.

Опираючись на конструктивно-технологічну схему вдосконаленої машини, визначають її продуктивність і розраховують основні параметри і режими роботи.

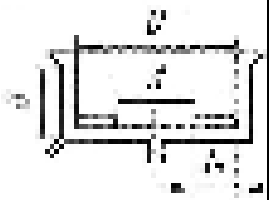
Орієнтовний алгоритм розрахунків параметрів і режимів роботи фермських машин, а також основні літературні джерела з детальними роз'ясненнями наведені нижче (таблиця 1.4).

Технологічні розрахунки основних машин фермського призначення та їхні схеми також наведені в роботах [2-4, 6-9] та у додатку А.

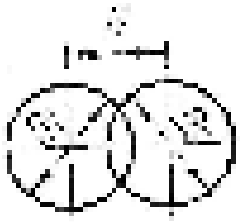
Таблиця 1.4 - Орієнтовний алгоритм визначення параметрів і режимів роботи основних фермських машин та обладнання

Розрахункова схема машини	Позначення	Методика визначення і джерела інформації
1	2	3
Машини для подрібнення концентрованих кормів		
	L - ширина робочої камери, м; D - діаметр робочої камери,м; $L_б$ - довжина барабана, $D_б$ - діаметр барабана, м; ΔL - величина бокових зазорів від площини крайніх молотків до стінок камери, м; ΔR - величина радіального зазору між кінцями молотків і поверхнею робочої камери,м; K - відношення діаметра до ширина камери; Q - продуктивність дробарки, кг/с; Q_1 - питома подача, кг/(с·м^2)	$D = \sqrt{\frac{K \cdot Q}{Q_1}}$ $K = \frac{D}{L}$ $D_б = D - 2\Delta R$ $L_б = L - 2\Delta L$ [20, с.104-114]

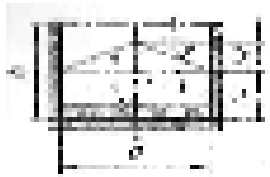
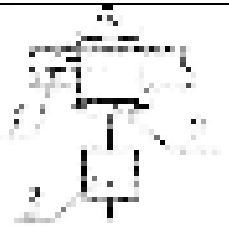
Продовження таблиці 1.4

1	2	3
Коренерізка		
 Дискова коренерізка	*D, d* - діаметри диска відповідно за зовнішніми і внутрішніми кінцями ножів,м; *B* - товщина стружки, м; *Z* - кількість ножів; $K_н$ - коефіцієнт використання ножів	Пропускна здатність, кг/с: $Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} b$ Довжина ножа, м: $l_н = \frac{D-d}{2}$ Середня швидкість подачі, м/с: $V_n = \frac{1}{2}\sqrt{2 \cdot q \cdot b}$ Оптимальна частота обертання диска, $с^{-1}$: $n = \frac{1}{Z}\sqrt{\frac{q}{2 \cdot b}}$ [20, с.77-84]
Соломосилосорізки		
Схема і конструктивні параметри різального апарата з прямим лезом	*a, b* - ширина і висота горловини, м; l_{min} - мінімальна довжина різки, м; ρ - об′ємна маса стиснутого продукту, кг/м^3; n - частота обертання ріжучого апарата, $с^{-1}$; *Z* - кількість ножів на диску; τ_{max} - максимальний кут ковзання, $\tau_{max} = 55$;	Загальні вимоги: - раціональна…[20,с.122] - надійне защемлення … леза. Продуктивність соломосилосорізки, кг/с:

Продовження таблиці 1.4

1	2	3
	τ_{min} - мінімальний кут ковзання, $\tau_{min} = 40$; *P* - виліт ножа, м; $N_{ж}$ - потужність, що витрачається на привід живильника, Вт; $N_п$ - потужність, що витрачається на подрібнення матеріалу, Вт; $N_{хх}$ - потужність, що витрачається на холостий хід подрібнювача, Вт; $N_{тр}$ - потужність, що витрачається на вивантажу-вальний пристрій, Вт	$Q = a \cdot b \cdot l_{min} \cdot \rho \cdot n \cdot Z$ Мінімальна робоча довжина леза, м: $L_p = \frac{P \cdot (tg\tau_{max} - tg\tau}{tg\tau_{max} \cdot tg\tau_{min}}$ Потужність приводу, Вт: $N = N_{ж} + N_п + N_{хх} + N_{тр}$ [19, с.122-132]
Двовальний змішувач кормів періодичної дії		
	$V_{зм}$ - об′єм змішувача, м^3; φ - коефіцієнт заповнення змішувача, $\varphi = 0,8$; $t_ц$ - час повного циклу приготування суміші, с; *L* - довжина змішувача, м; *D* - діаметр змішувача, м; *B* - відстань між осями, м; *K* – співвідношення діаметра до довжини змішувача, $K = 1…2$	Продуктивність, кг/с: $Q = \frac{V_{зм} \cdot \rho \cdot \varphi}{t_ц}$ Об′єм змішування, м^3: $V_{зм} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L + D \cdot B \cdot$ Діаметр змішувача, м: $D = \sqrt[3]{\frac{V_{зм}}{1,78 \cdot K}}$ [19, с.166-180]

Продовження таблиці 1.4

1	2	3
Кормороздавачі		
 Поперечний переріз стрічкового кормороздавача на дні жолоба	F - площа поперечного перерізу корму на стрічці, м^2; V - швидкість стрічки, м/с; ρ - щільність корму на стрічці, кг/м^3	Продуктивність стрічкового кормороздавача: $Q_c = F \cdot V \cdot \rho \cdot K$ Площа поперечного перерізу корму на стрічці: $F = F_1 + F_2$ [20, с.167-176]
Скребкові конвеєри для видалення гною		
Схема сил, що діють на скребок конвеєра	P_o - опір руху скребка, Н; b_c - відстань від ланцюга до місця прикладання сили Р, м; $t_ц$ - крок ланцюга, м; α_{max} - максимально допустимий кут нахилу скребка, $\alpha_{max} = 15^0$; f_1 - коефіцієнт тертя гною по боковій стінці	Натяг ланцюга, Н: $P_{min} = \frac{P_o \cdot b_c}{t_ц \left(t_ц \cdot \alpha_{min} - f^2 \cdot t_ц^2 \cdot \alpha_{max}\right)} - \frac{P_o}{2\left(1 - f_1 \cdot t_ц \cdot \alpha_{max}\right)}$ [20, с.186-199]
Доїльні установки		
	$D_к$ - діаметр клапана, м; $L_к$ - висота підйому клапана, м; A – атмосферний тиск, Па; P_a – вакуумметричний тиск, Па; q - прискорення земного тяжіння, м/с^2	Площа щілини між сідлом і клапаном, м^2:

Продовження таблиці 1.4

1	2	3
Схема гравітаційного регулятора вакуумметричного тиску: 1 – вакуум провід, 2 – клапан, 3 - тягарець		$S_к = \frac{\pi \cdot D_к \cdot l_к}{4}$ Маса тягаря і клапана $m = \frac{\pi \cdot D_к^2}{4 \cdot q} \cdot \left(A - P_a\right)$ [20, с.220-224]

На завершення приводять нову технічну характеристику (продуктивність, установлену потужність, габаритні розміри, масу).

1.5 Кінематичний розрахунок механічного приводу

1.5.1 Загальний розрахунок приводу

Проводиться за наявності механічного приводу на робочий орган.

Виконання розділу розпочинається з викреслювання кінематичної схеми приводу в записці (та на аркуш 1) з дотриманням вимог діючих стандартів до умовних позначень елементів (ГОСТ 2.770. Елементи кінематики).

Вихідні дані до розрахунків - це частота обертання (кутова швидкість), крутний момент чи потужність на вихідному елементі енергетичного засобу або попереднього вузла (ВВП трактора, приводні вали ходових систем, вихідні вали вузлів, які передують за технологічною схемою вузлу, який розробляється).

Значення кінематичних показників робочого органу вибираються з технологічного розрахунку.

Завданням кінематичного розрахунку є визначення кінематичних показників всіх ланок приводу (як правило, частота обертання, крутний момент, потужність, для передач - ККД і передаточне число) базуючись на кінцевих (технологічно необхідних) та початкових (стартових) (див. рис. 1.2). При цьому враховуються можливі варіанти - як експлуатаційні (холостий чи робочий режим), так і технологічно замовлені; наприклад,

для регулювання норми висіву передбачається можливість зміни частоти обертання вихідного елемента (диска чи котушки висівного апарата) у визначених технологічними розрахунками межах та з необхідним інтервалом.

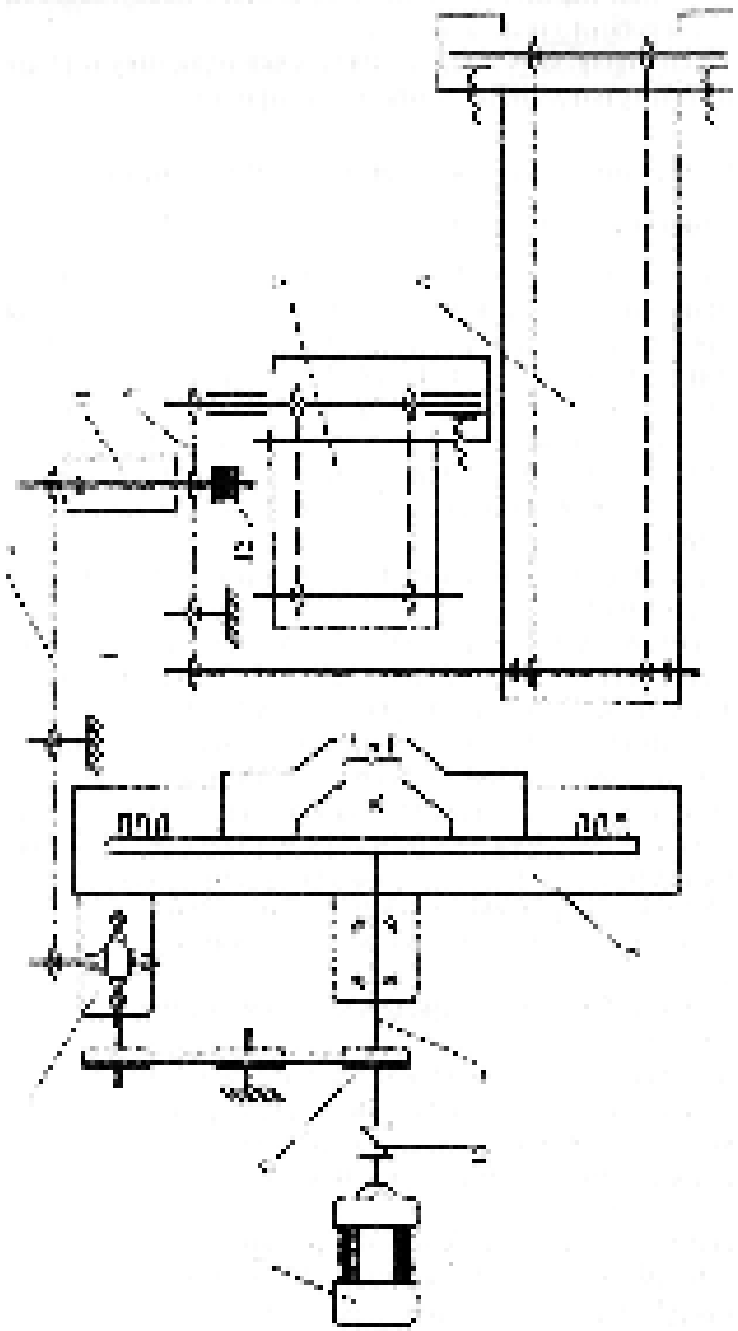
Примірний алгоритм кінематичного розрахунку може складатися з таких пунктів:

- визначення ККД приводу з урахуванням втрат на тертя в підшипниках і муфтах;
- визначення необхідної потужності для приводу робочого органа;
- визначення загального передаточного числа приводу;
- деталізація передаточного числа за кінематичними парами;
- визначення частоти обертання, крутного моменту, потужності на кожній ланці приводу.

Приклад кінематичної схеми з елементами обертового та поступального руху для подрібнювана грубих кормів ИГК-30, що працює за принципом дисмембратора, представлений на рис. 1.2.

Римськими цифрами позначають гвинта ходові, шпинделі, вали, арабськими цифрами або буквами - решту елементів.

На кінематичних схемах часто наводять основні параметри виробів, з яких складається схема: для електродвигунів - потужність *N* у кВт, частоти обертання *n* в об/хв., для шківів пасових передач - діаметри шківів і тип пасів, для ходових гвинтів - крок *t* в мм, кількість заходів *i,* для зубчастих коліс - кількість зубців *z* і модуль *m,* для зірочок ланцюгових передач - кількість зубців z. Перелік і маркування всіх елементів, як правило, виконується у вигляді специфікації.



1 – електродвигун, 2 – подрібнювальний апарат, 3 – редуктор, 4 – привідний вал, 5, 8 – ланцюгова передача, 6 – транспортер подачі, 7 – притискний транспортер, 9 – клинопасова передача, 10 – муфта, 11 – проміжний вал, 12 – муфта включення транспортера

Рисунок 1.2 - Кінематична схема дисмембратора ИГК-30Б

Таблиця 1.5 - Алгоритм кінематичного розрахунку

Обумовлений параметр та його позначення	Формули і вказівки до розрахунку
1	2
Вихідні дані	
Момент обертання на вихідному валу приводу T, Н·м	Див. завдання або розрахунки у ПЗ
Частота обертання вихідного валу n, хв.$^{-1}$	Див. завдання або розрахунки у ПЗ
ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ	
1 Складаємо кінематичну схему приводу	Див. ДСТУ і рисунок
2 Визначаємо кутову швидкість вихідного вала ω, рад/с	$\omega = \frac{\pi n}{30}$, де n – у хв.$^{-1}$
3 Потужність електродвигуна, яка споживається $P_{спож}$, кВт	$P_{спож} = \frac{T \cdot \omega}{\eta}$ (Вт), де T – у Н·м (див. вихідні дані); ω - у рад/с (див. п. 2); η - загальний ККД приводу; $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$, де η_1, η_2 η_3 – ККД передач, які складають привод, [18, 21, 23]
4 Вибір електродвигуна	Електродвигун вибирати з довідкових таблиць за потужністю, яка споживається, округляючи потужність до найближчого більшого значення
5 Асинхронна частота обертання ротора електродвигуна $n_{дв}$, хв.$^{-1}$	$n_{дв} = n_c \cdot \left(1 - \frac{\xi\%}{100}\right)$ де n_c – синхронна частота обертання в хв.$^{-1}$ $\xi\%$ - коефіцієнт ковзання [18, 21, 24]

Продовження таблиці 1.5

1	2
6 Загальне передаточне число U	$U = \frac{n_{дв}}{n}$ - див. п. 5; n – частота обертання вихідного вала приводу (див. вихідні дані)
7 Розбивка загального передаточного числа приводу	$U = U_1 \cdot U_2 \cdot U_3$, де U_1, U_2, U_3 – передаточні числа відповідних передач (див. склад приводу). При розбивці загального передаточного числа необхідно врахувати, що передаточні числа зубчастих і черв′ячних передач стандартизовані. Стандартні передаточні числа: - циліндричних зубчастих коліс (прямозубих і косозубих): I ряд: 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 2,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0 II ряд: 1,12; 1,4; 1,8; 2,24; 2,8; 3,55; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0; 11,2; - конічні зубчасті передачі: 1; (1,12); 1,25; (1,40); 1,60; (1,80); 2,00; (2,24)4 2,50; (2,80); 3,15; (3,55); 4,00; (4,50); 5,00; (5,60); 6,30; - черв′ячні передачі: I ряд: 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80. II ряд: 9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45; 56; 71. Першому ряду варто надати перевагу над другим. Значення рекомендованих передаточних чисел: - плоско пасова: 2-5, max 6; - клинопасова: 2-6, max 7; - ланцюгова: 2-5, max 8

Продовження таблиці 1.5

1	2
8 Потужності на валах P, кВт	Починати з вала електродвигуна і послідовно переходити від вала до вала приводу: $P_1 = P_{спож}$ (див. п.3); $P_2 = P_1 \cdot \eta_1$ (див. п.3); $P_3 = P_2 \cdot \eta_2$ (див. п.3)
9 Частота обертання валів, $n_{дв}$, хв.$^{-1}$	$n_1 = n_{дв}$ (див. п.5); $n_2 = n_1 / U_1$ (див. п.7); $n_3 = n_2 / U_2$ (див. п.7);
10 Кутова швидкість валів ω, рад/с	$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30}$; $\omega_2 = \frac{\omega_1}{U_1}$; $\omega_3 = \frac{\omega_2}{U_2}$
11 Момент обертання на валах T, Н·м	$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1}$, де P_1 – в Вт; $T_2 = T_1 \cdot U_1 \cdot \eta_1$; $T_3 = T_2 \cdot U_2 \cdot \eta_2$
Дані з пунктів 8-11 звести в таблицю узагальнення	

1.5.2. Розрахунок клинопасової передачі

Розрахунок клинопасової передачі рекомендується проводити за алгоритмом, наведеним у табл. 1.6.

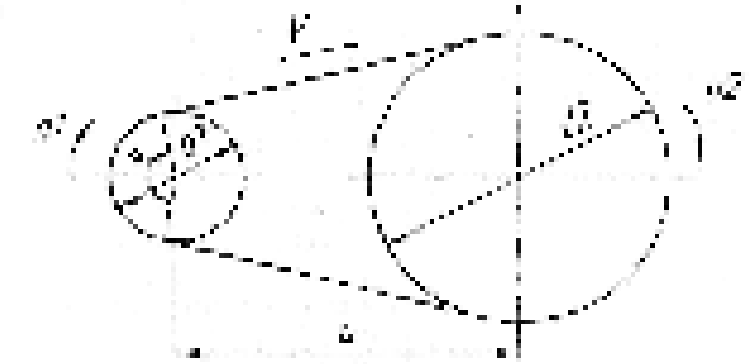


Рисунок 1.3 – Схема пасової передачі

Таблиця 1.6 - Розрахунок клинопасової передачі

Обумовлений параметр та його позначення	Формули та вказівки
1	2
Вихідні дані	
Передаточне відношення клинопасової передачі $U_{кп}$	Див. кінематичний розрахунок
Потужність, яка передається P_1, кВт	Див. кінематичний розрахунок
Момент обертання на ведучому валу T_1, *Н·м*	Див. кінематичний розрахунок
Частота обертання ведучого шківа , n_1, *хв.*$^{-1}$	Див. кінематичний розрахунок
ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ	
1 Вибір перерізу паса	За номограмою [18; 21; 24] залежно від частоти обертання меншого шківа та потужності Р, яка передається, прийняти переріз (А, Б, В, Г, Д) за полем, у яке потрапляє точка, обумовлена координатами (n_1; P_1); по [18; 21; 24] виписати основні розміри перерізу паса
2 Діаметр меншого шківа d_1, мм	$d_1 \approx (3...4)\sqrt[3]{T_1}$, де T_1 – у Н·м (див. вихідні дані). З отриманого інтервалу вибрати стандартне значення d_1, погоджуючи його з мінімальним діаметром для вибраного перерізу паса [18; 21; 24]. Стандартні значення діаметрів шківів за ДСТУ 173-73: 40; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600; 1800; 2000

Продовження таблиці 1.6

1	2
3 Діаметр більшого шківа d_2, мм	$d_2 = d_1\, U_{кп}(1-\varepsilon)$, де d_1 – див. п. 2 (стандартне значення); $U_{кп}$ -див. вихідні дані; $\varepsilon = 0{,}015$ - коефіцієнт ковзання паса. Отримане d_2 значення округлити по ДСТУ 17383-73 (див.п.2)
4 Уточнене передаточне відношення $U_{кп}$	$U_{кн} = \dfrac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)}$
5 Міжосьова відстань а в інтервалі a_{min} та a_{max} , мм	
a_{min}	$a_{min} = 0{,}55(d_1 + d_2) + T_0$
a_{max}	$a_{max} = d_1 + d_2$ де d_1, d_2 – див. п. 2; 3; T_0 – див. п.1 [18; 21; 24] У межах отриманого інтервалу призначити a
6 Розрахункова довжина паса L, мм	$L = 2a + 0{,}5\pi(d_1 + d_2) + \dfrac{(d_2 - d)^2}{4a}$ Отримане значення округлити до найближчого стандартного значення [18; 21; 24]
7 Уточнена міжосьова відстань a, мм	$a = 0{,}25(L - W) + \sqrt{(L-W)^2 - 2y}$ де L – стандартне значення довжини паса (див. п. 6); $W = 0{,}5\pi(d_1 + d_2)$; $y = (d_2 + d_1)$; d_1 , d_2- див. п.2, 3

Продовження таблиці 1.6

1	2
8 Кут обхвату меншого шківа α^0_1, град	$\alpha^0_1 = 180 - 57\dfrac{d_2 - d_1}{a}$ де a – в мм (див. п.7); d_1 , d_2- див. п.2, 3
9 Коефіцієнт режиму роботи C_p	Вибрати залежно від режиму роботи: Легкий режим $C_p = 1$ Середній режим $C_p = 1{,}1$ Важкий режим $C_p = 1{,}2$
10 Коефіцієнт, що враховує вплив довжини паса C_L	Вибрати залежно від довжини та перерізу паса [18; 21; 24]
11 Коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату C_a	Вибрати за [18; 21; 24] залежно від величини кута обхвату α_1 (див. п. 8)
12 Коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між пасами C_Z	Вибрати із припущення про можливу кількість пасів Z (наприклад $Z = 2\text{-}3$) [18; 21; 24]
13 Допустима потужність для передачі одним пасом P_o, кВт	Вибрати залежно від перерізу паса, діаметра меншого шківа d_1, передаточного відношення $U_{кп}$ та частоти обертання ведучого шківа n_1, [18; 21; 24]
14 Кількість пасів передачі Z	$Z = \dfrac{P_1 \cdot C_p}{P_o \cdot C_L \cdot C_a \cdot C_Z}$, де P_1 – у кВт (див. вихідні дані); C_p, C_L , C_a , C_Z – див. п. 9-12; P_o – див. п. 13. Значення Z округляти до найближчого більшого цілого числа

Продовження таблиці 1.6

1	2
15 Натяг вітки паси F_o, Н	$F_o = \frac{850 \cdot P_1 C_p C_L}{Z \cdot V \cdot C_a} + \Theta V^2$ де Р – кВт (див. вихідні дані); C_p , C_L , C_a – див. п. 9-11; Θ -коефіцієнт, що враховує відцентрову силу: - при перерізі А $\Theta = 0{,}1 \frac{Н \cdot с^2}{м^2}$; - при перерізі Б $\Theta = 0{,}18 \frac{Н \cdot с^2}{м^2}$ $V = \frac{\pi \cdot n_1 d_1}{60}$ - лінійна швидкість паса , м/с; n_1 - див. вихідні дані; d_1 - див. п. 2
16 Тиск на вали F_B, Н	$F_B = 2F_o \cdot Z \cdot sin\frac{\alpha_1}{2}$ F_o - див. п.15; Z - округлене значення (див. п.14) α_1 - див. п. 8
17 Ширина шківа $B_ш$, мм	$B_ш = (Z - 1)e + 2f$ де e, f – вибирати залежно від перерізу паса [18; 21; 22; 24]

1.5.3 Розрахунок ланцюгової передачі

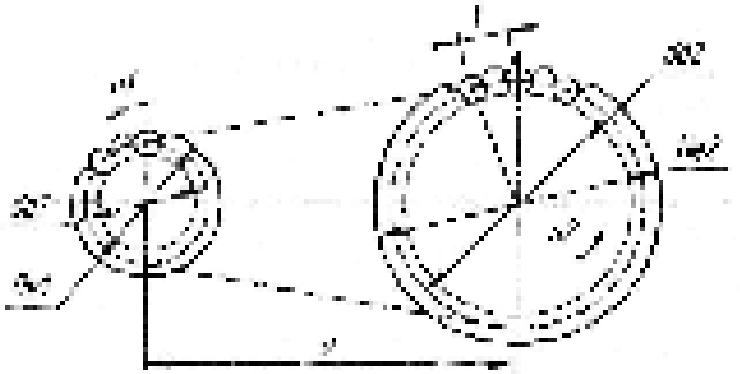


Рисунок 1.4 – Схема ланцюгової передачі

Розрахунок проводиться за алгоритмом наведеним у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Алгоритм розрахунку ланцюгової передачі

Обумовлений параметр та його позначення	Формули та вказівки
1	2
Вихідні дані	
Момент обертання на ведучій зірочці T_1, Н·м	Див. кінематичний розрахунок
Передаточне число ланцюгової передачі $U_{лп}$	Див. кінематичний розрахунок
Частота обертання ведучої зірочки n, хв.$^{-1}$	Див. кінематичний розрахунок
Кутова швидкість обертання ведучої зірочки ω_1, рад/с	Див. кінематичний розрахунок

Продовження таблиці 1.7

1	2
ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ	
1 Динамічний коефіцієнт $K_д$	При спокійному навантажені $K_д = 1$; При ударному навантаженні $K_д = 1,25$
2 Коефіцієнт K_a, що враховує вплив міжосьової відстані	При $a = (30…50)t$, $K_a = 1$
3 Коефіцієнт K_H, що враховує вплив кута нахилу ланцюга	При куті нахилу менше 60^0 $K_H = 1$, більше 60^0 – $K_H = 1,25$
4 Коефіцієнт K_p, що враховує спосіб регулю-вання натягу ланцюга	При автоматичному натягу ланцюга $K_p = 1$, при періодичному регулюванні $K_p = 1,25$
5 Коефіцієнт K_{CM}, що враховує вплив способу змащення	При картерному змащенні $K_{CM} = 0,8$; При безперервному змащенні $K_{CM} = 1$; При періодичному змащенні $K_{CM} = 1,2$
6 Коефіцієнт періодичності роботи K_n	При однозмінній роботі $K_n = 1$; При двозмінній $K_п = 1,25$; При тризмінній роботі $K_п = 1,5$;
7 Коефіцієнт K_e, що враховує умови експлуатації	$K_e = K_д \cdot K_a \cdot K_H \cdot K_p \cdot K_{см} \cdot K_n$
8 Числа зубців зірочок:	
- ведучої Z_1	$Z_1 = 31 - 2U_{лп}\,(Z_1 \geq 17)$ де $U_{лп}$ – див. вихідні дані
- веденої Z_2	$Z_2 = Z_1 \cdot U_{лп}$ Значення округлити до найближчого цілого числа
9 Середнє значення допустимого тиску в шарнірі $[P]$, МПа	Вибрати допустимий тиск [P] за [18; 21; 24] при попередньо вибраному кроку ланцюга та величині (див. вихідні дані)

Продовження таблиці 1.7

1	2
10 Число рядів ланцюга m	Рекомендується застосування однорядних ланцюгів ($m=1$). Можливе застосування дворядних ($m = 2$)
11 Крок ланцюга t, мм	$t = 2,8\sqrt[3]{\dfrac{T_1 \cdot K_e}{Z_1[P]m}}$, де T_1 – у Н·м (див. вихідні дані); K_e – див. п. 7; Z_1 - див. п. 8; $[P]$ - МПа (див. п. 9); m – див.п.10; За [18; 21; 24] прийняти найближче більше значення t та виписати всі параметри вибраного ланцюга
12 Перевірка ланцюга за частотою обертання $n_1 \leq [n_1]$	За [18; 21; 24] залежно від кроку ланцюга t вибрати $[n_1]$ та перевірити умову $n_1 \leq [n_1]$; n_1 - див. вихідні дані
13 Перевірка ланцюга на тиск Р у шарнірах $P \leq [P]$	Допустимий тиск у шарнірах $[P]$ вибрати для вибраного ланцюга з кроком t та частотою обертання n_1 [18; 21; 24]; t - див. п. 11; див. вихідні дані. Розрахунковий тиск $P = \dfrac{F_1 \cdot K_e}{A_{on}}$ (МПа), де $F_1 = \dfrac{N_1 \cdot \omega_1}{V}$, T_1 – в Н·м, ω – у рад/с (див. вихідні дані); $V = \dfrac{Z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 10^3}$ - лінійна швидкість ланцюга, м/с; A_{on} - в мм^2 [18; 21; 24] Якщо умова $P \leq [P]$ не виконується, треба збільшити крок ланцюга або використати дворядний ланцюг

Продовження таблиці 1.7

1	2
14 Сумарна кількість зубців Z_Σ	$Z_\Sigma = Z_1 + Z_2$ де Z_1 та Z_2 – округлені значення
15 Поправка Δ	$\Delta = \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}$
16 Кількість ланок ланцюга L_t	$L_t = 2a_t + 0{,}5Z_\Sigma + \frac{\Delta}{a_t}$ де $a_t = 40$; Z_Σ- див. п. 14; Δ - див.п.15 Значення L_1 округляти до парного числа
17 Уточнена міжосьова відстань a, мм	$a = 0{,}25t \cdot \left[L_t - 0{,}5Z_\Sigma + \sqrt{(L_t - 0{,}5Z_\Sigma)^2 - 8\Delta^2} \right.$
18 Діаметри ділильних кіл зірочок, мм:	
- ведучої $d_{\partial 1}$	$d_{\partial 1} = \frac{t}{\sin\frac{180}{Z_1}}$
- веденої $d_{\partial 2}$	$d_{\partial 2} = \frac{t}{\sin\frac{180}{Z_2}}$
19 Діаметри зовнішніх кіл зірочок, мм	
- ведучої D_{e1}	$D_{\partial 1} = t\left(ctg\frac{180}{Z_1} + 0{,}7\right) - 0{,}31d_1$, де t – див. п. 11; d_1 - діаметр ролика ланцюга [18; 21; 24]
- веденої D_{e2}	$D_{\partial 2} = t\left(ctg\frac{180}{Z_2} + 0{,}7\right) - 0{,}31d_1$

Продовження таблиці 1.7

1	2
20 Сили, що діють на ланцюг, *Н:*	
- колова F_t	F_t – див. п.13
- відцентрова F_V	$F_V = qV^2$ де V- у м/с (див. п.13); q - у кг/м [18; 21; 24]
- від провисання ланцюга F_f	$F_f = 9{,}81 \cdot K_f \cdot q \cdot a$ де K_f – коефіцієнт, що враховує розташування ланцюга: при горизонтальному K_f = 6; при похилому K_f = 1,5; при вертикальному K_f = 1; (див. п.17)
21 Розрахункове навантаження на вали F_B, Н	$F_B = F_t \cdot 2F_f$
22 Коефіцієнт запасу міцності S	$S = \frac{Q}{K_\partial F_t + F_V + F_f} \geq [S]$, де Q - див. [18; 21; 24] ; K_∂ – див. п.1; $[S]$ = 7-10 – коефіцієнт запасу міцності

1.5.4 Види та підшипники

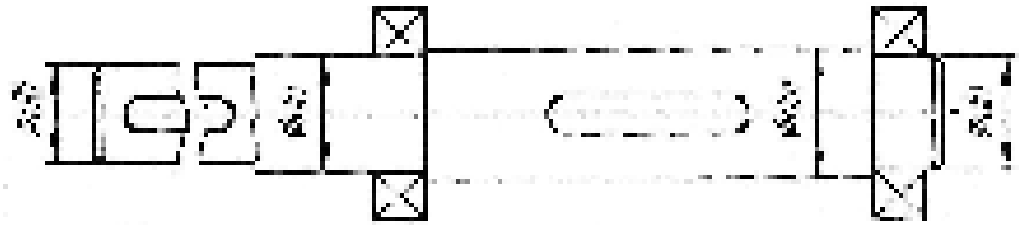


Рисунок 1.5 – Приклад схеми компоновки вала

Розрахувати за алгоритмом наведеним у таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Алгоритм розрахунку валів та вибору підшипників

Обумовлений параметр та його позначення	Формули та вказівки
1	2
1 Попередній розрахунок	
Вихідні дані	
Момент обертання на валу T, Н·м	див. кінематичний розрахунок
ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ	
1 Знаходимо діаметр вихідного кінця вала із розрахунку на кручення $d_в$, мм	$d_в = \sqrt[3]{\frac{T}{0{,}2[\tau_{кр}]}}$, де $[\tau_{кр}] = 20$ *МПа* – валів, які виготовлено зі сталі 45. Отримане значення $d_в$ округлити до найближчого з ряду: 10; 10,5; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 194 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 33; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 110; 120; 125;130 і далі через 10 мм
2 Знаходимо діаметри підшипни-кових шийок $d_п$, мм	$d_п = d_в + (5...7)мм$ Округляти до значення, яке при $d_п \geq 20$ *мм* кратне 5
3 Вибір підшипників кочення	Вибрати підшипники по отриманому діаметру підшипникової шийки $d_п$ та виходячи з навантажень, які діють на вал. Для валів, установлених в прямозубій циліндричній передачі – радіальні; у косозубій циліндричній, конічній та черв′ячній – радіально-упорні [18; 21; 24]. У таблицях $d \approx d_п$ ($d_п$ округляти до табличного значення). Виписати з таблиці всі наведені розміри підшипника

Продовження таблиці 1.8

1	2
2 Перевірний розрахунок	
Вихідні дані	
Момент обертання на валу Т, Н·м	Див. кінематичний розрахунок
Сили, які діють на вал (сили у зачеплені та сили від псової або ланцюгової передачі)	Див. відповідні розділи розрахунку
ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ	
1 За попередньо виконаним компонуванням приводу складають розрахункову схему вала	Визначити відстані від внутрішніх торців підшипників до місця прикладання навантажень на вал [16; 22]; ураховувати що, крім сил у зубчастому або черв′ячному зачепленні, на вал можуть діяти сили тиску на вали від пасової (прикладене до середини шківа) або ланцюгової (прикладене до середини маточини зірочки) передачі. Для спрощення розрахунку прийняти, що ці сили діють у горизонтальній площині
2 Визначити навантаження вала в горизонтальній та вертикальній площинах та скласти відповідні схеми навантаження	Див. [16; 22]
3 Для кожної схеми навантаження визначають реакції опор	Виконати за методиками опору матеріалів
4 Будують епюри згинаючих моментів у горизонтальній та вертикальній площинах	Виконати за методиками опору матеріалів

Продовження таблиці 1.8

1	2
5 Будують епюру моментів кручення	Моментом кручення для вала є момент обертання T (див. вихідні дані). Методика побудови епюри моментів кручення – див. методику з опору матеріалів
6 Визначають найбільш небезпечний переріз на валу	Таким є переріз, де діють максимальні згинальні моменти у горизонтальній та вертикальній площинах
7 Визначають еквівалентні згинаючі моменти у небезпечних перерізах вала $M_{екв}$	$M_{екв.} = \sqrt{M_{ИГ}^2 + M_{ИВ}^2}$ де $M_{ИГ}$, Н·м – значення згинального моменту в небезпечному перерізі у горизонтальній площині; $M_{ИВ}$, Н·м – значення згинального моменту в тому ж перерізі вала у вертикальній площині
8 Визначають у небезпечному перерізі вала значення зведеного моменту $M_{пр}$	$M_{пр.} = \sqrt{M_{екв}^2 + T^2}$ де $M_{екв}$ – див. п. 7; T, Н·м – значення моменту кручення у відповідному перерізі на епюрі моментів кручення (див. п. 5)
9 Визначають необхідні діаметри вала у небезпечних перерізах в мм та порівнюють їх з тими що отримано при попередньому компонуванні приводу	$d = \sqrt[3]{\frac{M}{0{,}1[\sigma_u]}}$, де $M_{пр}$ – у Н·мм (див. п.8) $[\sigma_u]$ - у МПа (допустиме напруження згину: для вала із сталі $[\sigma_u]$ = 53 МПа)
10 Визначають еквівалентні реакції опор	$R = \sqrt{R_Г^2 + R_B^2}$, де $R_Г$ та R_B – реакції відповідної опори у горизонтальній та вертикальній площинах

1.5.5. Муфти

Муфти використовують для з'єднання і передачі крутного моменту між валами або іншими обертовими деталями, для керування роботою машини, оберігання машини від перевантажень, зменшення динамічних навантажень та ін.

У сучасному машинобудуванні застосовується значна кількість муфт, різних за принципом дії, призначенням і конструкцією. Широко застосовуванні муфти стандартизовані.

Основна паспортна характеристика кожної муфти – крутний момент, на передачу якого вона розрахована.

Відповідно до однієї з існуючих класифікацій муфти поділяються на глухі, рухливі, зчіпні та самокеровані.

Вибір стандартних муфт, а також розрахунок нестандартних проводиться залежно від розрахункового крутного моменту T_p, який визначається з умови

$$T_p = kT_н,$$

де $T_н$ – номінальний крутний момент, що передається муфтою, k - коефіцієнт режиму роботи (технологічні та транспортуючі машини k = 1,5-2,0; вантажопідйомні k = *3-5*).

1.6. Енергетичні розрахунки

Перед проведенням енергетичних розрахунків по фермських машинах і необхідно вивчити на які технологічні операції витрачається енергія. Для прикладу візьмемо дробарку концентрованих кормів.

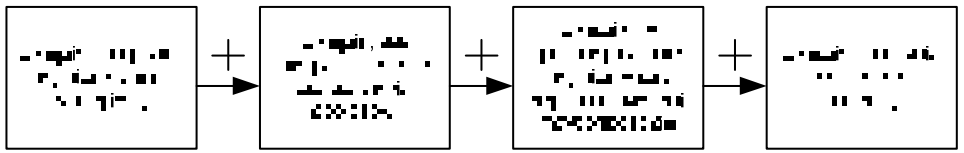


Рисунок 1.6 - Структура витрат енергії при роботі дробарки концентрованих кормів

Тоді потужність, необхідна для приводу дробарки при подрібненні зерна визначають по рівнянню енергетичного балансу:

$$N = N_{ПОД} + N_{ХХ} + N_{ТР} + N_{Ш},$$

де $N_{ПОД}$ - потужність, що йде безпосередньо на подрібнення зерна.

Визначаємо її за формулою С.В. Мельникова:

$$N_{ПОД} = A_{ПОД\,ТР} \cdot Q(Bm)$$

де Q - секундна подача, кг/с;

$A_{ПОД}$ - робота на подрібнення 1 кг зерна.

$$\mathrm{A_{ПОД}} = C_{ПР} \cdot \left[C_V \cdot \lg\lambda^3 + \mathrm{C_S} \cdot (\lambda - 1)\right]$$

де λ - ступінь подрібнення,

$$\lambda = \frac{d_{поч}}{d_{ср}},$$

де $d_{поч} = 5$ мм (для ячменю);

$d_{ср}$ - середнє значення помолу.

Постійні коефіцієнти $C_{ПР}$, C_V, C_S залежать від виду кормового матеріалу (див.табл. 1.9)

Таблиця 1.9- Характеристика фуражного зерна (за експериментальними даними С.В. Мельникова)

Культура	Густина зерна, ρ, кг/м^3	Діаметр еквівалентної кулі , D, мм	Коефіцієнти		
			$C_{пр}$	C_V, кДж/кг	C_S , кДж/кг
Ячмінь	1300	4,2	1,20±0,30	8,5	7,5
Овес	1350	3,7	5,00±1,50	2,34	1,96
Жито	1280	3,3	1,450,35	8,4	6,4
Пшениця	1360	3,8	-	4,6	8,15
Горох	1360	6,3	-	10,7	3,66

$N_{ХХ}$ - втрати потужності на холостий хід, $N_{ХХ} = 0,2 \cdot N_{ПОД}$

$N_{ТР}$ - потужність, необхідна для пневмотранспортування дерті від камери подрібнення до циклона.

$$N_{ТР} = \frac{\Sigma H \cdot Q_B}{\eta_B}$$

де ΣH - загальний тиск повітря, $Н/м^2$;

$$\Sigma H = H_Д + H_C$$

де $H_Д$ - динамічний тиск повітря;

H_c - статичний тиск повітря;

η_B - к.к.д. вентилятора, $\eta_B = 0,7$.

Динамічний тиск визначається за формулою

$$H_Д = \frac{1}{2} \cdot \gamma_П \cdot V_П^2 \left[1 + \mu\left(\frac{V_{ПР}}{V_П}\right)\right],$$

де $V_{ПР}/V_П$ - відношення середньої швидкості транспортування дерті до швидкості повітря, $V_{ПР}/V_П = 0,7$;

$\gamma_П$ - густина повітря, $\gamma_П = 1,28$ кг/м^3;

$V_П$ - швидкість руху повітря у трубопроводі, м/с.

Необхідний статичний тиск визначається так

$$H_C = H_П + H_{ТР} + H_м,$$

де $H_П$-втрати тиску повітря на піднімання дерті по трубопроводу,

$$H_П = 9,81 \cdot (1 + \mu) \cdot \gamma_П \cdot H_T$$

де H_T - висота транспортування, $H_T = 3$ м;

$H_{ТР}$ - втрати тиску на подолання сил тертя при транспортуванні дерті по трубопроводу.

$$H_{ТР} = (1 + \mu) \cdot \gamma_П \cdot \lambda_o \cdot l_{ТР} \cdot \frac{V_П}{2 \cdot d_{ТР}}$$

де l - довжина трубопроводу, м;

λ_o - коефіцієнт опору рухові суміші дерті і повітря,

$\lambda_o = (1,2...1,5)\,\lambda_П$,

де $\lambda_П$ - коефіцієнт опору рухові повітря

$$\lambda_o = 0{,}0124 + \frac{0{,}011}{d_{TP}}$$

H_M - втрати тиску повітря в переходах, колінах, розширеннях і т.п.

$$H_M = \frac{1}{2} \cdot \Sigma\xi \cdot V_П^2 \cdot \gamma_П ,$$

де $\Sigma\xi = 2 \cdot \xi_П \cdot \xi_Д \cdot \xi_ц$,

де $\xi_П$ - коефіцієнт опору на повороті, $\xi_П = 0{,}16$;
$\xi_Д$ - коефіцієнт опору у дифузорі, $\xi_Д = 0{,}1$;
$\xi_Ц$ - коефіцієнт опору у циклі, $\xi_Ц = 2$.

Потужність для приводу шлюзового затвора визначається за формулою

$$N = q \cdot Q$$

де q- питома витрата енергії, q = 0,5...1,0 *кВт/м.*

Потужність двигуна визначається за формулою

$$N_{ДВ} = \frac{N}{\eta_Д}$$

де $\eta_{ДВ}$ - к.к.д. двигуна, $\eta_{ДВ}$ = 0,87.

Визначаємо передавальне число клинопасової передачі

$$i = \frac{n_{дв}}{n}$$

де n - частота обертання молоткового барабана, *хв.*$^{-1}$.

1.7 Розрахунки деталей машин на міцність

1.7.1 Оцінка міцності деталей при простих деформаціях

Найбільш розповсюдженим методом оцінки міцності деталей машин є порівняння розрахункових напружень, які виникають у деталях при дії експлуатаційних навантажень, із допустимими напруженнями для матеріалу цих деталей.

У загальному вигляді умови міцності записують такими співвідношеннями:

$$\sigma \le [\sigma] \text{ або } \tau \le [\tau]$$

де σ, $[\sigma]$- відповідно розрахункове і допустиме нормальне напруження;

τ, $[\tau]$ - те ж саме, дотичне напруження.

Розрахункове напруження визначається залежно від виду деформації и небезпечному перерізі деталі. Приклади простих видів деформації деталей показані на рисунку 1.7.

Умови міцності з урахуванням виду деформації записують у такому вигляді: при осьовому розтягу (рис. 1.7, *а)* або стиску

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \le [\sigma]_p$$

при згині (рис.1.7, б)

$$\sigma = \frac{M}{W_o} \le [\sigma]_p$$

при крученні (рис.1.7, в)

$$\tau = \frac{T}{W_p} \le [\tau]$$

при поверхневому зминанні деталей (рис. 1.7, г)

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{A} \le [\sigma_{зм}]$$

при зсуві або зрізі (наприклад, для циліндричного пальця на рис. 1.7, д)

$$\tau = \frac{F}{A} \le [\tau_з]$$

У записаних формулах взято такі позначення *F* - сила; *M* - згинальний момент; *T*- крутний момент; *A* - площа перерізу (поверхні зминання); W_o - осьовий момент опору перерізу; W_p - полярний момент опору перерізу деталі.

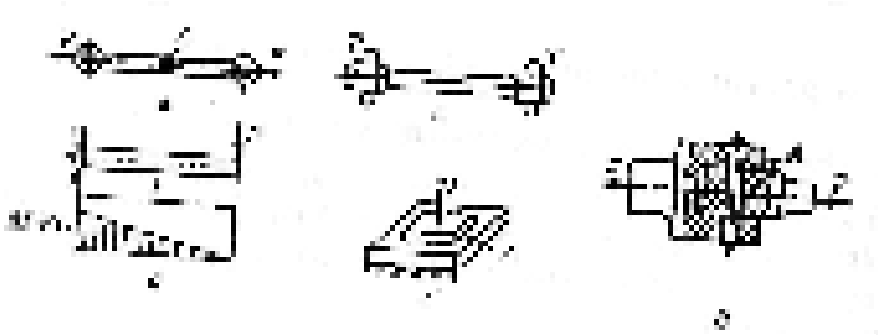


Рисунок 1.7 - Схеми простих деформацій деталей машин

Для розповсюджених форм перерізів деталей момент опору визначають за формулами: круглий переріз діаметром *d,*

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0{,}1 \cdot d^3; \qquad W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \approx 0{,}2 \cdot d^3$$

прямокутний переріз із розмірами (сторона з розміром *h* перпендикулярно до нейтральної осі *O - O* перерізу)

$$\sigma_e = \sqrt{(\sigma + \sigma_p)^2 + 4 \cdot \tau^2} \le [\sigma]$$

При одночасній дії в перерізі деталі напружень згину, розтягу (стиску) і кручення на основі гіпотези найбільших дотичних напружень для сталевих деталей визначають еквівалентне напруження, а умову міцності записують у вигляді

1.7.2. Розрахунок зварних з'єднань

Основною вимогою при проектуванні зварних конструкцій є забезпечення рівноміцності шва і з'єднуваних ним деталей. Відповідно до цього в залежності від розмірів і розташування зварних деталей установлюють відповідний для даного з'єднання тип шва. Якщо зварне з'єднання здійснюється кількома швами, то їх розташовують так, щоб вони були навантажені рівномірно.

При розрахунку на міцність стикових швів потовщення (наплив металу) не враховують. Крім того приймають наступне припущення: навантаження розподіляється рівномірно по довжині шва; напруження розподіляється рівномірно по площі перерізу шва. У залежності від напрямку сил, що діють на стиковий шов, його розраховують на розтяг (рис. 1.7)

$$\sigma'_p = \frac{F}{\delta \cdot l} \le [\sigma'_p]$$

або стиск

$$\sigma'_c = \frac{F}{\delta \cdot l} \le [\sigma'_c]$$

де σ'_p *і* σ'_c - відповідно розрахункове напруження у шві при розтягу або стиску; *F* - сила, що розтягує або стискає з' єднувані деталі; *l* - довжина шва (приймається рівною ширині з'єднуваних деталей); δ - товщина більш тонкої зі з'єднуваних деталей; $[\sigma'_p]$ та $[\sigma'_c]$ - відповідно допустимі напруження у зварному шві при розтягу та стиску, величина яких дорівнює допустимому напруженню для матеріалу з'єднуваних деталей, помноженому на коефіцієнт, що залежить від виду технологічного процесу зварювання і типу електроду (вибирається з довідників).

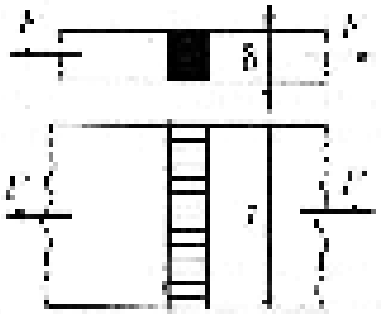


Рисунок 1.8 - Розрахункова схема стикового зварного з'єднання

Кутові шви розраховують на зріз по найменшій площі перерізу, розташованого в бісекторній площині прямого куга поперечного перерізу шва (рис. 1.9, а). У розрахунковому перерізі товщину кутового шва приймають рівною *0,7k (h = k cos* $45^0 \approx 0{,}7k$, де $k = \delta$ - катет поперечного

перерізу шва, який приймається, як правило, рівним найменшій товщині зварюваних деталей δ).

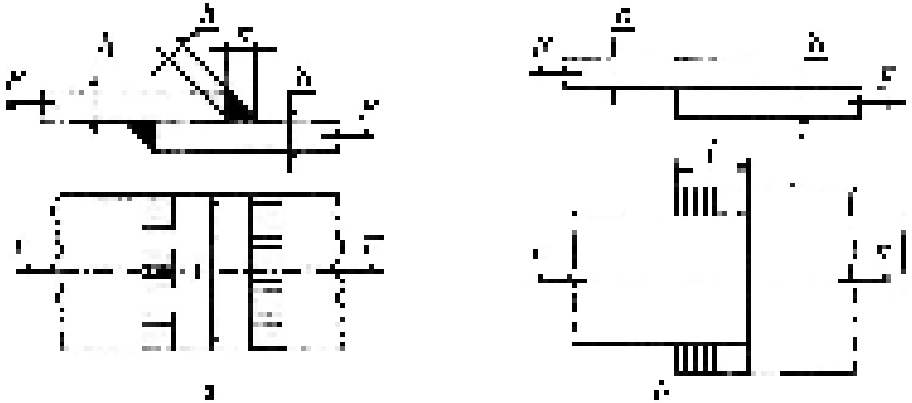


Рисунок 1.9 - Розрахункова схема кутового зварного з'єднання

При дії на кутовий шов сили F (рис. 1.9, б) силу F сприймають два шви) його розраховують за формулою

$$\tau'_c = \frac{F}{2 \cdot 0{,}7kl} \le [\tau'_c]$$

де τ'_c - розрахункове напруження зрізу в шві;

l - довжина шва;

$[\tau'_c]$- допустиме напруження на зріз зварного шва, яке знаходять у залежності від матеріалу зварюваних деталей, виду технологічного процесу зварювання і типу електроду у відповідних таблицях.

Довжину будь-якого лобового шва (рис. 1.9, а) приймають рівною подвоєній ширині деталі, що приварюється, (з′єднання утворюється двома швами); довжину кутового флангового шва визначають з умови міцності шва

Допустимі напруження зварних швів при статичних навантаженнях приймаються в залежності від допустимих напружень на розтяг основного металу і від методу зварювання та типу електроду

При змінних навантаженнях значення допустимих напружень знижують множенням на коефіцієнт

$$\gamma = \frac{1}{R\left[\left(aK_a \pm b\right) - \left(aK_a \mp b\right)\right]}$$

де K_a - ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

a b - числові коефіцієнти, які вибирають в залежності від зварюваного матеріалу (для вуглецевих сталей $a= 0{,}58;\ b = 0{,}26$);

$R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ чи $R = \tau_{min}/\tau_{max}$ коефіцієнт асиметрії циклу навантаження шва.

У формулі верхні знаки приймають, якщо більшим є абсолютне значення напруження розтягу, а нижні - стиску. Якщо при розрахунку отримують $\gamma > 1$, то приймають $\gamma = 1$.

1.7.3 Розрахунок різьбових з'єднань

Болти і гвинти виходять із ладу як правило через розрив стержня по різьбі або по перехідному перерізу біля головки, руйнування або ушкоджений різьби, руйнування головки. Оскільки розміри стандартних болтів відповідають умові їх рівноміцності, розрахунок звичайно роблять за одним основним критерієм працездатності - міцності нарізаної частини стержня.

Розглянемо характерні випадки статичного навантаження з'єднання.

З'єднання, навантажене осьовою розтягуючою силою, попередня і кінцева затяжка його відсутні. Характерним прикладом такого навантаження може служити різьбовий кінець вантажного гака (рис. 1.10). Стержень працює на розтяг.

Рівняння міцності

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi d_1^2} \le [\sigma_p]$$

де σ_p - розрахункове напруження розтягу в поперечному перерізі нарізаної частини стержня;

F - сила, що розтягує стержень;

d_1 - внутрішній діаметр різьби;

$[\sigma_p]$ - допустиме напруження на розтяг матеріалу стержня.

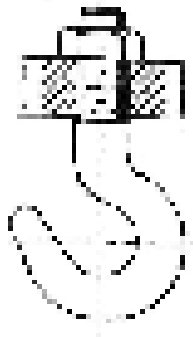


Рисунок 1.10 – Кріплення вантажного гака

Із рівняння міцності отримаємо

$$d_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma_p]}} \qquad \text{або} \qquad d_1 = 1{,}13\sqrt{\frac{F}{[\sigma_p]}}$$

Отримане за отриманим рівнянням значення внутрішнього діаметра різьби округлюють за стандартом до найближчого більшого значення і по стандартному діаметру вибирають всі інші розміри різьби.

Болт сприймає розтяг і кручення. Такі умови навантаження виникають, якщо після навантаження болта робочим зусиллям з'являється необхідність у його підтягуванні. Прикладом такого з'єднання служить гвинтова стяжка (рис. 1.11).

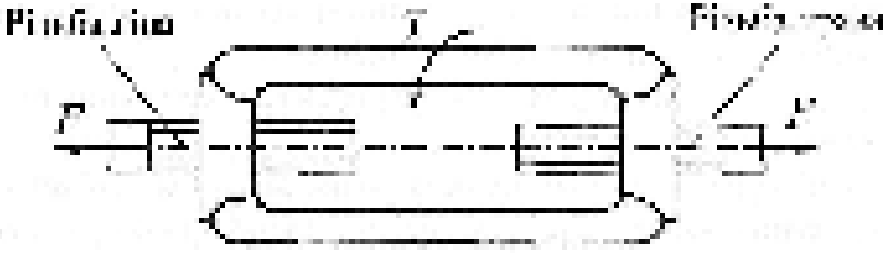


Рисунок 1.11 - Схема гвинтової стяжки

Під дією осьової сили в матеріалі гвинта виникають напруження розтягу

$$\sigma_p = \frac{4A}{\pi d_1^2}$$

Під дією моменту гвинтової пари T виникають напруження кручення

$$\tau_к = \frac{T}{W_к}$$

де $W_к = \frac{\pi d_1^2}{16}$ - момент опору при крученні;

$T = 0{,}5d_2 \cdot F \cdot tg(\psi + \varphi)$ - момент у гвинтовій парі.

Тоді

$$\tau_к = \frac{0{,}5d_2 F tg(\psi + \varphi)}{\frac{\pi d_1^2}{16}}$$

Розділивши останній вираз на передостанній із врахуванням, що для стандартних сталевих болтів із метричною різьбою $\psi = 2°30'$, $d_2/d_1 = 1{,}12$ і $f = 0{,}15$, чому відповідає $\varphi' = 8°40'$, отримаємо $\tau_к/\sigma_p \approx 0{,}5$.

Еквівалентне напруження в матеріалі болта від сили F і моменту T

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau_к^2} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3(0{,}5\sigma_p)^2} \approx 1{,}3\sigma_p$$

З рівняння випливає, що при підтягуванні різьбового з'єднання, навантаженого осьовою силою, у матеріалі деталей напруження зростають 30%. Для компенсації цього перенапруження розрахунок роблять по розрахунковому навантаженню F_p, що перевищує на 30% задане, тобто $F_p = 1{,}3F$.

Таким чином, проектний розрахунок болта в цьому випадку її робити за формулою

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}3F}{\pi[\sigma_p]}} \qquad \text{або} \qquad d_1 = 1{,}13\sqrt{\frac{F}{[\sigma_p]}}$$

Болт, навантажений поперечною силою, встановлений у отвір із зазором. У випадку установки болта в отвір із зазором (рис. 1.12) його необхідно затягти такою силою F_3, щоб виникаюча на поверхні стику з′єднувальних деталей сила тертя F_f була більше поперечної сили F. Як правило приймають $F_f = 1{,}2F$ (1,2 - коефіцієнт запасу). Тоді необхідна сила стиску деталей (затягування болта)

$$F_3 = \frac{F_f}{f} = 1{,}2\frac{F}{f},$$

де f – коефіцієнт тертя.

Враховуючи кручення при затягуванні болта, розрахункова сила

$$F_p = 1{,}3F_3 = 1{,}3 \cdot 1{,}2\frac{F}{f}$$

По отриманій розрахунковій силі визначають внутрішній діаметр різьби болта

$$d_1 = \sqrt{\frac{4F_p}{\pi[\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}2F}{\pi f[\sigma_p]}} \quad \text{або} \quad d_1 = 1{,}4\sqrt{\frac{F_p}{f[\sigma_p]}}$$

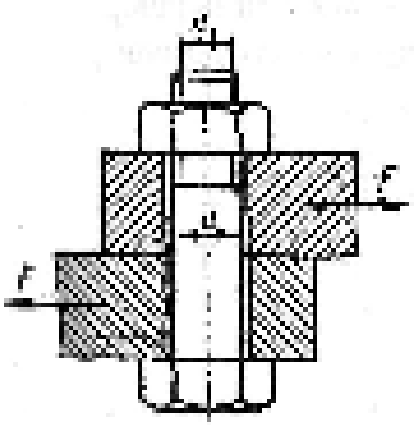


Рисунок 1.12 - Різьбове з′єднання навантажене поперечною силою (болт встановлений у отвір із зазором)

Для зменшення діаметра болта застосовують різні пристрої, що розвантажують болт від сприйняття поперечних сил (наприклад, розвантажувальну втулку, шпонку, штифт і т. п.). У цьому випадку розраховується на міцність деталь, що сприймає поперечне навантаження, а діаметр болта приймається конструктивно.

Болт, навантажений поперечною силою, встановлений у отвір з під розвертки без зазору. При постановці болта без зазору (рис. 1.13) з'єднання збирається без попереднього затягування. Поперечне навантаження F сприймає стержень болта, що працює на зріз і зминання (для стандартних болтів, встановлюваних в отвір з-під розвертки, $d_o = d + (1..2)$ мм).

Умова міцності на зріз

$$\tau_c = \frac{F}{\frac{\pi d_0^2}{4}} \le [\tau_c]$$

де τ_c - розрахункове напруження зрізу болта;

F - поперечна зовнішня сила, що зрізає болт;

d_o - діаметр стержня болта в небезпечному перерізі;

$[\tau_c]$- допустиме напруження на зріз болта.

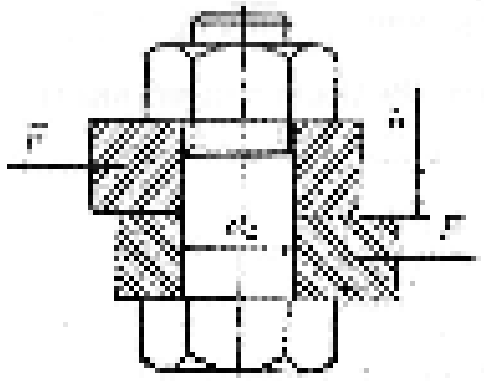


Рисунок 1.13 - Різьбове з'єднання, навантажене поперечною силою (болт встановлений у отвір без зазору)

Формулою умови міцності на зріз користуються при перевірочному розрахунку болта. Проектний розрахунок виконується за формулою

$$d_o = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\tau_c]}} \qquad \text{або} \qquad d_o = 1{,}13\sqrt{\frac{F}{[\tau_c]}}$$

Умова міцності на зминання

$$\sigma_{см} = \frac{F}{d_o h} \le [\tau_{см}]$$

де $\sigma_{см}$ - розрахункове напруження зминання в з'єднанні;

h - довжини частини болта, яка піддається найбільшому зминанню;

$[\sigma_{см}]$- допустиме напруження на зминання болтового з'єднання.

1.8 Відпрацювання ескізного варіанта розроблюваної (модернізованої) машини

При розробці (модернізації) конструкції варто дотримуватися наступних правил:

- надавати конструкції прості гладкі зовнішні форми, які полегшують догляд за машиною;
- шукати шляхи спрощення конструкції, знижуючи кількість необхідних деталей;
- запобігати можливі нещасні випадки для забезпечення безпеки при роботі обслуговуючого персоналу;
- усувати можливість поламок або аварій у результаті перевантаження машини під час експлуатації або очищення внаслідок недбалої роботи з машиною;
- приділяти особливу увагу питанням захисту навколишнього середовища, шукати шляхи нейтралізації або очищення шкідливих продуктів технічного процесу, зменшувати шум і вібрації від створеної машини;

- забезпечувати достатню міцність деталей машин загалом не шляхом збільшення маси, а за рахунок надання деталям раціональних форм, застосування міцних матеріалів і ущільнюючих операцій;
- збільшувати надійність машини в експлуатації, забезпечуючи задану безвідмовність її роботи протягом всього терміну служби;
- уникати розташування поверхонь тертя на корпусних деталях, тому що це приводить до зношування останніх;
- враховувати можливі теплові деформації деталей, передбачати необхідні зазори в з'єднаннях для їхньої компенсації;
- скорочувати вартість виготовлення машини й витрати на її експлуатацію;
- заощаджувати матеріали, робити їхній вибір відповідно до функціональних призначень деталей, забезпечуючи при цьому мінімальну вартість виготовлення;
- забезпечувати відповідність конструктивних форм деталей умовам технології отримання заготовки з урахуванням наявних виробничих потужностей та заданого обсягу випуску;
- забезпечувати зручність складання машини, робити її транспортабельною;
- прагнути до забезпечення паралельного монтажу, тобто вузлового або агрегатного складання;
- робити доступними й зручними для огляду вузли та агрегати, які вимагають періодичної перевірки;
- розміщати органи керування й контролю по можливості в одному, зручному для огляду та обслуговування місці;
- удосконалювати зовнішні форми машини з дотриманням вимог технічної естетики;
- особливу увагу при відпрацюванні конструкції варто приділяти можливості максимального використання стандартних виробів.

2 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

2.1 Загальні положення

Пояснювальна записка з конструкторської частини проекту виконується з дотриманням вимог, що ставляться взагалі до написання дипломного проекту бакалавра.

Пояснювальну записку проекту виконують на одній стороні нелінованих аркушів білого паперу формату А4 (210х297 мм), або на формах оформлених згідно вимог ДСТУ ГОСТ 2.104 – 2006. [15]

Пояснювальну записку виконують одним з наступних способів:

– машинописним, при цьому шрифт друкарської машинки повинний бути чітким, висотою не менш 2,5 мм, стрічка тільки чорного кольору (напівжирна);

– рукописним – креслярським шрифтом по ГОСТ 2.304 - 81 з висотою букв і цифр не менше 2,5 мм. Цифри і букви необхідно писати чітко чорними тушшю, чорнилами або пастою;

– із застосуванням друкуючих і графічних пристроїв виводу ЕОМ (ГОСТ 2.004-88). Рекомендується використовувати шрифт Times New Roman, розмір 14, інтервал 1,5.

Вписувати в пояснювальну записку, виготовлену машинописним способом, окремі слова, формули, умовні знаки, а також, виконувати ілюстрації треба чорними чорнилами, пастою або тушшю.

При виконанні документа на формах відстань від рамки форми до границь тексту на початку і наприкінці рядків – не менш 3 мм. Відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої або нижньої рамки повинна бути не менш 10 мм. [15]

У випадку виконання текстових документів на звичайних аркушах формату А4 відстань до тексту зверху, знизу і ліворуч від країв аркуша – не менш 20 мм, праворуч - не менш 10 мм.

Абзаци в тексті починають відступом, рівним 15 – 17 мм.

Помилки, описки і графічні неточності, виявлені в процесі виконання пояснювальної записки, допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці виправленого тексту (графіки) машинописним або рукописним способом чорним чорнилом, пастою або тушшю. Пошкодження аркушів

пояснювальної записки, помарки і сліди не цілком вилученого колишнього тексту (графіки) не допускаються.

2.2 Вимоги щодо оформлення пояснювальної записки

Текст основної частини дипломного проекту поділяють на розділи, підрозділи, пункти та підпункти (Додаток А).

Заголовки структурних частин та розділів дипломного проекту: «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ», «ДОДАТКИ» друкують великими літерами симетрично до тексту. Крапку в кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох або більше речень, їх розділяють крапкою. Заголовки підрозділів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу. Заголовки пунктів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу в розрядці в підбір до тексту. У кінці заголовка, надрукованого в підбір до тексту, ставиться крапка (Додаток А).

Відстань між заголовком (за винятком заголовка пункту) та текстом повинна дорівнювати 3 – 4 інтервалам.

Кожну структурну частину дипломного проекту треба починати з нової сторінки.

До загального обсягу дипломного проекту не входять додатки, список літератури, які повністю займають площу сторінки. Але всі сторінки зазначених елементів проекту підлягають нумерації на загальних засадах.

2.2.1 Нумерація. Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, рисунків, таблиць, формул подають арабськими цифрами без знака №.

Першою сторінкою дипломного проекту є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок. На титульному аркуші номер сторінки не ставлять, на наступних сторінках номер проставляють у правому верхньому куті сторінки або посередині без крапки в кінці.

Такі структурні частини роботи, як реферат, зміст, вступ, висновки, список літератури не мають порядкового номера. Звертаємо увагу на те, що всі аркуші, на яких розміщені згадані структурні частини роботи, нумерують звичайним чином. Не нумерують лише їх за-

головки, тобто не можна друкувати: «1. ВСТУП» або «6. ВИСНОВКИ».

Підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, між якими ставлять крапку. В кінці номера підрозділу крапка не ставиться, наприклад: «3.1» (перший підрозділ третього розділу). Потім у тому ж рядку йде заголовок підрозділу.

Пункти нумерують у межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з порядкових номерів розділу, підрозділу, пункту, між якими ставлять крапку. В кінці номера крапка не ставиться, наприклад: «3.1.2» (другий пункт першого підрозділу третього розділу). Потім у тому ж рядку йде заголовок пункту. Пункт може не мати заголовка.

Підпункти нумерують у межах кожного пункту за такими ж правилами, як пункти.

Ілюстрації (фотографії, креслення, схеми, графіки, карти) і таблиці необхідно подавати в дипломному проекті безпосередньо після тексту, де вони згадані вперше, або на наступній сторінці. Ілюстрації і таблиці, які розміщені на окремих сторінках проекту, включають до загальної нумерації сторінок. Таблицю, рисунок або креслення, розміри якого більше формату А4, враховують як одну сторінку і розміщують у відповідних місцях після згадування в тексті або у додатках.

Ілюстрації повинні виконуватись відповідно до вимог стандартів. На всі ілюстрації мають бути посилання в тексті пояснювальної записки.

Ілюстрації, за винятком ілюстрацій додатків, слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією.

Ілюстрації позначають словом «Рисунок» і нумерують послідовно в межах розділу, за винятком ілюстрацій, поданих у додатках. Номер ілюстрації повинен складатися з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, між якими ставиться крапка. Наприклад: *Рисунок 3.2 (другий рисунок третього розділу).*

Слово «Рисунок» та його назву розміщують після пояснювальних даних послідовно під ілюстрацією. [15]

Таблиці нумерують послідовно (за винятком таблиць, поданих у додатках) у межах розділу. У лівому верхньому куті розміщують напис «Таблиця» із зазначенням її номера та назви. Номер таблиці по-

винен складатися з номера розділу і порядкового номера таблиці, між якими ставиться крапка, наприклад: *Таблиця 3.1 (перша таблиця третього розділу).*

При перенесенні частини таблиці на інший аркуш (сторінку) слово «Таблиця» і номер її вказують один раз справа над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть слова «Продовження табл.» і вказують номер таблиці, наприклад: *Продовження таблиці 3.1.*

Формули в дипломному проекті нумерують у межах розділу. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули в розділі, між якими ставлять крапку. Номери формул пишуть біля правого берега аркуша на рівні відповідної формули в круглих дужках, наприклад*: (3.1) (перша формула третього розділу).*

Примітки до тексту і таблиць, в яких вказують довідкові і пояснювальні дані, нумерують послідовно в межах однієї сторінки. Якщо приміток на одному аркуші декілька, то після слова „Примітки” ставлять двокрапку, наприклад:

Примітки:

1. ...

2. ...

Якщо є одна примітка, то її не нумерують і після слова «Примітка» ставлять крапку.

2.2.2 Ілюстрації. Ілюструють дипломний проект, виходячи з певного загального задуму, за ретельно продуманим тематичним планом, який допомагає уникнути ілюстрацій випадкових, пов'язаних із другорядними деталями тексту, і запобігти невиправданим пропускам ілюстрацій до найважливіших тем. Кожна ілюстрація має відповідати тексту, а текст – ілюстрації.

Назви ілюстрацій розміщують після їхніх номерів. При необхідності ілюстрації доповнюють пояснювальними даними (підрисунковий підпис).

Підпис під ілюстрацією звичайно має чотири основні елементи:

- найменування графічного зображення, що позначається словом «Рисунок»;

- порядковий номер ілюстрації, який вказується без знака номера арабськими цифрами;

- тематичний заголовок ілюстрації, що містить текст із якомога стислішою характеристикою зображеного.

Основними видами ілюстративного матеріалу в дипломному проекті є: креслення, технічний рисунок, схема, фотографія, діаграма і графік.

Не варто оформлювати посилання на ілюстрації як самостійні фрази, в яких лише повторюється те, що міститься у підписі. При посиланнях на ілюстрації слід писати *"… відповідно до рисунка 2"* при наскрізній нумерації та *"… відповідно до рисунка 1.2"* при нумерації в межах розділу.[15]

Якість ілюстрацій повинна забезпечувати їх чітке відтворення (електрографічне копіювання, мікрофільмування). Ілюстрації виконують чорнилом, тушшю або пастою чорного кольору на білому непрозорому папері.

2.2.3 Таблиці. Цифровий матеріал, як правило, повинен оформлятися у вигляді таблиць. Кожна таблиця повинна мати назву, яку розміщують над таблицею і друкують симетрично до тексту. Назву і слово «Таблиця» починають з великої літери. Назву не підкреслюють.

На всі таблиці документа повинні бути приведені посилання в тексті документа, при посиланні слід писати слово "таблиця" із указівкою її номера. [15]

Заголовки граф і рядків таблиці слід писати з прописної букви, а підзаголовки граф - з малої літери, якщо вони складають одне речення з заголовком, або з прописної букви, якщо вони мають самостійне значення. Наприкінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф вказують в однині.

Таблиці ліворуч, праворуч і знизу, як правило, обмежують лініями. Розділяти заголовки і підзаголовки боковика і граф діагональними лініями не допускається.

Горизонтальні і вертикальні лінії, що розмежовують рядки таблиці, допускається не проводити, якщо їхня відсутність не ускладнює користування таблицею.

Заголовки граф, як правило, записують паралельно рядкам таблиці. При необхідності допускається перпендикулярне розташування заголовків граф.

Головка таблиці повинна бути відділена лінією від іншої частини таблиці. Висота рядків таблиці повинна бути не менш 8 мм.

Таблицю, у залежності від її розміру, поміщають під текстом, у якому вперше дане посилання на неї, або на наступній сторінці, а, при необхідності, у додатку до документа.

Допускається поміщати таблицю уздовж довгої сторони аркуша документа.

Якщо рядки або графи таблиці виходять за формат сторінки, її поділяють на частини, поміщаючи одну частину під іншою або поруч, при цьому в кожній частині таблиці повторюють її голівку і боковик. При розподілі таблиці на частини допускається її головку або боковик заміняти відповідно номером граф і рядків відповідно рисунку 2.1. При цьому нумерують арабськими цифрами графи і (або) рядки першої частини таблиці .

Слово “Таблиця” вказують один раз ліворуч над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть слова “Продовження таблиці” із указівкою номера (позначення) таблиці.

Якщо наприкінці сторінки таблиця переривається і її продовження буде на наступній сторінці, у першій частині таблиці нижню горизонтальну лінію, що обмежує таблицю, не проводять.

Рисунок 2.1 - Приклад побудови таблиці

Заголовок кожної графи в головці таблиці має бути якомога коротшим. Слід уникати повторів тематичного заголовка в заголовках граф, одиниці виміру зазначати у тематичному заголовку, виносити до узагальнюючих заголовків слова, що повторюються.

Шапка, як і головка, вимагає лаконічності. Повторювані слова тут також виносять в об'єднувальні рубрики; загальні для всіх заголовків шапки слова розміщують у заголовку над ним.

У заголовку рядків повторювані елементи, які стосуються усієї таблиці, виносять у тематичний заголовок або в заголовок графи; однорідні числові дані розміщують так, щоб їх класи співпадали; неоднорідні – посередині графи; лапки використовують тільки замість однакових слів, які стоять одне під одним.

Таблицю розміщують після першого згадування про неї в тексті, таким чином, щоб її можна було читати без повороту переплетеного блоку роботи або з поворотом за годинниковою стрілкою.

Якщо текст, який повторюється в графі таблиці, складається з одного слова, його можна заміняти лапками; якщо з двох або більше слів, то при першому повторенні його замінюють словами «Те ж», а далі лапками. Ставити лапки замість цифр, марок, знаків, математичних і хімічних символів, які повторюються, не слід. Якщо цифрові або інші дані в якому-небудь рядку таблиці не подають, то в ньому ставлять прочерк.

2.2.4 Формули. При використанні формул необхідно дотримуватися певних техніко-орфографічних правил.

Довгі і громіздкі формули, які мають у своєму складі знаки суми, добутку, диференціювання, інтегрування, розміщують на окремих рядках. Це стосується також і всіх нумерованих формул. Для економії місця кілька коротких однотипних формул, відокремлених від тексту, можна подати в одному рядку, а не одну під одною. Невеликі і нескладні формули, що не мають самостійного значення, вписують всередині рядків тексту.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони дані у формулі. Значення кожного символу і числового коефіцієнта треба подавати з нового рядка. Перший рядок пояснення повинен починатися зі слова "де" з абзацного відступу без двокрапки після нього. Продовжувати формулу, записану умовними позначеннями, числовими розрахунками заборонено.

Рівняння і формули треба виділяти з тексту вільними рядками. Вище і нижче кожної формули потрібно залишити не менш ніж один вільний рядок. Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (х) і ділення (:).

Порядкові номери позначають арабськими цифрами в круглих дужках біля правого краю сторінки без крапок від формули до її номера. Номер, який не вміщується у рядку з формулою, переносять у наступний нижче формули. Номер формули при її перенесенні вміщують на рівні останнього рядка. Якщо формула знаходиться у рамці, то номер такої формули записують зовні рамки з правого боку навпроти основного рядка формули. Номер формули-дробу подають на рівні основної горизонтальної риски формули.

Номер групи формул, розміщених на окремих рядках і об’єднаних фігурною дужкою (парантезом), ставиться справа від вістря парантеза, яке знаходиться в середині групи формул і звернене в бік номера.

Загальне правило пунктуації в тексті з формулами таке: формула входить до речення як його рівноправний елемент. Тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації.

Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації:

- у тексті перед формулою є узагальнююче слово;
- цього вимагає побудова тексту, що передує формулі.

Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою.

Розділові знаки між формулами при парантезі ставлять всередині парантеза. Після таких громіздких математичних виразів, як визначники і матриці, можна розділові знаки не ставити.

2.2.5 Загальні правила оформлення посилань на використанні джерела

При написанні дипломного проекту студент-дипломник повинен давати посилання на джерела, матеріали чи окремі результати, з яких наводяться в проекті або на ідеях і висновках яких розроблю-

ються проблеми, задачі, питання, вивченню яких присвячена дипломний проект. Такі посилання дають змогу відшукати документи і перевірити достовірність відомостей про цитування документа, дають необхідну інформацію щодо нього, допомагають з'ясувати його зміст, мову тексту, обсяг. Посилатися слід на останні видання публікацій.

Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке дано посилання в роботі.

Посилання в тексті дипломного проекту на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, «*... у працях [1-7]...*».

Посилання на ілюстрації проекту вказують порядковим номером ілюстрації, наприклад, «*рис. 3.1*».

Посилання на формули дипломного проекту вказують порядковим номером формули в дужках, наприклад «*... у формулі (3.12)*».

На всі таблиці проекту повинні бути посилання в тексті, наприклад: «*...в таблиці 1.2*».

У повторних посиланнях на таблиці та ілюстрації треба вказувати скорочено слово «дивись», наприклад: «*див. табл. 1.3*».

2.1.7 Оформлення списку літератури.

Наприкінці текстового документа приводять "СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ", яка була використана при його складанні.

Список літератури – елемент бібліографічного апарата, який містить бібліографічні описи використаних джерел і розміщується після висновків.

Бібліографічний опис складають безпосередньо за друкованим твором або виписують з каталогів і бібліографічних покажчиків повністю без пропусків будь-яких елементів, скорочення назв і т. ін. Завдяки цьому можна уникнути повторних перевірок, вставок пропущених відомостей.

Джерела, як уже зазначалось, можна розміщувати одним із таких способів: у порядку появи посилань у тексті (найбільш зручний для користування), в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або заголовків, у хронологічному порядку.

Виконання списку і посилання на нього в тексті – за ГОСТ 7.32-

2001. Список літератури включають у зміст документа.

Нумерація аркушів документа і додатків, що входять до складу документа, повинна бути наскрізна.

2.2.7 Додатки. Додатки оформлюють як продовження дипломного проекту на наступних його сторінках або у вигляді окремої частини (книги), розміщуючи їх у порядку появи посилань у тексті проекту.

Якщо додатки оформлюють на наступних сторінках проекту, кожний такий додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої великої симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої друкується слово «Додаток» і велика літера, що позначає додаток.

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, додаток А, додаток Б і т.д. Один додаток позначається як додаток А.

При оформленні додатків окремою частиною (книгою) на титульному аркуші під назвою дипломної роботи друкують великими літерами слово «ДОДАТКИ».

Ілюстрації, таблиці і формули, які розміщені в додатках, нумерують у межах кожного додатка, наприклад*: Рисунок Д.1.2 – другий рисунок першого розділу додатка Д; формула (А.1) – перша формула додатка А.*

2.2.8 Скорочення в тексті. У кваліфікаційних працях часто зустрічаються скорочення. Це частина слова або усічене ціле слово. Такий скорочений запис слів і словосполучень використовується для зменшення обсягу тексту з метою надання максимуму інформації. Скорочення слів здійснюється відповідно до чинних стандартів: ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила»; ГОСТ 7.12 - 93 «Библиографическая запись. Сокращение слов в русском языке. Общие требования и правила».

Ще один вид скорочень - умовні графічні скорочення за початковими літерами (к.к.д. - коефіцієнт корисної дії) застосовуються переважно в технічних текстах. Від літерних абревіатур вони відрізняються тим, що читаються повністю, скорочуються тільки на письмі і пишуться з крапками на місці скорочення.

Слова «та інші», «і таке інше» всередині речення не скорочуються. Не рекомендується скорочувати слова «так званий», «наприклад», «формула», «рівняння», «діаметр».

Приклад оформлення пояснювальної записки наведений у додатку А.

3 КРЕСЛЯРСЬКО-ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Загальні вимоги

Розроблений проект повинний містити креслення загального виду виробу, загального виду складальної одиниці і робочі креслення деталей. За завданням кафедри може виконуватися робоча документація за ГОСТ 2.102-68. [15]

Графічна частина проекту включає: схеми генеральних планів; технологічні плани; компоновочні плани; схеми, креслення загальних видів, креслення деталей, а також іншу графічну документацію, передбачену завданням на проектування.

Графічний матеріал виконується олівцем, тушшю, або за допомогою програмного забезпечення ПЕОМ на креслярському папері.

В частині форматів, масштабів, зображень і загальних вимог графічний матеріал повинний відповідати стандартам ЄСКД, ЄСТД, СПДС.

Значення номінальних розмірів і інших параметрів повинні відповідати рядам переважних чисел, номінальним лінійним розмірам, кутам, конусам – згідно з діючими відповідними держстандартами. Граничні відхили розмірів на робочих кресленнях і посадки на складальних кресленнях позначаються за ГОСТ 25347-82 і ГОСТ 25346-89.

Робочі креслення повинні містити всі необхідні для виготовлення і контролю виробу дані, які визначають їх точність і взаємозамінність; шорсткість поверхні - за ГОСТ 25142-82; граничні відхили розмірів; допуски форми і розташування поверхонь - за ДСТУ 2498-94, ГОСТ 24643-81, ГОСТ 30893.2-2002.

Кожне креслення графічної частини повинне мати основний напис.

3.2 Креслення загального вигляду

Креслення загального вигляду (надалі – «ВО») належать до конструкторської документації, що виконується на стадії проектування виробу і призначається (після розробки конструктором і внесення змін у результати узгодження зі службами підприємства виробника) для деталювання й складання робочої документації (складальні креслення, робочі креслення деталей, маршрутні та технологічні карти тощо).

Характерною рисою креслення загального вигляду є якомога повна інформація відносно кожної деталі й складальної одиниці загалом щодо форми, розмірів, взаємодії деталей, характеру їх з'єднань тощо.

Читання креслень загального вигляду.

Складовими частинами креслень загального вигляду є:

- зображення складальної одиниці, доповнене відповідними розмірами та посадками для спряжених поверхонь;
- текстова частина, яка містить технічну характеристику, технічні вимоги, а також інші пояснення і вказівки;
- схема розподілу складальної одиниці на складові частини (у разі потреби);

Таблиця переліку та позначення складових частин виробу (специфікація), що розмішується на тому самому аркуші, що й зображення, або на окремих аркушах А4 згідно з розподілом складальної одиниці на складові частини містить дані про розроблювані, запозичені та покупні деталі.

Рекомендується така послідовність читання креслення ВО:

1 Ознайомлення з найменуванням і призначенням складальної одиниці, її розмірами, масою, масштабом зображення.

2 Вивчення за таблицею переліку співвідношення кількості деталей у кожній складовій частині, зіставлення їхніх найменувань з номерами позиції та вивчення конструкції взагалі.

3 Вивчення зображення, уявлення форми, призначення й розмірів оригінальних деталей.

4 Вивчення способів взаємодії їхніх з'єднань, способу передачі руху, взаємодії виробу з іншими виробами.

5 З'ясування способу розбирання й складання виробу та його складових частин.

Читання креслення ВО передує його деталюванню.

3.3 Складальне креслення

Складальне креслення (надалі – «СБ») виконується на стадії розробки робочої конструкторської документації (КД) на основі технічного або ескізного проекту і призначене для складання (виготовлення) та контролю виробу. Складальне креслення має давати повне уявлення про будову виробу та його роботу.

Залежно від рівня виробництва, стадії розробки, складності виробу тощо креслення СК може мати різні рівні деталізації подробиць щодо графічної, текстової, числової та іншої інформації про складальну одиницю. Чим ближче рівень виробництва до індивідуального та чим простіший виріб, тим ближче креслення СБ до креслення ВО. Можлива ситуація, коли креслення СБ відповідає вимогам щодо креслення ВО і може бути вихідним документом при деталюванні. Проте креслення СБ і ВО відрізняються не тільки за змістом і кількістю зображень, а й за текстовою інформацією. Креслення ВО супроводжує таблиця переліку складових частин, креслення СБ є доповненням до специфікації (додаток Ж), що є основним конструкторським документом для складальної одиниці.

Креслення СБ виконують на основі наявної складальної одиниці, для оригінальних деталей якої виготовляють ескізи, які використовують для креслення СБ. При цьому, як правило, виконують креслення СБ, що відповідає вимогам креслення ВО.

3.3.1 Зміст складальних креслень. Креслення СБ має містити такі дані:

1 Зображення складальної одиниці, яке дає повну уяву про розміщення та взаємозв'язок її складових частин і забезпечує можливість складання та контролю виробу. На кресленні СБ дозволяється подавати:

- схеми з'єднань і розміщення складових частин виробу; кінематичну, гідравлічну, електричну тощо схеми для пояснення принципу роботи;
- операційний ескіз «оброблюваної» деталі з розмірами, необхідними для даної операції. Його розміщують у правому верхньому

куті або зліва від технічної характеристики, як правило, на кресленнях СБ виробів допоміжного виробництва (штампи, прес-форми тощо);
- зображення рухомих частин виробу не тільки в робочому, а й у крайніх та проміжних положеннях з відповідними розмірами;
- зображення сусідніх, граничних деталей;
- зображення деяких деталей із сортового та фасонного прокату, на які не виконуються робочі креслення, з відповідними розмірами та надписом, що містить номер позиції та масштаб зображення (в дужках), якщо він не збігається з основним масштабом;
- розміщувати дані про підготовку зварних та стикових кромок під нероз'ємні з'єднання, якщо їх немає на робочих кресленнях деталей.

2 Розміри, граничні відхилення та інші параметри, що виконують і контролюють під час складання.

3 Вказівки про характер одержання нероз'ємних з'єднань, спряження поверхонь і методи його одержання в процесі складання.

4 Номери позицій складових частин.

5 Технічну характеристику (при необхідності).

6 Технічні вимоги.

3.3.2 Специфікація для складальних креслень. Зміст складальної одиниці та комплекту визначає специфікація, що є їхнім основним конструкторським документом. Її виконують згідно ГОСТ 2.108-68 на аркушах формату А4 (або на аркушах формату А1 разом зі складальним кресленням). Форма специфікації наведена у додатку К.

Загалом специфікація містить таку послідовність розділів:
- документація;
- складальні одиниці;
- деталі;
- стандартні вироби;
- інші вироби;
- матеріали.

3.4 Робочі креслення деталей

3.4.1 Деталювання креслень загального вигляду. Деталювання креслення ВО полягає в побудові робочих креслень оригіналь-

них деталей. Це творчий процес, а не просте копіювання зображень та нанесення розмірів. Він складається з таких послідовних етапів:

1 Вивчення зображень деталі, її внутрішньої та зовнішньої форм.

2 Вибір головного зображення.

3 Вибір вигляду та розміщення інших зображень (вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи) деталі за умов повного відображення її форм та розмірів. Ці зображення, як і головне, можуть збігатися або не збігатися із зображеннями тієї самої деталі на кресленні ВЗ.

4 Складання текстової частини робочого креслення (технічні вимоги, примітки тощо).

5 Вибір формату аркуша залежно від масштабу зображень та об'єму текстової частини.

6 Виконання зображень, крім штриховки.

7 Нанесення розмірних і виносних ліній. Обчислення дійсного масштабу зображень ВО та розмірів деталі й нанесення розмірних чисел на робочому кресленні деталі.

8 Позначення шорсткості поверхонь деталі, виходячи з умов її роботи, функціонального призначення, технології виготовлення.

9 Нанесення штриховки на розрізах та перерізах.

10 Виконання рамки креслення та основного напису.

11 Виконання текстової частини робочого креслення, заповнення основного напису. В графі "Матеріал" записують його позначення з таблиці переліку.

Робочі креслення на запозичені та стандартні деталі не виконують.

3.4.2 Врахування умовностей та спрощень креслень загального вигляду при їх деталюванні. Під час розробки креслень ВО відповідні стандарти допускають ряд умовностей і спрощень, які слід враховувати при виконанні креслень деталювання:

1 Деталі зображують у тому вигляді, в якому вони надходять на складання, тобто з'єднувальні деталі (заклепки, гвинти тощо) повинні бути відокремленими.

2 На робочому кресленні обов'язково зображують усі ті подробиці, які можна не показувати на кресленнях ВО (фаски, проточки, галтелі, недоріз різьби ливарні та штампувальні похили і конусності тощо), їхні розміри беруть з відповідних стандартів та інших нормативних документів.

3 Наводять позначення або зображення стандартизованих елементів деталі (центрові отвори, шпонкові пази тощо), пов’язуючи конструкцію та їх розміри з відповідними стандартами.

4 Наносячи розміри, слід враховувати технологічні та конструктивні вимоги й особливості:

а) розміри, зняті з креслення ВО, узгоджують з нормальними рядами довжин, кутів, діаметрів, фасок тощо;

б) діаметри прохідних отворів під болти, гвинти, шпильки тощо визначають за стандартами залежно від діаметра деталі, що закріплюється, та ступеня складання.

Особливу увагу слід звернути на узгодження розмірів спряжених поверхонь та відповідність їхніх граничних відхилень характеру посадки.

5 Шорсткість поверхонь призначають залежно від характеру їх з'єднання. Спряжені поверхні мають більш високі вимоги щодо шорсткості, ніж вільні. Практика виробила межі шорсткості щодо конкретних видів з'єднань (додаток В).

6 Граничні відхилення розмірів і допуски форми та розміщення поверхонь позначають на навчальних кресленнях за аналогією із зразковими деталями з альбомів, враховуючи характер функціонування поверхні в складальній одиниці.

3.5 Вибір та позначення матеріалів на робочих кресленнях

Вибір матеріалу є важливим процесом при конструюванні деталі. Він здійснюється з врахуванням властивостей матеріалу, умов роботи деталі (середовище, вид навантаження, довговічність роботи тощо), можливостей її виготовлення, вартості деталі тощо.

Позначення матеріалу містить вид матеріалу, його марку та стандарт, що регламентує властивості цього матеріалу.

Нижче наведено найбільш поширені види матеріалів та їхні марки.

ЧАВУНИ поділяють на сірі, ковкі, високоміцні та ін. Найбільш поширеними є виливки з сірого чавуну марок 10, 15, 18, 20,

25, 30, 35 (ГОСТ 1412-85). Чим більше число, тим міцніший чавун на розтягування та згинання.

Приклад позначення: СЧ 25 ГОСТ 1412-85.

Для навантажених деталей складної конфігурації застосовують високоміцні чавуни марок 35...100 (ГОСТ 7293- 85).

Приклад позначення: ВЧ 50 ГОСТ 7293-85.

Ковкий чавун застосовують для деталей, що піддаються динамічним навантаженням. Ці чавуни бувають двох видів (Г'ОСТ 1215-79): феритовий (Ф) марок 30-6, 33-8 і ін. та перлітовий (П) марок 45-7, 50-5 і ін. Перше число означає граничне напруження на розтягування (у кілограмах на квадратний міліметр), друге - відносне подовження (у відсотках).

Приклади позначення: КЧ 30-6 ГОСТ 1215-79;
КЧ 60-3П ГОСТ 1215-79.

СТАЛЬ за хімічним складом поділяють на вуглецеву та леговану, а за призначенням на конструкційну, інструментальну та спеціальну.

Сталь вуглецеву звичайної якості (ДСТУ 2651-94) виготовляють семи марок - 0...6 (чим більше число, тим сталь твердіша, але більш крихка) і трьох груп: А - що поставляється за механічними властивостями, Б - за хімічним складом, В - за механічними властивостями та хімічним складом. Групи поділяють на категорії - 1...6. Сталі всіх марок і груп, крім марки 0, залежно від ступеня розкислення виплавляють киплячою (кп), напівспокійною (пс) і спокійною (сп).

Приклади позначення: Ст. УПС ГОСТ 380-91 - сталь групи А (не показують), марки 3, категорії 1 (не показують), напівспокійна; БСтЗкпЗ ДСТУ 2651-94- група Б, марка 5 кипляча, категорії 3.

Позначення без зазначення групи, ступеня розкислення та категорії застосовують тоді, коли умови не вимагають якісної характеристики сталі.

Із сталі марок 0 і 1 виготовляють малонавантажені деталі (кожухи, труби); із сталі Ст3 - прокат, гайки, шайби; із сталі Ст5 та Ст6 - деталі, що витримують велике навантаження (заклепки, шпонки, вали, зубчасті колеса).

Сталь вуглецеву якісну конструкційну виготовляють за ГОСТ 1050 - 88 з гарантованим хімічним складом та механічними властивостями марок 08, 10, 15, 20...60. Тут число означає вміст вуглецю в сотих частках відсотка.

Приклад позначення: Сталь 45 ГОСТ 1050 - 88.

Із сталі марок 10, 15, 20 виготовляють болти, гвинти, гайки; із сталі марок 45...60 - вали, шестерні та інші важливі деталі.

Ливарні сталі поділяють на три групи (ГОСТ 977 - 88): І - звичайного призначення; ІІ - відповідального призначення; ІІІ - особливо відповідального призначення.

Приклад позначення: Сталь 25 Л-ІІ ГОСТ 977 - 88.

АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ призначені для литва, позначають АЛ1, АЛ 2 тощо; для кування АКІ, АК2 і т. п.; оброблювані піском - Д1, Д2 і т, п. (дюралюміній). Сплав алюмінію з кремнієм називають силуміном - СИЛ-ОО, СИЛ-О тощо.

Приклади позначення: АК9 ГОСТ 4784-97; Д16 ГОСТ 4784-97.

БРОНЗА - це сплав міді, олова та інших металів. У позначенні бронзи зміст літер такий: О - олово, Ц - цинк, С - свинець, Н - нікель, Ф - фосфор, Л -алюміній, Ж - залізо, Мц - марганець. Цифри показують середній вміст елемента у відсотках.

Приклад позначення; БрОЦСНЗ – 7 – 5 - 1 1 ГОСТ 613 - 79.

Бронза досить широко застосовується - від арматури до антифрикційних деталей та пружин.

ЛАТУНЬ - це сплав міді з цинком та іншими металами. Позначення містить літеру Л та цифру, що відповідає відсотковому вмісту міді.

Приклад позначення: Л65 ГОСТ 15527 - 70.

Якщо у сплаві є інші метали, то їх позначають так само, як і бронзу.

Приклад позначення: ЛС59-1 ГОСТ 15527-70 (містить 59 % міді, 1% свинцю, решта - цинк).

Із латуні виготовляють трубки, прутки, дріт.

БАБІТ - це сплав олова і свинцю з міддю, сурмою та ін. Марки бабіту: Б6, Б16, Б88 та ін. Число показує відсотковий вміст олова.

Приклад позначення: Б88 ГОСТ 1320-74.

Бабіт застосовують у вигляді заливки в підшипники ковзання чи як антифрикційний матеріал.

ПРЕС-МАТЕРІАЛ АГ-4 застосовують для виготовлення різноманітних деталей та електроізоляції.

Приклад позначення: Прес-матеріал АГ-4В ГОСТ 20437- 89.

СКЛО органічне конструкційне має товщину листів 0,8...24,0 мм.

ТЕКСТОЛІТ конструкційний випускають за ГОСТ 5 -78, електротехнічний-за ГОСТ 2910-74.

Приклади позначення: Текстоліт ПТК-40 сорт 1 ГОСТ 5 -78 (ПТК - марка, 40 - діаметр стержня, мм). Текстоліт А-10,0 ГОСТ 2910 -74 (А - марка, 10,0 - товщина листа, мм).

ГЕТИНАКС- випускають для виготовлення втулок підшипників, трубок. Є сім марок гетинаксу, що використовуються залежно від вологості, температури та інших умов (ГОСТ 2718-74).

Приклад позначення: Гетинакс VI 12,0 ГОСТ 2718-74 (12,0 - товщина листа, мм).

ПАРОНІТ випускають як матеріал для прокладок, за ГОСТ 481-80 є сім марок (ПОН - загального призначення, ПМБ – маслобензиностійкий).

Приклад позначення: Пароніт ПОН 0,8 х 300 х 400 ГОСТ 481 - 80.

Крім того, випускають **ВІНІПЛАСТ** (ГОСТ 9639-71) марок ВН, ВП, ВНТ; **ФЕНОПЛАСТ** (ГОСТ 5689-79) групи 32 марки К-21-22; **ФТОРОПЛАСТ** (ГОСТ 10007-80) марок: С - для спецвиробів, П - електроізоляції, О - загального призначення, Т - товстостінних виробів; **ПОЛІУРЕТАН МАРКИ** ПУ-1; **ПОЛІЕТИЛЕН** (ГОСТ 16388-70) марок 20306, 21006 тощо.

Приклади позначення: Фторопласт 4П ГОСТ 10007-80; Фенопласт Э2 К-21-22 ГОСТ5689-79.

ПЛАСТИНИ ГУМОВІ (І) та **ГУМОТКАНИННІ** (ІІ) за ГОСТ 7338-90: марки МС - маслостійка, МБС - маслобензиностійка.

Приклад позначення: Пластина 1 лист МС-М-3х200х250 ГОСТ 7338-90 (М - м'яка, 3х200х250 - розміри листа, мм).

ПОВСТЬ ТЕХНІЧНА: тонкошерста (ГОСТ 288-72), напівгрубошерста (ГОСТ 6308-71), грубошерста (ГОСТ 6418-81).

Приклад позначення: Повсть ТС7 ГОСТ 288-72 (Т - тонкошерста, С -сальникова, 7 - товщина, мм).

Кільце СТ 75-50-7 ГОСТ 288-72 (числа - це розміри кільця, мм).

Для деталі, що виготовляють із сортового матеріалу визначеного профілю, наводять дані про сортамент (у чисельнику) та матеріал (у знаменнику) за типом:

$$\text{Шестигранник}\ \frac{8-h10\,ГОСТ\,8560-78}{45-B-5ТГОСТ\,1050-88},$$

де в чисельнику подано позначення розмірів прутка (8 - діаметр вписаного в профіль кола, h10 - поле допуску), у знаменнику - дані про матеріал прутка. ГОСТ на сортамент наведено у додатку Г.

Позначення матеріалу деталі записують за стандартом у графі 3 основного надпису.

3.6 Граничні відхилення розмірів та нанесення їх на робочих кресленнях

3.6.1 Поняття про граничні відхилення розмірів та нанесення їх на креслення. Кожний розмір виготовленої деталі відхиляється від заданого (розрахункового), так званого номінального, розміру в той чи інший бік. Якщо ці відхилення не перевищують задані межі (граничні відхилення), то деталь вважається придатною. Відповідні відхилення називають *верхнім і нижнім граничними відхиленнями,* а алгебраїчна їх різниця - *допуском розміру.* Інтервал значень розмірів, обмежений граничними розмірами, називають *полем допуску.*

Поверхні деталі, що не стикаються у виробі чи механізмі з поверхнями інших деталей, називають *вільними.* Поверхні деталі, що стикаються з поверхнями інших деталей, називають *спряженими.* Розміри їх також називаюсь *спряженими.*

Характер з'єднання спряжених поверхонь називають *посадкою.* Залежно від поєднання розмірів спряжених поверхонь може виникнути рухома, нерухома або перехідна посадка.

З 1983 року діє «Єдина система допусків та посадок (ЄСДП)». За цією системою після позначення номінального розміру дають позначення поля допуску літерою латинського алфавіту: великою для отворів -*A, B, ..., G, H* (посадки із зазором); *I,S,...,M, N* (для перехідних

посадок); *P, K,..., 2B, 2C* (посадок з натягом) та малою для валів *a,b1, ...,g,h* (посадки з зазором) тощо.

ЄСДП передбачає 19 квалітетів - 0; 1,0; 1,2; .... 17, що записують після літери, наприклад *G6*, *H7, p8, c9*. Для поля допуску різьби записують квалітет, потім літеру: *6 g, 7H*.

На рисунку розміри з граничними відхиленнями наносять за типом $54(^{+0,02}_{-0,01})$, де відхилення записуються дрібніше, ніж номінальний розмір (але не менш ніж 2,5 мм).

При симетричних відхиленнях їх записують так само, як і розмір, наприклад ø46H9/s7.

При нанесенні розміру з полем допуску за ЄСДП його записують за типом: ø46h9, *K54H6*. Посадку записують відношенням полів допуску: ø4H9/s7.

Для поверхонь відносно низької точності в технічних вимогах записують: Незазначені граничні відхилення розмірів: H14, $h14,\pm\frac{t_2}{2}$ (*ISO 2768-mK*)

З допусками розмірів тісно пов'язані допуски форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 24643-81 та ГОСТ 2.308-68). За ГОСТ 2.308-68 вид допуску позначають так: - допуск прямолінійності, ⊥ перпендикулярності, // - паралельності, о - круглості, ® - співвісності, /O/ - циліндричності, ÷ - симетричності, ⌭- радіального або торцевого биття (сумарний допуск форми та розміщення).

Дані про відхилення форми та розміщення поверхонь наводять у прямокутній рамці, поділеній на дві частини або більше. У першій частині записують знак допуску, в другій - числове значення в міліметрах, яке беруть з відповідних таблиць ГОСТ 24643-81, а у третій - позначення бази. Шрифт цифр і літер такий самий, як і розмірних чисел. Рамку сполучають з відповідним елементом тонкою суцільного лінією, що закінчується стрілкою. Якщо допуск стосується осі поверхні або площини симетрії, то лінія сполучення має бути продовженням розмірної. Перед числовим значенням допуску записують знак діаметра, якщо кругове поле допуску позначають діаметром; знак *K,* якщо поле допуску позначають його радіусом; знак *H,* якщо поле допуску симетричності позначають в діаметральному виразі і знак T/2 в радіусному виразі.

Якщо допуски форми та розміщення поверхонь не зазначені на кресленні, то їх вибирають у межах поля допуску розміру самого елемента.

Числові значення відхилень форми та розміщення поверхонь вибирають з таблиць за ГОСТ 25069-81.

3.6.2 Позначення шорсткості поверхні, покриття, термічної та іншої обробки деталі. Кожна реальна поверхня не є абсолютно гладкою. Вона містить мікронерівності, сліди механічної обробки тощо, від яких залежить надійність та довговічність роботи з'єднання. Характеристикою мікрогеометрії поверхні є її шорсткість. ГОСТ 2789-73 встановлює шість параметрів оцінки якості поверхні, основними серед яких є:

1) середнє арифметичне відхилення профілю (символ Ra*),* що визначається як середнє арифметичне значення ординат y_i деякої кількості точок на базовій довжині L;

2) середня висота нерівностей по 10 точках (символ Rz). Це сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів та глибин п'яти най більших западин профілю в інтервалі базової довжини.

На практиці здебільшого користуються параметром *Ra,* не позначаючи його на кресленнях. У таблиці В.1 (додаток В) подано наближені значення параметрів *Ra* та *Rz* для поверхонь різноманітних виробів. На кресленнях рекомендується користуватися значеннями параметра *Ra* в інтервалі 0,010...5, а параметра *Rz.* — в інтервалах 0,025…0,1 і 10...320. При цьому віддають перевагу значенням 400; 200; 100; 50; 25; 12.5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025; 0,012.

Правила позначення шорсткості поверхні на кресленнях регламентує ГОСТ 2.309-73. Висота h знака приблизно дорівнює висоті цифр розмірних чисел *H=(1,5...3)S.* Товщина ліній знаків становить 0,5S, де S - товщина основної лінії на кресленні.

Позначення шорсткості поверхні на кресленнях розміщують на лініях контуру, виносних лініях (якомога ближче до розмірної лінії) або на поличках ліній-виносок. Якщо не вистачає місця, то позначення шорсткості розміщують на розмірних лініях або на їхніх продовженнях, а також розривають виносні лінії. На лінії невидимо-

го контуру наносять знак шорсткості тільки тоді, коли під цією лінією нанесено розмір.

Якщо всі поверхні деталі мають однакову шорсткість, то її на зображеннях не наносять, а розміщують у правому верхньому куті листа. Розміри й товщина лінії знака та цифр мають бути приблизно в 1,5 рази більші, ніж розміри цифр на зображеннях.

Для позначення однакової шорсткості частини поверхонь деталі в правому верхньому куті поміщають знак цієї шорсткості, збільшений у 1,5 рази, та умовне позначення - знак у круглих дужках. Це означає, що всі поверхні, для яких не зазначена шорсткість або які не перебувають «у стані поставки», повинні мати шорсткість, зазначену перед круглими дужками. Шорсткість поверхні профілю зубчастих коліс, різьби тощо, якщо ці профілі зображені, позначають за загальними правилами.

Шорсткість робочих поверхонь зубчастих коліс та шліців, якщо їхній профіль не зображено, наносять на лінії поверхні поділу або розрахункового кола.

Для поверхонь, що мають однакову шорсткість по контуру, застосовують знак кола діаметром 4...5 мм.

У промисловості широко застосовують різноманітні покриття (захисні, декоративні, електроізоляційні, зносостійкі та ін.). На кресленнях деталей наносять позначення покриття поверхонь за ГОСТ 2.310-68. Позначення включають:

а) позначення поверхонь, що підлягають покриттю (стрічка з поличкою та велика літера українського алфавіту;

б) запис у технічних вимогах за типом: «*Покриття поверхні А...* (далі йде позначення... покриття)»; «*Покриття поверхні Б...»*.

Якщо покриттю підлягає вся деталь, то в технічних вимогах пишуть: «*Покриття...*».

Якщо покриття стосується лише деяких ділянок поверхні, то їх виділяють штрих-пунктирною потовщеною лінією і наносять розмір форми та положення цих ділянок.

Аналогічно покриттю наносять позначення термічної та іншої обробок. При цьому наводять дані про властивості матеріалу після оброблення: твердість ($HRC_э$, HB, HV), межу міцності $\sigma_м$, межу пружності $\sigma_{пр}$, та ін. Глибину обробки позначають літерою h. Глибину та твердість наводять граничними значеннями. Дозволяється наводити вид обробки, якщо цей вид гарантує зазначені властивості. Для ділянок, що мають різні показники параметрів після обробки, надають їхні розміри.

Замість позначень на зображеннях можна користуватися записом у технічних вимогах, якщо це не призведе до непорозумінь.

3.6.3 Написи та технічні вимоги на робочих кресленнях.

Правила нанесення на кресленнях написів технічних вимог і таблиць регламентує ГОСТ 2.316-68, за яким написи наводять тоді, коли відомості, що мають бути на кресленні, неможливо або недоцільно виражати умовними позначеннями.

Написи виконують на поличці лінії-виноски, яка розміщується, як правило, горизонтально. Лінія-виноска закінчується точкою, якщо лінія починається з не явної проекції поверхні, або стрілкою, коли лінія починається від лінії видимого чи невидимого контуру, а також від лінії, що позначають поверхні.

Написи, що стосуються безпосередньо зображення, мають містити не більше двох рядків, що розміщуються над поличкою лінії-виноски та під нею.

Розмір шрифту літерних позначень (зображень, поверхонь, баз тощо) має бути приблизно вдвічі більшим від висоти цифр розмірних чисел на даному кресленні.

Таблиці виконують за ГОСТ 2.105-95. Їх розміщують на вільному полі креслення справа від зображення, якого вони стосуються, крім випадку, коли форми таблиць і розміщення їх регламентуються відповідним стандартом на вироби (зубчасті колеса, черв'яки тощо).

Кожне робоче креслення, як правило, має технічні вимоги, які розміщують над основним написом на першому аркуші креслення незалежно під кількості аркушів. Між технічними вимогами (ТВ) та основним написом не повинно бути ніяких зображень, таблиць тощо. Якщо ТВ не вміщаються над основним написом, то їх продовжують зліва від нього, відділивши колонку завширшки 185 мм. Нумерація пунктів має бути наскрізною, справа наліво, зверху вниз.

Близькі за змістом технічні вимоги подають на робочому кресленні як окремі пункти, бажано в такій послідовності:

а) вимоги до матеріалу, заготовки, термічної обробки, властивостей матеріалу готової деталі, вказівки щодо матеріалу-замінника;

б) розміри, граничні відхилення розмірів, форми, розміщення поверхонь, маси тощо;

в) вимоги до якості поверхонь, вказівки щодо покриття, оздоблення тощо;

г) зазори, розміщення окремих елементів конструкції;

д) вимоги щодо настройки та регулювання виробу;

е) інші вимоги до якості виробу (безшумність, вібростійкість, самогальмування тощо);

ж) умови та методи випробування;

з) вказівки щодо маркування та таврування;

і) правила транспортування та зберігання:

к) окремі умови експлуатації;

л) посилання на інші документи, які містять технічні вимоги щодо даного виробу, але незазначені на кресленні.

3.7 Зварні з'єднання

Зварні з'єднання є найбільш поширеними нероз'ємними з'єднаннями Вони утворюються при розплавленні металу в зоні стику і його подальшому затвердінні. Метал, що затвердів після розплавлення, називають *зварним швом.* Зварні шви отримують зварюванням, плавленням і тиском. У першому випадку застосовують електродугове (Е), ручне (Р), напівавтоматичне (П), автоматичне (А) або газове (Г) зварювання. Одним з видів зварювання тиском є контактне (КТ) зварювання, що поділяється на точкове, роликове, рельєфне та стикове.

Зварні шви класифікують за такими ознаками:

1) за способом взаємного розміщення зварюваних деталей - стикові (С), кутові (У), таврові (Т), внапусток (Н);

2) за формою підготовки кромок - без скосу кромок; з відсортовуванням; з різноманітними скосами кромок;

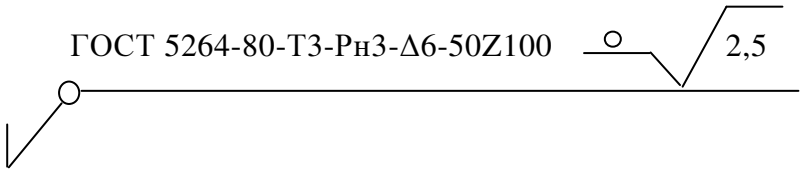
3) за характером виконання - суцільні, переривчасті, крапкові, однобічні й двобічні.

Зварні шви на кресленнях зображують умовно за правилами ГОСТ2.312-72.

Для позначення типу зварного шва від його зображення проводять лінію-виноску, що починається односторонньою стрілкою. Для видимого шва над поличкою, а для невидимого - під поличкою записують необхідні параметри стандартного зварного шва:

- номер стандарту на тип і конструктивні елементи зварного шва;
- літерно-цифрове позначення шва за цим стандартом (беруть з таблиць);
- спосіб виконання зварювання (можна не зазначати);
- знак і розмір катета шва;
- знак і параметри переривчастих швів.

Приклад позначення



Означає шов, виконаний по периметру (знак О, ще є знак ┐ - монтажний шов відповідно до ГОСТ 5264-80); Т3 - тавровий двобічний без скосу кромок; Рн3 - спосіб зварювання (можна не позначати); 6 - катет шва, мм; 50Z100 - переривчастий шаховий шов; 50 - відстань між швами; 100 - крок шва; $\underline{o}$ - підсилення шва зняти (є ще знак $\underline{\omega}$ - напливи та нерівності шва обробити з плавним переходом до основного металу); $\sqrt{2,5}$ - знак шорсткості поверхні для оброблюваних швів.

Якщо у виробі є кілька однакових зварних швів, то їх позначають одним номером. На одному із швів наносять повне його позначення, а на решті - присвоєний номер.

3.8 Виконання схем

Схеми – це насамперед креслення, що містять умовні зображення складових частин та зв'язків між ними.

Схеми використовують у різноманітних галузях промисловості як робочу конструкторську документацію, що супроводжує складання, регулювання та контроль виробів електроніки, радіотехніки, сантехніки, вентиляції тощо, а також пояснює принцип дії механізмів і пристроїв.

Залежно від виду елементів та зв'язків між ними схеми поділяють на: електричні (Е), гідравлічні (Г), пневматичні (П), кінематичні (К), комбіновані (С), а залежно від змісту - на структурні (1), функціональні (2), принципові (3), монтажні (4), підключення (5) та ін. (ГОСТ 2.701-84).

Код схеми містить літерне та цифрове позначення згідно із зазначеною класифікацією.

Схеми виконують на аркушах відповідного формату без дотримання масштабу та без урахування розміщення елементів у виробі.

У кінематичних схемах лінії кінематичних зв'язків (вали, осі тощо) зображують суцільною лінією завтовшки S/2, підшипники, шківи, зубчасті колеса, муфти тощо показують лінією завтовшки S /2, а лініями завтовшки S/3 виконують осьові, кола зубчастих коліс, шпонки, паси тощо.

В електричних схемах лінії електричних зв'язків зображують суцільними лініями завтовшки S/2, лінії умовних графічних позначень приладів -1,5S...2S.

Умовні графічні позначення можуть мати вигляд:

1) встановлений стандартами ЄСКД;

2) прямокутників;

3) спрощених зовнішніх контурів, елементів, зокрема їх аксонометричних зображень.

Іноді застосовують інші графічні позначення, які пояснюють у технічних вимогах або в спеціальних таблицях.

Таблицю переліку елементів (рис. 3.1) розміщують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа з основним написом за формою 2 (ГОСТ 2.104-68). Відстань між таблицею та основним написом становить не менш ніж 12 мм. Таблицю можна доповнювати графою «Зона» завширшки 8 мм за рахунок графи «Примітка».

Креслення схеми супроводжується основним написом за формою 1 (ГОСТ 2.104-68). Найменування схеми в графі 2 поряд з найменуванням виробу можна не писати.

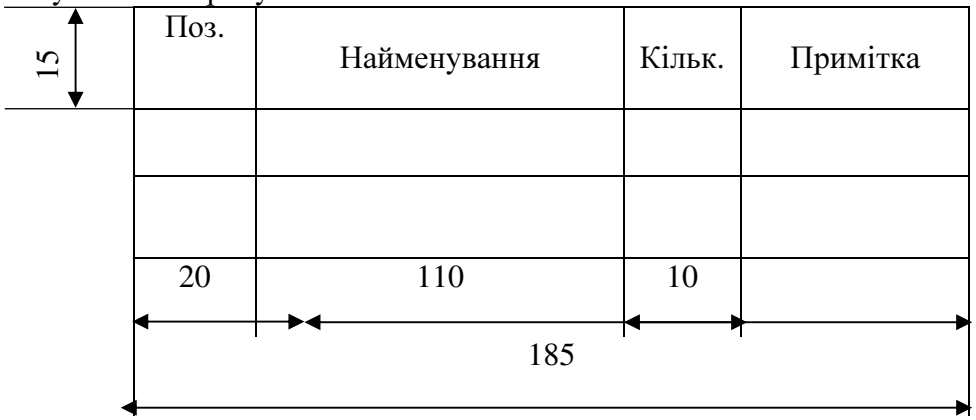


Рисунок 3.1 - Розміри таблиці переліку елементів

3.8.1 Кінематичні схеми. Правила виконання кінематичних схем подані за ГОСТ 2.703-68. Найпоширенішими є схеми передач редукторів, коробок, верстатів. Умовні графічні позначення деталей для кінематичних схем встановлені за ГОСТ 2.770-68.

Крім цього, застосовують текстові та цифрові написи. Вали нумерують римськими цифрами в порядку передачі руху, рахуючи від двигуна; для шківів задають діаметр і ширину, для зубчастих коліс - модуль і число зубців, для ходових гвинтів - число заходів і напрям різьби. Біля електродвигуна зазначають його потужність і кількість обертів за хвилину.

Номерами позицій позначають складові елементи схеми, а їхні найменування записують у таблиці переліку.

Застосовують також наочні схеми, виконані в аксонометричній проекції.

3.8.2 Гідравлічні та пневматичні схеми. Правила виконання гідравлічних і пневматичних схем встановлені ГОСТ 2.704-76.

У гідравлічних схемах застосовують умовні позначення насосів, гідромоторів, гідроапаратів. Гідравлічні принципові схеми можуть бути двох видів - функціональні, де з’ясовується функціональне приз-

начення кожного апарата без показу його конструктивних особливостей, та конструктивні, де ілюструються конструктивні особливості й будова гідравлічних апаратів.

Система символічних і умовних позначень гідроапаратури включає: гідроприводи та з'єднання їх; апаратуру насоса, силових циліндрів і гідромоторів; апаратуру регулювання тиску, витрати рідини, розподілу її потоку тощо. Вона регламентується рядом стандартів, зокрема ГОСТ 2.780 - 68.

Крім зображень принципові гідравлічні схеми містять технічні дані насосів: модель, продуктивність, тиск, кількість обертів за хвилину, потужність електродвигунів. У технічних даних гідроапаратів зазначають приєднувальні розміри, умовні проходи, тиск, допустиму втрату рідини.

Всім елементам і пристроям надаються номери, необхідні дані записують у таблицю переліку, яку виконують на одному аркуші зі схемою або як окремий документ.

Пневматичні схеми відрізняються від гідравлічних апаратами, арматурою та їхніми позначеннями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скляр Р.В. Методичні вказівки для підготовки вихідних даних на дипломне проектування з механізації технологічних процесів в тваринництві/ Р.В. Скляр. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008 р. - 24 с.

2. Роговий В.Д. Посібник по курсовому та дипломному проектуванню з механізації виробництва продукції тваринництва/ В.Д. Роговий, О.Г. Скляр. - Мелітополь, ТДАТА, 1997. – 231с.

3. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві: навчальний посібник з виконання дипломних проектів з механізації тваринництва/ І.М. Бендера, В.П. Лаврук, С.В. Єрмаков та ін.// За ред. І.М. Бендери, В.П. Лаврука. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. – 564 с.

4. Брагинец Н.В. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства. - 2-е изд., перераб. и доп./ Н.В. Брагинец, Д.А. Палишкин. - М.: Колос, 1984. – 191 с.

5. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм и комплексов/С.В. Мельников. - Л.: Колос, 1985. – 640 с.

6. Сборник зоотехнических и агротехнических требований на комплекты машин и оборудование для механизации животноводческих ферм. Выпуск XI-М.: ВНИИЗСХ, 1982. – 128 с.

7. Алешкин В.Р. Механизация животноводства/ В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.

8. Ревенко І.І. Механізація виробництва продукції тваринництва/ І.І. Ревенко, Г.М. Кукта. – К.: Урожай, 1994. – 294 с.

9. Коба В.Г. Машины для раздачи кормов. Теория и расчет/ В.Г. Коба. – Саратов: Агропромиздат, 1979. – 210 с.

10. Манд А.Э. Кормоприготовительные машины и агрегаты/ А.Э. Манд. – М.: Машиностроение, 1970. – 255 с.

11. Дунаев В.В. Справочник конструктора/ В.В. Дунаев. - т.1.– М.: Высшая школа, 1981. – 525 с.

12. Дунаев В.В. Справочник конструктора/ В.В. Дунаев. т.2.–М.: Высшая школа, 1982. – 510 с.

13. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора/ Р.И. Гжиров. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.

14. ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам.

15. Методичні рекомендації з оформлення курсових і дипломних проектів (робіт) / М.М. Аблогін, А.О. Смєлов. - Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – 44 с.

16. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т./В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1979 – 1989. Т.1. – 728 с.; Т.2. – 559 с. – Т.3. – 557 с.

17. Биргер И.А. Расчет на прочность деталей машин. Справочник/И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр. – М.: Машиностроение, 1979.

18. Иоселевич Г.Б. Прикладная механика/ Г.Б. Иоселевич, П.А. Лебедев, В.С. Стреляев. – М.: Машиностроение, 1985. – 575 с.

19. Матвеев А.С. Влияние загрязненности масел на работу гидроагрегатов/ А.С. Матвеев. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 47 с.

20. Машиностроительный гидропривод/Кондаков Л.А и др. – М.: Машиностроение, 1978. – 486 с.

21. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин/ В.Т. Павлище. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.

22. Расчет и проектирование деталей машин: в 2 ч./ Киркач Н.Ф. и др. – Х.: Вища школа, 1987.

23. Фрумкис И.В. Гидравлическое оборудование тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин/ И.В. Фрумкис. – М.: Колос, 1971.

24. Чернавский С.А. Проектирование механических передач/ С.А. Чернавский, Г.М. Ицкович. – М.: МАШГИЗ, 1978.

ДОДАТКИ

Додаток А

3 КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ПОДРІБНЮВАЧА ГРУБИХ КОРМІВ

3.1 Зоотехнічні вимоги до машини

Зоотехнічними вимогами визначені наступні розміри часток корму: різка соломи і сіна для корів – 3…4 см, для коней – 1,5…2,5 см, для овець – 1,0…1,5 см. Товщина різки коренеплодів для корів – 1,5 см, для молодняку ВРХ – 0,5…1,0 см, для свиней – 0,5…1,0 см і для птиці – 0,3…0,4 см. Макуху для корів подрібнюють до розміру 10…15 мм. Подрібнені концентровані корма для корів повинні мати розмір часток 1,8…4,0 мм, для свиней і птиці – до 1 мм і до 1,8 мм. Силосовані стебла кукурудзи подрібнюють до 1,5…8,0 см.

Засміченість кормових коренеплодів допускається не більше 0,3 %. В зернових кормах допускається вміст піску не більше 1 %. Вміст металомагнітних домішок розміром до 2 мм із негострими краями допускається не більше 30 мг на 1 кг корму.

На основі відмічених вище зоотехнічних вимог до технології переробки кормів розробляються вимоги до машин, які дану технологію реалізують на практиці.

Для подрібнювачів основні зоотехнічні вимоги зводяться до наступного:

- висока продуктивність;
- можливість регулювання продуктивності;
- зручність очищення від кормів при митті і дезінфекції основних робочих органів машини;
- універсальність (подрібнення різних видів кормів);
- надійність в роботі і простота в управлінні;
- простота будови і експлуатації;
- стійкість робочих органів подрібнювача проти хімічних дій активних речовин;
- якісна обробка продукту, яка виключає втрати його поживності;
- мінімальні енерговитрати;
- оптимальні (порівняно з аналогами) техніко-економічні показники.

3.2 Аналіз існуючих засобів механізації даного типу і обґрунтування об’єкту розробки

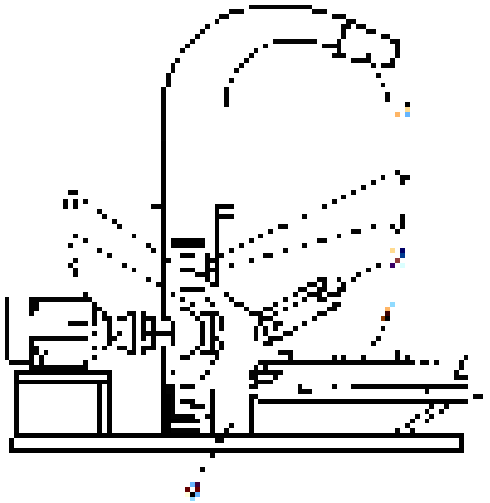
У технологічних лініях кормоцехів, а також як самостійні установки для подрібнення кормової сировини використовують спеціальні, універсальні та комбіновані машини. До спеціальних відноситься подрібнювач грубих кормів ИГК-3ОБ. Значно ширші можливості використання має подрібнювач ИКВ-5А, «Волгарь-5», РСС-6Б, РСБ-3,5. Він може переробляти зелену масу, силос, сінаж, коренебульбоплоди, грубі корми та деякі інші.

Комбіновані машини суміщають різні технологічні операції. Наприклад, подрібнювач ИСК-3А забезпечує одночасне подрібнення окремих компонентів (стеблових, коренеплодів тощо) та змішування їх з іншими. На базі ИСК-3А розроблено ряд проектів кормоприготувальних цехів безперервної дії для ферм великої рогатої худоби та овець.

Подрібнювач грубих кормів ИГК-30Б (рис. 3.1) призначений для подрібнювання соломи, сіна та інших грубих кормів у розсипному стані вологістю до 25 %.

Виготовляється у двох модифікаціях - з приводом від ВВП трактора класу 1,4 (ИГК-30Б-1) та з приводом від електродвигуна потужністю 30 кВт (стаціонарний варіант, ИГК-30Б-II). Він складається з живильника, подрібнювального апарата, кожуха і рами. Живильник має горизонтальний 1 і похилий 2 ущільнювальні транспортери. Він забезпечує відокремлення каміння та інших важких включень, які випадають із соломи через спеціальне вікно знизу приймальної камери.

Подрібнювальний апарат складається з двох рядів нерухомих і двох рядів рухомих штифтів 3, які розміщені відповідно на нерухомому 4 і рухомому 6 дисках. Кожух подрібнювального апарата має дефлектор 5, яким відводиться готовий продукт, і люк для огляду подрібнювального апарата.



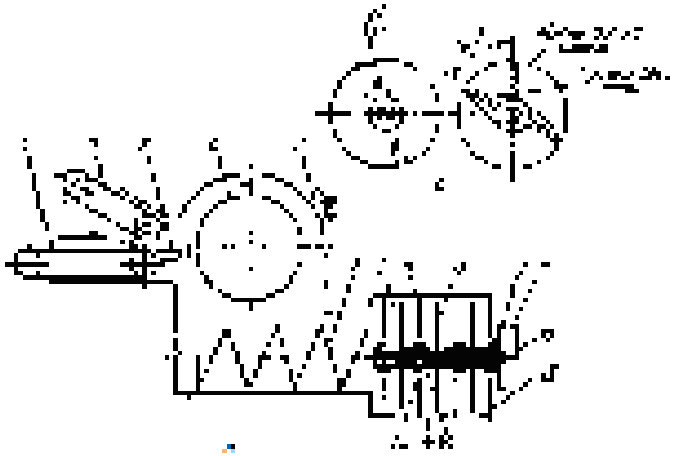
1 - горизонтальний транспортер; 2 - похилий транспортер; 3 - штифти; 4 - нерухомий диск; 5 - дефлектор; 6 - рухомий диск; 7 - лопаті вентилятора; 8 - електропривод; 9 - отвір для випадання важких включень

Рисунок 3.1 - Конструктивно-функціональна схема подрібнювача ИГК-30Б

Солома подається горизонтальним транспортером 1, ущільнюється похилим транспортером 2, надходить до приймальної камери, захоплюється лопатями вентилятора 7 і спрямовується до подрібнювального апарата. Пройшовши між штифтами, подрібнена солома потоком повітря по трубопроводу виводиться з машини. Під дією штифтів подрібнювання (розривання, розбивання, перетирання) соломи здійснюється не тільки вздовж, але і впоперек волокон, в результаті одержана маса стає м'якою, легко змочується і добре поїдається тваринами. Розмір частинок становить 10…70 мм. Ефективність роботи подрібнювача залежить від вологості сировини. Збільшення вологості соломи підвищує питомі витрати енергії, знижує продуктивність машини і погіршує якість продукту. Ступінь подрібнення продукту в ИГК-ЗОБ регулюють за допомогою симетричної зміни кількості штифтів на роторі або корпусі подрібнювального апарата. При переробці; соломи або сіна вологістю понад 20% для зменшення швидкості

подачі на вал редуктора встановлюють зірочку з кількістю зубів, z = 15, а на проміжний вал - z = 20.

Подрібнювач кормів «Волгарь-5» (рис. 3.2) призначений для подрібнювання соковитих і грубих кормів (солома, коренебульбоплоди, баштанні культури, зелена маса, сінаж, сіно), а також риби. Його можна використовувати як в потокових лініях кормоцехів, так і окремо.



1 - горизонтальний транспортер; 2 - похилий транспортер; 3 - протирізальна пластина; 4 - ножовий барабан; 5 - заточувальний пристрій; 6 - шнек; 7 - подрібнювальний апарат другого ступеня; 8 - нерухомий ніж; 9 - рухомий ніж; 10 - втулка; 11 - зрізний штифт; 12 - фланець вала шнека; 13 - опора нерухомих ножів; 14 - прокладка; 15 - кільце.

Рисунок 3. 2 - Конструктивно-функціональна схема (*а*) і схема регулювання ступеня подрібнення продукту (*б*) подрібнювача «Волгарь-5», ИКВ-5А

Подрібнювач складається з горизонтального 1 і похилого 2 транспортерів, ножового барабана 4 першого ступеня подрібнювання, протирізальної пластини 3, заточувального пристрою 5, шнека 6, подрібнювального апарата другого ступеня 7 і електропривода.

Сировина, що підлягає переробці, подається на горизонтальний транспортер 1, який разом з похилим транспортером 2 ущільнює її і спрямовує до різального барабана першого ступеня, де відбувається попереднє подрібнення. Після цього шнеком 6 проміжний про-

дукт подається до апарата другого ступеня 7. Тут здійснюється додаткове подрібнення і розвантаження готового продукту через нижнє вікно корпуса.

Регулювання крупності продукту здійснюється зміною положення першого рухомого ножа відносно кінця витка шнека, а також кількості ножів у апараті другого ступеня. При подрібненні корму для птиці перший рухомий ніж встановлюють так, щоб кут між кінцем витка шнека і його лезом становив 9°, а для свиней - 54°. Для цього на зовнішні шліци втулки 10 набирають рухомі ножі по спіралі один відносно одного через 72° проти напряму руху, встановлюють втулку з ножами в потрібне положення, одівають хомут на шліци вала і з'єднують його з хомутом втулки зрізним штифтом 11.

При подрібненні корму для великої рогатої худоби рухомі і нерухомі ножі другого ступеня знімають. У деяких випадках їх знімають через один. На барабані першого ступеня подрібнювання є шість ножів Г-подібної форми, заточування яких здійснюють безпосередньо на машині. Для цього до барабана, що обертається на холостому ходу, штурвалом підводять наждак і, переміщаючи його вздовж барабана, заточують ножі. Після заточування наждак відводять у верхнє положення і фіксують. Пристрій для заточування ножів другого ступеня являє собою невеликий наждачний круг, який приводиться в дію від шківа ножового барабана через фрикційний ролик. Ножі другого ступеня для заточування знімають, а потім знову встановлюють на місце.

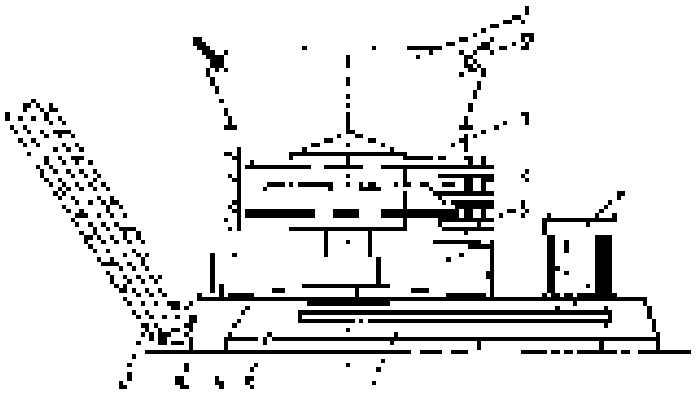
Зазор між лезами ножів барабана першого ступеня і протирізальною пластиною (0,5-1 мм) регулюють переміщенням барабана разом з підшипниками за допомогою регулювальних гвинтів.

Зазор між лезами рухомих і нерухомих ножів другого ступеня (0,05-0,7 мм) забезпечується за рахунок товщини кілець та прокладок 14, а також шляхом переміщення опор 13 разом з нерухомими ножами 8. Привод робочих органів подрібнювача здійснюється від електродвигуна потужністю 22 кВт і частотою обертання вала 1400 об/хв. Для запобігання поломкам на подрібнювачі встановлені запобіжні (захисні) пристрої. Наприклад, привод горизонтального і похилого транспортерів здійснюється ланцюговою передачею через роздавальну коробку з фрикційною муфтою**,** яка пробуксовує при перевантаженні транспортерів. Шківи шнека і ножового барабана оснащені зрізними штифтами, і привод рухомих ножів другого ступеня також має

зрізний штифт 11. При потраплянні твердого предмета між рухомими і нерухомими ножами штифт 11 зрізується, рухомі ножі разом з втулкою 10 зупиняються, а вал шнека з хомутом продовжує обертатись. При цьому палець виходить із зачеплення, пружина в стакані розпрямляється і останній натискає кнопку вимикача приводного електродвигуна. Після усунення несправності пружину та палець повертають у вихідне положення і встановлюють новий зрізний штифт.

Подрібнювач-змішувач ИСК-3А призначений для подрібнювання і змішування соломи, сіна і качанів кукурудзи з іншими компонентами раціону на фермах великої рогатої худоби. Подрібнювач входить до комплекту обладнання кормоцеху КОРК-15, а також ліній переробки соломи ЛИС-3 та ЛОС-3.

Подрібнювач складається з приймальної 1, робочої 3 і розвантажувальної 10 камер, рами та електропривода 6 (рис. 3.3).



1 - приймальна камера; 2 - форсунка; 3 - робоча камера; 4 - ротор з ножами; 5 - нерухомі ножі (протирізи); 6 - електродвигун; 7 - клинопасова передача; 8 - рама; 9 - кидалка; 10 - розвантажувальна камера; 11 – транспортер

Рисунок 3.3 - Конструктивна схема подрібнювача-змішувача кормів ИСК-3А

На внутрішній поверхні робочої камери розміщені протирізи 5 або деки, а всередині її змонтовано ротор з набором ножів 4. Для внесення рідких добавок встановлено дві форсунки 2 в приймальній і дві в розвантажувальній камерах.

Розвантажувальна камера подрібнювача-змішувача разом з електродвигуном привода змонтована на рамі. У корпусі робочої камери є люки для монтажних робіт і технічного обслуговування привода. Готова суміш розвантажується кидалкою 9 на транспортер. Машина ИСК-3А може працювати в режимах змішування, подрібнювання, а також змішування з доподрібнюванням.

У режимі змішування ИСК-3А комплектується деками (6 шт.), зміщеними на 60°. На ротор встановлюють чотири вкорочених ножі в першому (відносно подачі корму) ряді, два довгих ножі - в третьому і два зубчастих ножі - в четвертому рядах. При цьому вихідні компоненти корму (особливо солома і силос) мають бути завчасно добре подрібнені. У варіанті доподрібнювання в робочій камері розміщують три протирізи і три деки так, щоб вони чергувались між собою. У режимі подрібнювання ИСК-3А комплектується пакетами протирізів (6 шт.). Ця схема використовується при подрібнюванні одного виду корму (наприклад, соломи) або при додатковому подрібнюванні кількох видів кормів. На роторі машини встановлюють чотири вкорочених ножі в першому ряді, два або чотири довгих ножі у другому ряді і два або чотири зубчастих ножі в третьому і четвертому рядах. Збільшення кількості ножів рекомендується при зростанні в раціоні дози соломистих кормів.

Технологічний процес при режимі змішування здійснюється так. Дозовані компоненти подаються в приймальну камеру 1 подрібнювача, а з неї надходять у робочу камеру. Під дією відцентрованих сил і ножів верхнього та нижнього ярусів корм рівномірно розподіляється вздовж стінок, змішується і по спіралі опускається в розвантажувальну камеру, звідки однорідна кормосуміш кидалкою подається на транспортер.

При роботі в режимі подрібнювання корми з приймальної камери 1 потрапляють у зону взаємодії ножів верхнього ярусу, де частково подрібнюються. Під дією сили тяжіння корм опускається в зону дії довгих ножів і протирізів. У зоні виходу з робочої камери частки корму зустрічають на своєму шляху зубчасті грані ножів і різальні елементи нижнього ярусу. В цій зоні проходить інтенсивне подрібнювання кормів з руйнуванням вздовж і поперек стебел.

Ступінь рівномірності змішування кормових компонентів на всіх режимах роботи повинна бути не менше 80…90%. У разі потрапляння в робочу камеру твердих предметів складені в пакети і підпружинені протирізи провертаються і предмети проходять у розвантажувальну камеру. Після цього протирізи автоматично знову займають своє робоче положення.

Якість змішування і подрібнення корму в ИСК-3А регулюють трьома способами: підбиранням кількості і типу ножів; вибором кількості протирізів і дек; тривалістю перебування продукту в робочій камері за допомогою зміни положення шибера, встановленого перед кидалкою.

Дробарка-подрібнювач ИРТ-Ф-80 може подрібнювати грубі корми вологістю до 60% в розсипному і пресованому вигляді з одночасним завантаженням подрібненої маси в транспортні засоби. Вона є стаціонарною машиною з приводом робочих органів від електродвигуна потужністю 55 кВт.

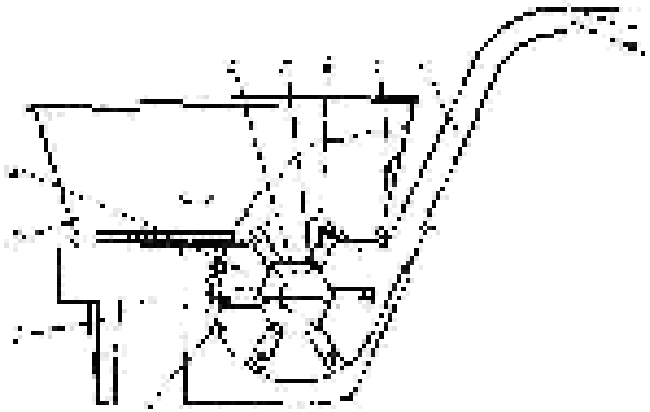
Машина складається з рами, завантажувального бункера 2 місткістю 5 $м^3$, ротора 3 з приводом, опорних катків, розвантажувального пристрою 8 та шафи керування (рис. 3.4).

Рама виконана разом з корпусом камери подрібнення, на бокових стінках якої встановлені нерухомі торцеві деки, а на периферії - регульовані радіальні. Камера подрібнення з боку розвантажувальної горловини має фланець для кріплення розвантажувального пристрою і люк для очищення камери при забиванні кормом. Крім того, є ще один люк для видалення води.

На днищі біля ротора розміщені щитки, що забезпечують стабілізацію подачі корму на ротор.

Бункер - це конічна обичайка, у нижній частині якої є опорне кільце. Воно встановлюється на трьох опорних катках. На зовнішній поверхні опорного кільця приварений втулково-роликовий ланцюг, у зачеплення з яким входить зірочка вала привода бункера. На внутрішній поверхні бункера є лопаті, що забезпечують рівномірну подачу корму до молоткового ротора.

Регулювання частоти обертання бункера здійснюється при включеному електродвигуні за допомогою штурвала, безпосередньо з’єднаного з клинопасовим варіатором. При обертанні штурвала проти напрямку годинникової стрілки швидкість руху бункера збільшується, за часовою стрілкою - зменшується.



1 – рама; 2 - завантажувальний бункер; 3 - ротор; 4- диск; 5 - вісь; 6 - молоток; 7 - дефлектор; 8 - розвантажувальний пристрій; 9 - елементи деки.

Рисунок 3.4 - Конструктивно-функціональна схема подрібнювача ИРТ-Ф-80

Ротор 3 має вал, на якому жорстко на шпонці посаджені диски 4. У їх отворах встановлено шість осей 5, на кожній з яких розміщено по чотири молотки 6. Відстань між молотками забезпечується розпірними втулками. Крайні молотки, що знаходяться з боку подачі корму, мають загострені робочі грані.

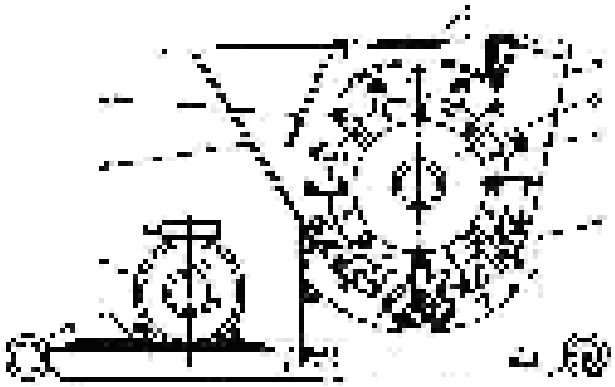
Корми, що підлягають переробці, грейферним навантажувачем подаються в бункер. Бункер необхідно завантажувати повніше, оскільки при недовантаженні його починається викидання подрібненої маси із бункера і збільшується запилення навколишнього середовища. У процесі обертання бункер подає корм на ротор з молотками. Під дією молотків ротора і дек, встановлених у корпусі камери, матеріал подрібнюється. Продукти подрібнення повітряним потоком, що створюється молотковим ротором, подаються розвантажувальним пристроєм до транспортних засобів.

Частоту обертання бункера вибирають залежно від виду, вологості та стану корму.

Зазор між молотками ротора і першою радіальною декою повинен бути в межах 4-6 мм. Його регулюють переміщенням деки на напрямних. Фіксують положення деки болтом і гайками. Зазор між

молотками та іншими радіальними деками забезпечується встановленням дек до упору.

Подрібнювач рослинних матеріалів ИРМ-50 призначений для переробки качанів та зерно-стрижньової маси кукурудзи підвищеної вологості, приготування комбінованого силосу, а також кормових сумішок із стеблових (солома, сіно, силос, сінаж), соковитих (коренеплоди, баштанні) кормів та інших добавок на фермах великої рогатої худоби і овець. Використовується в поточних технологічних лініях, кормоцехах або на відкритих майданчиках. Завантажується механізованим способом (рис. 3.5).



1 - рама; 2 - електропривод; 3 - завантажувальна горловина; 4 - заслінка; 5 - кришка; 6 - розвантажувальний кормопровід; 7 - барабан; 8 - молоток; 9 - дека.

Рисунок 3.5 - Структурна схема подрібнювача ИРМ-50

Подрібнювач має корпус з кришкою 5, барабан 7, деку з ножами 9, завантажувальну горловину 3 і розвантажувальний кормопровід 6 та електрообладнання.

Корпус зварної конструкції встановлений на загальній рамі з електродвигуном. Разом з кришкою корпус утворює камеру подрібнення, в якій розміщується барабан.

Барабан являє собою вал, на якому встановлено вісім дисків. Через отвори цих дисків проходять шістнадцять осей з шарнірно підвішеними молотками 8. Молотки розміщені у шаховій послі-

довності: крок між молотками на осі становить 76 мм, відстань між сусідніми слідами молотків - 38 мм.

Під молотковим барабаном у корпусі змонтована дека, оснащена напрямними пластинами (билами) і шістьма рядами протирізальних елементів (ножів). Протирізальні елементи жорстко встановлені на осях. На обох кінцях осей є важелі, за допомогою яких протирізальні елементи фіксуються в робочому положенні або виводяться з нього.

Завантажувальний бункер забезпечує приймання і дозовану подачу сировини в камеру подрібнення. Регулювання подачі здійснюється системою шиберних заслінок 4 на виході з бункера в камеру подрібнення.

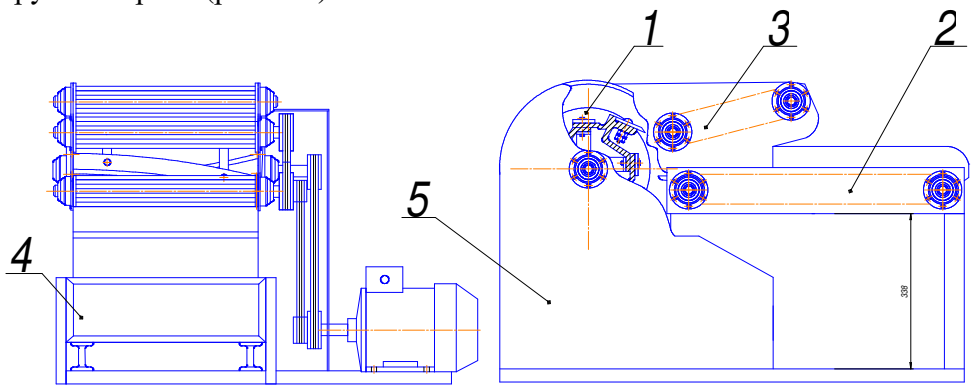
До комплекту подрібнювача входять два дефлектори: низький, у вигляді цілісної конструкції, та високий, оснащений кормопроводом і шарнірно встановленим козирком, який дозволяє замінити напрямок потоку подрібненого корму.

Корми, що підлягають переробці, завантажують у бункер навантажувачами загального призначення або за допомогою бункерів-живильників чи збірного конвеєра (транспортера) в технологічній лінії. Необхідно забезпечувати безперебійне і рівномірне надходження сировини в бункер і далі в камеру подрібнення. Подачу сировини у камеру регулюють зміною перерізу проходу в завантажувальній горловині за допомогою системи заслінок.

У камері подрібнення матеріал обробляється молотками, що взаємодіють з протирізальними елементами деки, і переміщується за ходом обертання барабана. Продукти подрібнення потоком повітря, який створюється швидкохідним молотковим барабаном, розвантажуються через продуктопровід (дефлектор). Ступінь подрібнення продуктів регулюють зміною кількості рядів протирізальних елементів (від нуля до шести), введених у роботу, а також частотою обертання барабана від 1000 до 2000 об/хв (із збільшенням ступінь подрібнення підвищується). Частоту обертання барабана змінюють переставлянням шківів на валах електродвигуна і молоткового барабана.

3.3 Опис конструктивно-технологічної схеми машини і принципу її дії

На підставі аналізу нами запропоновано новий подрібнювач грубих кормів (рис. 3.6).



1- подрібнювальний барабан 2 - живлячий транспортер; 3 - похилий транс портер; 4 - вивантажувальна горловина; 5 - корпус

Рисунок 3.6 - Конструктивно-технологічна схема подрібнювача грубих кормів

Подрібнювач працює таким чином: живлячий транспортер 2 подає грубі корми до ножового барабану 1, при цьому похилий транспортер 3 спресовує шар. Подрібнювальний барабан включає чотири горизонтальні ножі та механізм їх повздовжнього коливання. Обертаючись, барабан створює різання з ковзанням, оскільки ножі на барабані встановлено під кутом. Крім того, повздовжній рух барабану створює ефект пиляння, що суттєво знижує енергоємність процесу подрібнення.

3.4 Розрахунок основних конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача грубих кормів

Кут нахилу пресувального транспортера не повинен перевищувати значення кута тертя. З рисунку 3.7 видно: для того, щоб пресувальний

транспортер зміг захопити вихідний шар товщиною А і ущільнити його до товщини Б, він повинен мати довжину [1-8]

$$l_{тр} = \frac{А - Б}{\sin a}, \qquad (3.1)$$

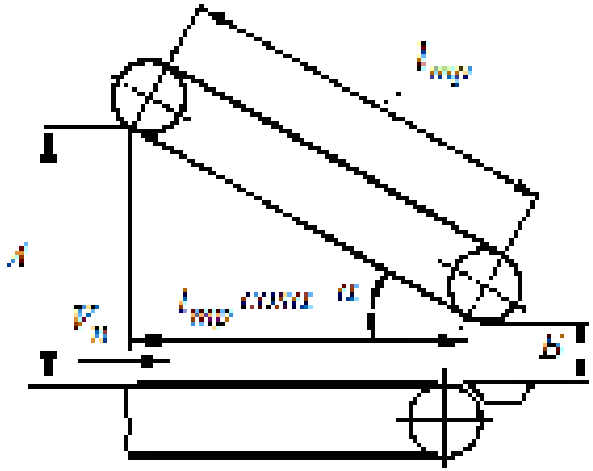


Рисунок 3.7 - Схема визначення довжини пресувального транспортера

Розмір горловини, а також параметри (товщина, ширина) шару оброблюваного матеріалу визначається заданою продуктивністю подрібнювача [4]

$$Q = Б \cdot В \cdot v_П \cdot \gamma_{УЩ} = А \cdot Б \cdot v_П \cdot \gamma . \qquad (3.2)$$

Звідси,

$$А \cdot В = \frac{Q}{v_П \cdot \gamma}, \qquad (3.3)$$

або

$$Б \cdot В = \frac{Q}{v_П \cdot \gamma_{УЩ}}, \qquad (3.4)$$

де Q - розрахункова подача живильника, кг/с;

$v_П$ - швидкість подачі перероблюваного шару (транспортера живильника), м/с.

γ, $\gamma_{УЩ}$ - об'ємна маса відповідно вихідного та ущільненого матеріалу.

Для грубих свіжоскладених кормів γ = 28-42 кг/м^3, для злежаних або подрібнених γ = 1,5-2 рази більше.

Раціональне співвідношення висоти і ширини горловини становить: $Б$ = (0,25-0,4)·$В$. Щоб забезпечити ефективність подальшого процесу різання в результаті попереднього пресування, рекомендується збільшувати щільність, наприклад, грубих кормів у 3-4 рази.

З виразу (3.5), задавшись кутом нахилу пресувального транспортера a = 40 град, товщиною А = 0,64 м, товщиною Б = 125 мм, отримаємо [4]

$$l_{тр} = \frac{0,4 - 0,125}{\sin 30} = 0,55 \text{ м}.$$

Задавшись швидкістю подачі $v_П$ = 0,3 м/с отримаємо продуктивність подрібнювача грубих кормів

$$Q = 0,64 \cdot 0,124 \cdot 0,3 \cdot 50 = 1,2 \text{ кг/с} = 4,3 \text{ т/год}.$$

Кількість ножів та частота обертання різального апарату узгоджується зі швидкістю подачі і визначається за продуктивністю (див. вираз 3.6). при цьому необхідно дотримуватися умови [4]

$$v_П = l_Р \cdot z \cdot n_Б , \qquad (3.5)$$

де $l_Р$ – задана довжина січки, для ВРХ $l_Р$ = 0,04-0,05 м;

z – кількість ножів, шт.;

$n_Б$ – частота обертання різального апарату, с$^{-1}$.

Звідси,

$$n_Б = \frac{l_Р \cdot z}{v_П}, \qquad (3.6)$$

Задавшись кількістю ножів $z = 4$ отримаємо:

$$n_Б = \frac{0{,}05 \cdot 4}{0{,}3} = 0{,}7 \text{ с}^{-1} = 42 \text{ хв}^{-1}.$$

Довжина барабана повинна перевищувати довжину леза L, що одночасно перетинає горловину та знаходиться в контакті з перероблюваним матеріалом [4]

$$L = \frac{Б}{\sin \chi}, \quad (3.7)$$

де χ – кут защемлення, χ = 20-50 град.

$$L = \frac{0{,}125}{sin 35} = 0{,}22 \text{ м.}$$

Враховуючи не активну довжину ножа приймемо $L_П$ = 320 мм.

Потужність, що споживається на різання можна визначити з виразу [4]

$$N_P = P \cdot v_Б, \quad (3.8)$$

де P – загальне зусилля різання, Н;

$v_Б$ – швидкість леза ножа на барабані, м/с.

Загальне зусилля різання Р визначають за формулою [4]

$$P = p_П \cdot L, \quad (3.9)$$

де $p_П$ – питома сила різання (для грубих кормів $p_П$ = 14-20 кН/м).

Швидкість леза ножа обумовлюється раціональною швидкістю різання, та знаходиться з виразу

$$v_Б = 2 \cdot n_Б \cdot \pi \cdot R_Б. \quad (3.10)$$

Приймемо радіус барабану $R_Б$ = 150 мм

$$v_Б = 2 \cdot 0{,}7 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}15 = 0{,}7 \text{ м/с.}$$

Оскільки барабан має повздовжні коливання, які знижують зусилля різання то приймемо найменше значення питомої сили різання 14 кН/м.

$$P = 14 \cdot 10^3 \cdot 0{,}22 = 3080 \text{ Н.}$$

$$N_P = \frac{3080 \cdot 0{,}7}{1000} = 2{,}25 \text{ кВт.}$$

Повну потужність двигуна визначимо з виразу

$$N_П = \kappa \cdot N, \quad (3.11)$$

де κ – коефіцієнт, що враховує перевантаження при пуску, κ = 1,2-2,5

$$N_П = 1{,}2 \cdot 2{,}25 = 2{,}7 \text{ кВт.}$$

Враховуючи запас потужності на подолання перевантажень та привод живлячого механізму для нового подрібнювача грубих кормів приймемо двигун ЛО4-100LK-2 з наступною технічною характеристикою:

- частота обертання двигуна ……....950 хв$^{-1}$;
- потужність ……..……2,8 кВт;
- маса двигуна ……37 кг.

Для приводу транспортеру встановлюємо другий незалежний двигун ЛО4-100LK-2 .

Звідси виходить, що повна витрата потужності складає 5,6 кВт.

3.5 Розрахунок і вибір зворотної пружини на барабані

Для розрахунку приймемо пружину з найбільшим робочим навантаженням P_2 = 100 Н, попереднім навантаженням P_1 = 10 Н, хід пружини χ = 10 мм.

З метою зменшення деформації пружини приймаємо попереднє натягнення P_0= 5 Н.

Визначаємо різницю найбільшого робочого навантаження і попереднього натягнення пружини з формули [9,10]

$$P_{21} = P_2 - P_0, \quad (3.12)$$

$$P_{21} = 100 - 5 = 95 \text{ Н.}$$

За умовами навантаження пружина може бути віднесена до групи І. З довідника вибираємо пружину з дроту класу І холодної навивки з наступними параметрами [9,10]

d = 5 мм;
D = 30 мм;
$P_2 = P_{21}$ = 110 Н;
f_2 = 2,5 мм.

Деформацію пружини при найбільшому робочому навантаженні з урахуванням попереднього натягнення P_0 визначимо з формули [9,10]

$$F_2 = \chi / 1 - (P_1 - P_0 / P_2 - P_1), \quad (3.13)$$

$$F_2 = 10 / 1 - (10 - 5 / 100 - 10) = 10{,}1, \text{ мм.}$$

Робоча кількість витків пружини визначимо з формули [9,10]

$$n = F_2 / f_2, \quad (3.14)$$
$$n = 10{,}1 / 2{,}5 = 4.$$

Деформацію пружини при випробуванні попередніх навантаженнях визначимо за формулою

$$F_3 = 1{,}26 \cdot F_2, \quad (3.15)$$
$$F_3 = 1{,}26 \cdot 10{,}1 = 12{,}7 \text{ мм},$$
$$F_1 = F_2 - (P_1 - P_0 / P_2 - P_0), \quad (3.16)$$
$$F_1 = 10{,}1 - (10 - 5 / 100 - 5) = 5{,}2, \text{ мм.}$$

Довжину пружини при різних навантаженнях визначимо за формулами [10]

$$H = nd + 2lк = nd + 2D_1, \quad (3.17)$$
$$H = 4 \cdot 5 + 2 \cdot (30 - 5) = 70\text{мм},$$
$$H_1 = H + F_1, \quad (3.18)$$

$$H_1 = 70 + 5{,}2 = 75{,}2\text{мм},$$

$$H_2 = H + F_2, \quad (3.19)$$

$$H_2 = 70 + 10{,}1 = 80{,}1\text{мм}.$$

$$H_3 = H + F_3, \quad (3.20)$$

$$H_3 = 70 + 12{,}7 = 82{,}7\text{мм}.$$

Крок пружини дорівнює t = 7 мм.
Довжину розгорненого дроту визначимо з формули

$$L = 3{,}18 \cdot D \cdot n + 1{,}5 \cdot \pi \cdot D, \quad (3.21)$$

$$L = 3{,}18 \cdot 30 \cdot 4 + 1{,}5 \cdot 3{,}14 \cdot 30 = 533{,}6 \text{ мм.}$$

Індекс жорсткості пружини визначимо за формулою [9,10]

$$c = D / d \quad (3.22)$$

$$c = 30 / 5 = 6$$

$$z = P_{21} - P_2 / F_2, \quad (3.23)$$

$$z = 95 - 100 / 10{,}1 = 85 \text{ Н / мм.}$$

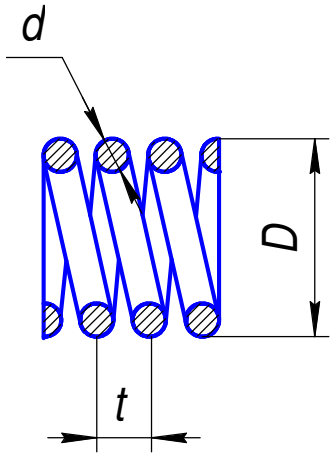


Рисунок 3.8 - Ескіз зворотної пружини

3.6 Розрахунок вала подрібнювального барабана

Обертальний момент на валу барабану [9]

$$T_{об} = 9{,}55 \cdot \frac{N_P}{n_Б}, \qquad (3.24)$$

де N_P – потужність необхідна для роботи подрібнювального барабана;

$n_Б$ - частота обертання різального апарата, хв$^{-1}$.

$$T_{об} = 9{,}55 \cdot \frac{2{,}8 \cdot 10^3}{42} = 637 Н \cdot м.$$

Напруження обертання, що допускається, визначається за формулою [9]

$$[\tau] = 0{,}6 \cdot [\sigma], \qquad (3.25)$$

де $[\sigma]$ - напруження вигину, що допускається, для сталі Ст3 = 95 МПа.

$$[\tau] = 0{,}6 \cdot 95 = 57 \text{ МПа.}$$

Напруження від обертання валу барабана визначаємо за формулою [9]

$$\tau_{кр} = \frac{Tоб}{W_p} \le [\tau], \qquad (3.26)$$

де $T_{об}$ – обертальний момент на валу барабана, Н·м;

W_p – полярний момент інерції перетину вала, мм.

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16}, \qquad (3.27)$$

де D – діаметр валу.

Мінімально допустимий діаметр валу визначимо по формулі [9, 10]

$$D = \sqrt[3]{\frac{16T_{кр}}{П[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 637 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 57 \cdot}} = 35 мм. \qquad (3.28)$$

Умова міцності виконується, якщо ми приймемо стандартне значення діаметру круглого прокату D = 36 мм.

Дані для розрахунку:

- потужність електродвигуна, N = 2,8 кВт;
- кутова швидкість вала, ω = 4,4 рад/с (42 об/хв);
- матеріал вала – 65Г.

Обертальний момент в перетині вала дорівнює сумі усіх зовнішніх моментів.

Відповідно до цього, з урахуванням виразу (3.15)

$$M_к = T_{об} + M, \qquad (3.29)$$

де M_K – сумарний момент на валу, Н·м;

M – момент, що утворює сила опору різанню, Н·м.

$$M = P \cdot r, \qquad (3.30)$$

де r – радіус барабана, r =0,15 м.

$$M = 3080 \cdot 0{,}15 = 462 \text{ Н·м}$$

$$M_к = 637 + 462 = 1099 \text{ Н·м.}$$

Визначаємо полярний момент інерції з умови міцності валів

$$W_P = 0{,}2 \cdot d^3,$$

$$W_P = 0{,}2 \cdot 40^3 = 12800 \text{ мм}^3.$$

$$[\tau_{max}] = \frac{M_к}{W_p} = \frac{1099 \cdot 10^3}{12800} = 96{,}6 \text{ МПа.} \qquad (3.31)$$

З виразу (3.29) вибираємо матеріал вала сталь 65Г.

$$\varphi = \frac{M_к}{G \cdot W_p}, \qquad (3.32)$$

де φ_{max} – відносний кут скручування вала, який по умовам жорсткості не повинен перебільшувати [φ] = 0,5 град/м = 0,00872 рад/мм [15].

G – модуль зсуву, $G = 8 \cdot 10^{10}$ МПа.

Приймаємо [φ] = φ_{max}.

З умови жорсткості валів

$$W_P = 0{,}1 \cdot d^4,$$

$$W_P = 0{,}1 \cdot 40^4 = 256 \cdot 10^3 \text{ мм}^4.$$

Епюра

$$\varphi = \frac{1099 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^5 \cdot 256 \cdot 10^3} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ рад/мм} = 0{,}006 \text{ рад/м}.$$

$[\varphi] = 0{,}00872 > \varphi = 0{,}006$ рад/м, умова жорсткості виконується.

Будуємо епюру обертальних моментів та кута скручування вала (рис. 3.9).

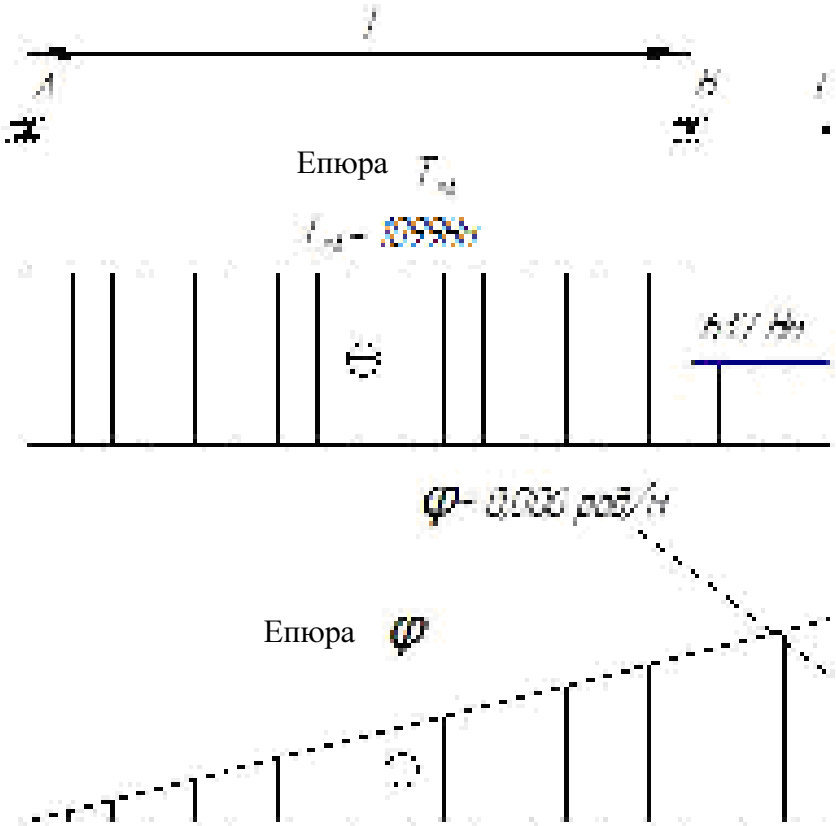


Рисунок 3.9 - Епюра обертальних моментів та кута скручування вала

3.7 Розрахунок клинопасової передачі

Кінематична схема клинопасової передачі з деякими основними її параметрами представлена на рисунках 3.10 та 3.11.

По номограмі ГОСТ 1284.3-89 вибираємо перетин Z для потужностей до 8 кВт, для цього перетину [9, 10]:

- W – ширина великої основи ременя, $W = 20$ мм;
- W_p – розрахункова ширина ременя, $W_p = 12$ мм;
- T – висота ременя, $T = 12$ мм;
- h_p – розрахункова довжина ременя, $h_p = 400$-2500 мм;
- d_{pmin} – мінімальний розрахунковий діаметр меншого шківа $d_{pmin} = 63$ мм.

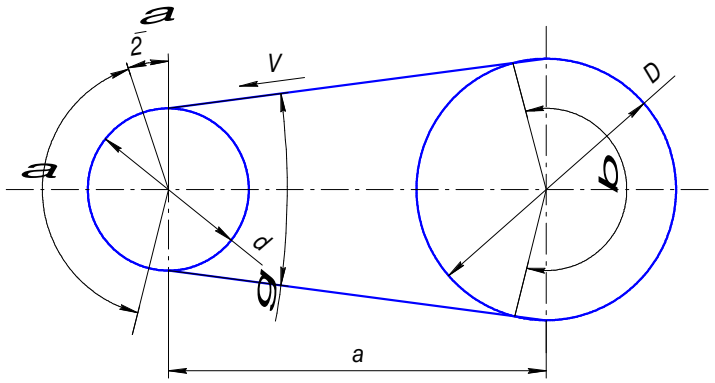


Рисунок 3.10 - Кінематична схема клинопасової передачі

Обчислене значення h_p округляється до найближчого (бажано більшого) числа з ряду довжин, мм.

Привід барабану здійснюється від електродвигуна з частотою обертання 950 хв$^{-1}$.

Для того, щоб частота обертання валу барабана була постійною і складала 42 хв$^{-1}$, необхідно визначити передавальне число передачі.

$$i = \frac{n_2}{n_1}, \qquad (3.33)$$

де n_1 - частота обертання валу барабана, $n_1 = 42$ хв$^{-1}$;

n_2 – частота обертання валу електродвигуна, $n_2 = 950$ хв$^{-1}$.

$$i = \frac{950}{42} = 22{,}5\,.$$

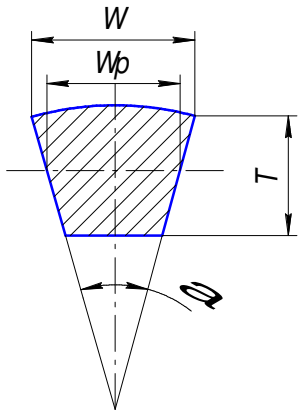


Рисунок 3.11 - Схема перетину паса

Оскільки передаточне число для клинопасової передачі не повинне перевищувати 5 то необхідно зробити два ступеня передачі, передавальне число першої буде 5, а другої 4,5.

Тоді, прийнявши діаметр меншого шківа першого ступеня d_1 = 100 мм, що більше мінімального розрахункового діаметру меншого шківа, d_{pmin} = 63 мм, діаметр більшого шківа визначимо по формулі [9, 10]

$$d_2 = d_1 \cdot i, \qquad (3.34)$$

$$d_2 = 100 \cdot 5 = 500 \text{ мм}.$$

Прийнявши діаметр меншого шківа другого ступеня d_3 = 100 мм, діаметр більшого шківа визначимо за формулою [9, 10]

$$d_4 = d_3 \cdot i, \qquad (3.35)$$

$$d_2 = 100 \cdot 4{,}5 = 450 \text{ мм}.$$

Мінімальна міжосьова відстань клинопасової передачі [9, 10]

$$a = 0{,}55 \cdot (d_1 + d_2) + T\,, \qquad (3.36)$$

$$a = 0{,}55 \cdot (100 + 500) + 6 = 336 \text{ мм}.$$

Для обох ступенів передачі приймаємо міжосьову відстань a = 350 мм, з можливістю її зміни до 400 мм (натягнення пасу).

Розрахункове значення довжини пасу для кожного ступеня визначимо за формулою [9, 10]

$$L_P = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_1 + d_2)^2}{4 \cdot a}\,, \qquad (3.37)$$

$$L_P = 2 \cdot 350 + \frac{3{,}14 \cdot (100 + 500)}{2} + \frac{(100 + 500)^2}{4 \cdot 350} = 1899 \text{ мм}.$$

$$L_P = 2 \cdot 350 + \frac{3{,}14 \cdot (100 + 450)}{2} + \frac{(100 + 450)^2}{4 \cdot 350} = 1736 \text{ мм}.$$

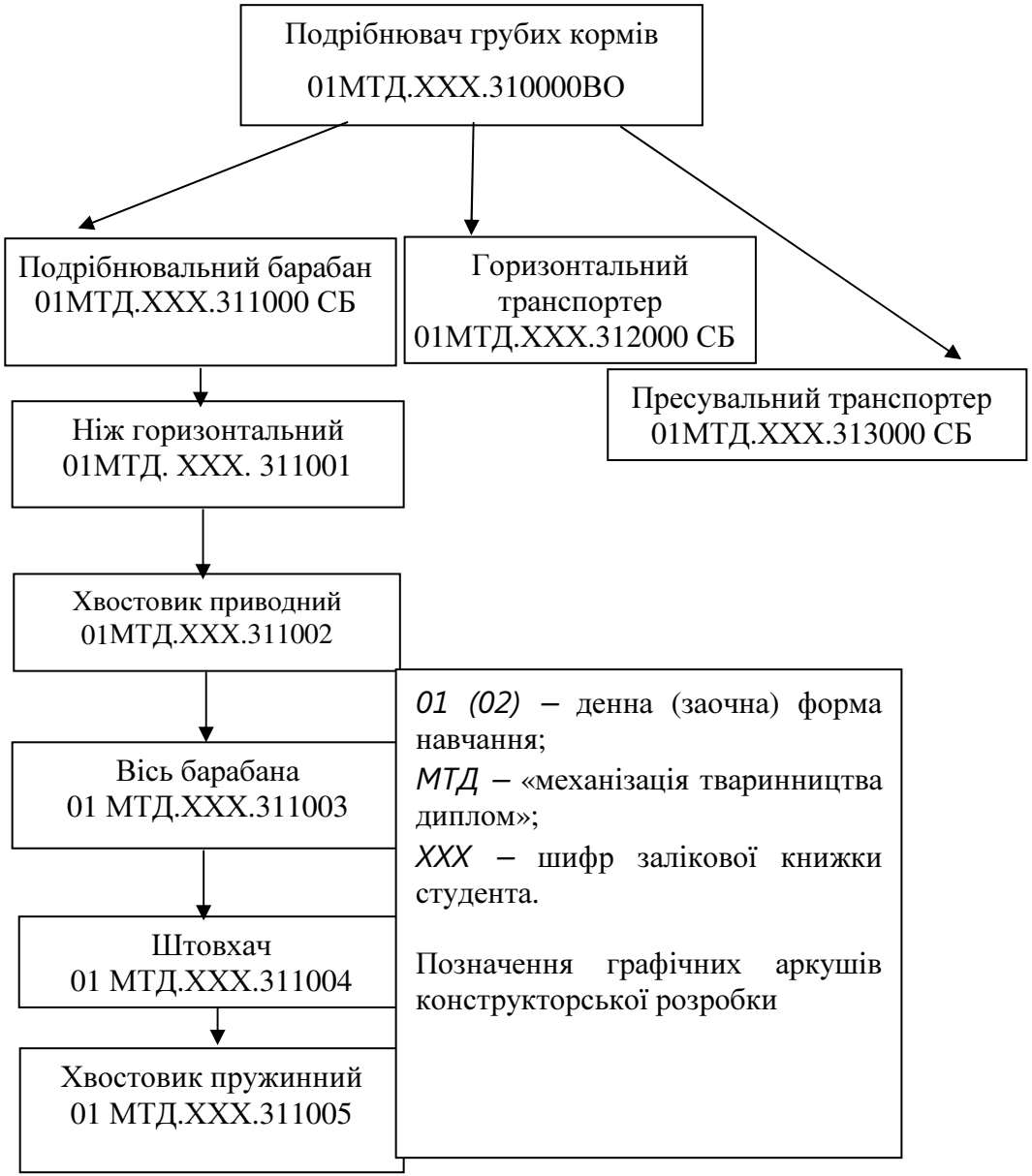
3.8 Технічне обслуговування розробленого подрібнювача грубих кормів

Технічне обслуговування розробленого подрібнювача грубих кормів доцільно проводити згідно з картою ТО (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Карта ТО подрібнювача грубих кормів

Вид ТО	Операція	Періодичність, год.
ЩТО	1. Очистка подрібнювача від забруднень. 2. Перевірка кріплення підшипникових корпусів. 3. Перевірка стану заземлення. 4. Перевірка стану ножів. 5. Перевірка стану живильного механізму.	Щозміни
ТО-1	1. ЩТО. 2. Перевірка величини зносу ножів, при необхідності їх заміна. 3. Змащування подрібнювача відповідно карті змащування. 4. Перевірка стану клиноремінної передачі. 5. Обслуговування електрообладнання.	75 – 90

Додаток Б



Додаток В

Таблиця В.1 - Значення параметрів Ra і Rz для типових поверхонь деталей

Параметри, мм		Базова довжина, мм	Деякі типові поверхні деталей
Ra	Rz		
80…40	320…160	8,0	Поверхні, утворення після різання на пресах та ножицях
40…20	160…80		Поверхні під зварні шви. Вільні не спряжені поверхні невідповідальних деталей.
20…10	80…40		Опорні поверхні станин, корпусів. Болти, гайки нормальної точності, факси, галтелі, канавки
10…5	40…20	2,5	Болти й гайки підвищеної точності, гвинти, штифти. Поверхні отворів піл болти, гвинти та шпильки діаметром до 15 мм
5…2,5 2,5…1,25	20…10		Неробочі поверхні зубчастих коліс. Поверхні муфт, маточин, і втулок, що не дотикаються до інших деталей.
1,25…0,63	6,3…3,2	0,8	Зовнішні неспряжені поверхні деталей, до вигляду яких ставляться високі вимоги Поверхні сферичних опор. Посадочні поверхні зубчастих коліс, втулок, черв'яків.
0,63…0,32	3,2…1,6	0,8	Робочі поверхні ходових палів. Посадочні поверхні осей, зубчастих коліс. Робочі поверхні передавальних валів, центрів. Поверхні валів під підшипники кочення.
0,32…0,16 0,16…0,08 0,08…0,04	1,6…0,1	0,25	Робочі поверхні колінчастих та розподільних валів швидкохідних двигунів. Робочі поверхні клапанів. Шарики та ролики підшипників кочення. Внутрішні поверхні циліндрів поршневих машин.
0,04..0,02			Шарики та ролики високошвидкісних відповідальних передач.
0,02…0,01	0,100…0,050	0,08	Вимірювальні поверхні деталей вимірювальних приладів.
	0,050…0,025		Вимірювальні поверхні плиток. Металеві дзеркала в оптичних приладах.

Додаток Г

Таблиця Г.1 - ГОСТ на сортамент

Сортамент	ГОСТ
Круг	2590-88
Квадрат	2591-88
Шестигранник	2879-88
Смуга	103-76
Лист	10885-85
Труба гарячекатана	8732-78
Труба холоднокатана	8734-75
Куток	8510-86
Швелер	8240-89
Дріт	9389-75

Таблиця Г.2 - Рекомендовані матеріали

Найменування деталі	Матеріали	ГОСТ	Властивості
1. Вали, осі	30Х, 40Х	4543-71	Сорбіт отп. 30HRC
2.Спец.болти, гвинти	30Х,40ХН	4543-71	Тростит отп. 40HRC
3 Шестерні • малих діаметрів • великих діаметрів и навантажень • для відкритих передач	35ХМ,40ХМ, 40ХН 25ХГН, 18ХГТ, 20Х, 20ХН3А	4543-71	Мартенсит отп. 56…58HRC Серцевина-сорбіт 30HRC Мартенсит отп. 56…58HRC
4. Поршневі пальці, хрестовина квадратна, штовхателі	15Х, 20Х, 12ХН	4543-71	Мартенсит отп. 56…58HRC
5. Ножі с.-г. машин	У9, У9А	1435-99	Мартенсит отп. 56…58HRC
6. Пружини виті	50С2, 60С2А, 60С2ХА, 65Г	14959-79	Тростит отп. 40…42HRC
7. Ресори	50ХФА, 60С2, 50ХГА	14959-79	Тростит отп. 40…45HRC
8. Рами машин	45, 50, 45Г	1050-88	Сорбіт отп. 30…32HRC
9. Шатуни, вилки перемикання передач	40Р, 40Г, 40Г2	4543-71	Сорбіт отп. 30…32HRC
10.Робочі органи ріжучих апаратів, пружні стійки	60С2, 65Г	14959-79	Тростит опт.35…40HRC

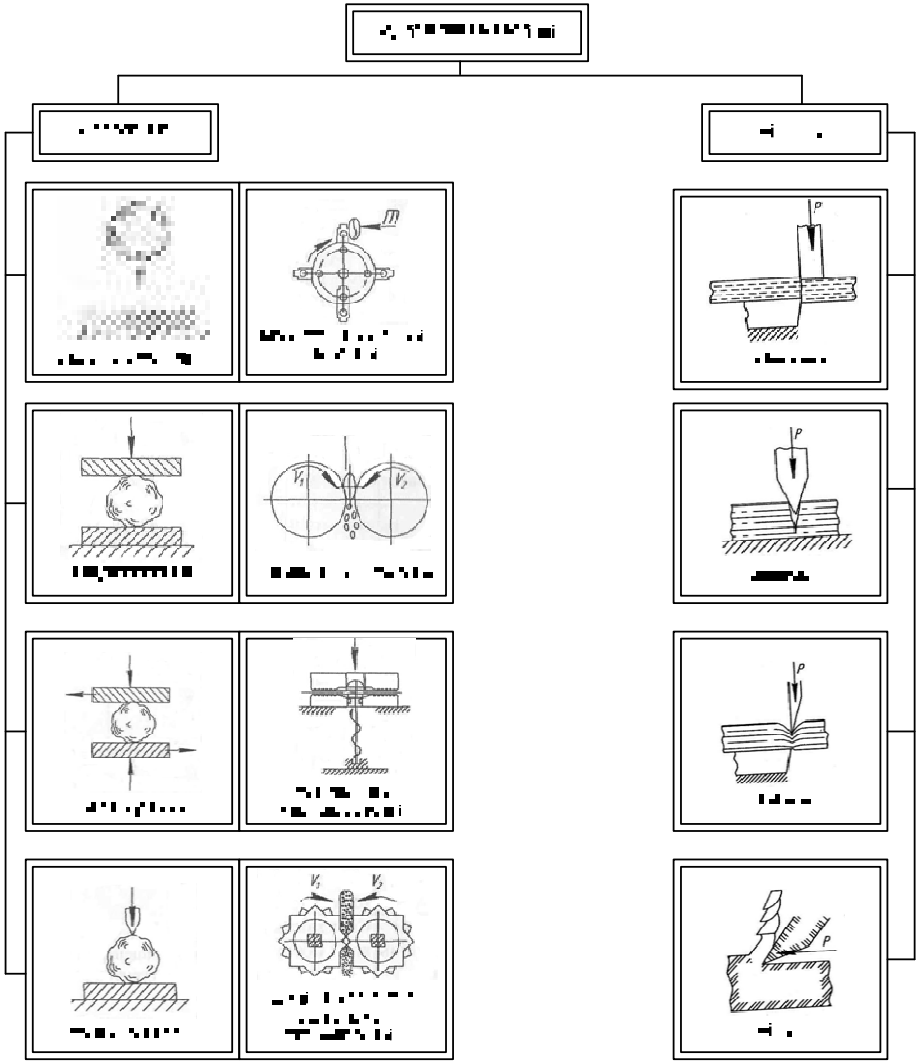
Таблиця Г.2 - ГОСТ на матеріали

МАТЕРИАЛИ	ГОСТ
Сталь: • звичайної якості • якісна • легована конструкційна • пружинна	 380-94 (ДСТУ) 1050-88 4543-81 14959-71
Шарикопідшипникова	801-78
Інструментальна • вуглеродиста • легована	 1435-99 5950-2000 (ДСТУ)
Швидкоріжуча	19265-73
Тверді сплави	3882-74
Нержавіюча сталь	5632-72
Чавун • сірий • надміцний • ковкий	 1412-85 7293-85 1215-79
Силумін	2685-75
Латунь	15527-70
Бронза	613-79
Магній ливарний	2856-79
Дюралюміній	4784-97 (ДСТУ)

Додаток Д

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО РОЗРАХУНКУ ЛІНІЇ КОРМОПРИГОТУВАННЯ

Д.1. Види подрібнення матеріалів



Д.2 Основні типи й оцінка машин для подрібнення кормової сировини

Тип машини	Конструктивно-технологічні ознаки і схеми	Переваги	Недоліки	Напрямки використання
1	2	3	4	5
Плющилки	Працюють за принципом роздавлювання матеріалу між двома поверхнями	Простота конструкції і обслуговування, надійність в експлуатації	Обмежена область використання. Погано переробляє сухе зерно	Для одержання пластівців зі зволоженого зерна. При плющенні трави з метою прискорення сушіння
Вальцові дробарки	Перероблюваний матеріал, що проходить між двома рифленими поверхнями, руйнується сколюванням (розрізанням), роздавлюванням	Забезпечують високу рівномірність подрібнення з незначним виходом пиловидної фракції	Обмежена область використання. Недовговічність робочих поверхонь, складність відновлення їх роботоздатності	Для переробки сухого зерна та подрібнення гранул на крупку
Зубчасті дробарки	Подрібнення в результаті розламування		Вузька спеціалізація. Не забезпечує кінцевої крупності продукту	Для попереднього подрібнення крупно кускових кормів (наприклад, макухи, качанів кукурудзи, мінеральної сировини)
Жорнові млини	Працюють за принципом роздавлювання і перетирання		Складність конструкції й обслуговування. Нерівномірний продукт з високим виходом пиловидної фракції. Висока енергомісткість. Обмежене використання	Для переробки сухого зерна

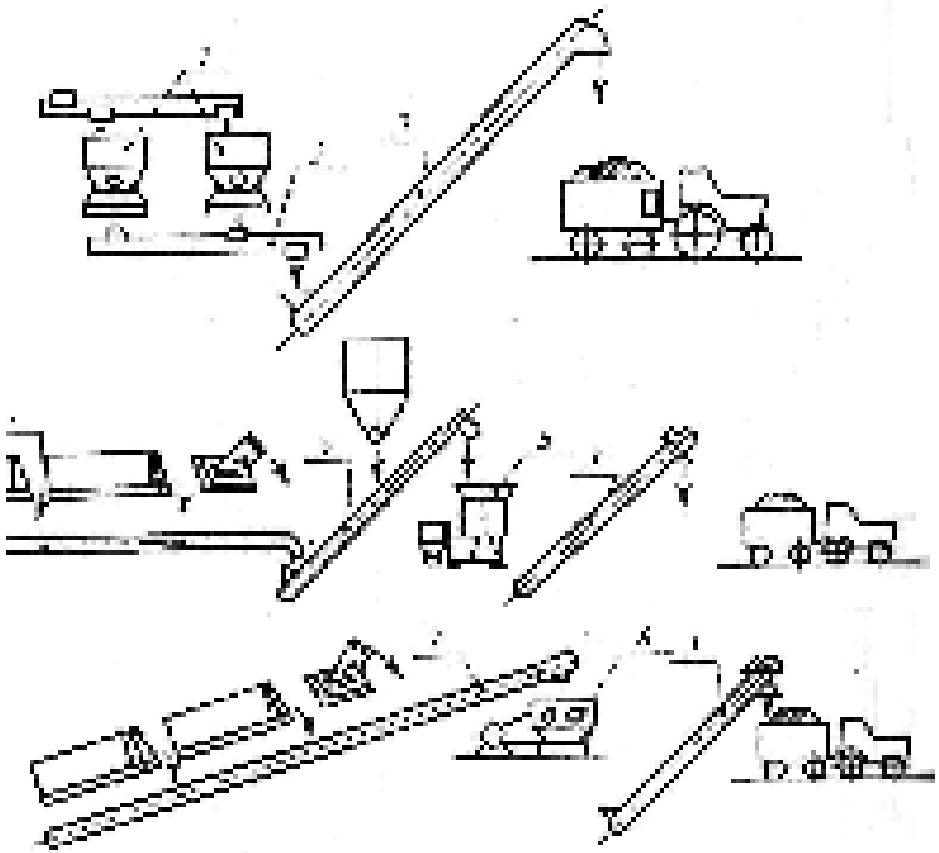
1	2	3	4	5
Ножові подрібню-вачі	Розділення матеріалу на частини шляхом різання	Простота конструкції, низька енергомісткість, рівномірне подрібнення	Низька надійність і довговічність робочих органів, складність обслуговування. Не забезпечують тонкого подрібнення	Соломосилосорізки, подрібнювачі коренебульбоплодів
Ножові млини	Подрібнення матеріалу різанням, розбиванням і перетиранням	Забезпечують високий ступінь подрібнення сухих кормів	Складність конструкції і обслуговування, низька надійність і довговічність, обмежена використання	Для переробки концентрованих кормів
Пастоприготувачі	Подрібнення за принципом різання пуансоном і роздавлювання	Можливість значного подрібнення соковитих кормів	Висока енергомісткість, низька якість подрібнення, втрата соку, низькі надійність і довговічність робочих органів	Для переробки соковитих кормів
Дезінтегратори і дисмембратори	Руйнування матеріалу у результаті розбивання та перетирання	Простота конструкції, високий ступінь подрібнення	Низька експлуатаційна надійність, складність обслуговування, нерівномірність подрібнення з підвищенням пилоутворення, висока енергомісткість	Для подрібнення сухих кормів і мінеральних добавок
Роторні дробарки	Руйнування матеріалу за рахунок ударів та перетирання	Простота конструкції обслуговування	Нерівномірне подрібнення з утворенням пиловидних часток, висока енерго-місткість, низька експлуатаційна надійність	Для подрібнення сухих кормів і мінеральних добавок
Дискові відцентрові млини	Подрібнення в результаті розбивання	Простота конструкції і обслуговування, висока експлуатаційна надійність	Обмежена область використання, складність керування якістю подрібнення	Для подрібнення сипких крихких матеріалів (зернофураж, мінеральні добавки)

1	2	3	4	5
Молоткові дробарки	Працюють за принципом розбивання з перетиранням і сколюванням	Простота конструкції і обслуговуван-ня, широка універсаль-ність, експлуатаційна надійність, низька металомісткість	Нерівномірне подрібнення з утворенням пиловидної фракції при переробці сухих кормів і мезги – соковитих кормів, підвищена енергомісткість	Універсальний

Д.3. Класифікація різальних апаратів

Д.4 Варіанти технологічних ліній

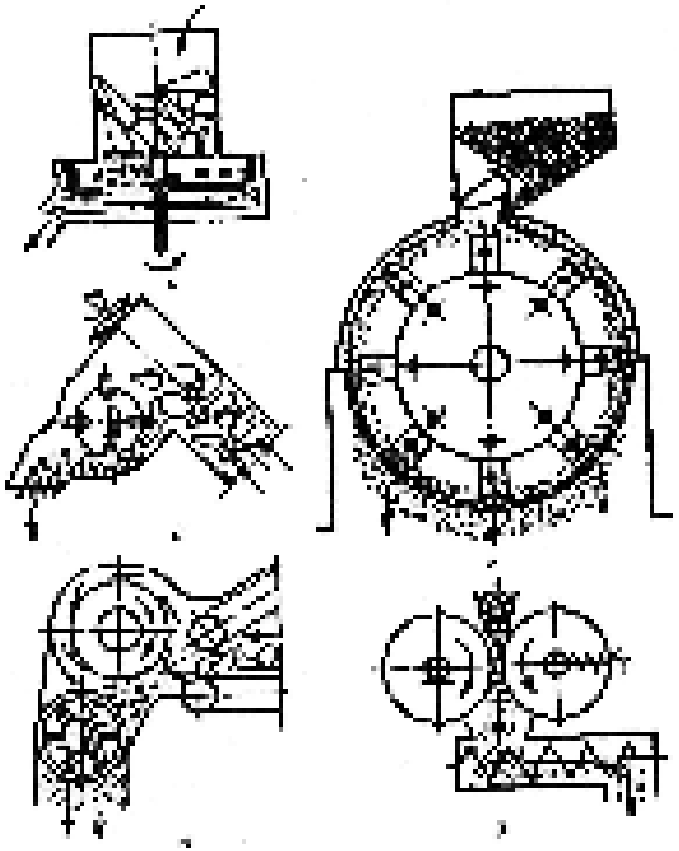
1 – фуражир, 2 – кормороздавач КТУ-10А, 3 – соломосилосорізка РСС-6Б, 4 – живильник ПСМ-10, 5 – транспортер ТС-40М, 6 – змішувач безперервної дії 2СМ-1, 7 – візок 2ПТС-40, 8 – копновоз КУН-10, 9 – завантажувальний транспортер, 10 - навантажувач ПСК-5, 11 – бункер-живильник КПГ-10.46.15, 12 – навантажувач-екскаватор ПЭ-0,8А, 13 – бункер-живильник (на базі КТУ-10А), 14 – змішувач С-30, 15 – змішувач 2СМ-1
Рисунок Д.1 - Варіанти технологічної лінії накопичення і дозованої видачі грубих (а), силосу (б) і сінажу (в і г)



1 – змішувач кормів С-12, 2 – шнек вивантажної ШВС-40, 3 – транспортер ТС-40М, 4 – транспортер збірний ТВК-80А, 5 – стрічковий похилий транспортер, 6 – подрібнювач-змішувач ИС-30, 7 – транспортер збірний стрічковий ТЛ-65, 8 – змішувач 2СМ-1

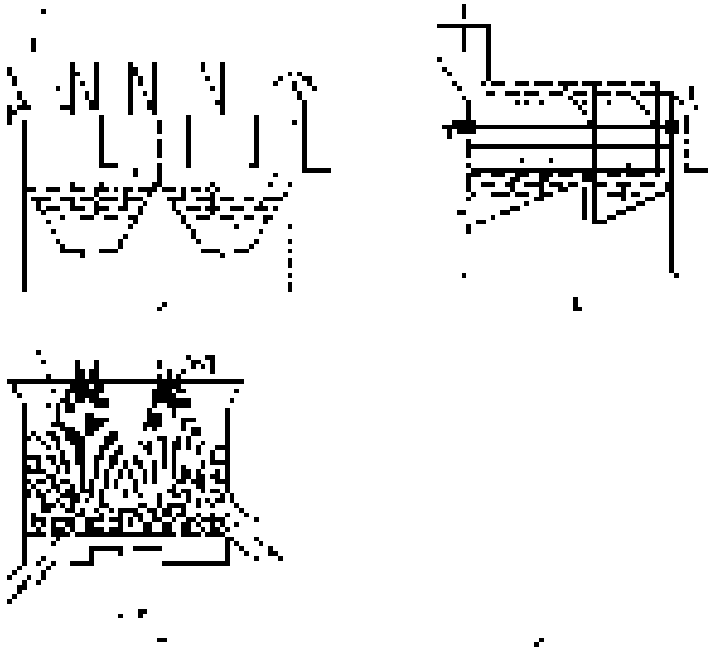
Рисунок Д.2 - Варіанти технологічної лінії змішування компонентів раціону і видачі готової кормової суміші

Д.5. Конструктивно-технологічні схеми машин для подрібнення кормів



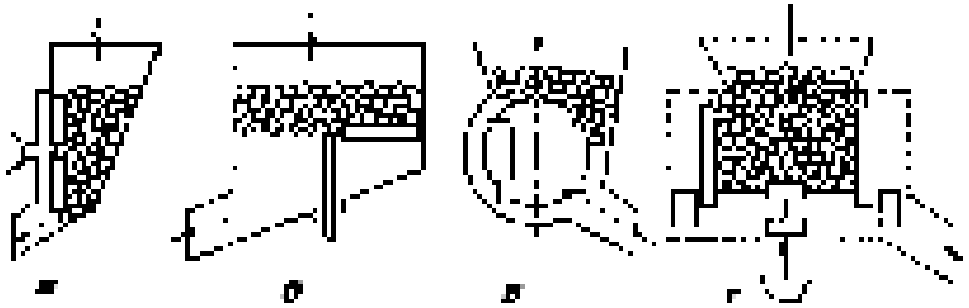
а – рубаючі (КПИ, ИКМ-5), б – руйнуючі ударом – штифтові і молоткові (ИКС-5, ИКС-5М), в – комбіновані – рубаючі і ріжучі (Волгарь-5), г – руйнуючі ударом і перетиранням (ДБ-5, ДКМ-5 та інші дробарки молоткові), д – руйнуючі здавлюванням – плющення (ПЗ-3)

Рисунок Д.3 - Схеми подрібнювальних робочих органів



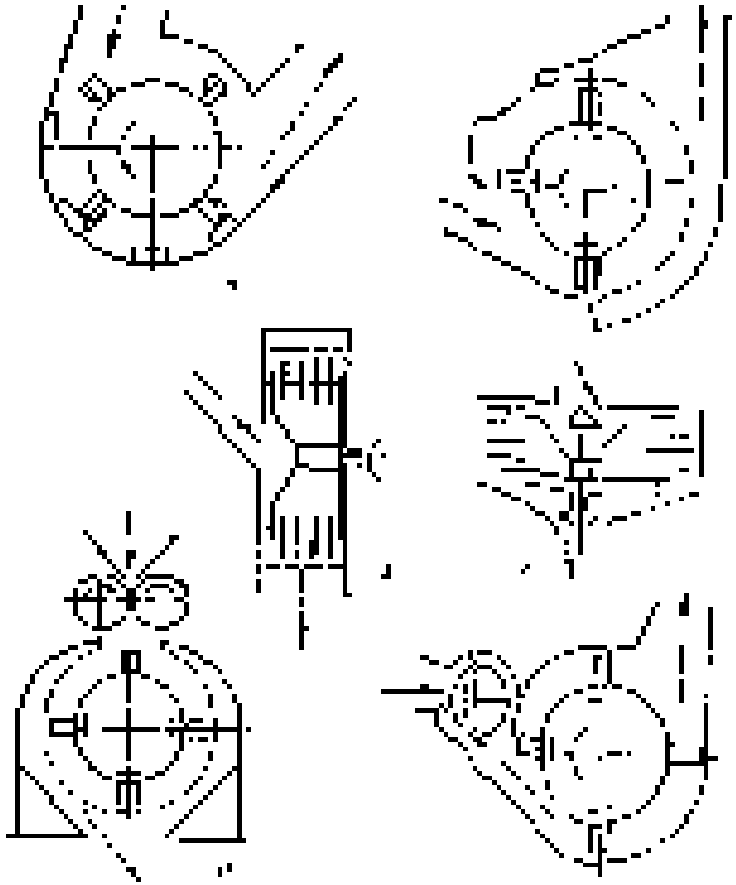
а - кулачна (лопатева); б - барабанна; в - відцентрова (дискова);
г - шнекова (гвинтова)

Рисунок Д.4 - Типи коренебульбомийок



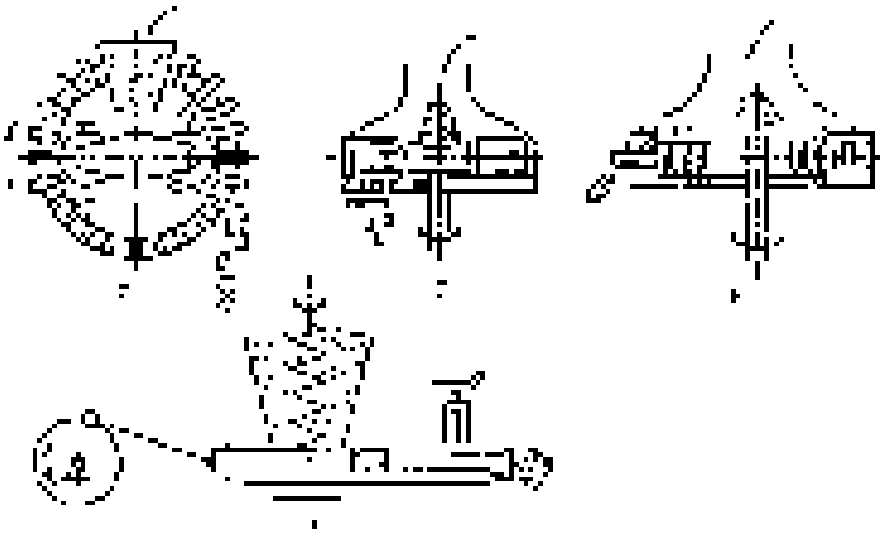
а - вертикально-дискова; б - горизонтально-дискова; в - барабанна; г - відцентрова (циліндрична)

Рисунок Д.5 - Типи коренерізок



а, е – відкритого типу; б, в, г, д – закритого типу; а, б, д, е – периферійна подача; в, г – центральна подача; д, е – з пристроєм для попередньої обробки сировини; а, б, в, д, е – з горизонтальним розміщенням барабана; г – з вертикальним розміщенням барабана; б – з вихровою камерою; а – з жорстким кріпленням робочих органів на барабані; б, в, г, д, е – із шарнірними молотками; а, е – без решітні; б, в, д – з циліндричними решетами; г – з боковим решетом

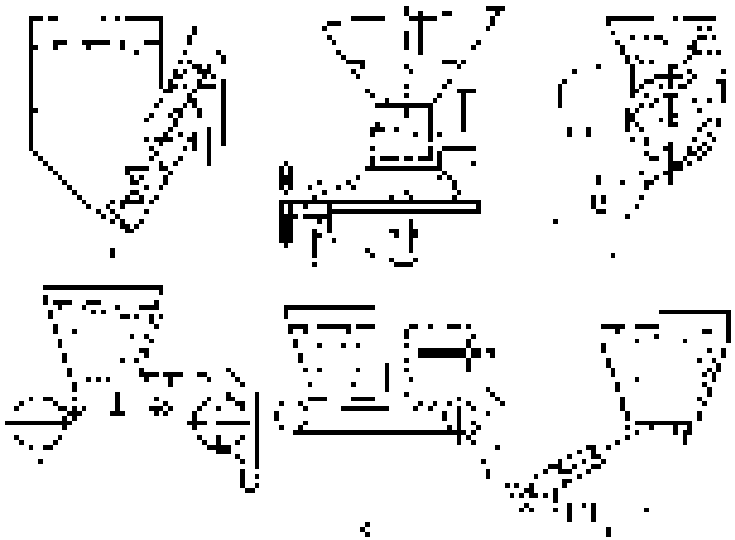
Рисунок Д.6 - Типи молоткових подрібнювачів



а - прес-гранулятор і брикетний прес із вертикальною матрицею; б - прес-гранулятор із плоскою матрицею; в - брикетний прес із кільцевою горизонтальною матрицею; г - штемпельний брикетний прес

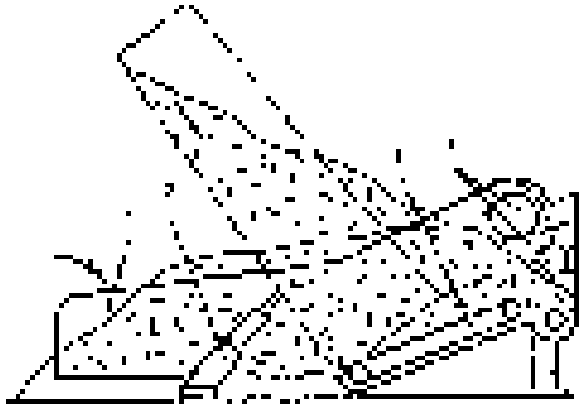
Рисунок Д.7 - Принципові функціональні схеми пресів

Д.5. Схеми дозаторів кормів



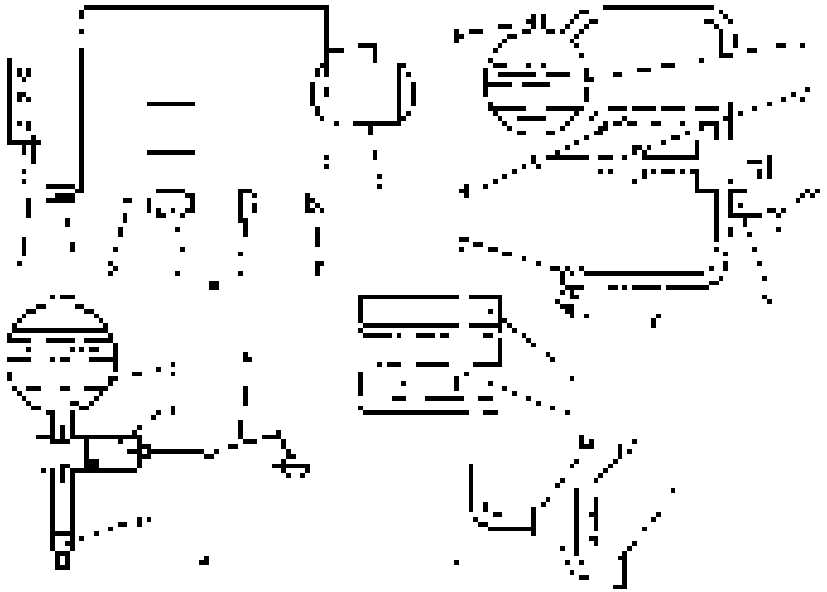
а - шнековий; б - дисковий; в - барабанний; г, д - стрічкові; е - порційний (д, є - з автоматичним керуванням)

Рисунок Д.8 - Функціональні схеми дозаторів сипучих матеріалів:



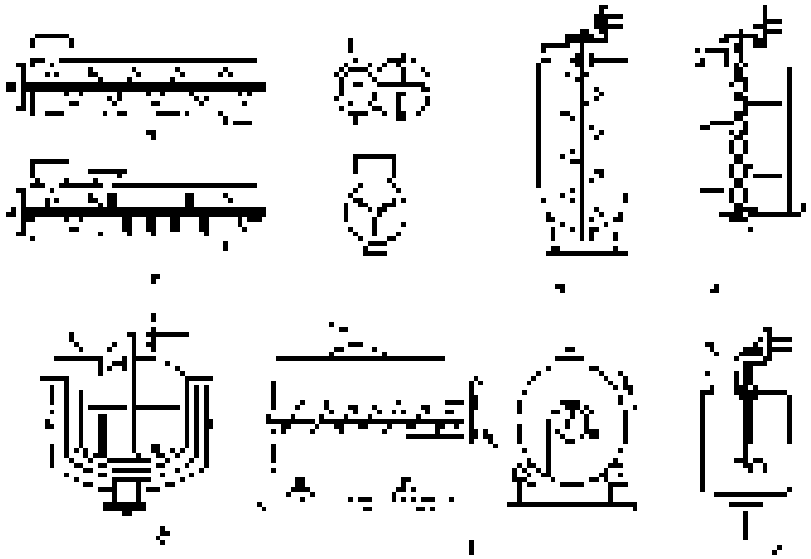
1 - лоток; 2-гідроциліндр; 3- транспортер подачі маси; 4 – бітери

Рисунок Д.9 - Функціональна схема нагромаджувача-живильника стеблових кормів



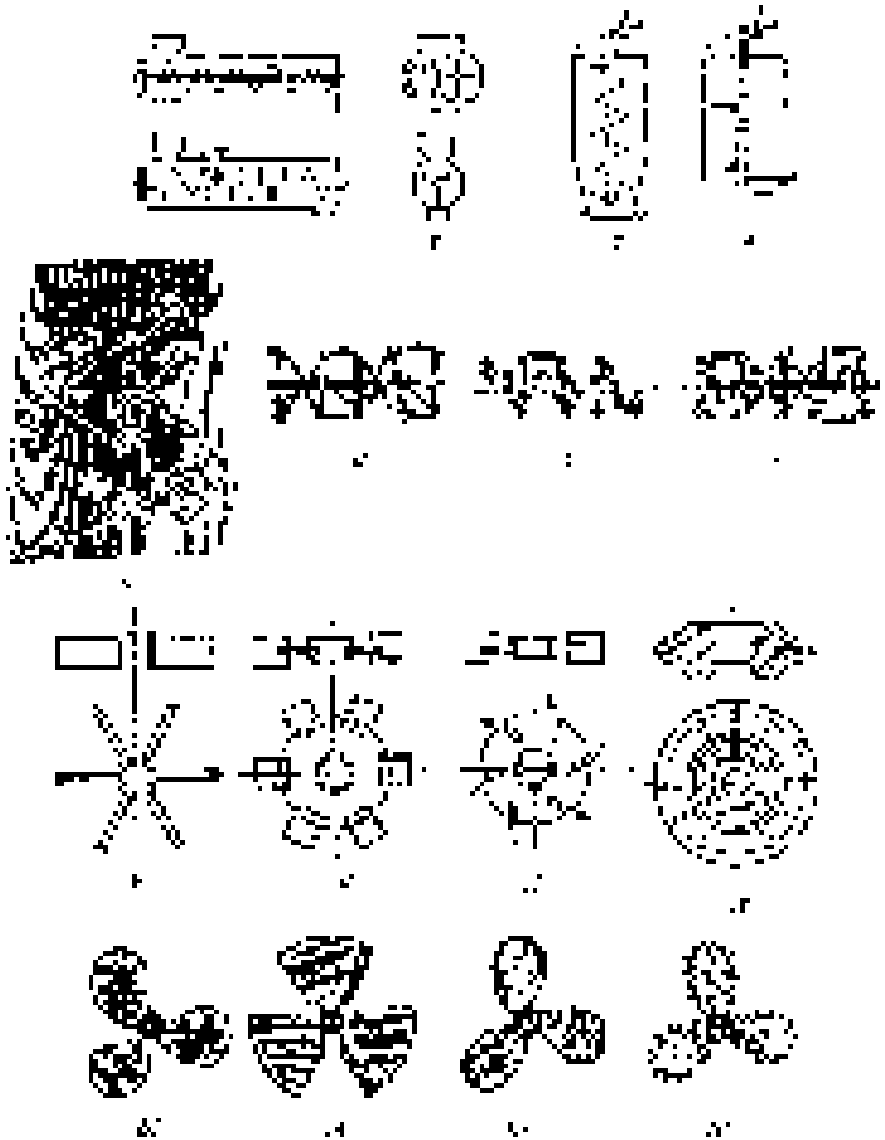
а - пристрій для внесення аміачного розчину в силосну масу; б - дозатор з насосом; в - дозатор із поршневим насосом; г - дозатор, який працює за принципом постійності об'єму витікання рідини за одиницю часу; 1 - резервуар; 2 - кран; 3 - сітчастий фільтр; 4 - насос; 5 - манометр; 6— редукційний клапан; 7 -розпилювач; 8 - перепускна трубка; 9 - отвір для повітря; 10- привод; 11 - жиклер; 12 - регулювальний отвір; 13 - трубка для припливу повітря

Рисунок Д.10 - Функціональні схеми дозаторів рідин та розчинів



а, б-шнекові горизонтальні безперервної дії; в - шнековий вертикальний періодичної дії; г, д - лопатеві періодичної дії; є - барабанний періодичної дії; ж – пропелерний

Рисунок Д. 11 - Схеми змішувачів кормів



1,2,3- шнекові; 4, 5 - лопатеві; б, 7, 8 - стрічкові; 9, 10, 11, 12 - турбінні; 13, 14, 15, 16-пропелерні

Рисунок Д. 12 - Типи мішалок

Додаток Е

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО РОЗРАХУНКУ ЛІНІЇ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

Е.1. Класифікація кормороздавачів

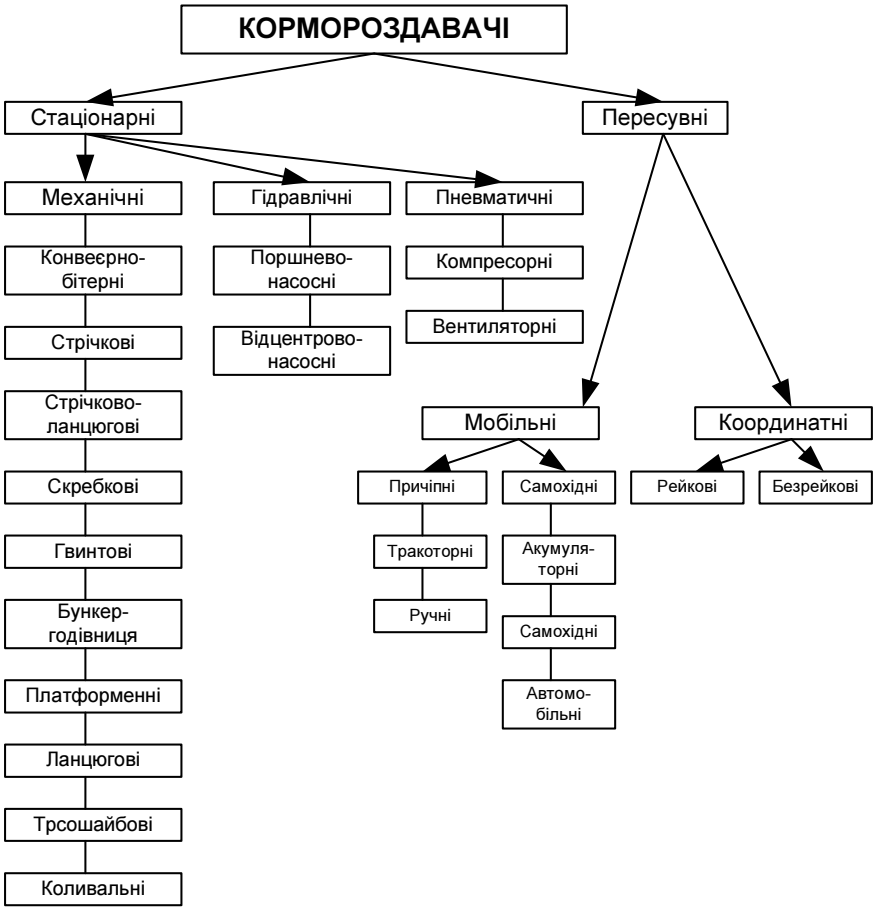
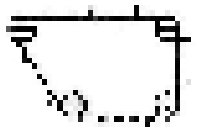
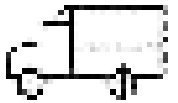
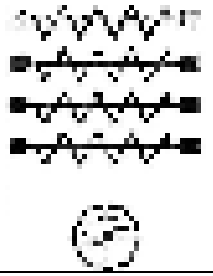


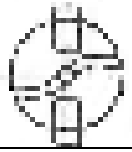
Рисунок Е.1 - Класифікація кормороздавачів

Таблиця Е.1 - Класифікаційні ознаки мобільних кормороздавальних пристроїв

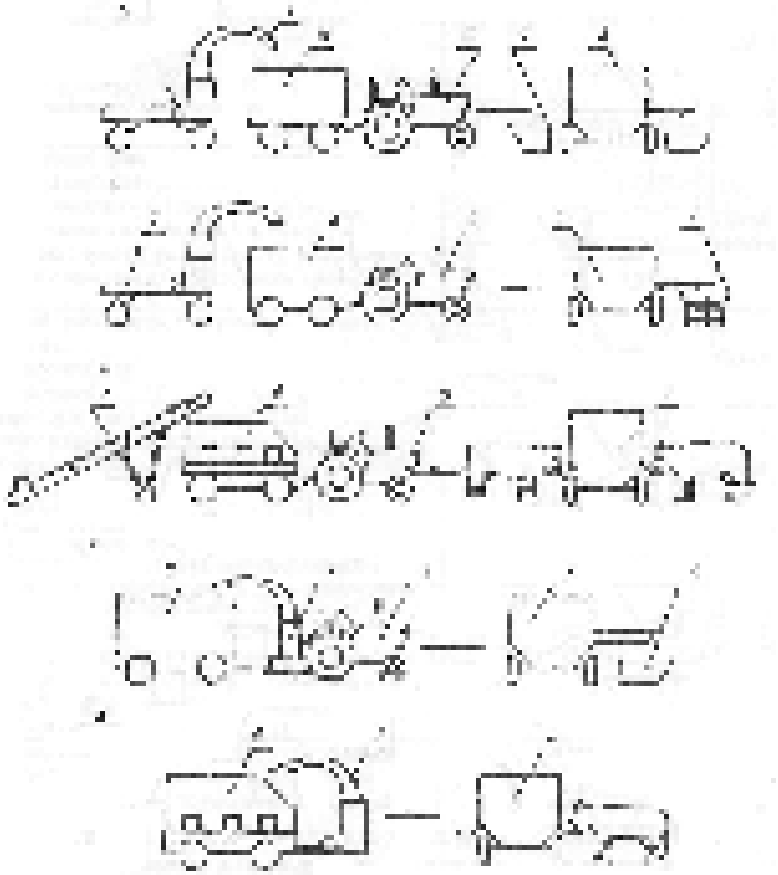
Призначення	Тип			Спосіб приводу робочих органів і регулювання норм видачі корму
	Подаючого та дозуючого пристроїв	Вивантажувального пристрою	Роздавача	
1	2	3	4	5
Роздавання грубих і соковитих кормів на фермах великої рогатої худоби	Ланцюгово-планчастий транспортер з двома бітерами	Скребковий транспортер	Причіпний	Від валу відбору потужності трактора або автомобіля
	Ланцюгово-планчастий транспортер з трьома бітерами	Скребковий транспортер	Напівнавісний	Колісно-храповим механізмом при переривистій подачі
	Ланцюгово-планчастий транспортер із шнековими бітерами	Горизонтальний і похилий транспортери (стрічковий або скребковий)	Напівнавісний з ведучою віссю	Зміною числа обертів привідного валу при безперервній передачі
	Горизонтальний і похилий ланцюгово-планчастий транспортер	Транспортер із двосторонньою роздачею (стрічковий або ланцюгово-планчастий)	Самохідний	
		Шнек	Напівнавісний	

1	2	3	4	5
Роздавання вологих мішанок, напіврідких і сухих кормів	Шнек з мішалкою	Горизонтальний шнек	Напівнавісний	Від валу відбору потужності трактора або автомобіля
	Замкнутий скребковий транспортер (за контуром бункера) 	Похилий	Напівнавісний	Зміною поступальної швидкості агрегату, шиберною заслінкою
	Горизонтальний і похилий скребкові транспортери	Вертикальні і похилі шнеки	Самохідний 	Зміною поступальної швидкості агрегата, шиберною заслінокою
	Система шнеків 	Двосторонній шнек	Самохідний	Від електродвигуна

Таблиця Е.2 - Класифікаційні ознаки кормороздавальних пристроїв стаціонарного типу

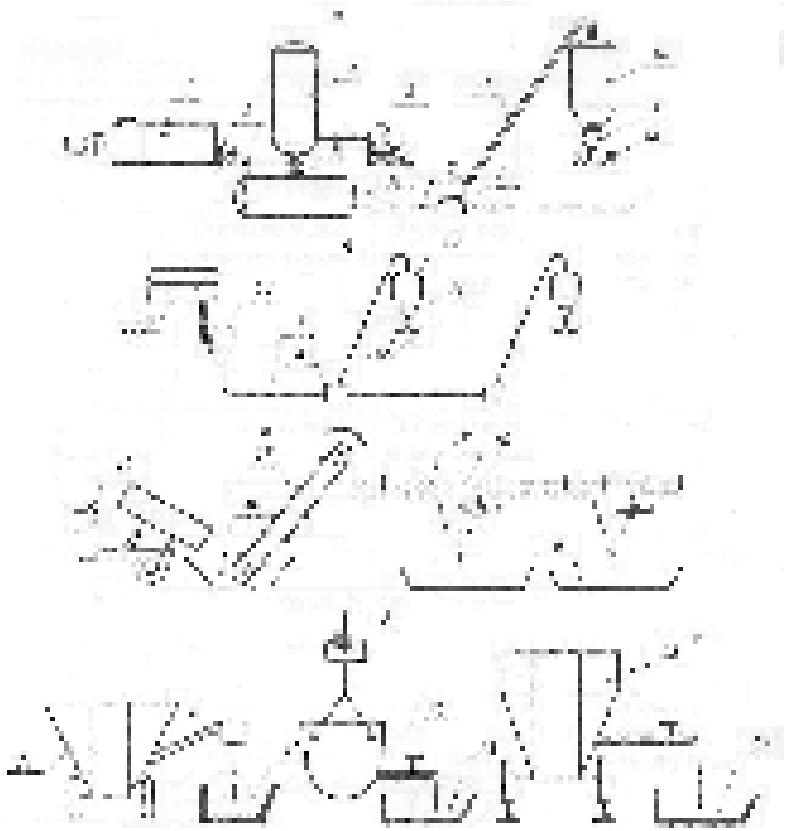
Призначення	Тип роздавального транспортера	Спосіб регулювання норми видачі корму	Привід кормороздавального пристрою
Роздавання сухих кормів і вологих мішанок	Стрічковий або стрічково-тросовий	Зміною перерізу вивантажувального вікна 	Від електродвигуна через редуктор і ланцюгову передачу
Роздавання сухих і гранульованих кормів	Коливальний	Зміною перерізу вивантажувальної щілини	Від електродвигуна через кривошипно-шатунний механізм
	Ланцюговий	Об'ємне дозування	Від електродвигуна через редуктор
	Шнековий	Зміною перерізу вивантажувального вікна	Від електродвигуна через редуктор і пасову передачу

Е.2 Технологічні схеми кормороздавачів



а - подрібнення і завантаження в пересувний кормороздавач - транспортування - роздача по годівницях; б - подрібнення і завантаження в пересувний кормороздавач - транспортування - вивантаження в приймальний бункер стаціонарного кормороздавача; в - завантаження в самогодівницю транспортування - згодовування; г - скошування, подрібнення і вантаження в пересувний кормороздавач - транспортування - роздавання по годівницях; д - скошування і завантаження в самогодівницю - транспортування - згодовування; 1- силосорізка; 2 - пересувний кормороздавач; 3 - трактора; 4 годівниці; 5 - стаціонарний кормороздавач; 6 - пересувна самогодівниця; 7 – косарка-подрібнювача; 8 – транспортер-навантажувача

Рисунок Е.2 - Технологічні схеми подрібнення і роздавання кормів великій рогатій худобі

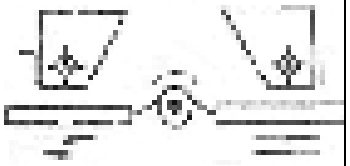


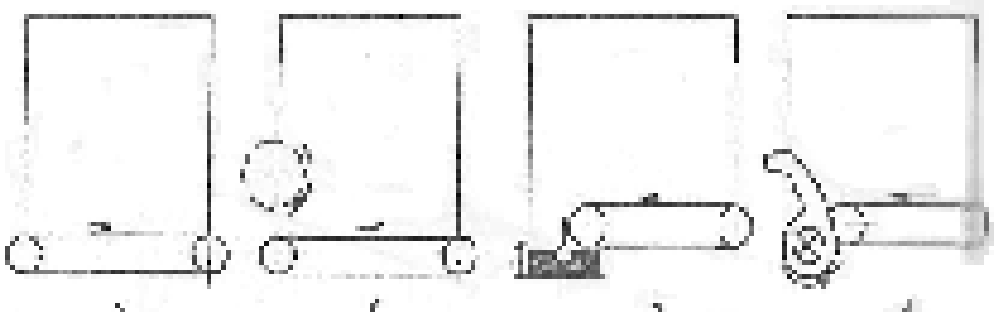
а – транспортування і роздавання рідких кормів по кормопроводу стислим повітрям; б - транспортування і роздавання рідких кормів по кормопроводу насосами; в - роздавання сухих кормів і вологих мішанок транспортерами; г - транспортування і роздавання кормів причіпними пересувними кормороздавачами; д - роздавання рідких кормів пересувними кормороздавачами на підвісній дорозі; е - роздавання рідких кормів пересувними кормороздавачами по наземній рейковій дорозі; 1 - змішувач кормів; 2 і 3 - вентилів; 4 - ресивера; 5 - компресор; 6- продувальний казан; 7 - магістральний кормопровід; 8 - перемикач; 9 - відведення; 10 – бункер-накопичувач кормів; 11 - розводить кормопровід із засувками; 12 - годівниці; 13 - змішувач кормів; 14 - насос; 15 - розвантажувач кормів або самоскид; 16 - приймальний бункер; 17-похилийтранспортер; 18 - горизонтальний транспортер; 19 - засувки; 20 – пересувний кормороздавач; 21 - роздавальник кормів; 22 - кормороздавач

Рисунок Е.3 - Технологічні схеми роздавання кормів у свинарниках

Е.3. Типи робочих органів кормороздавачів для птиці

Характеристика робочих органів	Схема робочого органу	Вид корму
1	2	3
Скребково-ланцюговий транспортер. Корм на транспортер завантажується дозуючим пристроєм, скребки переміщають корм на всю довжину кормового жолоба		Сухий і вологий
Стрічко-тросовий транспортер складається з прогумованої стрічки і троса. Ширина стрічки 100-125 мм, товщина - 6-8 мм. Довжина стрічки більша довжини кормового жолоба на 1,5 м. Решта транспортера виконана з троса. При русі стрічки під бункером на неї дозуючим пристроєм подається корм рівномірним шаром		Сухий і вологий
Ланцюговий транспортер. У приймальну частину кормового жолоба з бункера подається корм, ланцюг при русі переміщує корм по трубі, з якої він висипається в кормовий жолоб		Сухий
Спірально-пружинний транспортер. Спіральна пружина обертається в трубі і переміщує корм уздовж труби, з якої він через відвідні патрубки висипається в кормовий жолоб		Сухий

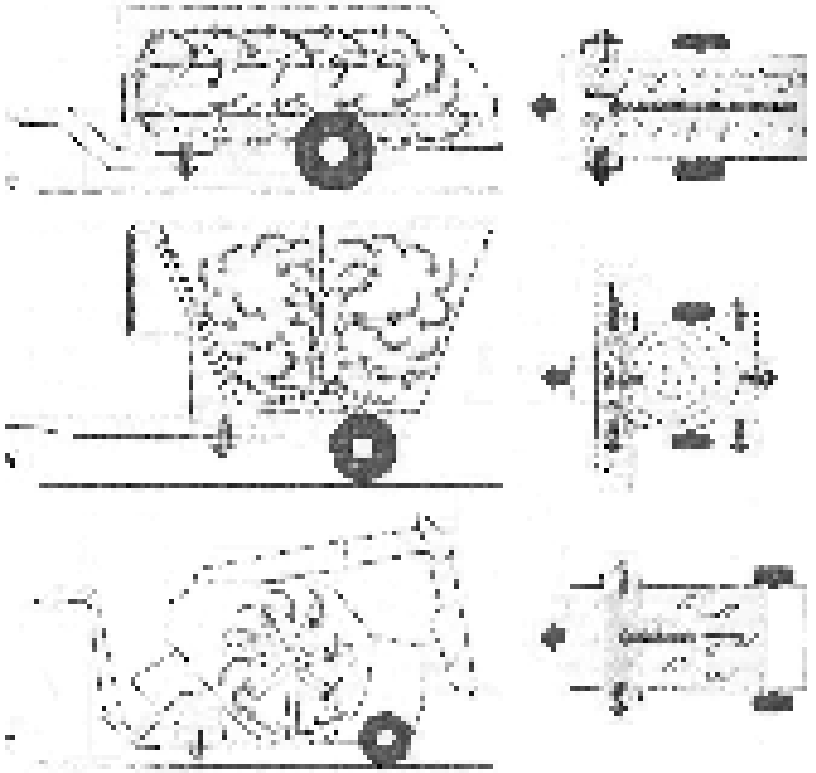
1	2	3
Транспортер коливального типу. Переміщення корму відбувається в результаті зворотно-поступального (коливального) руху годівниць. При русі транспортера від бункера швидкість його менша, ніж при русі до бункера, внаслідок цього корм весь час пересуватиметься вперед по дну годівниць. Амплітуда коливань годівниць - 20-30 мм. Число коливань - 260 кол/хв. Час заповнення кормом годівниць завдовжки 106 м-15-20 хв.		Сухий і вологий
Тросово-шайбовий транспортер. На тросі закріплені круглої форми шайби, якими корм переміщується по трубах і далі висипається в кормовий жолоб		Сухий



а - стрічковий; б - роторний пальцьовий; в - роторний лопатевий, г - вентилятор-кидалка

Рисунок Е.4 - Схеми пристроїв для внесення підстилки:

Е.4. Сучасні типи кормозмішувачів



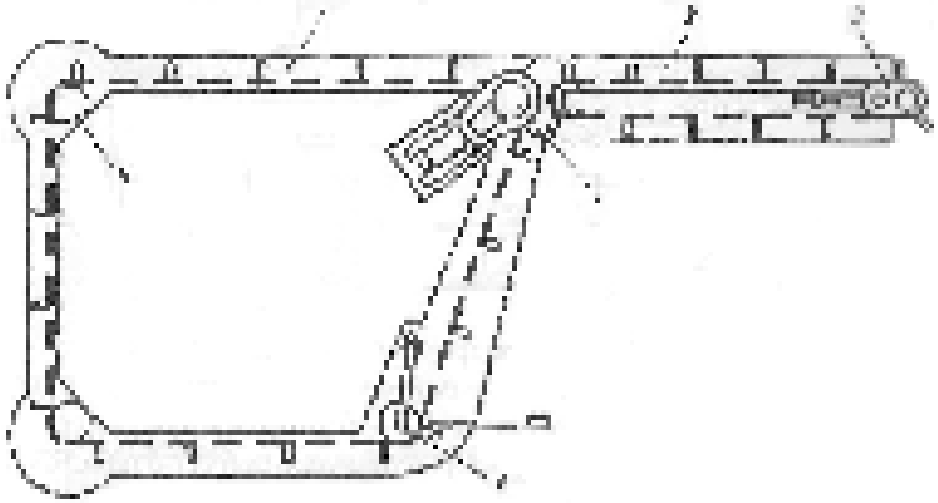
а – з вертикальним змішуванням; б – з горизонтальним змішуванням; в – лопатеві змішувачі

Рисунок Е.5 - Типи роздавачів-змішувачів

Додаток Ж

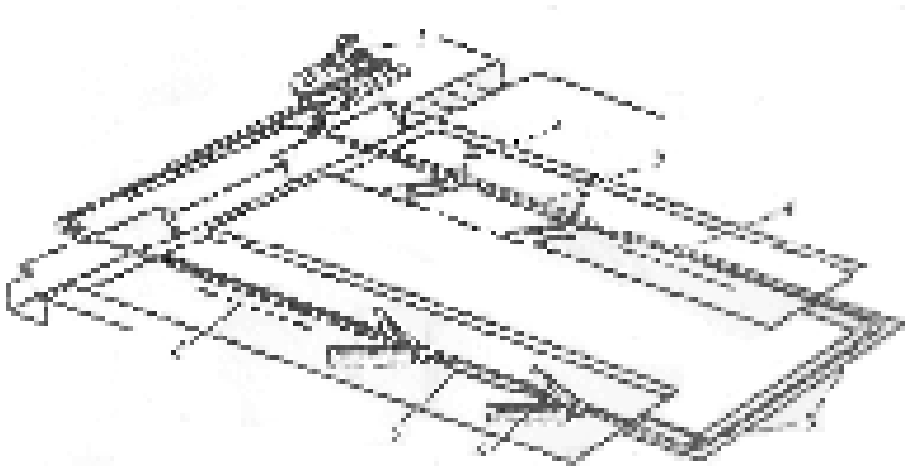
ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО РОЗРАХУНКУ ЛІНІЇ ВИДАЛЕННЯ І УТИЛІЗАЦІЇ ГНОЮ

Ж.1. Засоби видалення гною з тваринницьких приміщень



1 - горизонтальний конвеєр; 2 - похилий конвеєр; 3 - привід похилого конвеєра; 4 - привідна станція горизонтального конвеєра; 5 - натяжний пристрій; 6 - поворотні зірочки

Рисунок Ж. 1 - Схема скребкового гноєзбирального конвеєра ТСН-160А

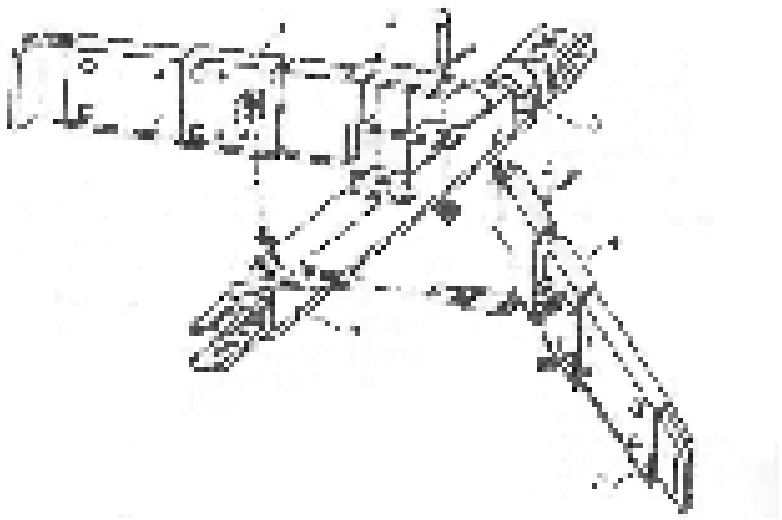


1 – привід; 2, 6 - скрепери; 3, 7 - проміжні штанги**;** 4, 8 - тягові ланцюги; 5 - поворотні ролики

Рисунок Ж.2 - Схема скреперної установки

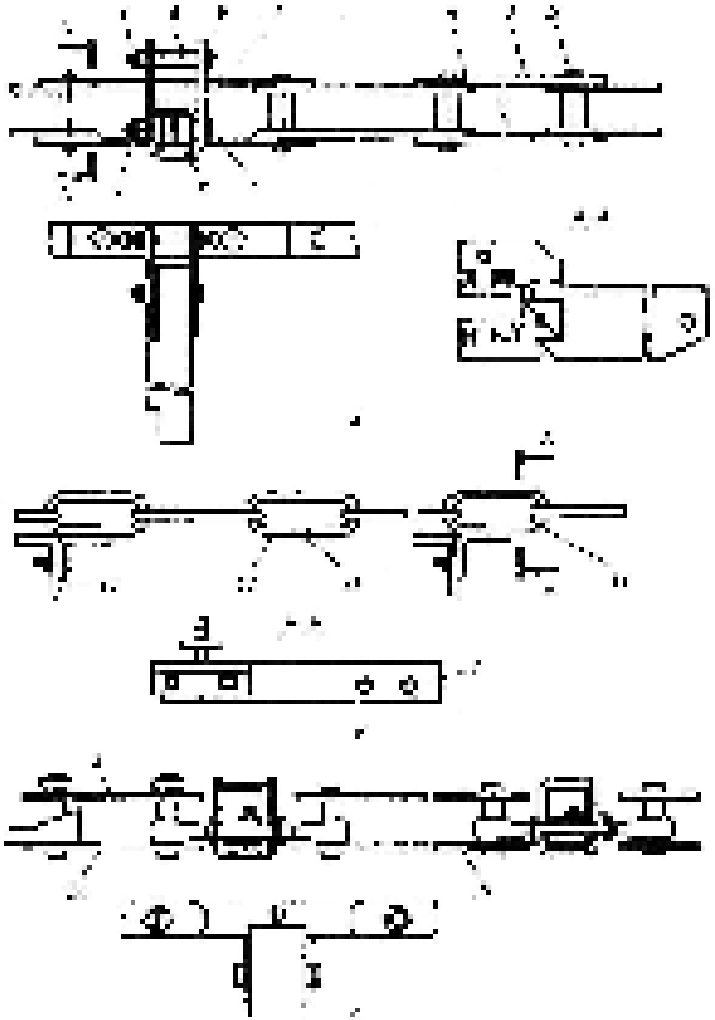
а - штангово-скребковий УН-3; б - дельта-скрепер установки УС-15: 1 - повзун; 2 - натяжний гвинт; 3,5- скребки; 4 — шарнірний пристрій; 6 - ківш-скрепер типу «короб» установки УСН-8 (або ТС-1)

Рисунок Ж.3 - Транспортери зворотно-поступального руху



1,4 — скребки; 2 - шарнір; 5 — натяжний пристрій; 5 - гумовий чистик; б - повзун

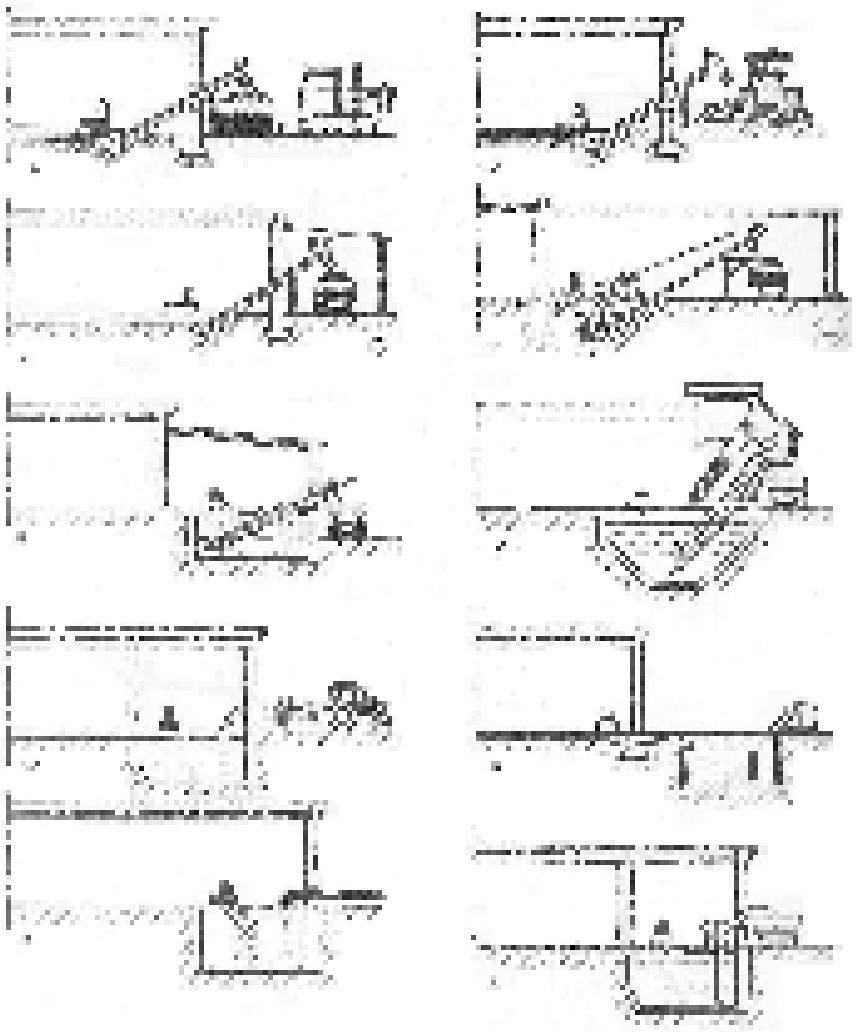
Рисунок Ж.4 - Скрепер установки УС-Ф-170



а – КСГ-8 (ТСН-3,0Б): 1,5 - болти; 2 - пластина; 3,4 - гайки; 6 - скоба; 7 - скребок; 8, 9 - планки; 10 - вісь; *б – КСГ-7 (ТСН-160А):* 1 - кронштейн; 2 - вставка; 3 - з'єднувальна ланка; 4 - ланцюг; 5 - скребок; *в - КСН-Ф-100:* 1 - зовнішня ланка; 2 - пластина; 3 - з'єднувальна ланка

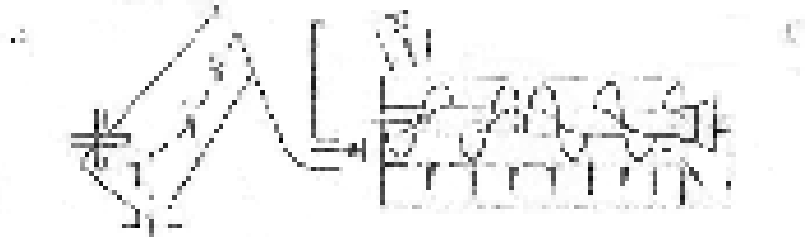
Рисунок Ж.5 - Тягові ланцюги транспортерів типу КСГ (ТСН)

Ж.2. Варіанти технологічних схем видалення гною від тваринницьких приміщень

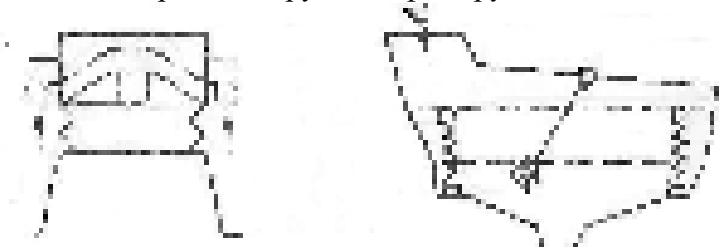


Ж.3 Утилізація гною

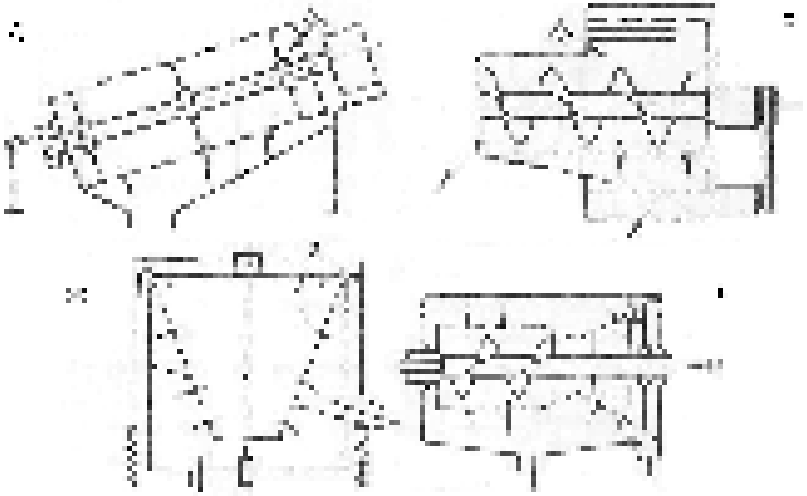
апарати з нерухомим фільтруючим елементом



апарати з вібруючим фільтруючим елементом

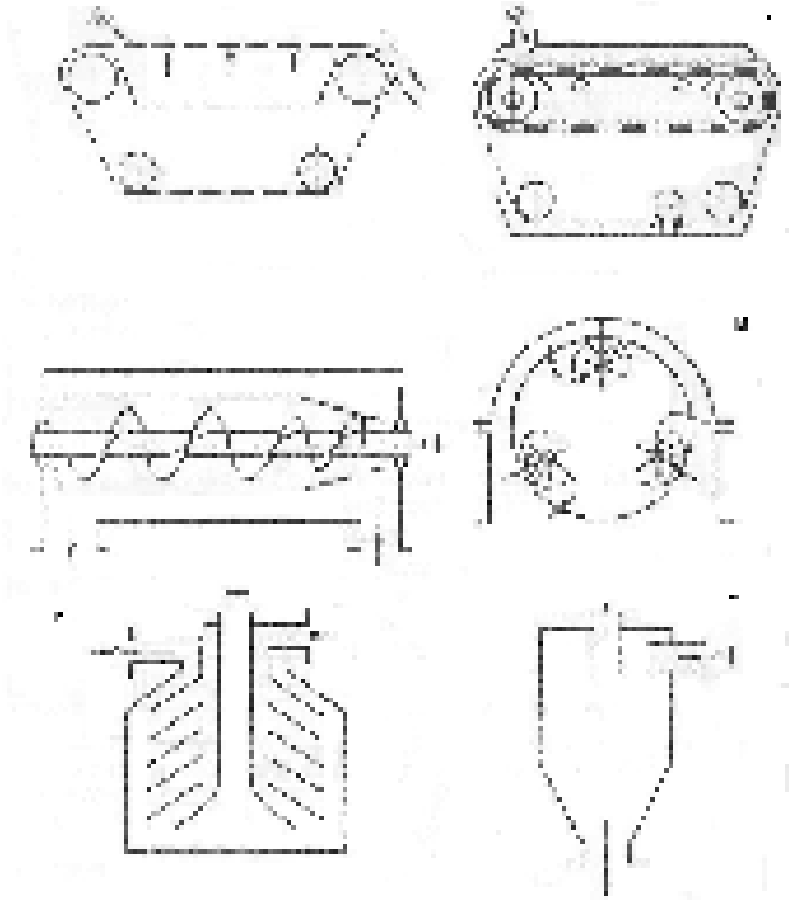


роторні фільтруючі апарати

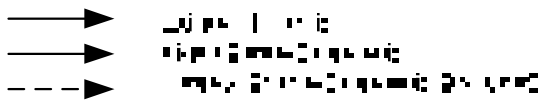


а - дугове сито; б - шнековий прес; в - динамічний фільтр; г - віброгрохіт; д - барабанний віброгрохіт; е – центрифуга фільтруюча циліндрична; ж - центрифуга фільтруюча конічна; з - центрифуга фільтруюча комбінована

Рисунок Ж.6 - Основні типи пристроїв механічного фракціонування гною



Умовні позначення



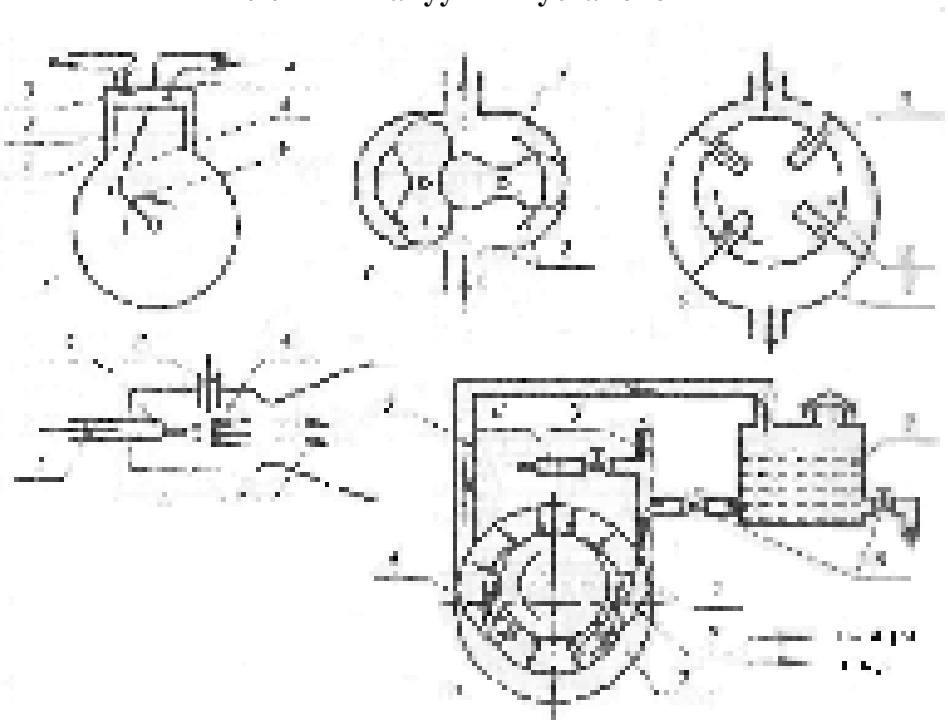
і - гравітаційний фільтр із безкінцевою стрічкою; к – вакуумний фільтр з безкінцевою стрічкою; л - центрифуга осаджувальна шнекова; м - центрифуга осаджувальна скребкова; и – тонкошаровий рідинний тарільчатий сепаратор; о - гідроциклон.

Рисунок Ж.7 - Основні типи пристроїв механічного фракціонування гною

Додаток И

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО РОЗРАХУНКУ ЛІНІЇ ДОЇННЯ

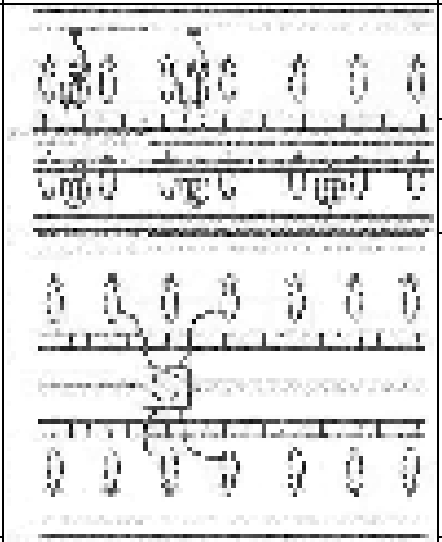
И.1. Типи вакуумних установок

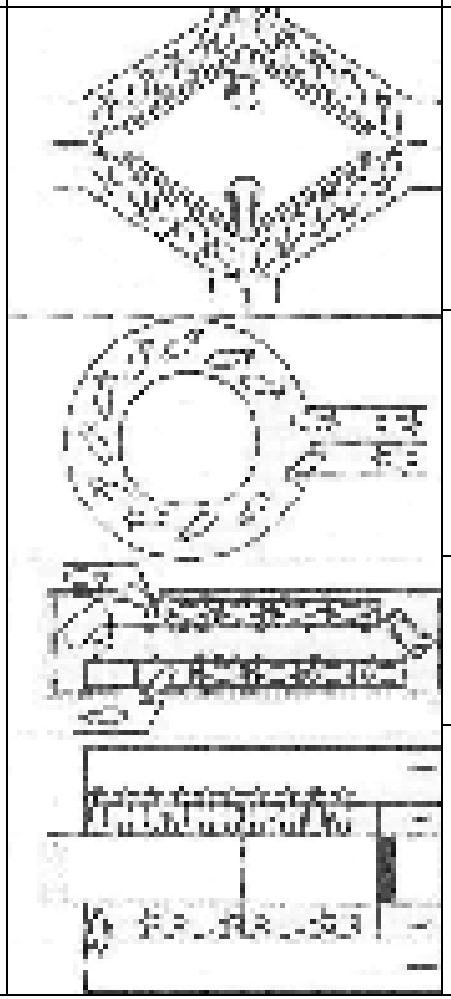


а - поршневий: 1 - циліндр, 2 - поршень, 3 - впускний клапан; 4 - випускний клапан, 5 - шатун, 6 - кривошип; б - шестеренний: 1 - корпус, 2 - ротор; в - ротаційний: 1 - корпус, 2 - ротор, 3 - лопатки; г- водоструминний: 1 - водопровід, 2 - сопло, 3 – вакуум провід; 4 - змішувальна камера, 5 - дифузор; д - воднокільцевий: 1 - корпус, 2 - ротор, 3 - впускне вікно, 4 - випускне вікно, 5 - випускний трубопровід, 6 – вакуум провід,7 - водяний бак, 8 - крани, 9 – водопровід.

Рисунок И. 1. Типи вакуумних насосів

И.2. Типи доїльних установок

Призначення	Технологічна схема установки	Характерна ознака
1	2	3
Доїння корів у стійлах		ДУ зі збиранням молока в переносні бідони
		ДУ зі збиранням молока в молокопровід
		Пересувна ДУ зі збиранням молока в загальний пересувний молокозбірник
Доїння корів у доїльному залі		ДУ з індивідуальними паралельно-прохідними станками
		ДУ з індивідуальними станками типу «Тандем»
		ДУ з груповими прохідними станками типу «Тандем»
		ДУ з груповими станками типу «Ялинка»

1	2	3
Доїння корів у доїльному залі		ДУ «Полігон» з груповими станками типу «Ялинка
		Конвеєрна кільцева ДУ зі станками типу «Ялинка»
		Конвеєрна кільцева ДУ «Юнілактор» зі станками типу «Тандем»
		ДУ з груповими станками типу «Паралель»